

ПРОБЛЕМЫ ИНФОРМАЦИОННОЙ ПОДДЕРЖКИ ХИМИЧЕСКОГО И РАДИАЦИОННОГО ЭКОЛОГИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА ДЛИТЕЛЬНОГО ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ХРАНЕНИЯ НА ПЛАВУ БЛОКОВ РЕАКТОРНЫХ ОТСЕКОВ УТИЛИЗИРОВАННЫХ ПОДВОДНЫХ ЛОДОК В СЕВЕРО-ЗАПАДНОМ РЕГИОНЕ

Т. Н. Таиров

*Институт дополнительного профессионального образования “Атомпроф”,
Россия, 198261, Санкт-Петербург, ул. Аэродромная 4, литер А*

Поступило в редакцию 23 января 2012 г.

Сложность решения проблемы утилизации атомных подводных лодок (АПЛ) связана не только с ее огромными масштабами, но и с необходимостью системного учета разнородных факторов — политических, экономических, экологических, социальных, инженерно-технических и информационных. Хранение на плаву блоков реакторных отсеков является сложной химико-технологической и экологической проблемой, поскольку в морской воде корпуса отсеков подвергаются интенсивной коррозии с возможным выносом в окружающую среду радиоактивных изотопов тяжелых металлов и сбросом продуктов деления и трансурановых элементов. Пока идет поиск и отработка инженерных решений по утилизации АПЛ, самыми актуальными проблемами являются химический и радиационный экологический мониторинг акватории хранения реакторных отсеков и информационное обеспечение мониторинга.

В статье выполнен системный анализ проблемы хранения на плаву реакторных отсеков и приведена оптимальная методика экологического контроля радионуклидов. Оптимальность методики проявляется в минимизации состава оборудования и объема радиационного контроля при гарантированной достоверности.

Ключевые слова: утилизация атомных подводных лодок, радиоактивные отходы, радиационный, химический и экологический мониторинг, выход радионуклидов в окружающую среду, химическая пробоподготовка, измерение активности радионуклидов, выщелачивание.

Актуальность проблемы

В комплексе химико-технологических проблем, связанных с радиоактивными отходами сложного химического состава атомной энергетики, промышленности, атомного флота важное место занимает проблема (в особенности ее радиоэкологический аспект) вывода из эксплуатации и утилизации атомных подводных лодок [1, 2]. Россия построила свыше 450 военно-морских ядерных реакторов общей мощностью, сравнимой с мощностью всех российских атомных электростанций (АЭС). Примерно 2/3 этих реакторов находятся на Северо-

Западе России, что составляет около 20% от общего числа всех ядерных реакторов в мире.

140 АПЛ и все надводные корабли с ядерно-энергетическими установками обычно базируются на морских базах Северного флота и Атомфлота в Мурманской области.

Сложность решения проблемы утилизации АПЛ связана не только с ее огромными масштабами, но и с необходимостью системного учета разнородных факторов, определяющих ее содержание — политических, экономических, экологических, социальных, инженерно-технических.



Рис. 1. Общий вид реакторного отсека подводного крейсера.

Отсутствие проработанной концепции утилизации в жизненном цикле атомных кораблей при массовом выводе их из эксплуатации, обусловленном как международными соглашениями о сокращении стратегических наступательных вооружений, так моральным и физическим износом, выдвинуло целый ряд задач, требующих оперативного решения.

Вынужденная длительная стоянка на плаву АПЛ, выведенных из эксплуатации, неизбежна. Исходя из этого, имеющееся реальное финансирование процесса утилизации АПЛ должно быть, направлено в первую очередь на создание системы безопасности длительного (в течение 15–20 лет) технологического хранения на плаву подлежащих утилизации АПЛ. В настоящее время на Северном флоте выведены из эксплуатации более 90 атомных подводных лодок (АПЛ). Выведенные из эксплуатации АПЛ размещены в пунктах постоянного базирования, временного хранения на плаву, а также акваториях предприятий промышленности и ВМФ.

Важно подчеркнуть, что хранение на плаву блоков реакторных отсеков (рис. 1) является сложной химико-технологической и экологической проблемой, поскольку в морской воде корпуса отсеков подвергаются интенсивной коррозии с возможным выносом в окружающую среду радиоактивных изотопов тяжелых металлов и сбросом продуктов деления и трансурановых элементов [3, 4, 8, 9].

