

# СПЕЦИФИКА ОБРАЩЕНИЯ С РАДИОАКТИВНЫМИ ОТХОДАМИ НА ЭНЕРГБЛОКЕ № 2 АРМЯНСКОЙ АТОМНОЙ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ СТАНЦИИ

*Акобян М.Т.<sup>1,2</sup>, Авагян Н.Р.<sup>2</sup>, Ксенофонтов А.И.<sup>1</sup>*

<sup>1</sup> НИЯУ МИФИ

115409, г. Москва, Каширское ш., 31

<sup>2</sup> Армянская атомная электростанция

0910, г. Мецамор, Армавирский марз, Республика Армения



Приводится подробное описание по обращению с радиоактивными отходами (РАО), образующимися при эксплуатации энергоблока № 2 Армянской АЭС в течение проектного и дополнительного (продленного) срока эксплуатации. Описаны образующиеся РАО (твердые, жидкие, газообразные) разных классов – от очень низкой до высокой активности, которые регулируются согласно правилам и нормам радиационной безопасности. Рассмотрены варианты подготовки долговременного хранения твердых среднеактивных и слабоактивных РАО на промплощадке Армянской АЭС. Предложены принципы повышения безопасности путем модернизации, что подразумевает выполнение анализов соответствия энергоблока требованиям современных нормативных документов по безопасности, включая международные, рекомендации МАГАТЭ.

Предлагается внедрение установок по переработке и промежуточному хранению РАО до захоронения, совершенствование и модернизация действующих хранилищ, создание новых объемов хранения, обеспечивающих безопасную эксплуатацию энергоблока Армянской АЭС, включая продление срока эксплуатации и вывод из эксплуатации энергоблоков. Указаны недоработки в системе управления, которые создают трудности при обращении с РАО в Республике Армения. Сформулированы модели повышения уровня безопасности хранения РАО на АЭС внедрением единой системы управления РАО, что позволит сократить образование РАО различных видов и активности, улучшить и расширить системы безопасного обращения с РАО в Республике Армения.

**Ключевые слова:** АЭС, атомная энергетика, радиационная безопасность, обращение с радиоактивными отходами.

**Для цитирования:** Акобян М.Т., Авагян Н.Р., Ксенофонтов А.И. Специфика обращения с радиоактивными отходами на энергоблоке № 2 Армянской атомной электрической станции. // Известия вузов. Ядерная энергетика. – 2024. – № 1. – С. 28–41. DOI: <https://doi.org/10.26583/npe.2024.1.03>

## ВВЕДЕНИЕ

В Республике Армения (РА) уже более сорока лет (с 1976 г.) эксплуатируется единственный в регионе объект использования атомной энергии – Армянская АЭС (ААЭС) [1]. Находясь под пристальным вниманием соседних стран и международных организаций, ААЭС особо остро чувствует ответственность за обеспечение всех норм безопасности, за исключение возможного негативного воздействия на окружающую среду используемых на объекте ядерных технологий.

Следует отметить, что реактор Армянской АЭС ВВЭР-440 (проект В-270) доработан по сравнению с его прототипами – энергоблоками № 3, 4 Нововоронежской АЭС, № 1, 2 Кольской АЭС. При эксплуатации Армянской АЭС в течение более 45-ти лет не зафиксирован ни один инцидент, связанный с нарушением ядерной или радиационной безопасности по международной шкале классификации ядерных и радиологических событий INES [2], разработанной МАГАТЭ и ОЭСР/АЯЭ.

Несомненно, этот результат достигнут благодаря приданию вопросам безопасности приоритетного значения, постоянному повышению безопасности, начиная практически с первых же дней эксплуатации ААЭС.

С учетом развития нормативных требований к безопасности АЭС реализуется принцип непрерывного поэтапного повышения безопасности путем модернизации. Стратегия модернизации основывается на выполненных анализах соответствия энергоблоков требованиям современных нормативных документов по безопасности, вероятностных оценках безопасности и анализе локального и международного опыта эксплуатации, уроках, извлеченных из аварий и инцидентов на АЭС. При планировании модернизации учитываются рекомендации МАГАТЭ [3], а также международный опыт проведения работ по повышению безопасности действующих АЭС [4].

Многолетняя эксплуатация энергоблока №2 Армянской АЭС в течение проектного и дополнительного (продленного) срока эксплуатации доказала его высокую надежность, правильность выбранных проектных принципов обеспечения безопасности. Большие конструкционные резервы реакторной установки, а также достигнутые результаты в области повышения безопасности могут быть положены в основу решения о подготовке к повторному продлению срока эксплуатации указанного энергоблока.

