

В настоящей работе приведены основные результаты вероятностной модели надежности изделий, на которые воздействуют ударные нагрузки. Математической моделью являются случайные процессы накопления. Получены соотношения для основных показателей надежности и долговечности, которые вычислены для трубопровода Ду-500 ядерной установки ВВЭР-440, функционирующего при трех режимах: нормальной эксплуатации, гидроопрессовки и гидроиспытаний.

Таким образом, разработанная вероятностная модель надежности изделий позволяет получать количественные значения показателей надежности и долговечности в условиях воздействия ударных нагрузок нескольких типов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Острейковский В.А. Многофакторные испытания на надежность. М.: Энергия, 1978. 273 с.
2. Канур К., Ламбертсон Л. Надежность и проектирование систем. М.: Мир. 1980. 603 с.
3. Pereguda A.I., Soborova I.A. Consideration of shock effects in problems of product reliability. — In: Annual Meeting on Nuclear Technology'96. Mannheim, May 21—23, 1996, p. 263—266.
4. Pereguda A.I., Soborova I.A. Evaluation of reliability indices considering impact loads. — In: ASME-JSME 4th Intern. Conf. on Nuclear Engineering. New Orleans, Louisiana, March 10—14, 1996, v. 4, p. 141—144.
5. Кокс Д., Смит В. Теория восстановления. М.: Советское радио, 1967. 298 с.
6. Боровков А.А. Теория вероятностей. М.: Наука, 1976. 287 с.

Поступила в Редакцию 6.07.99

УДК 551.46+539.16

РЕВИЗИЯ ДАННЫХ ОБ АКТИВНОСТИ ОТХОДОВ, ЗАТОПЛЕННЫХ В АРКТИЧЕСКИХ МОРЯХ

Кикнадзе О.Е., Сивинцев Ю.В. (РНЦ «Курчатовский ин-т»)

В документе, известном под названием «Белая книга-93» [1] и где содержится информация о захоронении радиоактивных отходов в морях, омывающих территорию Российской Федерации, данные в некоторых случаях представлены в так называемых стронциевых единицах. В частности, они использованы в таблице П.4 для характеристики твердых отходов, захороненных в Арктических морях. Эти единицы были введены в употребление в официальном документе Правила затопливания радиоактивных отходов и использовались на Северном и Тихоокеанском флотах Советского Союза в 70—80-е гг. Стронциевые единицы основаны на результатах измерения мощности дозы γ -излучения около контейнеров с радиоактивными отходами, а также информации о наиболее типичном составе смеси радионуклидов в них. Применение таких единиц позволяло сравнивать относительную радиационную опасность затопленных отходов и контролировать районы, специально отведенные для этой цели. Если в двух таких районах количество отходов, выраженное в стронциевых единицах, было примерно равным, то была близка и степень их потенциальной радиационной опасности для биоты или критической группы населения. Сопоставление же по истинной активности затопленных отходов приводило к необоснованным выводам из-за резкого различия допустимой концентрации радионуклидов в морской (или питьевой) воде. Фактически стронциевая единица — аналог индекса биологической опасности, который одно время широко применялся в морской радиоэкологии. Очевидно, что использование этих величин исходит из гипотезы аддитивности радиационных и химико-токсических эффектов при воздействии на морскую биоту.

Для оценки истинной активности отходов, затопленных в Северных морях, необходимо найти коэффициент, который связывает активность в стронциевых единицах S с активностью A в более привычных единицах Бк:

$$A [\text{Бк}] = K [\text{Бк}/\text{Sr единицы}] S [\text{Sr единицы}]. \quad (1)$$

