

СТАТЬИ

УДК 551.46:539.16

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ РАДИАЦИОННОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ ПРИ ЗАГРЯЗНЕНИИ ВОДЫ В РАЙОНАХ МОРСКОГО ПРОМЫСЛА

Ганул М.Н., Кучин Н.Л., Сергеев И.В. (ЦНИИ им. А.Н. Крылова)

Техногенные радионуклиды, попавшие в морскую воду, могут воздействовать на человека по различным путям, что связано с перераспределением загрязнения между объектами морской среды. Основным путем облучения населения при радиоактивном загрязнении морской среды является пероральное поступление радионуклидов при потреблении морепродуктов [1]. Поэтому при разработке методов прогнозирования облучения населения, обусловленного радиоактивным загрязнением морской среды, целесообразно рассмотреть загрязнение промысловых районов открытого моря.

Важным критерием оценки экологических последствий радиоактивного загрязнения районов морского промысла является объемная активность биологически значимых радионуклидов в воде и донных отложениях, и как следствие этого, накопление указанных радионуклидов в органах и тканях как промысловых морских организмов, так и их кормовой базы, опресненной морской воде и пищевой соли, полученной из морской воды.

Метод нормирования радиоактивного загрязнения воды промысловых районов моря [2] и рассчитанная на его основе контрольная концентрация радионуклидов [1] могут быть использованы для определения границы зоны опасного загрязнения акватории, создаваемого радиоактивными сбросами в морскую среду. Однако этот метод не позволяет оценить радиационное воздействие на население морепродуктов, добытых в границах указанной зоны.

Для оценки возможного радиационного воздействия на население предлагается использовать дозовые коэффициенты, которые переводят объемную активность морской воды в промысловом районе в эффективную дозу, обусловленную потреблением добытых в этом районе морепродуктов. Дозовые коэффициенты e_{ij} есть ожидаемая эффективная доза при потреблении 1 кг j -го морепродукта, добытого в морской среде с объемной активностью i -го радионуклида 1 Бк/м³. В этом случае выражение для вычисления ожидаемой эффективной дозы облучения лица из населения от i -го радионуклида при потреблении j -го морепродукта можно представить в виде

$$E_{ij} = e_{ij} m_j a_i,$$

где m_j — потребленная масса j -го морепродукта, кг; a_i — объемная активность i -го радионуклида в воде, Бк/м³.

При вычислении дозовых коэффициентов были использованы дозовые факторы конверсии при поступлении радионуклидов с водой и пищей (коэффициенты перехода поступление—доза), систематизированные в НРБ-99 [3], а также рекомендованные МАГАТЭ коэффициенты накопления химических элементов в тканях гидробионтов [4] (см. таблицу).

