

КОМПЛЕКСНОЕ РАДИОЭКОЛОГИЧЕСКОЕ ОБСЛЕДОВАНИЕ ТЕРРИТОРИЙ И ПРИЛЕГАЮЩИХ АКВАТОРИЙ ВБЛИЗИ ПУНКТОВ БАЗИРОВАНИЯ И УТИЛИЗАЦИИ АТОМНЫХ ПОДВОДНЫХ ЛОДОК

**С.М. Вакуловский, М.В. Прописнова, В.М. Ким, А.И. Никитин,
И.Ю. Катрич, В.Б. Чумичев, А.А. Волокитин**
ГУ «НПО «Тайфун», г. Обнинск



В статье приведены информация о системе радиационного мониторинга в Архангельской, Мурманской, Камчатской областях и Приморском крае, на территории которых расположены пункты базирования и обеспечения утилизации атомных подводных лодок, а также обобщенные результаты регулярных наблюдений за радиационной обстановкой (объемная активность радиоактивных веществ в приземном слое атмосферы, выпадения их на подстилающую поверхность, содержание трития в осадках, объемная активность ^{90}Sr в морях, мощность экспозиционной дозы гамма-излучения) в данных регионах за 2003–2007 гг. в сравнении с данными по РФ. Помимо этого приведены данные радионуклидного анализа проб морской среды (вода, донные отложения, флора и фауна), отобранных на российской станции прибрежного мониторинга (район пос. Терiberка), а также результаты ежегодных наблюдений за содержанием радионуклидов в донных отложениях на акватории, примыкающей к ФГУП ПО «Севмаш» в г. Северодвинске.

Комплексное радиоэкологическое обследование территорий и прилегающих акваторий вблизи пунктов базирования и утилизации атомных подводных лодок (АПЛ) за пределами санитарно-защитных зон осуществляется регулярно радиометрическими подразделениями территориальных управлений Росгидромета под методическим руководством Государственного учреждения научно-производственного объединения «Тайфун» (ГУ НПО «Тайфун»). В табл. 1 приведена информация о системе радиационного мониторинга в Архангельской, Мурманской, Камчатской областях и Приморском крае, на территории которых расположены вышеупомянутые радиационно опасные объекты (РОО).

Результаты регулярных наблюдений за радиационной обстановкой в перечисленных регионах в обобщенном виде представлены в табл. 2, там же приведены для сравнения обобщенные данные о радиационной обстановке в РФ в целом [2–5].

© С.М. Вакуловский, М.В. Прописнова, В.М. Ким, А.И. Никитин, И.Ю. Катрич, В.Б. Чумичев, А.А. Волокитин, 2008

Таблица 1

Структура стационарной сети радиационного мониторинга Росгидромета в Архангельской, Мурманской, Камчатской областях и Приморском крае

Регион	Вид наблюдений, количество пунктов				
	МЭД	Атмосферные выпадения	ОА в воздухе	Тритий (^3H) в осадках	^{90}Sr в морях
Архангельская обл.*	34	9	2	1	5
Мурманская обл.	35	9	3	1	1
Камчатская обл.	12	7	–	1	1
Приморский край**	31	10	1	–	–

Примечание: МЭД – мощность экспозиционной дозы гамма-излучения;

ОА – объемная активность;

* – кроме перечисленных в таблице наблюдений в Архангельской области ежегодно проводится контроль за содержанием радиоактивных веществ в донных отложениях вблизи г. Северодвинска в Двинской губе Белого моря;

** – кроме перечисленного в таблице в Приморском крае проводятся маршрутные обследования территории, примыкающей к бухте Чажма, и экспедиционные обследования залива Петра Великого.

Из сопоставления данных объемных активностей (ОА) радиоактивных веществ в приземном слое атмосферы и их выпадений на подстилающую поверхность в рассматриваемых районах с аналогичными данными, усредненными по европейской и азиатской территориям России (ЕТР и АТР соответственно), за 2003–2007 гг. (см. табл. 2) видно, что содержание радиоактивных веществ в приземных слоях атмосферы на территории, примыкающей к РОО за пределами их санитарно-защитных зон, не отличается от средних уровней по стране и более, чем на семь порядков ниже допустимых величин по НРБ99 [1]. Объемная активность радионуклидов в атмосферных осадках (тритий) и морской воде (^{90}Sr) в данных регионах также находится на уровне средних по РФ и на три порядка ниже уровня вмешательства по НРБ99 [1].

