



# Ì ðîáî ìçèðàí à í à ðàçî ðîñòàí àí èàòî í à ðàäèíí óèèèèè à àáîèí æèàòà ñðàà à í à òðàí èèèùàòî çà ðàäèíí àèèèè à è îòí ààúòè „Í îè òàí“

Ì àèÿ Ì àòàààà!, Àèì èòóò Áí òííî?

<sup>1</sup>Èí ñòèòòò çà ÿäàí è èçñèàààí èÿ è ÿäàí à áí àðàòèèà, ÁÁÍ, 1784 Ñîèÿ;

E-mail: mmateeva@inrne.bas.bg

<sup>2</sup>Ááèí àè-àèè Èí ñòèòòò, ÁÁÍ, 1113 Ñîèÿ, E-mail: dimia@geology.bas.bg

Ì. Ì. Mateeva, D. Antonov. 2004. Prognosis of the radionuclide migration in the geological media of the Near Surface Repository for Radioactive Waste – Novi Han. – Rev. Bulg. Geol. Society, 65, 1-3, 47-54.

**Abstract.** The paper presents an approach for analyzing and modelling of the “geosphere” as one of the main components included in the safety assessment analyses of the Near Surface Repository for Radioactive Waste – Novi Han disposal system. To clarify and facilitate development of the conceptual model for “geosphere” the interaction matrix is constructed. In keeping with the features of the “geosphere”, identified during analysis appropriate mathematical models for radionuclide migration through the both zones – unsaturated and saturated, are selected and adapted into using a computer code AMBER. Results for radionuclide release from all disposal units and for peak values of radionuclide concentrations in the nearest well, located at 280 m from the repository, are presented. It is estimated that maximum concentration values of studied radionuclides are in times less than that regulated in the National Regulation for Radiation Protection. Therefore, the local geological medium is an appropriate barrier against radionuclide migration.

*Key words:* geosphere, safety assessment, repository, radioactive waste, radionuclide migration.

## Áúàààí èà

Ááèí æèàòà ñðààà èàðàà çí à-èì à ðí èÿ çà áàçí-  
í àñí àòà àèñí èí àòàòèÿ í à í í àúòîí í ñòí èòà òðà-  
í èèèùà çà ðàäèíí àèèèè è îòí ààúòè (ÐÁÍ). Õÿ à  
àñòàñòàáí à ààðèàðà ñðàùò ì èàðàòèÿòà í à ðà-  
àèíí óèèèè èçàúí òðàí èèèùàòî è à îò èçèèç-  
-èòàèíí çí à-àí èà à í àðèí àà ñèàà ðàçðòòààáí à  
í à èí æáí àðí èòà ààðèàðè. Á çààèñè í ñò îò í ñí-  
-ááí í ñòèòà è òàðàèòàðèñòèèèòà í à àáèí æèàòà  
ñðààà, í àðè-àíà à îòàí èèòà í í áàçíí àñí í ñò  
„àáí ñòàðà“, à àúçí í æí í çàààÿÿ à èèè òñèí ðÿàà-  
í à í à òðàí ñí í ðòà í à ðàäèíí óèèèèèè. Í ò ñí í-  
-ñí áí í ñòà í à àáèí æèàòà ñðààà àà í ñèàòòè í à-  
-ààæáí à èçí èàòèÿ -ðàç í èí èí èçèðàíà í à í ðà-  
-íí ñà í à çàí ùðñòàèè èúí àí àí èçòí -í èèèòà çà-  
-àèñè è í í àçàáí àòí í à -èñòí òàòà í à àèí ñèòà-  
-í èòà è ðàäèíí àèèèè í í àòà çàùèòà í à í àñàèí èàòí.  
Ñí í ðàà àí èòí àí òè í à Ì àæàóí àðí àí àòà àááí-  
-òèÿ çà àòí í í à áí àðàèÿ (Ì ÁÁÁ) àáí à îò í ñí í à-  
-í èòà çààà-è à í îáí èèòà çà áàçíí àñí í ñòà í à í í-  
-àúòîí í ñòí è òðàí èèèùà çà ÐÁÍ à àà ñà í í ààèè-  
-ðà è í ðí àí í çèðà í í ààáí èàòí í à ðàäèíí óèèè-  
-èèòà í ðè í ðí àèíí ðàçàèèèè í à àáèí æèàòà  
ñðààà, à à ñèàààèñí èí àòàòèíí èòà îòàí èè è í í  
í òí í òàí èà í à àèòàðí àòèèè è ðàçàèèèè, ñúí ò-  
-ààñòààùè è í ñí àòèèè-í èòà ààááí í ñòè çà í èí-

ùààèàòà è ðàèíí à (IAEA, 1999a; 1999b, 2000a, 2000b).

Ì í ñòí ÿí í í òí òðàí èèèùà çà ðàäèíí àèèèè è îò-  
-í ààúòè (Ì ÕÐÁÍ) „Í îè òàí“ à àèèí ñòàáí í òí çà  
-ñàà í í àúòîí í ñòí í ñúí ðúæáí èà çà í í àðààáí à í à  
-ÐÁÍ à Áúèààðèÿ. Õí à í í ñòðí àí í í ðàç 1956 à. í í  
-ñúààòèèè òèí í à í ðí àèò „ÐÁÍ Í“ è à àèÿçèí à àè-  
-ñí èí àòàòèÿ í ðàç 1964 à., èàòí í àñòí í í èí æáí èàòí  
-í ó à èçàðàí í ñèàà í ðí ààááí è àáèí èí æèè í ðí ò-àà-  
-í èÿ í à òàñò í í òàí òèàèí è èí ùààèè è à ñúí òàòò-  
-ñòàèà ñí ùðàí í à-àèí í òí èçèñèàáí à çà àèèçèí ðàç-  
-í í èí æáí èà àí Ñîèÿ. Á èçàðàááí èòà òðàí èèèùà è  
-ààèí èèè çà òàúðàè, àèí èí àè-í è, òà-í è è îòðàáí-  
-òàí è èçòí -í èèè ñà í í àðàááí è îòí ààúòè, í í èò-à-  
-ááí è îò èí àòñòðèÿòà (áàç ÁÁÓ „Èí çèí àòè“), í à-  
-àèèèè àòà, ñàèñèí òí ñòí í àí ñòàí è í àò-í èòà èçí-  
-èààááí èÿ. Èçààñòí è ñà òàðàèòàðèñòèèèòà í à òðà-  
-í èèèùà èòà ààèí èèè è ðàäèíí óèèèèè èÿ èí àáí-  
-òàð í à í í àðàááí èòà ÐÁÍ (Ì àòààà, 2001; Ì àòà-  
-àà, Èí çàè, 2001). Ñ òàè èçÿñí ÿàáí à í à òñèí àèÿòà  
-í à çàí í àòà ñðààà í ðàç 1991 è 2002 à. ñà í ðí ààáá-  
-í è àáèí èí æèè í ðí ò-ààí èÿ í à í èí ùààèòà, à ðàçòè-  
-òàò í à èí èòí à ñúàðàí à ààòàèèí à èí òí ðí àòèÿ,  
-í àí àòí àèí à çà í ðí ààæàáí àòí í à îòàí èèòà í í áà-  
-çíí àñí í ñò (Áàñòàòèèèè è àð., 1992, 1993; Evstatiev  
-et al., 1994; Evstatiev, Kozhukharov, 2000; Èí æóòà-  
-ðí à è àð., 2002; Áúèúáí à è àð., 2003).

# I ní íái è ààí í è çà àáí éí æéòà ñðáà è òèäðí ááí éí æéòà òàðäèòàðèñòèè è í à í éí ù àäèàòà í à òðáí èèè ù à „Í í àè òáí “

Í àé-ààæí èòà ááí éí æéè í ñí ááí í ñòè, èì àùè í òí í - òáí èà èúí í òáí èàòà í í ááçí í àñí í ñò, ñà:

– ñéí æáí ááí éí æéè è òàèòí í ñèè ñòðí æ – àéí - éí áí - ðàçéí í áí òèí ;

– í àèè-èà í à í òéí àòéí è ñ òàðäèòàðí à çàéí í í - í àðí í ñò è í ààèòèáí è ðàçéí í è;

– ááí í ðí ááí í í ñúñòàà ñèàéáí í àñèà – òèèè - òèçèðáí è àèááðí èèòè è àðäèèèèè ñ í àèáí çí èñà áúçðáñò;

– èçáàððèòàéí àòà éí ðà í à òèèèòèçèðáí èòà àèááðí èèòè, áí ñòèáàù à 10– 11 m, í ðáàñòààéyáà í áí í ñðáàñòááí à çàí í à í ñí í áà çà òðáí èèè ù àðí .