Дозовые коэффициенты, $\text{Зв}\cdot\text{м}^3/(\text{кг}\cdot\text{Бк})$

Радионуклид	Период полураспада	Рыба	Ракообразные	Моллюски	Пищевые водоросли	Зоопланктон	Пищевая соль из морской воды	Опресненная морская вода
1	2	3	4	5	6	7	8	9
^{51}Cr	27,7 сут	$4,6\cdot 10^{-11}$	$1,15\cdot 10^{-10}$	$1,8\cdot 10^{-10}$	$4,6\cdot 10^{-10}$	$4,6\cdot 10^{-10}$	$6,9\cdot 10^{-12}$	$2,3\cdot 10^{-16}$
^{54}Mn	312 сут	$1,2\cdot 10^{-9}$	$1,55\cdot 10^{-9}$	$1,55\cdot 10^{-8}$	$1,9\cdot 10^{-8}$	$1,9\cdot 10^{-8}$	$9,3\cdot 10^{-11}$	$3,1\cdot 10^{-15}$
^{55}Fe	2,7 года	$7,2\cdot 10^{-9}$	$1,2\cdot 10^{-8}$	$7,2\cdot 10^{-8}$	$7,2\cdot 10^{-8}$	$1,4\cdot 10^{-7}$	$7,2\cdot 10^{-11}$	$2,4\cdot 10^{-15}$
^{59}Fe	44,5 сут	$3,9\cdot 10^{-8}$	$6,5\cdot 10^{-8}$	$3,9\cdot 10^{-7}$	$3,9\cdot 10^{-7}$	$7,8\cdot 10^{-7}$	$3,9\cdot 10^{-10}$	$1,3\cdot 10^{-14}$
^{58}Co	70,8 сут	$4,4\cdot 10^{-9}$	$2,2\cdot 10^{-8}$	$2,2\cdot 10^{-8}$	$4,4\cdot 10^{-8}$	$2,2\cdot 10^{-8}$	$1,3\cdot 10^{-10}$	$4,4\cdot 10^{-15}$
^{60}Co	5,27 года	$2,7\cdot 10^{-8}$	$1,35\cdot 10^{-7}$	$1,35\cdot 10^{-7}$	$2,7\cdot 10^{-7}$	$1,35\cdot 10^{-7}$	$8,1\cdot 10^{-10}$	$2,7\cdot 10^{-14}$
^{59}Ni	$7,5\cdot 10^4$ лет	$3,4\cdot 10^{-10}$	$3,4\cdot 10^{-10}$	$6,8\cdot 10^{-10}$	$6,8\cdot 10^{-10}$	$1\cdot 10^{-9}$	$1\cdot 10^{-11}$	$3,4\cdot 10^{-16}$
^{63}Ni	96 лет	$8,4\cdot 10^{-10}$	$8,4\cdot 10^{-10}$	$1,7\cdot 10^{-9}$	$1,7\cdot 10^{-9}$	$2,5\cdot 10^{-9}$	$2,5\cdot 10^{-11}$	$8,4\cdot 10^{-16}$
^{65}Zn	244 сут	$1,6\cdot 10^{-8}$	$8\cdot 10^{-7}$	$4,8\cdot 10^{-7}$	$3,2\cdot 10^{-7}$	$4,8\cdot 10^{-7}$	$4,8\cdot 10^{-10}$	$1,6\cdot 10^{-14}$
^{79}Se	$6,5\cdot 10^4$ лет	$1,7\cdot 10^{-7}$	$1,4\cdot 10^{-7}$	$1,7\cdot 10^{-7}$	$2,8\cdot 10^{-8}$	$2,8\cdot 10^{-7}$	$8,4\cdot 10^{-10}$	$2,8\cdot 10^{-14}$
^{89}Sr	50,5 сут	$3,6\cdot 10^{-11}$	$3,6\cdot 10^{-11}$	$1,8\cdot 10^{-11}$	$9\cdot 10^{-11}$	$5,4\cdot 10^{-11}$	$5,4\cdot 10^{-10}$	$1,8\cdot 10^{-14}$