Пока идет поиск и отработка инженерных решений по утилизации АПЛ, самой актуальной проблемой является химический и радиационный экологический мониторинг акватории хранения реакторных отсеков и ввиду жестких требований законов по охране окружающей среды, и ввиду беспокойного соседства с Норвегией [5].

Существующие решения

Проведенные обследования снятых с эксплуатации АПЛ показывают, что после выгрузки отработавшего ядерного топлива (ОЯТ) из реакторов и удаления всех радиоактивных сред активность, распределенная по системам реакторного отсека АПЛ 1 и 2 поколения, может составлять более 10 тыс. Ки (3.7×10^{14} Бк). При этом примерно 98% активности, обусловленной наличием долгоживущих радионуклидов, сосредоточено в 1 контуре. Суммарное поступление радионуклидов в воду различается для подводных лодок большого и малого водоизмещения (табл. 1). Выход радионуклидов для подводных лодок малого водоизмещения может быть получен путем умножения соответствующих значений для подводных лодок большого водоизмещения на множитель 0.58.

Постоянная времени очистки воды бухты определена исходя из того, что приливы в бухтах Кольского полуострова носят правильный полусуточный характер с частотой 705 год^{-1} . Средняя

Таблица 1. Выход отдельных радионуклидов из прочного корпуса подводной лодки большого водоизмещения, Бк/л

Длительность хранения после утилизации, лет	Длительность отстоя до утилизации, лет								
	2			5			10		
	^{55}Fe	^{60}Co	^{63}Ni	^{55}Fe	^{60}Co	^{63}Ni	^{55}Fe	^{60}Co	^{63}Ni
0	8.4×10^5	9.6×10^4	2.4×10^4	3.2×10^5	6.7×10^4	2.4×10^4	1.0×10^5	3.4×10^4	2.4×10^4
2	5.0×10^5	7.4×10^4	2.4×10^4	2.3×10^5	5.1×10^4	2.4×10^4	6.2×10^4	2.7×10^4	2.4×10^4
5	2.4×10^5	5.0×10^4	2.3×10^4	1.1×10^5	3.4×10^4	2.3×10^4	2.9×10^4	1.8×10^4	2.3×10^4
10	6.4×10^4	2.6×10^4	2.2×10^4	3.0×10^4	1.8×10^4	2.2×10^4	7.9×10^3	9.4×10^3	2.2×10^4
20	4.8×10^3	6.8×10^3	2.1×10^4	2.3×10^3	4.8×10^3	2.1×10^4	6.1×10^2	2.5×10^2	2.1×10^4

Таблица 2. Выход продуктов деления и трансурановых элементов при нарушении герметичности прочного корпуса и реакторной установки, Бк/л

Длительность хранения после утилизации, лет	Длительность отстоя до утилизации, лет					
	5		10		15	
	Продукты деления ^{90}Sr , ^{137}Cs	Трансурановые элементы ^{239}Pu , ^{241}Am	Продукты деления ^{90}Sr , ^{137}Cs	Трансурановые элементы ^{239}Pu , ^{241}Am	Продукты деления ^{90}Sr , ^{137}Cs	Трансурановые элементы ^{239}Pu , ^{241}Am
0	8.8×10^9	7.5×10^8	6.4×10^9	6.0×10^8	5.6×10^9	4.9×10^8
5	6.4×10^9	6.0×10^8	5.6×10^9	4.9×10^8	4.9×10^9	4.0×10^8
10	5.6×10^9	4.9×10^8	4.9×10^9	4.0×10^8	4.3×10^9	3.2×10^8
15	4.9×10^9	4.0×10^8	4.3×10^9	3.2×10^8	3.9×10^9	2.7×10^8

**Рис. 2.** Блок-схема системного анализа экологических проблем хранения блоков реакторных отсеков (БРО) утилизированных подводных лодок (УПЛ).