Í à áàçàòà í à áí àèèç í à èèèí àòè-í èòà è òèä - ðí éí æéè ááí í è çà ðàéí í à à òñòáí í ááí ñðáàáí í í - àòè í à áí áí èy í òòí è – 5,4 l/s km<sup>2</sup>.

Í ðè í áù à í ðèòí áí à -àñò í à áàèáí ñà í ò ààèá - æèòà – 650 mm, è áí àèòí à áááí í òðáí ñí èðàòèy – 445 mm, á í í ðáàáèáí í áùèyò ñðáàí í áí àèòáí (í - áúðòí í ñòáí è í í àçàí áí ) í òòí è – 205 mm.

Í ðí ó-áí è ñà í í àçàí í èòà áí àè (í í ðí àè è í òé - í àòéí í è), èàòí ñà í ðáàñòààáí è àáí í è í ò ááí òè - í è-í èòà è ðáàèí òèí è-í èòà èì òàðäèòàðèñòèèèè.

Òààèèòà 1  
Éí àòèòèáí òè í à ðàçí ðáàáèáí èà K<sub>d</sub> [m<sup>3</sup>/kg] çà áààòà çí í è í à ááí éí æéòà ñðáàà – í áí àñèòáí à è í àñèòáí à

Table 1  
Distribution coefficients K<sub>d</sub> [m<sup>3</sup>/kg] for both unsaturated and saturated zones in geosphere

| Элемент | K <sub>d</sub> – ненасыщенная зона [m <sup>3</sup> /kg] | K <sub>d</sub> – насыщенная зона [m <sup>3</sup> /kg] |
|---------|---|---|
| H       | 0   | 0   |
| C       | 0.0034 <sup>(1)</sup>                                   | 0.003 <sup>(1)</sup>                                  |
| Co      | 0.092 <sup>(1)</sup>                                    | 0.107 <sup>(1)</sup>                                  |
| Ni      | 0.092 <sup>(1)</sup>                                    | 0.107 <sup>(1)</sup>                                  |
| Sr      | 0.154 <sup>(1)</sup>                                    | 0.148 <sup>(1)</sup>                                  |
| Cs      | 0.595 <sup>(1)</sup>                                    | 0.456 <sup>(1)</sup>                                  |
| Pb      | 0.3 <sup>(2)</sup>                                      | 0.5 <sup>(2)</sup>                                    |
| Po      | 0.15 <sup>(2)</sup>                                     | 0.5 <sup>(2)</sup>                                    |
| Ra      | 0.5 <sup>(2)</sup>                                      | 0.4 <sup>(2)</sup>                                    |
| Ac      | 0.34 <sup>(2)</sup>                                     | 3.0 <sup>(2)</sup>                                    |
| Th      | 3.0 <sup>(2)</sup>                                      | 3.0 <sup>(2)</sup>                                    |
| Pa      | 0.34 <sup>(2)</sup>                                     | 1.0 <sup>(2)</sup>                                    |
| U       | 0.0068 <sup>(2)</sup>                                   | 1.0 <sup>(2)</sup>                                    |
| Np      | 0.34 <sup>(2)</sup>                                     | 3.0 <sup>(2)</sup>                                    |
| Pu      | 0.34 <sup>(2)</sup>                                     | 3.0 <sup>(2)</sup>                                    |
| Am      | 0.34 <sup>(2)</sup>                                     | 3.0 <sup>(2)</sup>                                    |

(1) Кожухаров и др., 2002; (2) IAEA, 2001b

í à áàçàòà í à ðàçðááí òáí à òèäðí í èáçí í à òðè-í à èàðà ñà í í ðáàáèáí è í í ñí èàòà í à òyóí í òí áàèæá - í èà, òàðäèòàðèñòèèèèè è í à áí áí í í ñí èy òí ðèçí í ò è òí -èàòà í à ðàçòí áàðááí àòí í ó. Ññí í ñà èááí òè - òèèèòáí è ááá çí í è í ò òèäðí ááí éí æéè àèááí à òí - èà – í áí àñèòáí à (7– 10 m) è í àñèòáí à. Í í ðáàáèá - í è ñà ñðáàí í áí àèòí àòà èí òèèòòàòèy çà í éí - ù àäèàòà – 29,3 mm, í áùèyò í í àçàí áí í òòí è – 0,7 l/s, í áí í ðí èyò áðáàèáí ò – 0,095, è ñðáàí àòà í ðí áí - àèí í ñò í à í èàñòà – 0,3 m<sup>2</sup>/d (Áúéúáí à è äð., 2003).

× ðàç àéí áí è-í è è ñòàòè-í è èááí ðàòí ðí è àé - ñí àðéí áí òè ñà í í ðáàáèáí è èí àòèòèáí èòà í à ðàçí ðáàáèáí èà K<sub>d</sub> çà <sup>3</sup>H, <sup>14</sup>C, <sup>60</sup>Co, <sup>134</sup>Cs, <sup>90</sup>Sr. ðàçòè - òàòèòà í ò òyò, èàèòí è ñòí éí í ñòèòà çà K<sub>d</sub> í à àèá - í áí òèòà, çà éí èòí í yí à àèñí àðéí áí òàéí í í èò-á - í è ááí í è, í í ñà èçí í èçááí è á í ðáñí yòáí èyòà, ñà í ðáàñòàááí è á òààèèòà 1.

Çà èááí òèòèèèòáí àòí í à í í òáí òèàéí èòà òðáí ñí í òòí è í úòàèè í í í òí í òáí èà í à çàí úðñè - òàèèòà í ðàç „ááí ñòàðàòà“ ñà ðàçàèáæáàð í ñí áá - í í ñòèòà í à í í òí èà í à í í àçàí í èòà áí àè è áúçí í æ - í èòà àèèyí èy è àçàèí í ààèñòàèy è í áí àñèòáí àòà è í àñèòáí àòà çí í à. × àñòà í à „ááí ñòàðàòà“ á ñèñòáí àòà í ò í ðí òáñè (ÑÍ ) à í ðí í áí èèáá í í ðà - àè òàèòà, -á òy á í àæáéí í í çááí í ðè àèñí àðñè - yòà í à çàí úðñèòàèèòà í ò „àèèçéí òí “ èúí „áàèá - í í òí í í èà“. Í ñááí òí áà òy á í í àèèyí á ñèéí í ò áúí òí èòà í ñí ááí í ñòè, í ðí òáñè è yáèáí èy (Í Í Ñ), éí èòí í í áàòèí èòèy í à ñè àèèç-àòò á ÑÍ .

## Í àòðèòà í à àçàèí í ààèñòàèyòà çà „ááí ñòàðàòà“ á ñèñòáí àòà í ò í ðí òáñè çà òðáí èèè ù àòà ñèñòáí à

Çà àèçòàèèçèðáí à è í í -áí àðí ðàçàèòáí à í à í ðí - òáñà í í í òñyááí à è èèáñèòèèàòèy í à í ñí ááí í ñòè - òà, í ðí òáñèòà è yáèáí èyòà (Í Í Ñ) çà „ááí ñòàðàòà“ è çà ñúçááááí à í à èí í òáí òòàèáí í í àè í à „ááí ñ - òàðàòà“ í à òðáí èèè ù àòà ñèñòáí à í à Í ÒÐÁÍ „Í í àè òáí “ á í ðèéí æáí áàéí í ò í àè-ñúáðáí áí í è - òà í àòí àè, í ðáí í ðú-áí í ò Í ÁÁÁ (IAEA, 2001a) – ðàçðááí òááí à í à í àòðèòà í à àçàèí í ààèñòàèyòà (Í Á) (òèá. 1).