^{90}Sr	29,1 года	$1,6\cdot 10^{-10}$	$1,6\cdot 10^{-10}$	$8\cdot 10^{-11}$	$4\cdot 10^{-10}$	$2,4\cdot 10^{-10}$	$2,4\cdot 10^{-9}$	$8\cdot 10^{-14}$
^{90}Y	2,67 сут	$4\cdot 10^{-10}$	$2\cdot 10^{-8}$	$2\cdot 10^{-8}$	$2\cdot 10^{-8}$	$2\cdot 10^{-8}$	$6\cdot 10^{-10}$	$2\cdot 10^{-14}$
^{91}Y	58,5 сут	$3,6\cdot 10^{-10}$	$1,8\cdot 10^{-8}$	$1,8\cdot 10^{-8}$	$1,8\cdot 10^{-8}$	$1,8\cdot 10^{-8}$	$5,4\cdot 10^{-10}$	$1,8\cdot 10^{-14}$
^{95}Zr	64 сут	$1,1\cdot 10^{-10}$	$1,1\cdot 10^{-9}$	$2,8\cdot 10^{-8}$	$1,7\cdot 10^{-8}$	$3,4\cdot 10^{-7}$	$1,7\cdot 10^{-10}$	$5,6\cdot 10^{-15}$
^{93m}Nb	13,6 года	$2,7\cdot 10^{-11}$	$1,8\cdot 10^{-10}$	$9,1\cdot 10^{-10}$	$2,7\cdot 10^{-9}$	$1,8\cdot 10^{-8}$	$2,7\cdot 10^{-11}$	$9,1\cdot 10^{-16}$
^{95}Nb	35,1 сут	$9,6\cdot 10^{-11}$	$6,4\cdot 10^{-10}$	$3,2\cdot 10^{-9}$	$9,6\cdot 10^{-9}$	$6,4\cdot 10^{-8}$	$9,6\cdot 10^{-11}$	$3,2\cdot 10^{-15}$
^{103}Ru	39,3 сут	$9,2\cdot 10^{-12}$	$4,6\cdot 10^{-10}$	$9,2\cdot 10^{-9}$	$9,2\cdot 10^{-9}$	$9,2\cdot 10^{-7}$	$1,4\cdot 10^{-10}$	$4,6\cdot 10^{-15}$
^{106}Ru	1,01 года	$9,8\cdot 10^{-11}$	$4,9\cdot 10^{-9}$	$9,8\cdot 10^{-8}$	$9,8\cdot 10^{-8}$	$9,8\cdot 10^{-6}$	$1,5\cdot 10^{-9}$	$4,9\cdot 10^{-14}$
^{115m}Cd	44,6 сут	$1,9\cdot 10^{-8}$	$1,9\cdot 10^{-7}$	$3,8\cdot 10^{-7}$	$9,5\cdot 10^{-8}$	$5,7\cdot 10^{-7}$	$5,7\cdot 10^{-10}$	$1,9\cdot 10^{-14}$
^{119m}Sn	293 сут	$1,25\cdot 10^{-7}$	$1,25\cdot 10^{-7}$	$1,25\cdot 10^{-7}$	$5\cdot 10^{-8}$	$1,25\cdot 10^{-7}$	$7,5\cdot 10^{-11}$	$2,5\cdot 10^{-15}$
^{121m}Sn	55 лет	$1,35\cdot 10^{-7}$	$1,35\cdot 10^{-7}$	$1,35\cdot 10^{-7}$	$5,4\cdot 10^{-8}$	$1,35\cdot 10^{-7}$	$8,1\cdot 10^{-11}$	$2,7\cdot 10^{-15}$
^{123}Sn	129 сут	$8\cdot 10^{-7}$	$8\cdot 10^{-7}$	$8\cdot 10^{-7}$	$3,2\cdot 10^{-7}$	$8\cdot 10^{-7}$	$4,8\cdot 10^{-10}$	$1,6\cdot 10^{-14}$