В общей программе повышения безопасности ААЭС важное место занимают экологические вопросы – безопасное обращение с радиоактивными отходами (РАО) и с отработавшим ядерным топливом (ОЯТ) [5]. В решении этих проблем ввиду их сложности, трудоемкости и высокой стоимости задействованы различные структуры республики, привлекаются международные организации и специализированные зарубежные институты.

Основными целями устойчивой системы жизнеобеспечения ААЭС являются

- внедрение единой системы управления РАО;
- повышение уровня защиты населения и окружающей среды от риска радиационного воздействия;

- предотвращение возникновения аварийных ситуаций с радиационными последствиями и уменьшение последствий в случае их возникновения;
- учреждение службы национального оператора, предоставляющего услуги в соответствии с современными требованиями.

### **ОБРАЩЕНИЕ С РАДИОАКТИВНЫМИ ОТХОДАМИ НА АРМЯНСКОЙ АЭС**

Работы с применением радиоизотопов в Республике Армения начались в 50-е годы прошлого века и наиболее активизировались в середине 80-х годов почти во всех отраслях и сферах экономики (здравоохранении, промышленности, науке и образовании, сельском хозяйстве, геологии и др.), в результате чего образовались радиоактивные отходы [6].

Образование радиоактивных отходов, вызванных ядерными технологиями, стартовало с началом эксплуатации энергоблоков Армянской АЭС. Для изоляции радиоактивных муниципальных отходов от биосферы в 1950-х гг. решением городского совета Еревана был построен пункт хранения радиоактивных отходов. Однако после выявления оползневых явлений на месте расположения хранилища для исключения возможного его разрушения было принято решение построить новое хранилище приповерхностного типа на площадке АЭС, которое и было сдано в эксплуатацию в 1980 г.

Эксплуатация нового объекта предусматривала сбор образующихся твердых и жидких отходов, их транспортировку в хранилище, цементирование до состояния, приемлемого для длительного хранения, и размещение в железобетонные контейнеры [7].

Поскольку хранилище эксплуатировалось со значительными проектными отклонениями – отсутствием оборудования для цементации отходов и специальных дистанционно управляемых манипуляторов, то по выданной в 2009 г. лицензии разрешалось использовать объект только для хранения муниципальных РАО низкой и средней активности.

В дальнейшем крупным источником образования РАО станет выводимый из эксплуатации энергоблок Армянской АЭС. В соответствии с решением Правительства Республики Армении в 2017 г. были установлены критерии безопасного обращения с РАО и ОЯТ [8].

В процессе эксплуатации Армянской АЭС образуются радиоактивные отходы разных типов (твердые, жидкие, газообразные) и классов (от очень низкой до высокой активности, рис. 1 [9]). Они образуются при ежедневной уборке и дезактивации помещений зоны контролируемого доступа (ЗКД), при дезактивации и ремонте оборудования, при проведении ремонтных работ в ЗКД и т.д. К РАО относятся также не поддающиеся дезактивации или облученные в реакторе части технологического оборудования, измерительные приборы, арматура трубопроводов, спецодежда и средства индивидуальной защиты и пр., загрязненные выше допустимых норм.

В проекте Армянской АЭС изначально не были предусмотрены площадки для переработки твердых радиоактивных отходов (ТРО), образующихся при эксплуатации, а возникающие РАО и по сей день складываются без обработки в имеющиеся на станции хранилища для ТРО низкой, средней и высокой активности, предназначенные для хранения в течение проектного срока эксплуатации ААЭС.

В таблице 1 приведена классификация радиоактивных отходов по удельной активности согласно Правилам радиационной безопасности, утвержденным Правительством Республики Армения в 2006 г. [10]. Система обращения с радиоактивными отходами состоит из этапов сбора, сортировки, переработки, кондиционирования и хранения РАО [11].



Рис. 1. Классификация РАО

Таблица 1

### Классификация радиоактивных отходов по удельной активности

Категория отходов	Удельная активность, кБк/кг		
	$\beta$ -излучающие нуклиды	$\alpha$ -излучающие нуклиды (исключая трансурановые)	Трансурановые радионуклиды
Очень низкоактивные (ОНАО)	Менее $10^2$	Менее $10^1$	Менее 1
Низкоактивные (НАО)	От $10^2$ до $10^3$	От $10^1$ до $10^2$	От 1 до $10^1$
Среднеактивные (САО)	От $10^3$ до $10^7$	От $10^2$ до $10^6$	От $10^1$ до $10^5$
Высокоактивные (ВАО)	Более $10^7$	Более $10^6$	Более $10^5$

### ОБРАЩЕНИЕ С ЖИДКИМИ РАДИОАКТИВНЫМИ ОТХОДАМИ

Нормами радиационной безопасности жидкие радиоактивные отходы (ЖРО) определены как непригодные для дальнейшего использования органические и неорганические жидкости, шламы (пульпы) и шлаки, в которых удельная активность радионуклидов в случае поступления с питьевой водой более чем в десять раз превышает уровни вмешательства.