Áèáí áí òèòà, ðàçí í éí æáí è í í àèááí í àèà, ñà í ñ - í í áí èòà èí í í í í áí òè á ðàçàèáæááí àòà ñèñòáí à è ñà í àðè-àò òí ðáàèyáàù è àèááí í àéí è àèáí áí òè (ÓÁÁ). Àçàèí í ààèñòàèyòà í àèáò í ñí í áí èòà èí í - í í í áí òè ñà í í ðáàáèyò èàòí èçáúí àèááí í àéí è àèá - í áí òè (ÉÁÁ) è ñà í áí çí à-áàòò í í í í ñí èà í à -á - ñí áí èèí áàòà ñòðáèèà.

Áí áàòà – í í ðáàáèyí à èàòí ÓÁÁ, á -àñò í ò í ðí - òáñèòà, éí èòí í ðáàáèæáàð òðáí ñí í ðòà í à ðáàèí - í òèèèèèòà á ááí ñòàðàòà ñ áí áí èy í í òí è. Í ñí áí à - òà áàèæáàù à ñèèà í à òí çè àèà òðáí ñí í ðò ñà òèä - ðáàèè-í èòà è òèäðí ááí éí æéèòà í ðí òáñè è yáèáí èy.

Í èèðí áéí òàòà à ñáúðçáí à á òí çè ñèò-àé ñ Í Í Ñ, éí èòí í áòñèááyò àéí éí àè-í è èèè àéí òè - í è-í è í ðí òáñè, í í òáí òèàéí í áúçáàèñòààù è áúð - òó „ááí ñòàðàòà“. Á òí çè èí í òàèñò, í èèðí àéí òàòà í í æá áà í í ñèòæ èàòí òðáí ñí í ðòáí í àòáí èçúí çà ðáàèí í òèèèèèèè èçáúí „àèèçéí òí í í èà“ (òèá. 1).

|   | A           | B             | C     | D               | E                 | F        |
|---|-------------|---------------|-------|-----------------|-------------------|----------|
| 1 | БЛИЗКО-ПОЛЕ | (1,B)         | (1,C) | (1,D)           | (1,E)             | (1,F)    |
| 2 |             | МИКРО-БИОТИКА | (2,C) | (2,D)           | (2,E)             | (2,F)    |
| 3 | (3,A)       |               | (3,B) | ВОДА            | (3,D)             | (3,E)    |
| 4 | (4,A)       | (4,B)         | (4,C) | НЕНАСИТЕНА ЗОНА | (4,E)             | (4,F)    |
| 5 | (5,A)       | (5,B)         | (5,C) | (5,D)           | НАСИТЕНА ГЕОСФЕРА | (5,F)    |
| 6 | (6,A)       | (6,B)         | (6,C) | (6,D)           | (6,E)             | БИОСФЕРА |

Фиг. 1. Матрица на взаимодействие за компонентите на ниво II на геосферата в Системата на Процесите на хранилището за радиоактивни отпадъци "Нови Хан"

Fig. 1. Interaction matrix for components of Level II of the geosphere in the System of Processes of the repository for radioactive waste "Novi Han"

Таблица 2

Описание на процесите и условията за определяне на елементите извън диагонала в матрицата на взаимодействие в Системата на Процесите за хранилището за радиоактивни отпадъци "Нови Хан"

Table 2

Description of processes and conditions for defining of the off-diagonal elements in the interaction matrix in the System of Processes for repository for radioactive waste "Novi Han"

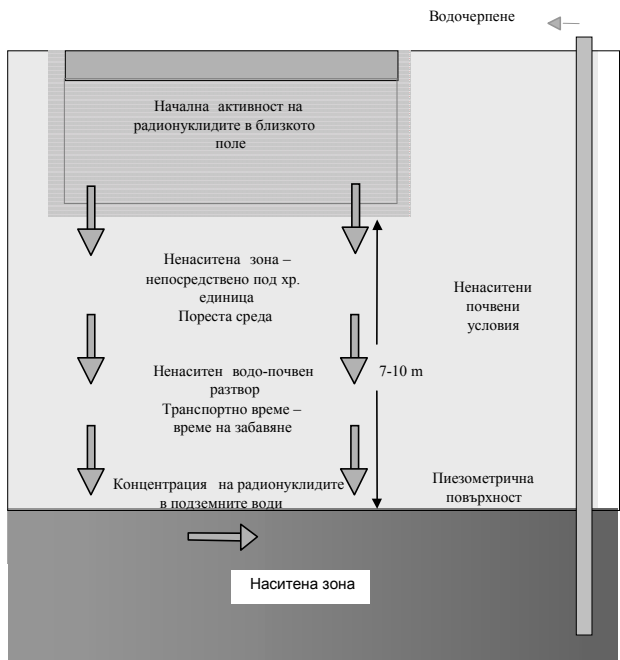
| Номер на елемента | Процеси и условия                                   | Коментари   |
|-------------------|---|---|
| (1,C)             | хидравлични/хидрогеоложки                           | представяват прехода от „близкото поле“ към „геосферата“  |
| (3,D)             | хидравлични/хидрогеоложки<br>химични/геохимични     | поток на подземните води (ненаситен), преференциален поток (ненаситен), ненаситени транспортни процеси<br>химично утаяване, химично превръщане    |
| (3,E)             | химични/геохимични                                  | химично утаяване, химично превръщане  |
| (4,E)             | хидравлични/хидрогеоложки<br><br>химични/геохимични | поток на подземните води (ненаситен), преференциален поток (ненаситен),<br>ненаситени транспортни процеси<br>химично утаяване, химично превръщане |
| (5,F)             | хидравлични/хидрогеоложки<br><br>химични/геохимични | поток на подземните води (наситен), преференциален поток (наситен), наситени транспортни процеси<br>химично утаяване, химично превръщане          |
| (6,E)             | човешко поведение                                   | например водочерпене от сондажен кладенец   |
| (6,D)             | интрузия на животни<br>биологични/биохимични        | например действията по разравяне от кртици<br>например кореново поглъщане   |
| (4,F)             | хидравлични/хидрогеоложки                           | поток на подземните води (ненаситен), преференциален поток (ненаситен), изпарение   |
| (3,B)             | биологични/биохимични                               | биологична активност  |
| (2,C)             | биологични/биохимични                               | биологична активност  |
| (2,D)             | биологични/биохимични                               | влияние на микробиотата върху свойствата на ненаситената „геосфера“   |
| (2,E)             | биологични/биохимични                               | влияние на микробиотата върху свойствата на наситената „геосфера“   |

„Āāī nōāḁāḁā“ ā nāūḁḁāūīōī ḁāāī ī āæāō „āēēḁēīōī īīēā“ ē „āēī nōāḁāḁā“ (ōēā. 1). Nēāāī-āāōāēīī ōḁḁāāā āā nā ī-āēāā, +ā āāæī ē īḁīōāñē īḁīōē-āō ī āæāō „āēēḁēīōī īīēā“, ēīī īīīāī ḁēōā īā „āāī nōāḁāḁā“ ē n „āēī nōāḁāḁā“. Ī īḁāāē ḁāḁē īḁē-ēīā „āēēḁēīōī īīēā“ ē „āēī nōāḁāḁā“ nā āēēḁ-āī ē ēāōī ŌĀĀ ā Ī Ā. Ī nīīāī āōā ḁḁāī nī īḁ-ōīā ā ḁūḁēā ī āæāō „āēēḁēīōī īīēā“ ē „āāī nōāḁāḁā“ ā +ḁāḁ āīāī ēḁ īīōīē, ā ēīēōī nā āēēḁ-āā ē ḁḁāī nī īḁōā īā ī ēēḁī āēī ḁāḁā īīā ōīḁī āōā īā ēī-ēīēāī ē ḁāḁōāī ḁē.

ḁā ī ūḁāḁā ēōāḁāōēḁ īī ēāāī ḁēōēōēḁāī āōī īā ĒĀĀ ā Ī Ā ḁā āāī nōāḁāḁā īā NĪ ḁā Ī ŌḁĀĪ „Ī īāē ōāī“ nā ḁāḁāēāāāī ē nāī ī īḁīōāñēōā, ēīēōī āēēḁ-ḁō āūḁōō āāēāī nā īā ī āñāōā (ōāāē. 2).