^{125}Sb	2,77 года	$2,4\cdot 10^{-9}$	$2,4\cdot 10^{-9}$	$1,2\cdot 10^{-9}$	$2,4\cdot 10^{-9}$	$6,1\cdot 10^{-9}$	$1,8\cdot 10^{-10}$	$6,1\cdot 10^{-15}$
^{126}Sb	12,4 сут	$5,6\cdot 10^{-9}$	$5,6\cdot 10^{-9}$	$2,8\cdot 10^{-9}$	$5,6\cdot 10^{-9}$	$1,4\cdot 10^{-8}$	$4,2\cdot 10^{-10}$	$1,4\cdot 10^{-14}$
^{125m}Te	58 сут	$6,3\cdot 10^{-9}$	$6,3\cdot 10^{-9}$	$6,3\cdot 10^{-9}$	$6,3\cdot 10^{-8}$	$6,3\cdot 10^{-9}$	$1,9\cdot 10^{-10}$	$6,3\cdot 10^{-15}$
^{127m}Te	109 сут	$1,8\cdot 10^{-8}$	$1,8\cdot 10^{-8}$	$1,8\cdot 10^{-8}$	$1,8\cdot 10^{-7}$	$1,8\cdot 10^{-8}$	$5,4\cdot 10^{-10}$	$1,8\cdot 10^{-14}$
^{129m}Te	33,6 сут	$2,4\cdot 10^{-8}$	$2,4\cdot 10^{-8}$	$2,4\cdot 10^{-8}$	$2,4\cdot 10^{-7}$	$2,4\cdot 10^{-8}$	$7,2\cdot 10^{-10}$	$2,4\cdot 10^{-14}$
^{129}I	$1,57\cdot 10^7$ лет	$5,7\cdot 10^{-10}$	$1,9\cdot 10^{-9}$	$1,9\cdot 10^{-9}$	$1,9\cdot 10^{-8}$	$5,7\cdot 10^{-7}$	$5,7\cdot 10^{-9}$	$7,6\cdot 10^{-13}$
^{131}I	8,04 сут	$5,4\cdot 10^{-10}$	$1,8\cdot 10^{-9}$	$1,8\cdot 10^{-9}$	$1,8\cdot 10^{-8}$	$5,4\cdot 10^{-7}$	$5,4\cdot 10^{-9}$	$7,2\cdot 10^{-13}$
^{134}Cs	2,06 года	$1,9\cdot 10^{-9}$	$5,7\cdot 10^{-10}$	$5,7\cdot 10^{-10}$	$9,5\cdot 10^{-10}$	$5,7\cdot 10^{-10}$	$5,7\cdot 10^{-10}$	$1,9\cdot 10^{-14}$
^{136}Cs	13,1 сут	$9,5\cdot 10^{-10}$	$2,85\cdot 10^{-10}$	$2,85\cdot 10^{-10}$	$4,75\cdot 10^{-10}$	$2,85\cdot 10^{-10}$	$2,85\cdot 10^{-10}$	$9,5\cdot 10^{-15}$
^{137}Cs	30 лет	$1,3\cdot 10^{-9}$	$3,9\cdot 10^{-10}$	$3,9\cdot 10^{-10}$	$6,5\cdot 10^{-10}$	$3,9\cdot 10^{-10}$	$3,9\cdot 10^{-10}$	$1,3\cdot 10^{-14}$
^{140}Ba	12,7 сут	$1,8\cdot 10^{-10}$	$1,8\cdot 10^{-11}$	$3,6\cdot 10^{-10}$	$1,8\cdot 10^{-9}$	$1,8\cdot 10^{-9}$	$5,4\cdot 10^{-10}$	$1,8\cdot 10^{-14}$
^{141}Ce	32,5 сут	$2,55\cdot 10^{-10}$	$5,1\cdot 10^{-9}$	$2,55\cdot 10^{-8}$	$2,55\cdot 10^{-8}$	$4,6\cdot 10^{-7}$	$1,5\cdot 10^{-10}$	$5,1\cdot 10^{-15}$

