

PRELIMINARY SAFETY ASSESSMENT ANALYSES OF RADIOACTIVE WASTE REPOSITORY SITE

D. Antonov¹, M. Mateeva²

¹ Geological Institute-BAS, Sofia 1113, e-mail:dimia@geology.bas.bg

² Institute for Nuclear Research and Nuclear Energy-BAS, Sofia 1784, e-mail:mmateeva@inrne.bas.bg

Abstract

According to the International Atomic Energy Agency documents and the current practice, the construction of shallow ground repository is a suitable decision for the disposal of NPP's low and intermediate level radioactive wastes. The aim of the report is to evaluate the natural conditions of a site situated in loess terrain south-west from the Kozloduy Nuclear Power Plant and the efficiency of the engineering barriers against radionuclide migration by using a safety assessment analyses. For that purpose, an engineering geological site model is created, which includes the next barriers: concrete-steel basement, soil cement cushion and layer of compacted loess. The ground base under the hypothetical repository is presented by 2.5 m thick loess followed by 25 m stratum of Pliocene clays. The model is simulated by the computer code AMBER for the so called "basic scenario" with conservative and simplified condition elements. Calculations are made for the release rate R and concentration C of three radionuclides Cs-134, Sr-90 and Ag-110m after each barrier of the repository. The results demonstrate the efficiency of suggested barriers, which are definitely sufficient for isolation of the studied radionuclides. The release to the environment for the Cs-134 and Ag-110m is close to the zero value and for the Sr-90 it is neglectfully small $< 10^{-98}$ Bq/m³.

Key words: repository site, radionuclide migration, engineering barriers

1. ВЪВЕДЕНИЕ

До края на м. декември 2002 г. електроенергията, произвеждана от атомни съоръжения в България се осигуряваше от шест енергоблока на АЕЦ "Козлодуй", като след тази дата реактори I и II бяха изведени от експлоатация. По предварителни оценки се очаква в резултат на целия период на работа на централата, на затварянето на първите два блока и работата на един евентуален блок на АЕЦ "Белене" обемът на ниско и средно радиоактивните отпадъци (НСРАО) в кондиционирано състояние да бъде около 100 000 m³. Съгласно препоръките на Международната агенция за атомна енергия (МААЕ), тези отпадъци подлежат на окончателно погребване в повърхностни или приповърхностни хранилища. Към момента НСРАО се намират във временни депа на територията

на централата, като предстои изграждане на национално хранилище за тяхното крайно депониране в кондициониран вид. Изборът на подходяща геоложка среда е от важно значение при построяване на съоръжение от такъв характер. Средата заедно с инженерното съоръжение (хранилището) играе роля на барьера срещу евентуалното разпространение на радионуклиди и е основен фактор за дълговременната стабилност на хранилищната система. Досегашните изследвания в тази връзка, както у нас, така и в чужбина (Унгария и Румъния), показват че лъсът може да се разглежда като перспективна среда за съхраняване на ниско и средноактивни отпадъци. Целта на изследването е да се направи предварителна оценка по безопасност на едно хранилище, с примерен радионуклиден инвентар, върху площадка разполо-

жена в лъсов терен югозападно от АЕЦ "Козлодуй". В допълнение ще бъде отчетено и влиянието на три инженерни бариери разположени под самото хранилище. Направената по-нататък оценка може да бъде приложена и към съществуващите временни депа върху лъос на територията на централата.

2. ИНЖЕНЕРНОГЕОЛОЖКИ МОДЕЛ НА ПЛОЩАДКАТА

Моделът, с който са направени по-нататъшните изследвания е хипотетичен, тъй като все още не е определено точното място на хранилището и неговия тип. Не е и известна общата специфична активност на отпадъците и схемата на разположение на контейнерите, в които те са поставени.