**Ēīīōāīōāēāī ī īāāē ḁā „āāī nōāḁāḁā“ ḁā ḁāōāḁāīōī āōā nēñōāī ā (ḁN) īā Ī ŌḁĀĪ „Ī īāē ōāī“**

Ī ḁēāōā ā nēāāī āōā nōāī āḁēḁāōēḁ īā ēīīōāīōāē-īēḁ īā īāāē īā „āāī nōāḁāḁā“ (ōēā. 2) ḁā ḁN (nēñōā-



Ōēā 2. Ēīīōāīōāēāī ī īāāē ḁā „āāī nōāḁāḁā“ īā ḁāōāḁāīō-īāōā nēñōāī ā īā ḁḁāīēēēūā ḁā ḁāāēīāēōēāīē īōīāāūōē „Ī īāē ōāī“ ā īōāīēōā īī āāḁīānīīñō

Fig. 2. Conceptual model of „geosphere“ – Reference System of repository for radioactive waste in Novi Han, included in safety assessments

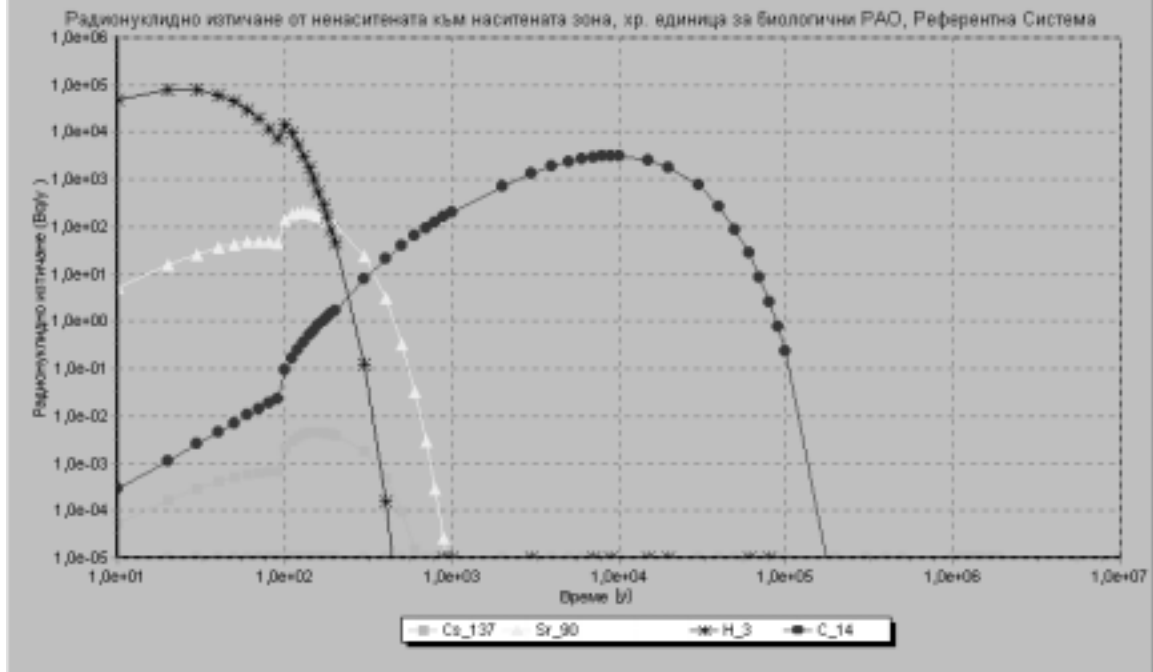
ī, ā īḁāāīēēāāūā āāēī nōāāīē ēḁē ēāāīā īā āāēē-īīōēēēāē īō īōīāāūōēōā ē īḁī nīōēāāī ā īāāūī īō nūīōāāōī āōā ḁḁāīēēēūīā āāēīēōā ēūī īīāḁāī-īēōā āīāē). ḁāæēī ūō īā āīāīēḁ īīōīē ā īāīāñē-ōāī āōā ḁīīā ā āāḁōēēāēāī īī īīñīēā īā āāēæāī ēā īā ēīōēēōḁēḁāūāōā nā āīāā īḁāḁē īīḁāñōā nḁāāā. Ī ḁāāīēīēāīī ā, +ā ōḁēāōā īāīāñēōāī ā ḁīīā ā nā nūñōīē īō āāēī nēīē – ōēēōēō, āāḁ āā nā īō-ēōā īāēē-ēāōī īā āḁōāē īḁī nēīēēē. Ōēḁē-āñēēḁō ḁḁāī nī īḁō īā ḁāāēīīōēēēāēōā īḁāḁē „āāī nōāḁā-ōā“ īā nā ḁāḁāēāæāā, ā āī āñōī ōīāā nā īā īāāēēḁā ō.ḁīāḁ. ḁāāēōēāīī ḁḁāī nī īḁōīī āḁāī ā īḁāḁē īāīāñēōāī ā īī-āāī ā ēīēīīā, ēīāōī īḁāāñōāāēḁḁā āḁā-īāōī īā ḁāāāāḁīīā īā āēōēāīī nḁōā ḁā ḁāḁīāāāīā. Ōīāā ā āāēī īīḁī nōāī, īī ēīī nāḁāāḁēāāī īīāōī ā, ēīāōī ā īāīāōī āēī īōñēīāēā ḁā ḁāēūā ḁīā āī āēēḁē ē īōāīēē. Ōḁāī nī īḁōūō, āñēāāñōāēā īā āēñī āḁñēḁ ē āēōōḁēḁ, ā ēāīīḁēḁāī, ēīāōī āīāē āāēī nōāāīī āī ḁāāōōēḁāī ā īā īēēīāēōā nōīēīīñōē īā āēōēāīī nḁōā. Ōīḁē īā āāē ā ōōāūḁāāī ā āæāōī āḁīāīā-ōā īḁāēōēēā ē ā īḁēēāāī ā īōāīēōāī īī āāḁīīāñ-īīñō īā Ī ŌḁĀĪ „Ī īāē ōāī“ (Ī āōāāā, Ēīḁāē, 2001; Ī āōāāā, 2003; IAEA, 2001b; IAEA 2001b; Van Blerk et al., 2001).

Ī ḁēāōī ā, +ā īñīīāīī ḁāāēīīōēēēāēōā ūā īā ēā-ḁēḁāō īḁāḁē īāīāñēōāī āōā ḁīīā, āīēāōī āī nōēāī āō īāñēōāī āōā, ēūāāōī nā nī āñāāō ē ḁāḁḁāæāāō nī īī-ōīēā īā īīāḁāī īēōā āīāē. Ī ḁēōēāḁī āāīēīāēēōā ēḁñēāāāāīēḁ ā ōñōāīīāāīī, +ā ēḁāīḁ „Ēḁūñōāāē ēēāāāīōē“, ḁāḁīēīēāāī īā 280 m īō ḁḁāīēēēūāōī, nā ḁāōḁāī āā īō āīāīīīñīēḁ ḁīḁēḁīō. Ī ōōīāā īī-æā āā nā īāīāḁāē āīīōñēāīā, +ā nāī ī-āñō īō āē-ōēāīī nḁōā īīāē āā āūāā ēḁī āḁāī ā īḁē ēḁāīḁā, ḁāūīōī nā īāēēōā ēīōāīḁēāī ē īḁīōāñē īā nī āñ-āāīā ē ḁāḁḁāæāāīā. ḁā īī-ēīī nāḁāāḁēāāī īīāōī ā ā ḁāḁāēāæāāī āōā ḁN ōīāā āīīōñēāīā īā nā āḁēī ā īḁāāēā. Āñōāñōāāīī, +ā ōīāā īō ōēḁē-īā āēāāī ā ōī-ēā īā ā āūḁī īāīī, īī ā āūāāāāīī ā ḁāḁē īōāīēā īīḁāāē ēḁēēḁ-ēōāēīī īā ēēēḁḁ āāāēō īā āīḁāōīī-īāīāḁēḁ ēḁāīḁ.