Дополнительную информацию ГУ НПО «Тайфун» получает в результате эпизодических экспедиционных обследований отдельных районов и в рамках различных международных проектов.

В 2006 г. в рамках совместного российско-норвежского проекта по мониторингу «Исследования радиоактивного загрязнения морской среды Баренцева моря» были начаты работы по отслеживанию трендов в радиационной обстановке как в прибрежных районах Баренцева моря, так и в районах открытого Баренцева моря. Для оценки влияния локальных источников радиоактивного загрязнения на природную среду были исследованы вода, донные отложения, флора и фауна морских акваторий Баренцева моря, которые подвергаются (или могут подвергаться) воздействию локальных источников радиоактивного загрязнения (РОО Кольского полуострова).

Специалистами Государственного учреждения «Мурманское управление по гидрологии и мониторингу окружающей среды» (ГУ «Мурманское УГМС») и ГУ НПО «Тайфун» в августе – сентябре 2006 г. в окрестностях пос. Териберка, расположенного на побережье Кольского п-ова, были отобраны следующие пробы морской среды: прибрежная поверхностная морская вода, прибрежные донные отложения, некоторые виды водорослей, морская рыба (треска, сельдь, камбала, зубатка), мидии, а также проба краба. Радионуклидный анализ проб морской среды, отобранных российскими участниками проекта, производился в лабораториях ГУ НПО «Тайфун». В пробах воды определялись ^{137}Cs , ^{90}Sr , $^{239,240}\text{Pu}$ и ^3H ; для донных отло-

Таблица 2
Обобщенные данные о радиологической обстановке в Архангельской, Мурманской, Камчатской областях и Приморском крае в 2003–2007 гг.

Область 100-километровой зоны РОО	Год	МЭД, мкР/ч	ОА радионуклидов в воздухе				Выпадения радионуклидов		ОА ^3H в осадках, Бк/л	ОА ^{90}Sr в морской воде, мБк/л
			$\Sigma\text{Be},$ $\times 10^{-5} \text{ Бк/м}^3$	$^{137}\text{Cs},$ $\times 10^{-7} \text{ Бк/м}^3$	$^{90}\text{Sr},$ $\times 10^{-7} \text{ Бк/м}^3$	$^7\text{Be},$ $\times 10^{-5} \text{ Бк/м}^3$	$\Sigma\text{Be},$ Бк/м ² ·сут	$^{137}\text{Cs},$ Бк/м ² ·год		
Архангельская обл., ФГУП ПО «Севмаш» ¹	2003	11	3,7	2,6	0,51	153	0,61	0,48	2,2	3,4
	2004	11	4,2	2,1	0,69	166	0,63	0,37	2,1	3,8
	2005	11	3,9	2,3	0,44	184	0,77	0,27	2,2	3,4
	2006	11	3,8	2,3	0,45	191	0,77	0,41	2,0	3,6
	2007	11	4,2	4,4	0,37	188	0,74	0,29	2,0	3,0
Мурманская обл. ^{1,2}	2003	11	6,7	1,5	0,45	75	0,82	0,96	2,4	3,6
	2004	10	5,3	1,7	0,08	82	0,67	0,71	1,9	2,8
	2005	8	7,9	1,6	0,17	102	1,53	1,0	1,8	2,0
	2006	9	6,1	1,1	0,17	61	1,28	0,43	1,9	2,3
	2007	9	4,3	0,55	0,05	112	1,26	0,36	1,9	2,1
Камчатская обл.	2003	10	–	–	–	–	0,80	<0,1	1,9	2,1
	2004	10	–	–	–	–	0,93	<0,04	1,3	1,8
	2005	9	–	–	–	–	0,77	<0,13	1,8	1,7
	2006	10	–	–	–	–	0,76	<0,20	1,9	1,5
	2007	10	–	–	–	–	0,72	<0,04	1,5	1,3
Приморский край ¹	2003	12	18,9	4,4	1,7	421	0,90	0,29	–	2,2
	2004	12	22,4	3,9	1,5	419	0,92	0,14	–	2,1
	2005	12	20,2	4,4	1,8	394	1,00	0,41	–	2,1
	2006	12	–	–	–	–	1,10	0,35	–	2,2
	2007	12	–	–	–	–	1,08	0,29	–	1,7
Средние данные по РФ ³	2003		10,1 / 19,6	4,2 / 3,7	1,36	205	0,9 / 1,6	0,63 / 0,24	2,5	
	2004		10,4 / 19,5	3,2 / 2,5	1,19	210	1,0 / 1,6	0,67 / 0,16	2,4	
	2005		13,2 / 20,0	3,5 / 2,6	0,87	221	1,0 / 1,4	0,54 / 0,23	2,8	
	2006		10,8 / 18,8	2,8 / 2,5	0,90	223	1,0 / 1,4	0,55 / 0,16	2,8	
	2007		9,7 / 17,8	4,6 / 2,1	0,90	253	1,0 / 1,4	0,32 / 0,19	2,4	