В реальных условиях невозможно определить коэффициент K в формуле (1), потому что он зависит от физико-химических и радиобиологических свойств радионуклидов в затопленных отходах. Фактически

$$S [\text{Sr единицы}] = \sum_i (A_i / PC_i) PC [^{90}\text{Sr}],$$

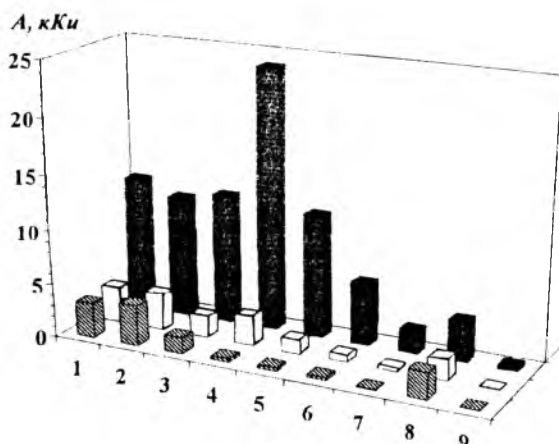
где A_i — активность i -го радионуклида, Бк; PC_i — допустимая концентрация этого радионуклида в морской воде, Бк/л [2].

Анализ исходной информации, т.е. концентрации радионуклидов в отходах, измеренной с помощью радиометрических, спектрометрических и радиохимических методов при подготовке контейнера к затопливанию, позволяет определить реальную активность в Бк и стронциевых единицах и наоборот.

Нам не удалось найти достоверных данных о типичном радионуклидном составе твердых радиоактивных отходов, затопленных в Арктике, поэтому использовали информацию, полученную для отходов, захороненных в дальневосточных морях [3]. Были выявлены следующие типичные композиции, характерные для трех периодов эксплуатации атомных подводных лодок на Дальнем Востоке, %: ^{54}Mn 10, ^{60}Co 90 (1968—1978 гг.), ^{54}Mn 10, ^{60}Co 50, ^{90}Sr 10, ^{137}Cs 30 (1979—1984 гг.), ^{54}Mn 10, ^{60}Co 10, ^{90}Sr 20, ^{137}Cs 60 (1985—1992 гг.). Указанные три периода соответствуют эксплуатации атомных подлодок трех поколений. На основе этих данных стало возможным перейти от приведенных в Белой книге стронциевых единиц к Бк и получить, таким образом, оценки реальной активности отходов, затопленных в Карском море и заливах Новой Земли.

Следует особо отметить, что в Белой книге на рис. 5 и в приложении 4 данные о затопливании твердых отходов охарактеризованы как относящиеся к северным морям. В действительности отходы захоранивали только в Карском море и в основном — в 65% случаев, что соответствует 80%-ной суммарной активности затопленных отходов, в заливах Новой Земли.

Полученные значения активности в 2—9 раз превышают приведенные в Белой книге. Разница будет существенно меньше, если принять во внимание распад короткоживущих радионуклидов. В таблице



Активность твердых радиоактивных отходов во время затопливания в кКи (■) и стронциевых единицах (□), в настоящее время (▨) в Карском море (1), заливах Седова (2), Ога (3), Цивольки (4), Степового (5), Абросимова (6), Благополучия (7), Течений (8), вне районов 1—8 (9)

П.4 приведена информация о 65 операциях по затопливанию отходов в восьми районах Карского моря и заливах Новой Земли, но в четырех случаях активность затопленных отходов в стронциевых единицах не указана. Для 61 операции по захоронению нами были сделаны оценки истинной активности отходов в Бк как во время их затопливания, так и в настоящее время с учетом распада короткоживущих радионуклидов. Эти значения, а также суммарная активность, полученная, как в Белой книге, механическим суммированием без учета распада радионуклидов, сопоставлены с активностью, выраженной в стронциевых единицах, в таблице и на рисунке.