Твердые пробы

Жидкие пробы

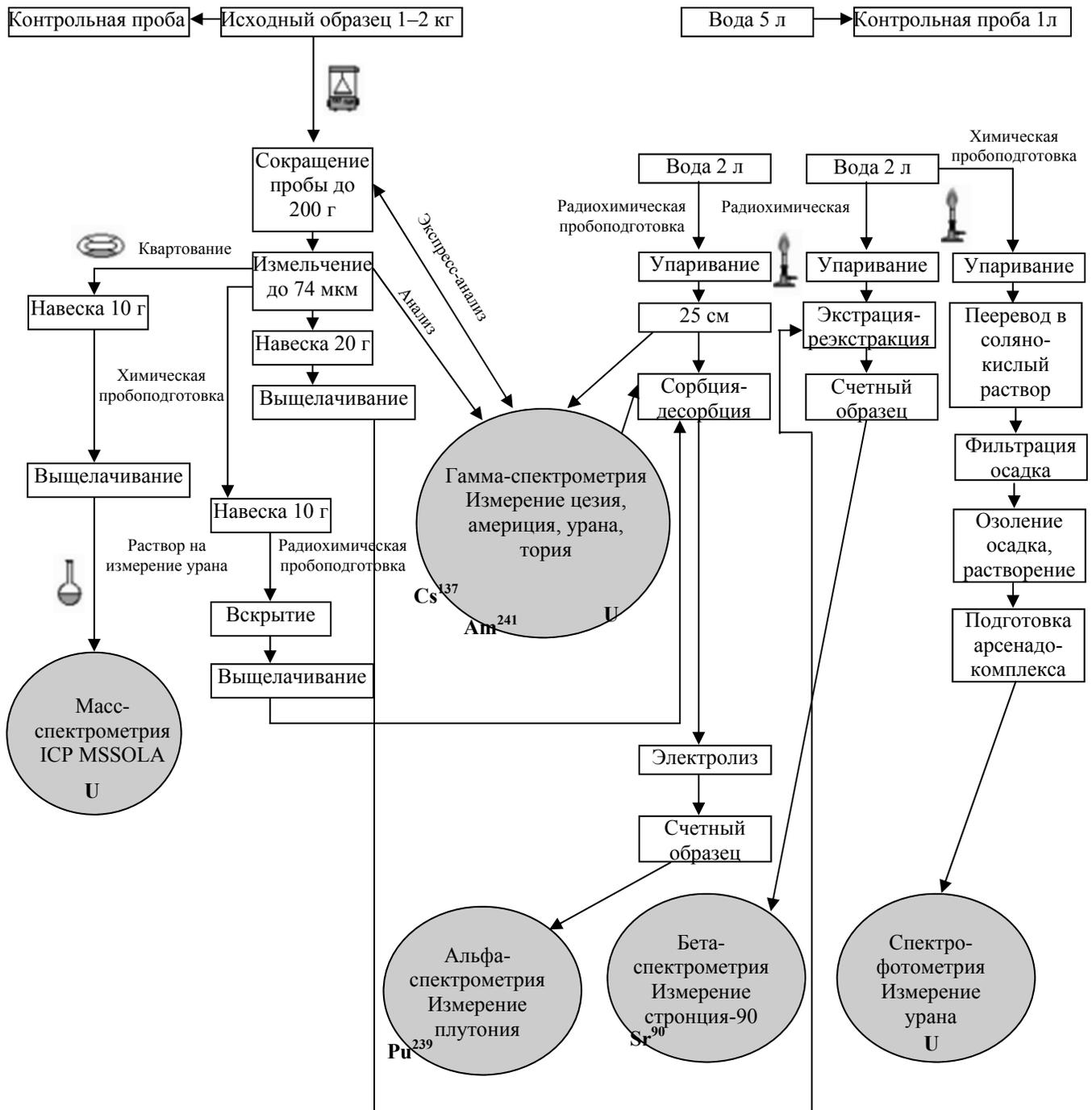


Рис. 3. Оптимальная универсальная методика контроля радионуклидов.

амплитуда прилива составляет примерно 250 см и мало изменяется в течение года. Полный объем воды в бухте ориентировочно принят равным 10^8 м³. При этих предположениях постоянная времени очистки составляет около 10^{-2} ч⁻¹. При нарушении герметичности прочного корпуса и реакторной установки морская вода может попасть внутрь и вызвать ускоренное выщелачивание продуктов деления и трансурановых элементов из отработавшего топлива (табл. 2). Содержание продуктов деления и трансурановых элементов рассчитано для типового режима эксплуатации подводных лодок второго поколения при условии полной выработки энергоресурса.