Примечание: ¹ – ОА радионуклидов в воздухе для Архангельской обл. приведены по г. Северодвинску, для Мурманской обл. – по г. Мурманску, для Приморского края – по г. Владивостоку;

² – по Мурманской обл. приводятся данные пунктов, расположенных вне 100-километровой зоны Кольской АЭС;

³ – ОА и выпадения в Архангельской и Мурманской областях сравниваются со средними данными по Европейской территории России (первая цифра); в Камчатской области и Приморском крае – со средними данными по Азиатской территории России (вторая цифра);

– – измерения не проводились.

жений и биоты произведены гамма-спектрометрические измерения всех проб и определение ^{90}Sr , изотопов плутония и ^{241}Am в выборочных пробах [6].

Результаты радионуклидного анализа проб морской среды приведены в табл. 3 и 4. Данные таблиц о содержании в объектах морской среды долгоживущих радионуклидов ^{137}Cs , ^{90}Sr , $^{239,240}\text{Pu}$ находятся в диапазоне, характерном для глобального источника радиоактивного загрязнения для данной территории [7]. При этом

Таблица 3

Содержание радионуклидов в пробах морской воды и поверхностном слое прибрежных донных отложений в районе пос. Териберка в сентябре 2006 г.

Вид пробы	Радионуклид			
	^{137}Cs	^{90}Sr	$^{239,240}\text{Pu}$	^3H
Морская вода, Бк/м ³ :				
– взвесь	<0,01 – <0,07	–	$6,1 \cdot 10^{-3}$	–
– фильтрат	2,3 – 2,7	1,2 – 1,6	$(7,2 – 7,5) \cdot 10^{-3}$	490
Донные отложения, Бк/кг сухой массы	0,46 – 0,50	–	–	–

Примечание:

– – измерения не проводились.

Таблица 4

Удельная активность радионуклидов в биологических пробах, отобранных в районе пос. Териберка в августе–сентябре 2006 г., Бк/кг сухой массы

Вид биоты (место отбора проб)	Радионуклид			
	^{137}Cs	^{90}Sr	$^{239,240}\text{Pu}, \times 10^{-3}$	$^{241}\text{Am}, \times 10^{-3}$
Камбала*	$0,18 \pm 0,02$	–	–	–
Зубатка*	$0,12 \pm 0,01$	–	–	–
Треска*	$0,24 \pm 0,06$	$0,034 \pm 0,017$	$0,72 \pm 0,2$	–
Сельдь*	$0,13 \pm 0,01$	$0,23 \pm 0,11$	$1,6 \pm 0,3$	–
Мидии (мясо)* (вблизи причала рыбозавода)	< 0,04	–	–	–
Мидии (раковины)* (вблизи причала рыбозавода)	< 0,1	–	–	–
Краб (мясо)*	< 0,03	$0,02 \pm 0,01$	$1,1 \pm 0,3$	–
Краб (панцирь)*	< 0,03	–	–	–
Фукус пузырчатый (вблизи причала рыбозавода)	$0,51 \pm 0,07$	$0,2 \pm 0,1$	$69,4 \pm 10,3$	< 11,3
Фукус (вблизи метеостанции)	$0,39 \pm 0,08$	–	–	–
Ламинария северная (листья) (вблизи метеостанции)	$0,69 \pm 0,08$	$0,31 \pm 0,15$	$32,2 \pm 5,6$	$10,4 \pm 3,1$
Ламинария северная (стебли) (вблизи метеостанции)	$1,05 \pm 0,13$	–	–	–
Ламинария сахарина (вблизи причала рыбозавода)	$0,80 \pm 0,08$	–	–	–
Кладифора (вблизи метеостанции)	< 0,09	–	–	–

Примечание: * – единицей измерения является величина Бк/кг сырой массы;

– – измерения не проводились.