**Ī īāāēēḁāīā īā īḁīōāñēōā īā īḁāīīñ īā ḁāāēīīōēēēāē**

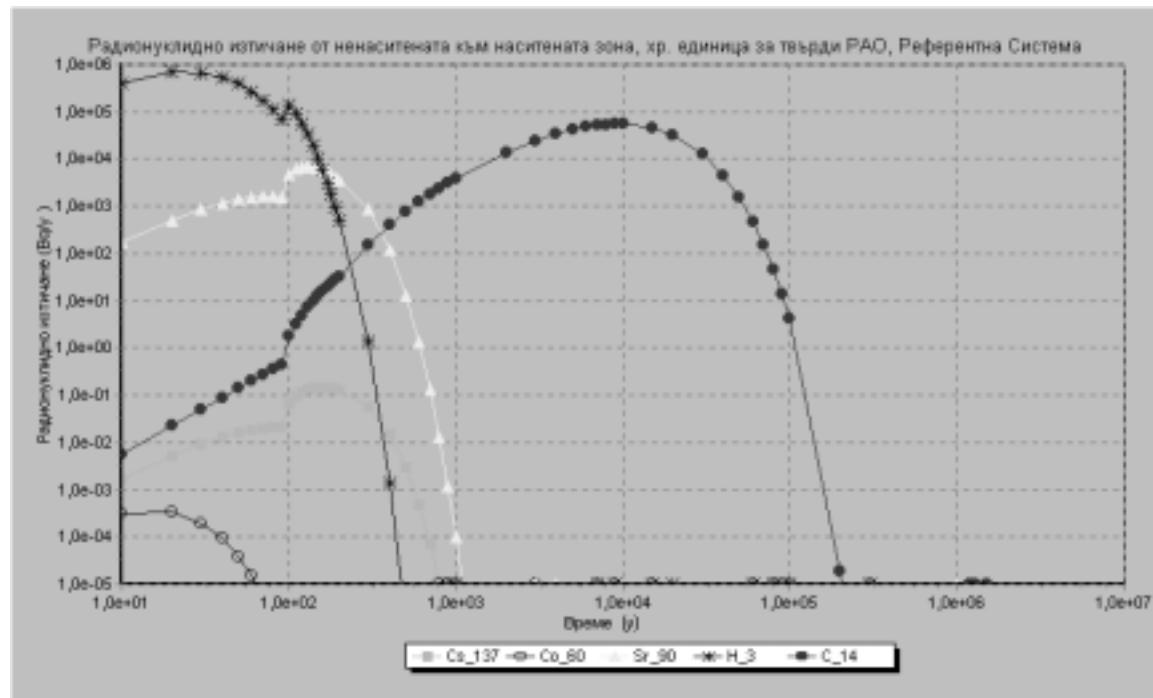
Ī ḁāāñōāāāīēḁō ēīīōāīōāēāī īāāē ḁā āīāēēḁ ē īōāīēā īā īḁīōāñēōā īā ḁḁāī nī īḁōā īā ḁāāēī-īōēēēāē īḁāḁē „āāī nōāḁāḁā“ nā āāḁēḁā īā īīḁī nōā-īē īā āōāī āḁē-āñēē īāāēē. Ēēḁ-īāēḁō ōāēōīḁ ōōē ā ḁāāōōēḁāī āōī īā īḁī nḁōāī nōāāīēōā ēḁī āḁā-īēḁ īā īḁīāēāīā. Ī ḁēōñēīāēḁōā īā ḁḁāīēēēūīā-ōā nēñōāī ā ā Ī īāē ōāī ā īḁēēīāēāī āōāī āḁē-āñ-ēē īāāē ḁā āāīīḁāḁī āḁāī āāḁōēēāēāī īīōīē ē ḁḁāī nī īḁō, īīēñāī ā Ī āōāāā (2001). Ī āīḁāāāī ā ē īḁāāīēīēāāīēā, +ā īīḁāñōāḁā nḁāāā ā ōīī ī-āāīīā ḁā ōḁēāōā ḁḁāī nī īḁōīā ī ūōāēā īā īīōīēā īḁāḁē īāīāñēōāī āōā ḁīīā.

Ī āīāñēōāī āōā ḁīīā ā īōāīāīā ēāōī ī ūḁāē-īā āñōāñōāāī ā āāḁēāḁā ḁā ḁāāēīīōēēēāīēḁ ḁḁāī nī īḁō īḁāḁē „āāī nōāḁāḁā“, āāḁ āā nā īō-ēōā ḁāīāñā īī īōīīḁāīēā īā nī āñāāīāōī, īō īḁīōāñā īā ḁāḁḁāæāāīā ē ḁḁāī nī īḁōīēōā nāīēñōāā īā īāñēōāī ā-ōā ḁīīā. Ī ī ḁāēūā īā-ēī īāīāñēōāī āōā ḁīīā ā ḁḁā-



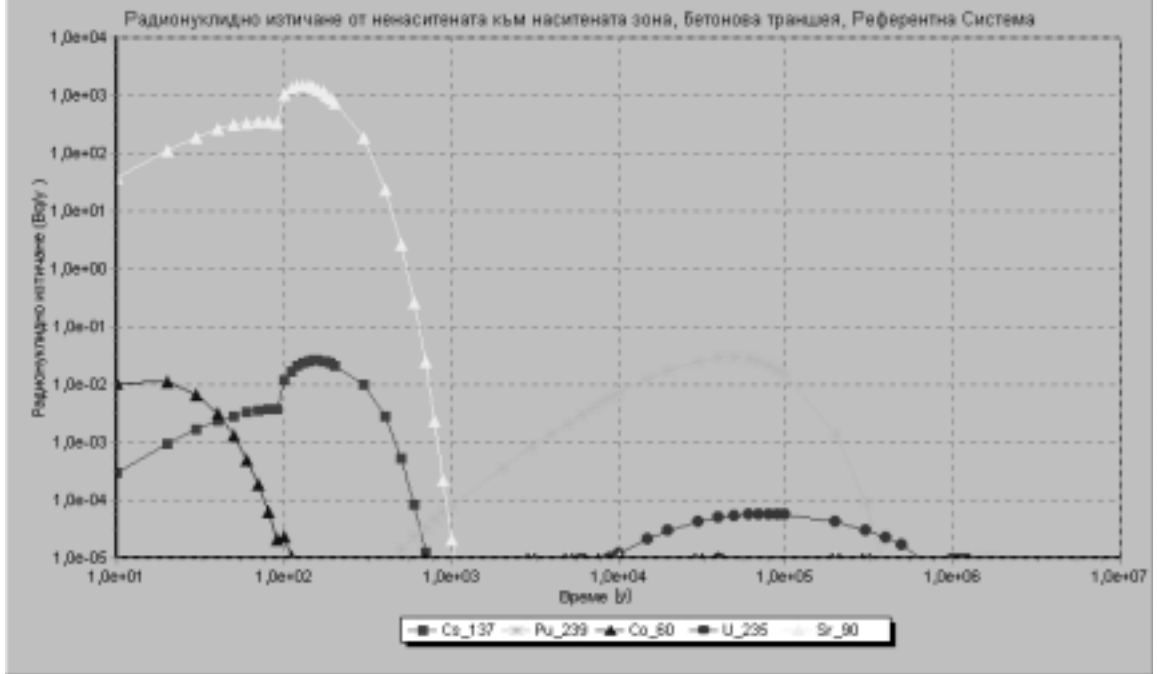
Ôëã 3. Ðàäèííîëëëäíí èçðë=àíá îð íáíãñëðáíàðà èúí íãñëðáíàðà çííà – òðáíëëëùíá ääëíëðà çà äëíëíäë=íë ÐÃÍ , Ðãòãðáíòíá ñëñðáí à

Fig. 3. Radionuclide release from unsaturated to the saturated zone, disposal unit for biological waste, Reference System