**Активность твердых радиоактивных отходов, затопленных в восьми районах Карского моря
и заливах Новой Земли в 1964—1991 гг.**

Год	По данным Белой книги-93 во время затопливания, строгонные ед.	Истинная активность			
		во время затопливания		в настоящий момент (1999 г.)	
		Ки	ТБк	Ки	ТБк
1	2	3	4	5	6
Район 1. Карское море					
1967	35,3	315	11,7	4,2	0,2
1967	359	3203	119	43	2
1968	5,6	50	1,9	0,8	0,03
1969	159,2	1420,5	52,6	24,8	0,9
1970	5,6	50	1,9	1	0,04
1972	160	1428	53	37	1,4
1975	30	268	10	10,3	0,4
1977	0,6	5,4	0,2	0,3	0,01
1980	118,4	389,2	14,4	116,1	4,3
1984	248,6	817,1	30,3	287,4	10,6
1984	5,8	19,1	0,7	6,7	0,2
1984	14,8	48,6	1,8	17,1	0,6
1985	738,24	1487,2	55,1	882,7	32,7
1985	506,99	1021,3	37,8	606,2	22,5
1986	156,83	315,9	11,7	192,5	7,1
1987	628,14	1265,4	46,9	791,9	29,3
1989	87,095	175,5	6,5	116	4,3
1989	24,18	48,7	1,8	32,2	1,2
1991	20,66	41,6	1,5	29,1	1,1
	14,92	30,1	1,1	21	0,8
Σ	3320	12400	460	3220	119,3
Район 2. Залив Седова					
1982	100	329	12	106	4
1982	1718,2	5647,5	209,2	1823,4	67,5
1982	63,56	208,9	7,7	67,5	2,5
1982	118,32	388,9	14,4	125,6	4,7
1983	1121,44	3686	136,5	1241	46
1984	172,8	568	21	199,8	7,4
1984	6	19,7	0,7	6,9	0,3
1984	52,5	172,6	6,4	60,7	2,2
1984	57,21	188	7	66	2,4
Σ	3410	11208,4	415,1	3697,2	137
Район 3. Залив Ога					
1968	4	35,7	1,3	0,5	0,02
1976	929	8289	307	363	13
1978	15,5	138,3	5,1	7,9	0,3
1980	274,35	902	33	269	10
1980	59,21	195	7	58	2
1981	349,06	1147	42	356	13
1983	205,32	675	25	227	8
1983	190,6	626	23	211	8
Σ	2027	12008	445	1492	55
Район 4. Залив Цивольки					
1964	977,37	8721	323	79	2,9
1965	448,96	4006	148	41	1,5

Окончание таблицы

1	2	3	4	5	6
1966	534,17	4766	177	56	2,1
1967	374,97	3346	124	45	1,7
1967	28,64	256	9,5	3,4	0,1
1967	77,2	689	25,5	9,2	0,3
1976	12	107	4	4,7	0,2
1978	230,5	2057	76,2	117	4,3
Σ	2684	23947	887	355	13,2
Район 5. Залив Степового					
1968	184,78	1649	61	25	0,9
1970	371,12	3311	123	66	2,4
1972	212	1892	70	49	1,8
1973	325,24	2902	107	86	3,2
1975	187	1669	62	64	2,4
Σ	1280,14	11423	423	290	10,7
Район 6. Залив Абросимова					
1967	0,28	2,5	0,1	0,03	0,001
1967	30	268	9,9	3,6	0,1
1974	229	2043	75,7	68,7	2,5
1977	387	3453	127,9	172,3	6,4
1980	10	33	1,2	9,8	0,4
1981	5	16	0,6	5,1	0,2
Σ	661	5816	215,4	259,5	9,6
Район 7. Залив Благополучия					
1972	235	2095	77,6	54	2
Район 8. Залив Течений					
1982	29,34	96	3,6	31,1	1,2
1982	4	13	0,5	4,2	0,2
1988	1811,21	3649	135	2346	87
Σ	1844,5	3758	139	2381	88
Вне районов 1—8					
1978	40	357	13,2	20,3	0,75
Итого	15502	83012	3075	11748	435

В заключение отметим три положения.

1. Понятие стронциевые единицы жестко связано с объемом морской воды, необходимой для разбавления затопленных отходов до допустимой концентрации. Фактически стронциевая единица — аналог используемого в морской радиоэкологии индекса биологической опасности. Ее применение позволяло осуществлять тактику равномерной радиационной нагрузки на выделенные районы затопливания отходов.