^{144}Ce	284 сут	$1,95 \cdot 10^{-9}$	$3,9 \cdot 10^{-8}$	$1,95 \cdot 10^{-7}$	$1,95 \cdot 10^{-7}$	$3,5 \cdot 10^{-6}$	$1,2 \cdot 10^{-9}$	$3,9 \cdot 10^{-14}$
-------------------	---------	----------------------	---------------------	----------------------	----------------------	---------------------	---------------------	----------------------

Окончание таблицы

1	2	3	4	5	6	7	8	9
^{148m}Pm	41,3 сут	$5 \cdot 10^{-9}$	$1 \cdot 10^{-8}$	$5 \cdot 10^{-8}$	$3 \cdot 10^{-8}$	$1 \cdot 10^{-8}$	$3 \cdot 10^{-10}$	$1 \cdot 10^{-14}$
^{151}Sm	90 лет	$3,2 \cdot 10^{-10}$	$6,4 \cdot 10^{-10}$	$3,2 \cdot 10^{-9}$	$1,9 \cdot 10^{-9}$	$6,4 \cdot 10^{-9}$	$1,9 \cdot 10^{-11}$	$6,4 \cdot 10^{-16}$
^{154}Eu	8,8 года	$3,6 \cdot 10^{-9}$	$1,2 \cdot 10^{-8}$	$8,4 \cdot 10^{-8}$	$3,6 \cdot 10^{-8}$	$1,2 \cdot 10^{-7}$	$3,6 \cdot 10^{-10}$	$1,2 \cdot 10^{-14}$
^{155}Eu	4,96 года	$6,6 \cdot 10^{-10}$	$2,2 \cdot 10^{-9}$	$1,5 \cdot 10^{-8}$	$6,6 \cdot 10^{-9}$	$2,2 \cdot 10^{-8}$	$6,6 \cdot 10^{-11}$	$2,2 \cdot 10^{-15}$
^{156}Eu	15,2 сут	$4,5 \cdot 10^{-9}$	$1,5 \cdot 10^{-8}$	$1,05 \cdot 10^{-7}$	$4,5 \cdot 10^{-8}$	$1,5 \cdot 10^{-7}$	$4,5 \cdot 10^{-10}$	$1,5 \cdot 10^{-14}$
^{210}Po	138 сут	$1,8 \cdot 10^{-5}$	$4,4 \cdot 10^{-4}$	$8,8 \cdot 10^{-5}$	$8,8 \cdot 10^{-6}$	$2,6 \cdot 10^{-4}$	$2,6 \cdot 10^{-7}$	$3,5 \cdot 10^{-11}$
^{226}Ra	$1,6 \cdot 10^3$ лет	$7,5 \cdot 10^{-7}$	$1,5 \cdot 10^{-7}$	$1,5 \cdot 10^{-6}$	$1,5 \cdot 10^{-7}$	$3 \cdot 10^{-6}$	$4,5 \cdot 10^{-8}$	$1,5 \cdot 10^{-12}$
^{228}Ra	5,75 года	$2,65 \cdot 10^{-6}$	$5,3 \cdot 10^{-7}$	$5,3 \cdot 10^{-6}$	$5,3 \cdot 10^{-7}$	$1,1 \cdot 10^{-5}$	$1,6 \cdot 10^{-7}$	$5,3 \cdot 10^{-12}$
^{227}Ac	21,8 года	$1,55 \cdot 10^{-7}$	$3,1 \cdot 10^{-6}$	$3,1 \cdot 10^{-6}$	$3,1 \cdot 10^{-6}$	$3,1 \cdot 10^{-5}$	$9,3 \cdot 10^{-8}$	$3,1 \cdot 10^{-12}$
^{232}Th	$1,4 \cdot 10^{10}$ лет	$2,7 \cdot 10^{-7}$	$4,5 \cdot 10^{-7}$	$4,5 \cdot 10^{-7}$	$9 \cdot 10^{-8}$	$9 \cdot 10^{-6}$	$1,35 \cdot 10^{-8}$	$4,5 \cdot 10^{-13}$