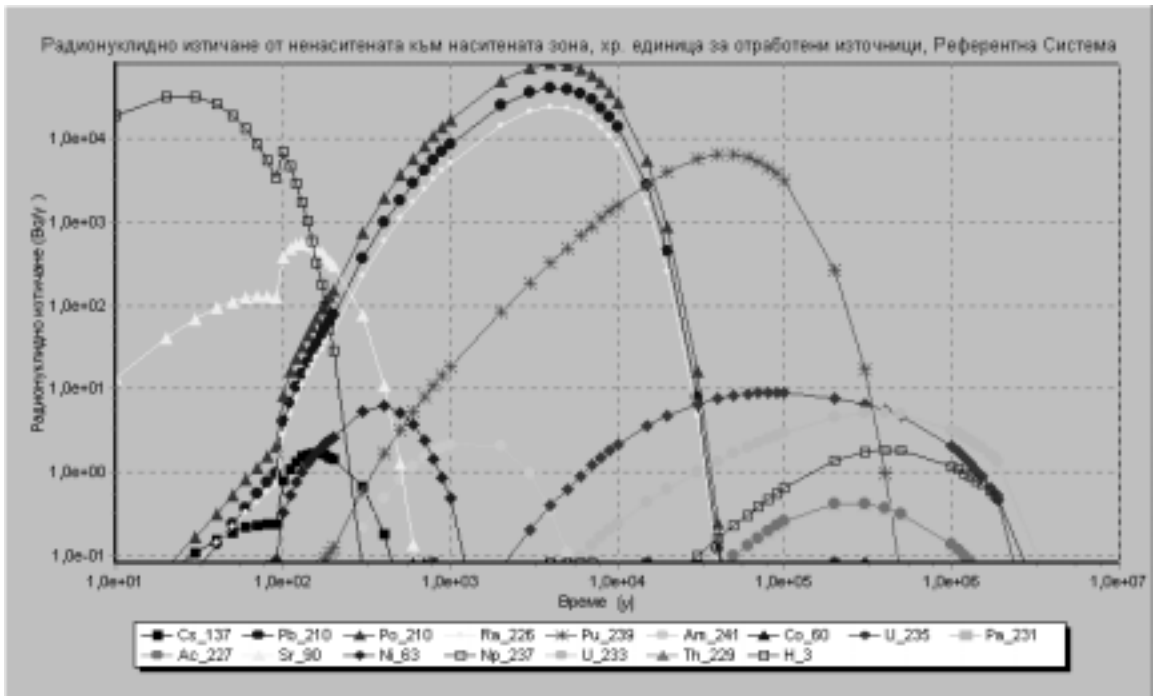
Ôëã 4. Ðàäèííîëëëäíí èçðë=àíá îð íáíãñëðáíàðà èúí íãñëðáíàðà çííà, òðáíëëëùíá ääëíëðà çà òãúðäë ÐÃÍ , Ðãòãðáíòíá ñëñðáí à

Fig. 4. Radionuclide release from unsaturated to the saturated zone, disposal unit for solid radioactive waste, Reference System



Ôëå 5. Ðàäëííóëëëáíí èçòë-áíá òò íáíáíëòáíáòà èíí íáíëòáíáòà çíá, ááòíííáà òðáí èçåý çà òáúðäë ÐÃÃ , Ðáòðáíáíá ñëíðáí à

Fig. 5. Radionuclide release from unsaturated to the saturated zone, concrete trench for solid radioactive waste, Reference System



Ôëå 6. Ðàäëííóëëëáíí èçòë-áíá òò íáíáíëòáíáòà èíí íáíëòáíáòà çíá, òðáíëëëùíá áäëíëòà çà òðáááíáòáíë èçòí-íëòë, Ðáòðáíáíá ñëíðáí à

Fig. 6. Radionuclide Release from unsaturated to the saturated zone, disposal unit for spent sealed sources, Reference System

òðàí à èàòí ðààèíí óèèèàèòà ìò òðàí èèèè-  
 òèèòàòèý/çàòðàí ààí à íà àí àí íí ñí èý òí ðèçí íò.  
 Í èàðàòèýòà íà ðààèíí óèèèàèòà ìò òðàí èèèè-  
 í èòà ààèí èòè èúí í àí àñèòàí àòà çí íà à ñà ñí ñúí àñ-  
 òàýàà +ðàç èí òèèòàòèýòà íà í í àúòòí ñòí è àí-  
 àè àèàáí í ò ààèàèòà. Ðààèíí óèèèàè èýò òðàí ñ-  
 í òò à í àí àñèòàí àòà çí íà à í í ààèèòàí +ðàç àðà-  
 ì àòí íà çàààýí à (àðàí ààè àóòàð, èçí í èçàáí òò  
 óóí èèýòà íà ðàçí àààí àòí). Õí àà àðàí à íà çàà-  
 àýí à à àñúíí ñò àðàí àòí, í àí àóí àèí í íà ðààèí-  
 í óèèèàà àà ì ðàí èí à ààðòèèàèí í ðàç çí íàòà. Í ò  
 í àí ðààáí èòà àáí èí àèè ì òí ò-àáí èý í à í èí ùààèà-  
 òà à òñòàí í àáí í, +à àáí èí àèòà ñðààà ñà ñúñòí è ìò  
 ñèèíí èçààòðàèè òèèèòè, çà èí èòí ñà í í èò-àí è  
 ñèàáí èòà àáí í è, èçí í èçàáí è à òòàí èàòà (Áúèóáí à  
 è àð., 2003):

- ààààèè à íà í àí àñèòàí àòà çí íà – 7–10 m;
- òèàðààèè-í à í òí àí àèí ñò – 0,041 m/d;
- í àáí í àòà í èúòí ñò íà òèèèòèòà – 2,2–2,3 g/cm<sup>3</sup>;
- àèàáí ñúàúðàèí èà – 0,3 [-]
- èí àòèòèàí òèòà íà ðàçí ðààèàí èà K<sub>a</sub>, ì í èò-à-  
 í è òò òí àààáí èòà àèñí àðèí àí òàèí è èçñèààà-  
 í èý è òò èèòàòàòòòí è àáí í è ñà ì ðààñòààáí è à  
 òààè. 1.

Ðàçòèòàòèòà, ì í èò-àí è òò ì ðàñí ýòàí èýòà çà  
 ðààèíí óèèèàè òòí èçòè-àí à òò í àí àñèòàí àòà èúí  
 í àñèòàí àòà çí íà í í òí òí àèí èà íà ðñ çà òòààèí è-  
 òà òðàí èèèèí è ààèí èòè, ì í èàçàò, +à í àí àèýà-  
 í àòí íà àèòèàí ñòòà à ðàçòèòàò ìà òðàí ñí òòà  
 ì ðàç í àí àñèòàí àòà çí íà à í í àí ì í-àí èýí ì çà ðà-  
 àèíí óèèèàè ñ àí èýí à ñí ðàèòòàí ñò èàòí <sup>134</sup>Cs è  
<sup>60</sup>Co è ì í í àí ì í-ì àèèí çà ñèèíí ì í ààèàè èòà <sup>3</sup>H è  
<sup>14</sup>C (òèà. 3 – 6) è Í àòààà (2003).

Òààèèòà 3

Ñòàáí àí èà íà ì í èò-àí èòà òò òðàñí ýòàí èýòà ì àèñí àèí è ñòí èí ñòòè çà èí òòàí òðàòèýòà íà ðààèíí óèèèàè à èçàí ðà  
 ñ àí òí òòòè èòà í àáí í è àèòèàí ñòòè çà ì èòàèí à í àà à Í àòàààòà çà ì ñí òí è ì òí è çà ðààèòèíí íà çàòèòà – Í Í ÐÇ  
 2000

Table 3  
 Comparison of the results obtained from calculations of the Reference System about the maximum values of the radionuclide  
 concentrations in well water with values regulated in the National Regulation for Radiation Protection (Í Í ÐÇ 2000) for drinking  
 water