На ААЭС применяется следующая схема обращения с ЖРО (рис. 2).

Трапные воды, образующиеся в процессе эксплуатации ААЭС, перерабатываются на выпарных аппаратах для очистки с целью последующего использования дистиллята или сброса в хозяйственно-канализационную систему. Кубовые остатки, образующиеся в выпарных аппаратах при переработке трапных вод, собираются в емкостях кубового остатка и перерабатываются на установке глубокого упаривания (УГУ) (рис. 3, 4). Затем упаренный кубовый остаток в виде жидкого «сиропа» поступает в металлический контейнер и при остывании кристаллизуется в твердый монолитный пожаробезопасный продукт, размещаемый в хранилище среднеактивных ТРО в спецкорпусе [12].

ЖРО хранятся в хранилище жидких радиоактивных отходов, в которое поступают кубовый остаток из выпарных аппаратов и истощенные ионообменные смолы со СВО-1, 2, 4.

## ТОПЛИВНЫЙ ЦИКЛ И РАДИОАКТИВНЫЕ ОТХОДЫ



Рис. 2. Схема обращения с ЖРО на ААЭС

В состав хранилища входят

- шесть емкостей кубового остатка;
- две емкости высокоактивных сорбентов.

Объем хранилища составляет 4140 м<sup>3</sup>, в том числе

- емкости кубовых остатков – 3300 м<sup>3</sup> (2820 м<sup>3</sup> – полезный объем);
- емкости высокоактивных сорбентов – 840 м<sup>3</sup> (700 м<sup>3</sup> – полезный объем).

Управление радиоактивными отходами осуществляется в соответствии с «Порядком обращения с радиоактивными отходами», утвержденным Постановлением Правительства Республики Армения в 2009 г., и требованиями нормативно-правовых актов, регулирующих эту сферу деятельности [13]. По программе продления проектного срока эксплуатации Армянской АЭС планируется модернизировать установку по переработке жидких радиоактивных отходов методом глубокого упаривания на установке УГУ-200 производительностью 200 кг отходов в час, что подразумевает улучшение систем безопасности установки для минимизации рисков и предотвращения возможных аварий, внедрение мер по умень-

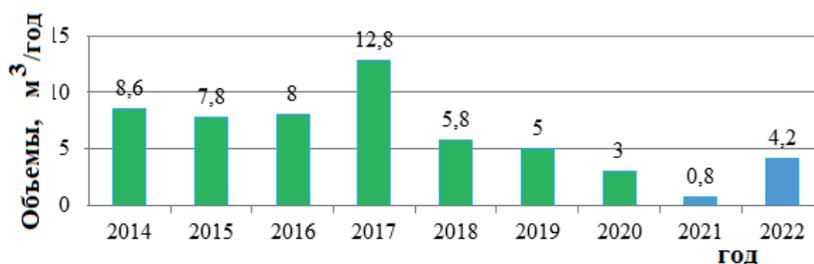


Рис. 3. Образование солевого плава от УГУ по годам

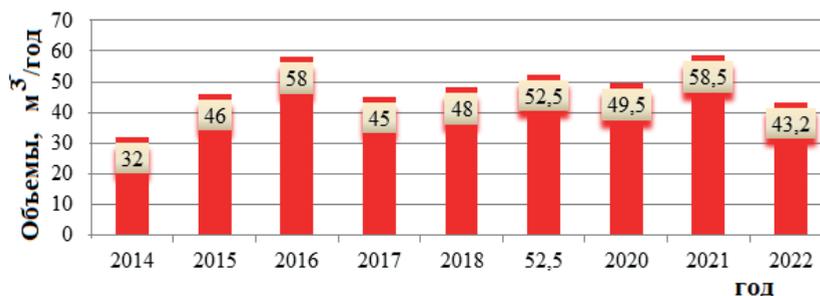


Рис. 4. Образование кубовых остатков на ААЭС по годам

шению воздействия на окружающую среду, в результате чего конечные объемы солевого концентрата значительно сократятся, а также внедрение энергосберегающих технологий и процессов с целью уменьшения энергозатрат. На ААЭС разработана «Программа обращения с РАО», в которой будут рассмотрены вопросы переработки жидких и твердых РАО с целью обеспечения возможности их окончательного захоронения.