2. Данные о составе радионуклидов в затопленных отходах дают возможность, применяя простые соотношения, перейти от стронциевых единиц к истинной активности таких отходов в Ки (Бк). Нами для этой цели были использованы обобщенные данные о радионуклидном составе отходов, затопленных в дальневосточных морях при эксплуатации атомных подводных лодок первых трех поколений.

3. Активность твердых радиоактивных отходов, затопленных в Карском море и заливах Новой Земли, оцененная нами на основе типового состава радионуклидов в отходах атомных подводных лодок трех поколений, в сумме составляет 83 кКи, что в 2—9 раз превосходит активность в стронциевых единицах, указанную в Белой книге. К настоящему времени активность отходов, затопленных в Карском море, снизилась до 11,7 кКи и обусловлена в основном ^{90}Sr и ^{137}Cs .

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Факты и проблемы, связанные с захоронением радиоактивных отходов в морях, омывающих территорию Российской Федерации. Материалы доклада правительственной комиссии. М., администрация президента РФ, 1993.
2. Sivinisev Yu.V., Kiknadze O.E. What does it mean — «Sr-unit» of dumped radioactive waste? — In: The Fourth Intern. Conf. on Environmental Radioactivity in the Arctic. Edinburgh, September 20—23, 1999, p. 268—269.
3. Sivintsev Yu.V., Kiknadze O.E. Estimation of Radionuclide Inventories with Prediction of Release Rates for Dumped Radioactive Wastes in the Far Eastern Seas. The Report on the IAEA Technical Contract. Russian Research Centre «Kurchatov Institute», Report № 31/8104, 1998.

Поступила в Редакцию 22.11.99

50 лет АТОМНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ РОССИИ — ГЛАЗАМИ ВРАЧА

Гуськова А.К. (ГНЦ РФ—Институт биофизики МЗ РФ)

Технические аспекты становления атомной промышленности в нашей стране, начиная с подготовительных этапов и в течение всех 50 лет, неразрывно связаны с решением сложных медико-биологических проблем ее обеспечения. Закономерно, что задачи, стоявшие перед медициной, претерпевали в течение этих долгих лет изменения, а некоторые общие заключения и итоги становились возможными лишь спустя некоторое время по мере приобретения опыта и ознакомления с аналогичной деятельностью ученых и врачей других стран.

В начальный период (1948—1957 гг.) для нашей страны наиболее актуальными являлись:

- отбор персонала для работы с источниками излучения в атомной промышленности и последующее наблюдение за ним;

- определение временных нормативных уровней облучения, форм и сроков слежения за облучением персонала отдельных предприятий отрасли;

- создание критериев диагностики эффектов радиации у человека и необходимых профилактических и лечебных мер, предупреждающих неблагоприятные последствия для здоровья персонала;

- определение противопоказаний к присмугу и продолжению работы с источниками излучения;

- лечение лучевой болезни в случае ее возникновения.

Итогами медицинского опыта первых 10 лет становления атомной промышленности были:

- подготовка карт первичной регистрации данных дозиметрии и медицинского наблюдения (входной и текущие медосмотры), формулировка заключений по их результатам;

- анализ эффективности и определение показаний к проводимым профилактическим и лечебным мероприятиям у персонала (ПО «Маяк»);

- первые наблюдения и публикации (в том числе в 1954 г. в Женеве на 1-й конференции по мирному использованию атомной энергии) о лечении острой лучевой болезни;

- создание первого руководства для врачей отрасли по диагностике и лечению лучевой болезни (1952 г.).

На более позднем этапе (1957—1966 гг.) к указанным присоединяются:

- оценка динамики состояния здоровья после изменения условий контакта с излучением и правила экспертизы в периоде формирования и ближайшего исхода хронической лучевой болезни;

- изучение влияния на репродуктивную функцию персонала и здоровье их детей;