содержание ^{137}Cs и ^{90}Sr в пробах рыбы не превышало установленных СанПиН-96 [8] нормативов: 130 и 100 Бк/кг сырой массы соответственно. Радионуклидов, характерных только для работы РОО, отсутствующих в составе глобального источника, в пробах морской среды не обнаружено [6].

На акватории, примыкающей к Федеральному государственному унитарному предприятию «Производственное объединение «Севмаш» (ФГУП ПО «Севмаш»), расположенному в г. Северодвинске и являющемуся крупнейшим в России судостроительным комплексом, главная задача которого – строительство атомных подводных лодок для Военно-морского флота, наблюдения за содержанием радионуклидов в донных отложениях осуществляются с 1975 г. Пробы поверхностного слоя донных отложений ежегодно отбираются в 10 точках морского дна Двинского залива Белого моря на расстоянии 15–30 км от г. Северодвинска специалистами Северного УГМС. Гамма-спектрометрический анализ проб проводится в ГУ НПО «Тайфун». Из гамма-излучателей техногенного происхождения за весь период наблюдений в пробах был обнаружен только ^{137}Cs . Данные об удельных активностях ^{137}Cs в донных отложениях в точках отбора проб за последние 12 лет приведены в табл. 5, из которой видно, что удельная активность ^{137}Cs в донных отложениях имеет тенденцию к уменьшению со временем. Наблюдаемые в настоящее время уровни загрязнения донных отложений ^{137}Cs характерны для глобального источника загрязнения, из чего следует, что деятельность РОО в районе г. Северодвинска не увеличивает уровень загрязнения гамма-излучателями донных отложений прилегающей акватории.

Таблица 5

Средние по 10 точкам отбора проб удельные активности ^{137}Cs в донных отложениях Двинского залива Белого моря за 1996–2007 гг., Бк/кг сухой массы

Год	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007
Удельная активность	9,2	7,4	10,9	6,6	8,6	5,9	7,1	3,1	–	4,7	5,8	5,4

Примечание: – – отбор проб не производился.

Подводя итоги можно сказать, что в результате регулярных наблюдений и дополнительных обследований влияние деятельности РОО, связанных с функционированием АПЛ, на территории Архангельской, Мурманской, Камчатской областей и Приморского края, на объекты окружающей природной среды не выявлено. Содержание радионуклидов в объектах окружающей среды на перечисленных выше территориях находится на уровне средних значений по территории РФ. Радионуклидный анализ проб морской среды свидетельствует об отсутствии влияния деятельности РОО на радиоактивное загрязнение объектов морской среды.

Литература

1. Нормы радиационной безопасности (НРБ-99) СП 2.6.1.758-99. – М.: Минздрав России, 1999.
2. Радиационная обстановка на территории России и сопредельных государств в 2003 году: Ежегодник/Под ред. С.М. Вакуловского. – СПб.: Гидрометеиздат, 2004. – 274 с.
3. Радиационная обстановка на территории России и сопредельных государств в 2004 году: Ежегодник/Под ред. С.М. Вакуловского. – М.: Метеоагентство Росгидромета, 2005. – 288 с.
4. Радиационная обстановка на территории России и сопредельных государств в 2005 году: Ежегодник/Под ред. С.М. Вакуловского. – М.: Метеоагентство Росгидромета, 2006. – 274 с.
5. Радиационная обстановка на территории России и сопредельных государств в 2006 году: Ежегодник/Под ред. С.М. Вакуловского. – Н.Новгород: Вектор ТиС, 2007. – 280 с.

6. *Nikitin A.* The Joint RussianNorwegian Project on Monitoring "Investigation of marine environmentradioactive contamination of the Barents Sea". Results received by participants during the year 2006/Int. Conf. on Radioecology and Environmental Radioactivity(15-20 June 2008, Bergen, Norway)/Proceedings, Part 2. – NRPA Osteras, Norway, 2008. – P. 251-254.
7. *Сивинцев Ю.Б., Вакуловский С.М., Васильев А.П. и др.* Техногенные радионуклиды в морях, омывающих Россию. – М.: ИздАТ, 2005. – 624 с.
8. Гигиенические требования к качеству и безопасности продовольственного сырья и пищевых продуктов. Санитарные правила и нормы (СанПиН 2.3.2.560 - 960). – М., 1997.