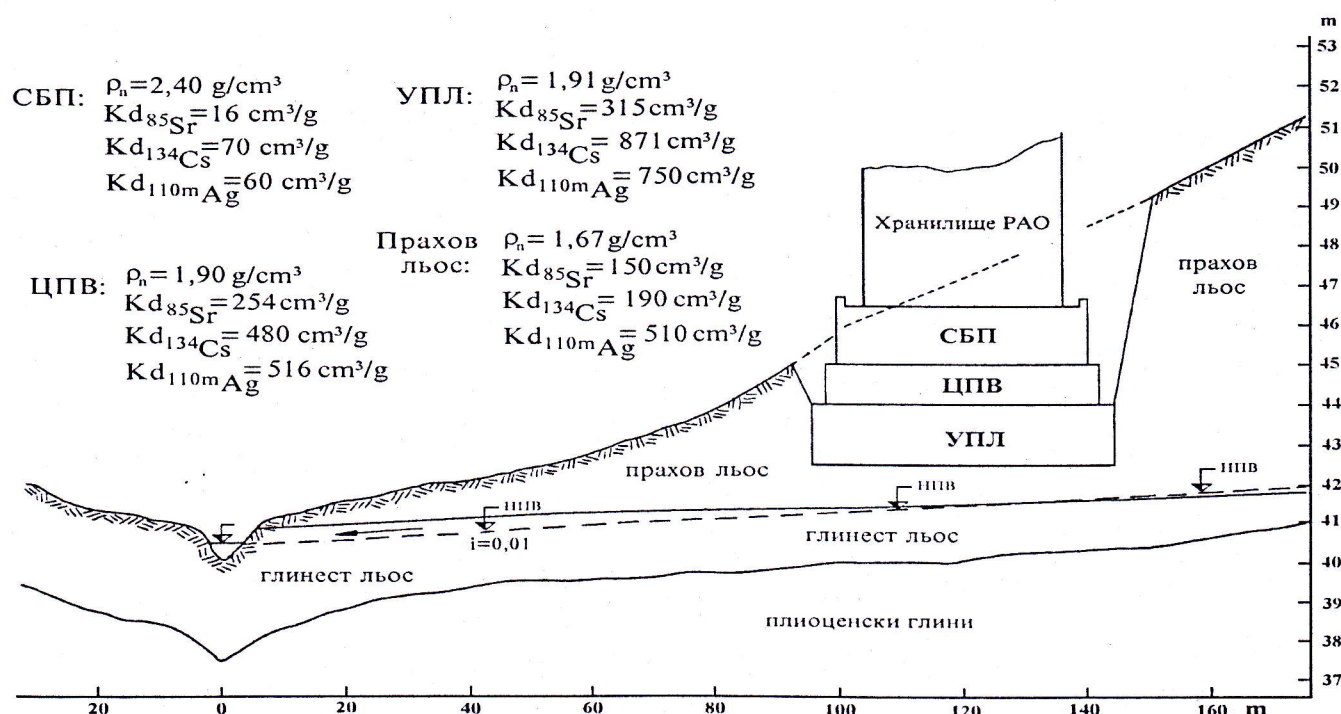
Той е построен на базата на следните основни параметри (фиг. 1). Избран е повърхностен, траншеен тип хранилище с ширина 26 m и дължина 70 m. То е фундирано на обща стоманобетонна плоча (СБП) с дебелина 1,5 m. Под нея е изградена циментопочвена възглавница (ЦПВ)

с дебелина 1 m, състояща се от естествен лъос заздравен с 12% цимент и с добавка на 20% клиноптилолит. Под нея следва слой от уплътнен лъос (УПЛ) с дебелина 1,5 m.

Естествената земна основа е представена от прахов типичен лъос, чиято дебелина под долния край на УПЛ е 1 m, следван от глинест лъос и слой плиоценски глинни с романска възраст. Водното ниво на водоносния хоризонт в лъоса е на 1-1,5 m над глините, като потокът на подземните води е с градиент $i=0,01$ и има за водоупор споменаните глинни. Следователно от хидрогеоложка гледна точка се формират зони: ненаситена, попадаща изцяло в слоя от прахов лъос и наситена – в глинестия лъос.