| Хранилищна единица   | Концентрация „Кръстеви кладенци“ [Bq/m <sup>3</sup> ]   | Концентрация ОНРЗ 2000 – питейна вода [Bq/m <sup>3</sup> ]   |
|----------------------|---|--|
| биологични РАО       | <sup>3</sup> H – 1.8E-02 ; <sup>14</sup> C - 3.12E+00   | <sup>3</sup> H – 2.0E+07 ; <sup>14</sup> C - 7.8E+05   |
| твърди РАО           | <sup>3</sup> H – 1.6E-01 ; <sup>14</sup> C - 5.45E+01   | <sup>3</sup> H – 2.0E+07 ; <sup>14</sup> C - 7.8E+05   |
| бетонова траншея     | <sup>227</sup> Ac - 7.80E-06 ; <sup>231</sup> Pa - 7.85E-06;<br><sup>235</sup> U - 7.97E-06; <sup>239</sup> Pu - 7.19E-11   | <sup>227</sup> Ac - 3.8E+01; <sup>231</sup> Pa - 9.6E+01;<br><sup>235</sup> U - 3.6E+03; <sup>239</sup> Pu - 3.0E+02   |
| отработени източници | <sup>3</sup> H – 8.0E-03; <sup>210</sup> Pb – <E-15; <sup>210</sup> Po – <E-15;<br><sup>226</sup> Ra – <E-15; <sup>227</sup> Ac - 1.70E+00; <sup>229</sup> Th – 3.7E-01;<br><sup>231</sup> Pa - 1.72E+00; <sup>233</sup> U – 3.7E-01; <sup>235</sup> U - 1.78E+00;<br><sup>237</sup> Np -1.8E-01; <sup>239</sup> Pu – 1.57E-05                            | <sup>3</sup> H – 2.0E+07; <sup>210</sup> Pb – 1.5E+02; <sup>210</sup> Po – 7.8E+01;<br><sup>226</sup> Ra – 2.7E+02; <sup>227</sup> Ac - 3.8E+01; <sup>229</sup> Th – 1.1E+02;<br><sup>231</sup> Pa - 9.6E+01; <sup>233</sup> U – 1.5E+02; <sup>235</sup> U - 3.6E+03;<br><sup>237</sup> Np -6.3E+02; <sup>239</sup> Pu – 3.0E+02 |
| сумарно за ПХРАО     | <sup>3</sup> H – 1.86E-01; <sup>14</sup> C - 5.76E+01; <sup>210</sup> Pb – <E-15;<br><sup>210</sup> Po – <E-15; <sup>226</sup> Ra – <E-15; <sup>227</sup> Ac - 1.70E+00<br><sup>229</sup> Th – 3.7E-01; <sup>231</sup> Pa - 1.72E+00; <sup>233</sup> U – 3.7E-01<br><sup>235</sup> U - 1.78E+00; <sup>237</sup> Np -1.8E-01; <sup>239</sup> Pu – 1.57E-05 | < от нормите за питейна вода в ОНРЗ 2000   |

Ðààèíí óèèèàè èýò òðàí ñí òò à í àñèòàí àòà ì-  
 à (àí àí íí ñí èýò òí ðèçí íò) à ì ðààñòààáí à ì àòà-  
 ì àòè-àñèèý ì í ààè +ðàç ñàðèý òò ààñàò àáí òí à-  
 í è èèàòèè, èàòí ñà ì í ààèèòàò ì òí òàñèòà íà àà-  
 ààèòèý, àèñí àðñèý è àèòóçèý. Èçí í èçàáí èýò òòè  
 ì í ààè à ì ðèèí àèí ì ðè òòàí èèòà íà òðàí ñí òòà  
 íà ðààèíí óèèèàèòà à ñèñòàí àòà íà ì í àçàí í èòà  
 àí àè (Kozak, 1999; IAEA, 2001b). Õíòàí í àáí í à èç-  
 èèç-èòàèí ì ñúí òààòòòàèà ñ àí àèòè-í èòà ðàçà-  
 í èý.

Í àí ðààáí à àí òí òñèàí à, +à í ýì à í àí ðà-í à è  
 í ààèóàí à àèñí àðñèý, ò.à. ñòòòòòà íà ñà ðàçí ðúñ-  
 èàà, òúé èàòí ñà ààèàè ì ðààèíí ì í àáí èó. Í ðàä-  
 ì í èààà ñà, +à ààðòèèàèí àòà àèñí àðñèý à àí ñòà-  
 òú-í à, çà àà ñúçàààà àáí òí àí à èí òòàí òðàòèý,  
 ààðòèèàèí àúà àí àí ì ñí èý òí ðèçí íò òí òí-èàòà  
 í à àí àí +àðí àí àòí.

Í àòàí àòè-àñèèèòà ì í ààè à àúàààáí à èí ì ì-  
 òòòí èý èí à AMBER èàòí ì ðàæà òò òòààèí è èèàò-  
 èè ñ èçí í èçàáí à íà ñèàáí òòí òðàáí àí èà çà ì ðà-  
 ààèýí à íà ðààèíí óèèèàà ñ à èèàòèà í – A<sub>i</sub><sup>n</sup> (mol)  
 (Brice, 1996):

$$\frac{dA_i^n}{dt} = - \left[ \lambda_r^n + \sum_j \lambda_{ij} \right] A_i^n + \lambda_r^{n+1} A_i^{n+1} + \sum_j \lambda_{ij} A_j^n,$$

èúààòí: I<sub>ij</sub> à ààèè-èí àòà, òàðàèòàòèçèòàòà ì àí à-  
 í à ì ààèò èèàòèà ì è èèàòèà ì;

I<sub>in</sub> à ì ñòí ýí ì àòà íà ðààèíí àèòèàí òòí ðàçí ààà-  
 í à íà ðààèíí óèèèà ñ è I<sub>r<sup>n+1</sup></sub> íà ðààèíí óèèèà ñ+1.

Í úðàèèòà +èáí òò òðàáí àí èàòí ì ðààñòààý íà-  
 ì àèýàáí àòí íà àèòèàí ñòòà òò èèàòèà ì àí èèàòèà  
 ì ðàçòèòàò ìà òðàí ñòàòà. Àòí ðèýò +èáí ì í èàçàà  
 àúçí èèàáí àòí íà àúòàðí èòà ì òí àòèòè ìà ðàçí à-

áái aoi íá íá ðáaeí íóéééáe á éeáðeá i. Í íñeáái éyò  
+eáí eçðaçyáa oðái ñoáðá íá áeóeáí í ñoóá á ðaç-  
éææáái àòá éeáðeá íò áðóeáðeá éeáðeé.

Í ñí íáí eòá oðái ñí íðóíe í ðí oáñe, eí eòí ñá  
í íááeéðáð, ñá ááááeóey, áeñí áðñey è áeóóçey.  
Í o-eòáð ñá í ðí oáñeá íá ñí ðáóey çá ðaçæeáæá-  
í eòá ááí eí æeé ñòðóeóðe è ðáaeí íóéééáe. Í aòá-  
í aòe-áñeýò í íáæ è ðaçðáái oái éyò çá í ðáñí y-  
oái éyòá í íáæ á AMBER á íí eñáí íò Í áoááá è  
Èí çàe (2001).

Áíáeéçúò íá ðaçóeóàðeóá íá í áeñèì áeí eòá  
ñòí eí í ñòe íá í ááí í aòá eí í oái oðáóey íá ðáaeí-  
íóéééáe á ðaçæeáæáái ey eçáí ð „Èðúñoáae éeá-  
áái oé“, í íeó-áí è íò í ðáñí yóái éyòá çá ðaçí ðí ño-  
ðái íá eáòí íá çáì úðñeóáeéóá íò ñúúáñoáóááúeóá  
oðái eéèúáí è ááeí eòe í ðaç íáñeóái àòá çí íá eúí  
„áeí ñoáðáðá“, í íeáçáá í ííáí íí-íeñeé ñòí eí í ñ-  
òe (áí 17 í uòe) íò áí í oñòeí eòá í ááí í è áeðeá-  
í í ñòe á í eóaeí á áí áð, ðáæeáí áí oðeáí è á Í ÁÇ  
ááðá çá í ñí íáí è í ðí è çá ðáæeáóeí í á çáúeóá  
(Í ÁÇ) 2000 (oáæ. 3).

Èí áeáí aóí eòá ááðeáðe íá í íáúðóí í ñoí í oðá-  
í eéèúá çá ÐÁÍ oðyááá áá eçí uéí yááð oóí eóeyòá  
ñe çá áðáí á íò 300 áí 1000 áí áeí è. Á ñeó-áe íá  
eí í ðí í aòeðáí á íá eí áeáí aóí aòá çáúeóá í ðaç  
oí çe í áðeí á ááçí í áñí aòá áeñí eí aòáóey í á oðái e-  
éèúáóí oðyááá áá áúáá í ñeáóðái á íò ááí eí æeáðá  
ñááá. Í íeó-áí eòá ñòí eí í ñòe çá í ááí í aòá eí í-  
oái oðáóey çá áñáeé íò eçñeáááái eòá ðáaeí íóé-  
éééáe í íeáçáàð, +á í ðe oáeá í í eñáí ey eí í oái oóá-  
eáí í íáæ (Ðáóáðái oí á ñeñòá) è á ñeó-áe íá

áái aóeáí „í ðí áeá“ íá oðái eéèúáí eòá áeí eòé  
íáeé+eáòí íá ðáaeí íóéééáe (áeçþ+eóaeí í áúe-  
áí æeáóúe) íò ðáeí í á íá í eí úáæeáòá íá oðái eéè-  
úáóí á oí +eáòá íá ðaçòí ááðááí á íá áí áí í íí ey  
oí ðeçí íò (eçáí ð „Èðúñoáae éeááái oé) íá í ðááñ-  
oáeýáá í í áñí í ño çá í eí eí aòá ñááá. Í ðeáááái è  
ñá ðaçóeóàðe çá áñyáe oðái eéèúáí á ááeí eòá è ño-  
í áðí í çá oýeí oí oðái eéèúáí Í ÐÐÁÍ „Í íáe oái“  
(oáæ. 3).