Поступила в редакцию 1.08.2008

related to reduced sets of common attributes associated with design, location and operation modes of redundant components of safety systems is proposed.

УДК 621.039.5

Automated Breakage Monitoring System of Metal and Binding Steel-Zirconium Fuel Channels RBMK-1000 Nuclear Reactor \A.I. Trofimov, S.I. Minin, M.G. Kalenishin, A.V. Nakhobov; Editorial board of journal «Izvestia visshikh uchebnikh zavedeniy. Yadernaya energetika» (Communications of Higher Schools. Nuclear Power Engineering) – Obninsk, 2008. – 9 pages, 6 illustrations. – References, 1 title.

Automated breakage monitoring system of metal and binding steel-zirconium fuel channels RBMK-1000 nuclear reactor presented uses ultrasonic cylindrical phased array. Working equation allowing to managing cylindrical phased array, monitoring algorithm, and software structure are presented.

УДК (504.3+504.4):623.8

A Comprehensive Radiological and Environmental Investigation of Territories and Water Areas near Nuclear Submarine Operation Bases and Dismantling Sites \C.M. Vakulovsky, M.V. Propisnova, V.M. Kim, A.I. Nikitin, I.Y. Katrich, V.B. Chumichev, A.A. Volokitin; Editorial board of journal «Izvestia visshikh uchebnikh zavedeniy. Yadernaya energetika» (Communications of Higher Schools. Nuclear Power Engineering) – Obninsk, 2008. – 6 pages, 5 tables. – References, 8 titles.

The paper presents information on the system of radiation monitoring in Arkhangelsk, Murmansk, Kamchatka regions and Primorye Territory, where the atomic submarine bases and the sites for their utilization are located. Given also are the generalized results of regular observations of the radiation situation (bulk activity of radioactive substances in the atmospheric boundary layer, their fallout on the underlying surface, tritium contents in precipitation, total activity of ^{90}Sr in the seas, the gamma radiation exposure dose) in the regions for 2003–2007 in comparison with the data given for the Russian Federation. Besides, given are the data of a radionuclide analysis of the aquatic environment samples (water, bottom sediments, flora and fauna) taken at the Russian station of coastal monitoring (near the settlement of Teriberka) along with the results of annual observations of radionuclide contents in bottom sediments in the water area close to the FSUE PA «Sevmash» in Severodvinsk.

УДК 621.039.564

Justification of Turbine-Neutron Flow Gages usage in a Vessel-Type Boiling Reactor with Natural Coolant Circulation in the Core \V.P. Sadulin; Editorial board of journal «Izvestia visshikh uchebnikh zavedeniy. Yadernaya energetika» (Communications of Higher Schools. Nuclear Power Engineering) – Obninsk, 2008. – 8 pages, 3 illustrations. – References, 7 titles.

The paper presents the calculated and experimental justification of an advanced turbine-neutron flow gage to be used to measure coolant flow rate in fuel assemblies of vessel-type boiling reactor VK-50. A distinctive feature of this flow gage is that a turbine rotation frequency signal is read by a neutron detector of the in-pile heat rate control system. The lifetime of the gage is about 8 months of uninterrupted operation. Calculations of a change of its calibration performance were done at a testing facility under nominal conditions, the temperature of reactor water being raised up to 280°C. A design correction factor for the turbine rotation frequency makes up 1.006–1.01 being in inverse proportion to the water flow rate. The experiment shows that the gage performance remains the same during the above-said period of operation in the reactor.

УДК 621.039.51

Modified Internuclear Cascade-Evaporated Model for Calculation of Interactions between Particles and Nucleus in Intermediate and High Energy Ranges with Matter \A.Yu. Stankovskiy, A. Yu. Konobeev, I. S. Kuptsov; Editorial board of journal «Izvestia visshikh uchebnikh zavedeniy. Yadernaya energetika» (Communications of Higher Schools. Nuclear Power Engineering) – Obninsk, 2008. – 11 pages, 3 illustrations. – References, 33 titles.

The improved intranuclear cascade and evaporation model is discussed. The fast intranuclear cascade stage follows by the de-excitation, which is described using the Hauser-Feshbach statistical model. The model proposed has been validated on radionuclide yields in proton-induced reactions at energies 0.8–1.2 GeV. The results show the advantages of using this approach instead of usual intranuclear cascade and evaporation algorithms.