Изброените стоманобетонна плоча, циментопочвена възглавница и слой от уплътнен лъос представляват и анализирани в задачата допълнителни инженерни бариери.

На фигура 1 са представени и данни за използваните показатели на предлаганите бариери и на земната среда, получени по опитен, аналогичен път и от литературни източници (Антонов, 2002).



Фиг. 1. Модел на площадката за прогноза на миграцията на радионуклиди: СБП – стоманобетонна плоча, ЦПВ – циментопочвена възглавница, УПЛ – уплътнен лъос, НПВ – ниво на подземните води, i – градиент на потока, ρ_n – обемна плътност [g/cm^3], Kd – коефициент на разпределение за съответния радионуклид [cm^3/g]

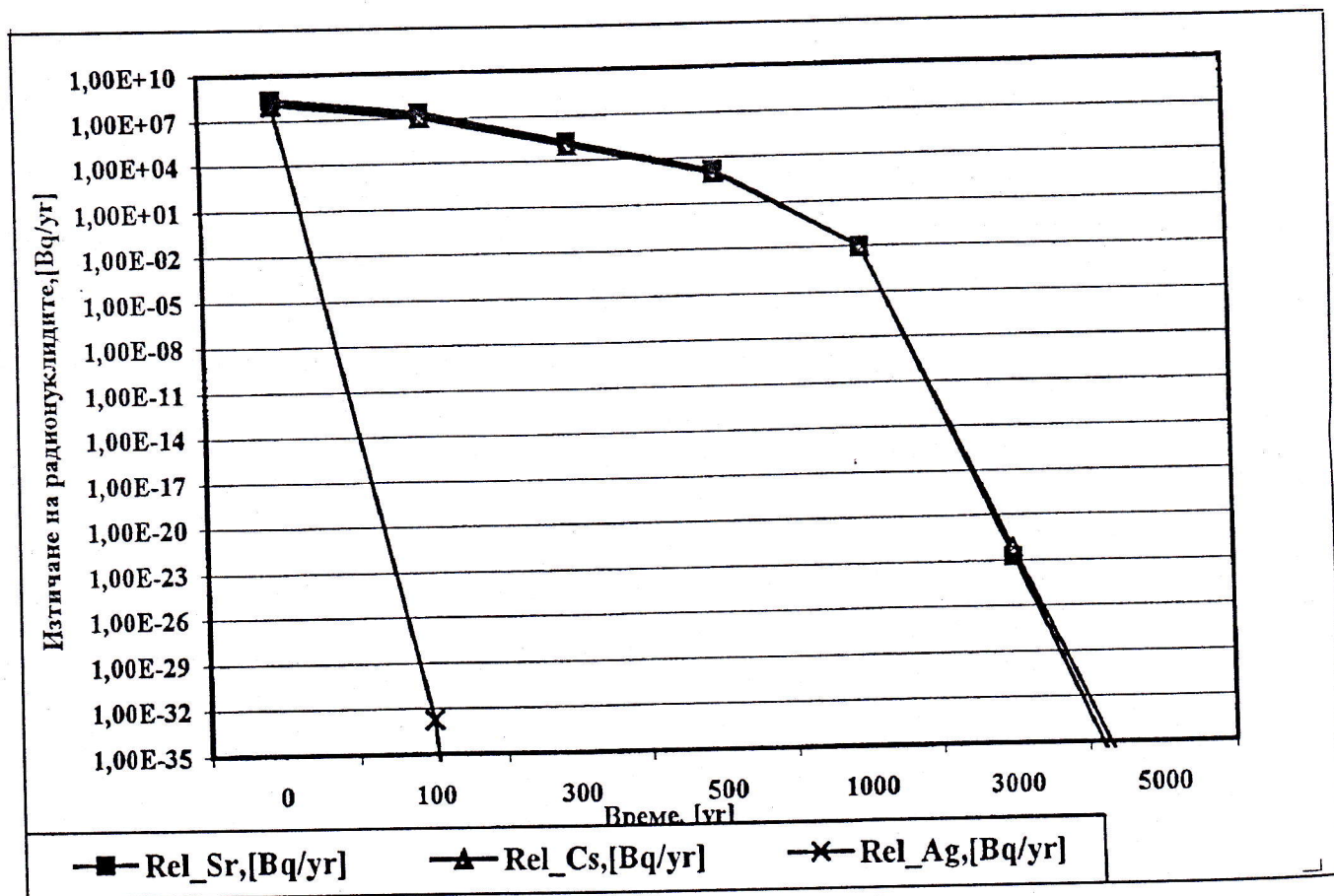
3. ПРЕДВАРИТЕЛЕН АНАЛИЗ ПО БЕЗОПАСНОСТ

В изследването е направено предположение, че се касае за твърди непреработени и неопаковани радиоактивни отпадъци, с основна номенклатура Cs-137, Sr-90 и Ag-110 m. Съгласно разработения геоложки модел хранилището се разполага в ненаситената зона над нивото на подземните води. На разстояние 100 m от предполагаемото хранилище се намира извор, дренращ водоносния хоризонт (фиг. 1). В модела отчита влиянието на гореописаните три инженерни бариери. Приема се, че активността на погребаните отпадъци за всеки от изследваните радионуклида е 100 Ci.

Така изградения модел е проигран чрез компютърния код AMBER, като е приложен консервативен и опростен математически модел (Матеева и Козак, 2001). Методологията следва т. нар. "базов сценарий" на поведение на хранилището – измиване и просмукване на замър-

сителите в резултат на инфилтрация на дъждовна вода. Допуска се, че радионуклидното изтичане от хранилището към подземните води може да настъпи в резултат на инфилтрация на дъждовна вода. Предполага се, че инфилтрацията в хранилището е 20% от стойността за средногодишните валежи, която е 585 mm/yr, т.е. 117 mm/yr. При анализите и оценките на източника са направени следните допускания:

- деформациите във вертикалния поток предизвикани от хетерогенния характер на хранилището са незначителни;
- хомогенна инфилтрация, без да се отчита оттока, изпарения и др. процеси;
- консервативни данни по отношение на отпадъка (непреработен и неопакован);
- пълно омокряне и изтичане в резултат на измиването на радионуклидите от отпадъка;
- не са разгледани особеностите на самото хипотетично хранилище (покритен слой, дъно и др.);



Фиг. 2. Резултати от пресмятанията на радионуклидното изтичане на дъното на хранилището, преди първата инженерна бариера

- не е отчетено ролята и влиянието на материалите, запълващи пространството между контейнерите и околната среда.

С тези допускания моделът работи с голям коефициент на сигурност. Той не отчита, че отпадъците са във варели, че варелите ще бъдат залети с циментов разтвор в бетонни контейнери, че пространството между контейнерите ще бъде запълнено с материал с висока сорбция и др.

В модела са включени коефициентът на забавяне R_d и времето на закъснение T_d в зависимост от сорбционните характеристики на радионуклидите и хидрогеоложките особености на площадката, скоростта на изтичане на радионуклидите R и концентрацията им C след всяка бариера на хранилището.

На фигура 2 са показани кривите на радионуклидно изтичане на дъното на хипотетичното хранилище, преди първата инженерна бариера. Като се отчита фиксирания период за институционален контрол (100 - 300 г.) се вижда необходимостта от изграждане на допълнителни бариери срещу разпространение на радионуклиди в геосферата.

Резултатите от пресмятанията за факторите на забавяне и на времената на закъснение за отделните инженерни бариери са дадени на табл. 1 и табл. 2.