Блок-схема системного анализа проблемы хранения на плаву реакторных отсеков (рис. 2) показывает, что, наряду с технологическими, политическими и правовыми, существует крупный блок экологических проблем [6, 7]. Среди них наиболее сложной является разработка оптимальной универсальной методики химического экологического контроля радионуклидов.

Разработанная методика базируется на системном анализе методов и методик радиохимической пробоподготовки образцов окружающей среды акватории (воды, грунта, ила), а также методик измерения альфа-, гамма- и бета-активностей нуклидов. Схема предлагаемой комплексной методики выделения, концентрирования и контроля содержания радионуклидов показана на Рис. 3. Оптимальность методики проявляется в минимизации числа единиц необходимого оборудования и объема работ по радиационному контролю.

Выщелачивание проводится в азотнокислых средах, для сорбции используется ионит ВП1-П, а для экстракции – диэтиловый эфир.

ЛИТЕРАТУРА

1. Агапов, А.М., Макухин, Д.В., Новиков, Г.А., Радаев, Н.Н., *Актуальные вопросы экологической безопасности Минатома России*, Москва: Минатом, 2003.
2. Крышев, И.И., Рязанцев, Е.П., *Экологическая безопасность ядерно-энергетического комплекса России*, Москва: ИздАТ, 2010.
3. Таиров, Т.Н., Автоматизация сбора и обработки информации о радиационно-экологической обстановке базирования сил флота. *Материалы 32-й межвузовской научно-теоретической конференции*, Санкт-Петербург: ВВМИУ, 1996.
4. *Тяжелые естественные радионуклиды в биосфере*, Под ред. Алексахина Р.М., Москва: Наука, 1990.
5. *Росгидромет. ГУ «НПО Тайфун». Радиационная обстановка на территории России и сопредельных государств в 2008 году*, Обнинск, ГУ ВНИИГМИ-МЦД, 2009.
6. Таиров, Т.Н., *Создание автоматизированной системы радиационного экологического мониторинга (АСРЭМ) в ВМФ. Полярное сияние 99*, МИФИ, Москва.
7. Таиров, Т.Н., *Современные требования по обеспечению безопасности в области использования атомной энергии*, Санкт-Петербург, 2005.
8. Брыкин, С.Н., Серебряков, И.С., Таиров, Т.Н., Учет и контроль радиоактивных веществ и радиоактивных отходов на предприятиях ядерного топливного цикла. *Труды 7 международной конференции «Безопасность ядерных технологий. Обращение с радиоактивными отходами» (27 сентября–1 октября 2004)*, Санкт-Петербург, 2004, с. 107.
9. *Второй национальный доклад Российской Федерации о выполнении обязательств, вытекающих из Объединенной конвенции о безопасности обращения с отработавшим топливом и безопасности обращения с радиоактивными отходами*, Москва: ИздАТ, 2009.

Problems of Information Support of Chemical and Radiation Ecological Monitoring of Long-Term Technological Storage of Floating Reactor Blocks of Utilized Submarines in North-Western Region

T. N. Tairov

*Private Educational Institute, "Atomprof" Institute of Continuing Professional Education,
ul. Aerodromnaya 4, litter A, St. Petersburg, 198261 Russia*

Abstract—Complexity of solution of the problem of utilizing of nuclear submarines is defined by its scale and necessity of consideration of manifold factors – political, economical, ecological, social, technological and informational. Technological storage of floating reactor blocks is a complex chemical, technological and ecological problem since reactor section hull are attacked by aggressive corrosion in seawater that can result in leakage of radioactive isotopes of heavy metals, fission products and transuranic elements. The most actual problems are chemical and radiation ecological monitoring of water areas and information support of the monitoring.

The article considers system analysis of the problem of long-term technological storage of floating reactor blocks. Optimal technique of ecological control over radionuclides is designed. Optimal technique includes optimizing of the equipment structure and extent of radiation control that provides intended confidence level.