^{235}U	$7,04 \cdot 10^8$ лет	$1,3 \cdot 10^{-9}$	$1,3 \cdot 10^{-9}$	$3,9 \cdot 10^{-9}$	$1,3 \cdot 10^{-8}$	$2,6 \cdot 10^{-9}$	$3,9 \cdot 10^{-9}$	$1,3 \cdot 10^{-13}$
^{236}U	$2,34 \cdot 10^7$ лет	$1,3 \cdot 10^{-9}$	$1,3 \cdot 10^{-9}$	$3,9 \cdot 10^{-9}$	$1,3 \cdot 10^{-8}$	$2,6 \cdot 10^{-9}$	$3,9 \cdot 10^{-9}$	$1,3 \cdot 10^{-13}$
^{238}U	$4,47 \cdot 10^9$ лет	$1,2 \cdot 10^{-9}$	$1,2 \cdot 10^{-9}$	$3,6 \cdot 10^{-9}$	$1,2 \cdot 10^{-8}$	$2,4 \cdot 10^{-9}$	$3,6 \cdot 10^{-9}$	$1,2 \cdot 10^{-13}$
^{237}Np	$2,14 \cdot 10^6$ лет	$2,1 \cdot 10^{-9}$	$2,1 \cdot 10^{-8}$	$8,4 \cdot 10^{-8}$	$1,05 \cdot 10^{-8}$	$2,1 \cdot 10^{-8}$	$6,3 \cdot 10^{-9}$	$2,1 \cdot 10^{-13}$
^{238}Pu	87,7 года	$1,6 \cdot 10^{-8}$	$1,2 \cdot 10^{-7}$	$1,2 \cdot 10^{-6}$	$8 \cdot 10^{-7}$	$4 \cdot 10^{-5}$	$1,2 \cdot 10^{-8}$	$4,0 \cdot 10^{-13}$
^{239}Pu	$2,41 \cdot 10^4$ лет	$1,7 \cdot 10^{-8}$	$1,3 \cdot 10^{-7}$	$1,3 \cdot 10^{-6}$	$8,4 \cdot 10^{-7}$	$4,2 \cdot 10^{-5}$	$1,3 \cdot 10^{-8}$	$4,2 \cdot 10^{-13}$
^{240}Pu	$6,54 \cdot 10^3$ лет	$1,7 \cdot 10^{-8}$	$1,3 \cdot 10^{-7}$	$1,3 \cdot 10^{-6}$	$8,4 \cdot 10^{-7}$	$4,2 \cdot 10^{-5}$	$1,3 \cdot 10^{-8}$	$4,2 \cdot 10^{-13}$
^{241}Pu	14,4 года	$1,9 \cdot 10^{-10}$	$1,4 \cdot 10^{-9}$	$1,4 \cdot 10^{-8}$	$9,6 \cdot 10^{-9}$	$4,8 \cdot 10^{-7}$	$1,4 \cdot 10^{-10}$	$4,8 \cdot 10^{-15}$
^{242}Pu	$3,76 \cdot 10^5$ лет	$1,6 \cdot 10^{-8}$	$1,2 \cdot 10^{-7}$	$1,2 \cdot 10^{-6}$	$8 \cdot 10^{-7}$	$4 \cdot 10^{-5}$	$1,2 \cdot 10^{-8}$	$4,0 \cdot 10^{-13}$
^{241}Am	432 года	$1,85 \cdot 10^{-8}$	$1,85 \cdot 10^{-7}$	$7,4 \cdot 10^{-6}$	$3 \cdot 10^{-6}$	$7,4 \cdot 10^{-5}$	$1,1 \cdot 10^{-8}$	$3,7 \cdot 10^{-13}$
^{242m}Am	152 года	$1,5 \cdot 10^{-8}$	$1,5 \cdot 10^{-7}$	$6 \cdot 10^{-6}$	$2,4 \cdot 10^{-6}$	$6 \cdot 10^{-5}$	$9 \cdot 10^{-9}$	$3 \cdot 10^{-13}$