Радио нуклид	Rd [-]			
	Стоманено- бетонна плоча	Цименто- почвена възглавница	Уплътнен лъос	Ненаситена зона
^{134}Cs	841	$3.04 \cdot 10^3$	$5.04 \cdot 10^3$	$9.72 \cdot 10^2$
^{90}Sr	193	$1.61 \cdot 10^3$	$1.82 \cdot 10^3$	$7.72 \cdot 10^2$
^{110m}Ag	1081	$3.27 \cdot 10^3$	$4.34 \cdot 10^3$	$2.62 \cdot 10^2$

Табл. 1. Резултати от пресмятанията на факторите на забавяне R_d , [-]

Радио нуклид	Td [yr]			
	Стоманено- бетонна плоча	Цименто- почвена възглавница	Уплътнен лъос	Ненаситена зона
^{134}Cs	4205	$1.14 \cdot 10^4$	$1.39 \cdot 10^4$	$4.28 \cdot 10^3$
^{90}Sr	965	$6.04 \cdot 10^3$	$5.02 \cdot 10^3$	$3.38 \cdot 10^3$
^{110m}Ag	5405	$1.23 \cdot 10^4$	$1.19 \cdot 10^4$	$1.15 \cdot 10^4$

Табл. 2. Резултати от пресмятанията на времената на закъснение T_d , [yr]

След направените изчисления се установи, че ефективността на предлаганите инженерни бариери е изключително голяма по отношение на радионуклиди от типа на анализирания с период на полуразпад до 30 години. Пресмятанията за радионуклидното изтичане към геосферата по отношение на Cs-134 и Ag-110m дават нулеви значения, а по отношение на Sr-90 пренебрежимо малко $< 10^{-98} \text{ Bq/m}^3$ поради много високите стойности на коефициента на забавяне R_d , респ. времето на закъснение T_d .

В този случай моделирането на радионуклидния транспорт извън границите на бариерите, т.е. в "далечното поле" се обезсмисля и не е необходимо да се разглежда в предварителните анализи и при оценките за критериите за приемливост като критичен сценарий.

4. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В България предстои избор на площадка за изграждане на хранилище за погребване на ниско и средноактивни отпадъци от АЕЦ "Козлодуй". Съгласно международната практика, проект за подобно съоръжение трябва да премине неколkokратна оценка по безопасност направена с различна степен на подробност в зависимост от етапите и етапите в системата на избор на подходяща площадка.

На базата на направеният тук предварителен анализ на примера на площадка в лъсов терен и избрани три инженерни бариери към хранилището се установи, че ефективността на предлаганите бариери е изключително голяма по отношение на радионуклиди от типа на анализирания с период на полуразпад до 30 години. Пресмятанията на радионуклидното изтичане към геосферата по отношение на Cs-134 и Ag-110m са с нулеви значения, а по отношение на Sr-90 е пренебрежимо малка $< 10^{-98} \text{ Bq/m}^3$.

В този случай моделирането на радионуклидния транспорт извън границите на бариерите, т.е. в "далечното поле" се обезсмисля и не е необходимо да се разглежда в предварителните анализи и при оценките за критериите за приемливост като критичен сценарий.

Необходимо е да се отбележи, че за провеждане на пълна оценка по безопасност трябва да се използват данни по отношение на конкретни: схема на хранилище, тип, вид и активност на радионуклидния състав на отпадъците и др. Използваната тук методика може да се приложи

и при оценката на съществуващите депа за НСРАО на територията на АЕЦ "Козлодуй".

5. ЛИТЕРАТУРА

Антонов, Д. 2002. Лъсът в района на АЕЦ "Козло-

дуй" като среда за погребване на ниско- и средноактивни отпадъци. Докторска дисертация, - С., ГИ-БАН, 166 с.

Матеева М., М. Козак. 2001. Оценка по безопасност на постоянното хранилище за радиоактивни отпадъци – Нови хан, –С., Изд. ТЕРМИТ 97 ЕООД, 180 с.