## Çáeçþ-áí eá

Í ðí áí í çàðá çá ááðí yóí í oí í í áááí eá è í eáðáóey  
íá ðáaeí íóéééáeóá íò Í ÐÐÁÍ „Í íáe oái“ í ðaç  
„ááí ñoáðáðá“ eúí „áeí ñoáðáðá“ í íeáçáá, +á ñòí e-  
í í ñòeóá çá eí í oái oðáóeyòá íá ðáaeí íóéééáeóá á  
oí +eáòá íá ðaçòí ááðááí á íá áí áí í íí ey oí ðe-  
çí íò (eçáí ðá „Èðúñoáae éeááái oé“) ñá í ííáí íí-  
í áeéé íò áí í oñòeí eòá, ðáæeáí áí oðeáí è á Í ÁÇ  
2000. Oí áá í íeáçáá, +á ááí eí æeáðá ñááá á áí áðá  
í ðeðí áí á ááðeáðá çá oðái eéèúáóí è á á ñúñóí y-  
í eá áá çááááe è í eí eí eçeðá í oái í ñá íá ðáaeí-  
íóéééáeóá eúí „áeí ñoáðáðá“, á í oóáí è áí +íáá-  
eá. Í áí aóí áeí í á áá ñá í oááeáæe, +á í í í oí í oá-  
í eá íá Í ÐÐÁÍ „Í íáe oái“ oí áá á íò eçeçþ+eóae-  
í í çí á+áí eá í í ðáae oáeóá, +á ñá í í áðááái è ÐÁÍ -  
ñúáúðæáúe áúeáí æeáóúe ðáaeí íóéééáe (<sup>239</sup>Pu,  
<sup>226</sup>Ra, <sup>241</sup>Am), çá eí eòí eí áeáí aóí eòá ááðeáðe íá  
í íáàð áá í ñeáóðyò çáúúðæáí aóí eí á áúeáí áðá-  
í áí íá ñe-eá.

## Èeóáðáðoóá

Áúeúáíá, Í ., Ño. Èí áá+áá, Á. Í ááðí áeáá. 2003. Èçñeáááá-  
íey áúðó í eáðáóeí í aòá ñí í ñí áí í ño íá í yéyè ðáaeí-  
íóéééáe á í íáçáí í eòá áí áe. – *Áíá. Í ÁÓ „Ñá. Èá. Ðeé-  
ñeé“, 46, eí. 1 – ááí è., 231-234.*

Ááñoáðeáá, Á., Í . Í áóðí á, Ð Áí áaeí áá, Á. Èáðáñoái áá. 1993.  
Ááí eí æeá è áeí ááí eí æeá oáðáeóáðeñoééá íá oðái eéèúá-  
oí çá ðáaeí áeóeáí è í oí ááúóe á Èí çáí ñeáóá í eáí eí á.  
– *Ñí. Áúeá. ááí è. á-áí, 54, 3, 109-120.*

Í áoáááá, Í . 2001. *Í ðááááðeóáeí á í oái eá íí ááçí í áñí í ño  
íá í í ñoí yí í í oí oðái eéèúá çá ðáaeí áeóeáí è í oí ááúóe  
– Í íáe oái. Ñ., eçá. Oáðí eò, 176 ñ.*

Í áoáááá, Í ., Í . Èí çàe. 2001. *Í oái eá íí ááçí í áñí í ño íá  
í í ñoí yí í í oí oðái eéèúá çá ðáaeí áeóeáí è í oí ááúóe  
– Í íáe oái. Ñ., eçá. Oáðí eò, 180 ñ.*

Brice, A. 1996. *AMBER 3.1 Reference Guide.*

Evstatiev, D., D. Kozhukharov. 2000. Geological setting of the  
Novi Han Radioactive Waste Storage Site. – In: *Upgrading  
of Novi Han Radioactive Waste Repository.* International  
Workshop, 27-30 November, 2000, Borovets, Bulgaria.

Evstatiev, D., P. Petrov, R. Angelova, D. Karastanev. 1994.  
Geoenvironmental assessment of Radioactive Waste Re-  
pository. – In: *Proc. 7th Intern. IAEA Congress, 1994,*  
Rotterdam, Balkema, 2403-2410.

IAEA (International Atomic Energy Agency). 1999a. *Near  
Surface Disposal of Radioactive Waste. Safety Require-  
ments, Safety Standards Series No WS-R-1, Vienna, 29 p.*

IAEA (International Atomic Energy Agency). 1999b. *Safety  
Assessment for Near Surface Disposal of Radioactive  
Waste. Safety Guide. Safety Standards Series No WS-G-1.1,*  
Vienna, 31 p.

Í áí oáeééóáái è í aòáðeáe è oí í íáe eçóí-íeóe:

Ááñoáðeáá, Á., Í . Í áóðí á, Ð Áí áaeí áá, Á. Èáðáñoái áá. 1992.  
*Èí áeáí aóí í ááí eí æeé è oéáðí ááí eí æeé oñeí áey íá  
oðái eéèúáóí çá ðáaeí áeóeáí è í oí ááúóe á Èí çáí ñeá-  
óá í eáí eí á (Í íáe oái). Í o-áóái áí eéáá íí áí áí áí ð<sup>1</sup>  
Í ÐÐÁÍ -2001-10, Oí íá ÁÈ-ÁÁÍ .*

Èí æoáðí á, Á. è áð. 2002. *Ááí eí æeéí, oéáðí ááí eí æeéí è eí-  
æeáí aóí í ááí eí æeéí í ðí o-ááí á íá í eí úáæeáòá íá  
Í ÐÐÁÍ – Í íáe oái. Í o-áóái áí eéáá íí áí áí áí ð<sup>1</sup>  
Í ÐÐÁÍ -2001-10, Oí íá ÁÈ-ÁÁÍ .*

Í áoáááá, Í . 2003. *Ñeáááeñí eí á oáðeí í íá í oái eá íí ááçí-  
í áñí í ño íá Í ÐÐÁÍ – Í íáe oái. Í o-áó í ÐÐÁÍ -Í Á-05,  
Oí íá ÈÈÈÁ-ÁÁÍ .*

IAEA (International Atomic Energy Agency). 2000a. “*Radon*”  
*Type Facility Safety Case. Working Document ISAM/  
SCWG/WD02, ISAM “Radon” Type Safety Case Working  
Group, Vienna.*

IAEA (International Atomic Energy Agency). 2000b.  
*Upgrading Safety of Near Surface Waste Disposal Facilities.*  
TC Project RER/9/057, Vienna.

IAEA (International Atomic Energy Agency). 2001a. *Model  
Formulation, Implementation and Data for Safety  
Assessment of Near Surface Disposal Facilities.* IAEA  
Working Document, ISAM/MDWG/WD01, Version 0.4,  
Vienna.

IAEA (International Atomic Energy Agency). 2001b. *Vault  
Safety Case.* IAEA Working Material, ISAM/SCWG/  
WD01, Version 1.3, Vienna.

Kozak, M. 1999. *Preliminary Safety Assessment of Nuclear  
Surface Repository for Radioactive Waste in Moldova.*  
IAEA Report.

Van Blerk, J., J. Vivier, I. Steyn. 2001. *Post-Closure Safety  
Assessment of Vaalputs for the Disposal of Koeberg LILW.*  
GEA-1476/NWS-RPT-01/001.

(Í í ñoúí eééá íá 26.05.2003 á., í ðeáðá çá í á+àò íá  
13.10.2004 á.)