Ожидаемая годовая эффективная доза облучения лица из населения в результате потребления j -го морепродукта, который добыт в промысловом районе, загрязненном i -м радионуклидом, рассчитывается по формуле

$$E_{ij} = e_{ij} G_j a_i,$$

где G_j — годовое потребление j -го морепродукта, кг/год.

Поскольку загрязнение воды определяется, как правило, смесью радионуклидов, формула имеет вид

$$E_j = G_j \sum_i e_{ij} a_i.$$

При прогнозировании возможного радиационного воздействия на население различных регионов следует учитывать большую протяженность территории нашей страны и разнообразие пищевых традиций, поэтому для оценки годовой эффективной дозы в каждом конкретном случае необходимо использовать соответствующий рацион. В качестве примера можно предложить следующие варианты рационов.

Рацион 1. Приведенное в публикации МАГАТЭ [5] среднероссийское потребление рыбы 25,5 кг/год.

Рацион 2. Среднеевропейское годовое потребление морепродуктов [6] в количестве 14 кг рыбы, к которому добавляется такое же суммарное количество моллюсков, ракообразных и пищевых водорослей в равных долях.

Рацион 3. Предложенное в публикации МАГАТЭ [7] годовое потребление морепродуктов для критической группы населения Кольского полуострова, составляющее 50 кг рыбы, 0,5 кг моллюсков и 1 кг ракообразных.

Если в состав рациона входят несколько видов морепродуктов, добытых в промысловых районах с отличающимися уровнями загрязнения, то ожидаемая годовая эффективная доза облучения лица из населения рассчитывается по формуле

$$E = \sum_j G_j \sum_i e_{ij} a_{ij},$$

где a_{ij} — объемная активность i -го радионуклида в районе промысла j -го морепродукта.

Возможна ситуация, когда j -й морепродукт добывается в нескольких районах промысла с различными уровнями загрязнения. В этом случае ожидаемая годовая эффективная доза может быть рассчитана по формуле

$$E = \sum_i \sum_j e_{ij} \sum_k g_{jk} a_{ik},$$

где g_{jk} — часть годового потребления j -го морепродукта, добытая в k -м промышленном районе (годовое потребление j -го морепродукта $G_j = \sum_k g_{jk}$); a_{ik} — объемная активность i -го радионуклида в k -м районе промысла.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ганул М.Н., Кучин Н.Л., Сергеев И.В. и др. О контрольных концентрациях техногенных радионуклидов в морской воде. — Экологическая химия, 1999, № 3, с. 197—203.
2. Gusev D.I. Health criteria for estimating acceptable contamination of coastal waters by radionuclides. — In: Proc. Symp. Impacts of Nuclear Releases into the Aquatic Environment. Otaniemi, 1975. Vienna: IAEA, 1975, p. 363—373.
3. Нормы радиационной безопасности (НРБ-99). Гигиенические нормативы. М., Минздрав России, 1999. 116 с.
4. Sediment K_d and Concentration Factors for Radionuclides in the Marine Environment. Techn. Rep. Ser. № 247. Vienna: IAEA, 1985. 74 p.
5. Assessment of Doses to the Public From Ingested Radionuclides. Saf. Rep. Ser. № 14. Vienna: IAEA, 1999. 88 p.
6. Generic Models and Parameters for Assessing the Environmental Transfer of Radionuclides from Routine Releases: Exposures of Critical Groups. Saf. Ser. № 57. Vienna: IAEA, 1982. 96 p.
7. Modelling of the Radiological Impact of Radioactive Waste Dumping in the Arctic Seas. TECDOC-1330. Vienna: IAEA, 2003. 170 p.

Поступила в Редакцию 24.08.05

УДК 621.039.75.16

ОЦЕНКА БЕЗОПАСНОСТИ ЖИДКИХ РАДИОАКТИВНЫХ ОТХОДОВ ПРИ ДОЛГОВРЕМЕННОМ НАХОЖДЕНИИ В ГЛУБИННЫХ ХРАНИЛИЩАХ

Косарева И.М., Савушкина М.К. (ИФХиЭ им. А.Н. Фрумкина РАН),
Кабакчи С.А. (НИФХИ им. Л.Я. Карпова), Короткевич С.В., Кудрявцев В.М. (Росатом)

Одним из методов обращения с жидкими радиоактивными отходами является нагнетание в глубинные хранилища, геологическое строение которых исключает возможность не только их выхода на поверхность, но и попадания в другие водоносные горизонты [1]. При этом, однако, очевидно, что глубинные хранилища являются объектами повышенной экологической опасности. Это означает необходи-