## ОБРАЩЕНИЕ С ТВЕРДЫМИ РАДИОАКТИВНЫМИ ОТХОДАМИ

На ААЭС действует технологическая схема обращения с ТРО, предусматривающая их сбор, сортировку, транспортировку и безопасное хранение в соответствующих хранилищах.

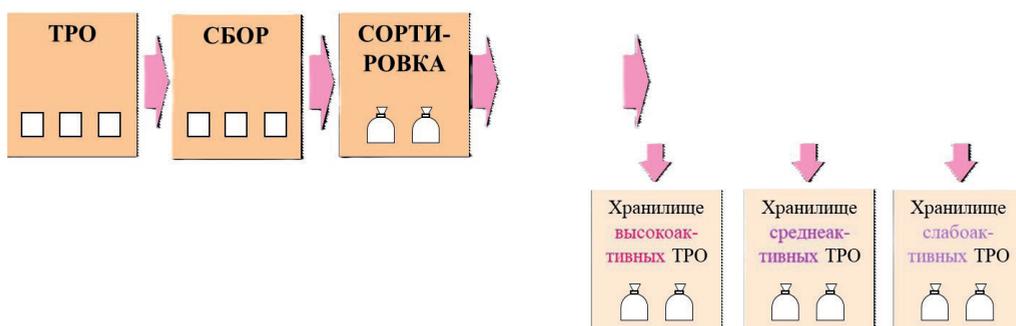


Рис. 5. Схема обращения с ТРО

щих [14], рис. 5. Твердые радиоактивные отходы на ААЭС не перерабатываются.

Хранилище ТРО (с рабочим объемом 78,34 м<sup>3</sup>) расположено в аппаратном отделении. В состав твердых высокоактивных отходов входят

- горючие отходы (бумага, резина, пластикат, текстиль и пр.) ≈ 5%;
- негорючие отходы (металл, отработанные источники, КИП, части технологического оборудования) ≈ 95%.

Хранилище ТРО (с рабочим объемом 1001,2 м<sup>3</sup>) размещено в спецкорпусе. В состав твердых среднеактивных отходов входят

- горючие (бумага, резина, пластикат, текстиль и пр.) ≈ 20%;
- негорючие отходы (металл, металлическая стружка, теплоизоляция, стройотходы, ил, активизированная смола, контейнеры УГУ) ≈ 80%.

Хранилище твердых слабоактивных отходов (с объемом 17051 м<sup>3</sup>) размещено на территории АЭС. Состав твердых слабоактивных отходов:

- горючие отходы (бумага, резина, пластикат, древесина, обувь) ≈ 75%;
- негорючие отходы (металл, теплоизоляция, стройотходы) ≈ 25%.

В таблице 2 показана заполненность хранилищ РАО, а на рис. 6, 7 – динамика образования твердых РАО на Армянской АЭС.

Учитывая объемы радиоактивных отходов, образующихся в процессе эксплуатации Армянской АЭС, существует объективная необходимость в строительстве пункта захоронения радиоактивных отходов низкой и средней активности.

Для эффективного обращения с твердыми радиоактивными отходами, уменьшения образующихся объемов необходимо внедрить системы сортировки (по составу: горючие, прессуемые отходы) и минимизации объема (сжигание, прессование, фрагментация отходов).

**Заполненность хранилищ РАО**

№ п/п	Категория РАО	Место хранения (складирования)	Заполненность хранилищ, м <sup>3</sup>	Объем хранилищ, м <sup>3</sup>
1	Твердые низкоактивные отходы	Хранилище твердых слабоактивных отходов	7104,86	17051,0
2	Твердые среднеактивные отходы	Хранилище твердых среднеактивных отходов	490,518 (в том числе 380,06 м <sup>3</sup> /1756 контейнеров/ солевой плав от УГУ)	1001,32
		Площадка временного хранения контейнеров УГУ	435,16 (1978 контейнеров УГУ)	Не более 3000 контейнеров
3	Твердые высокоактивные отходы	Хранилище твердых высокоактивных отходов	37,64	78,34
4	Жидкие среднеактивные отходы (кубовые остатки от выпарного аппарата)	ЕКО 1-6, ЕВС-1	2416,6	3170
5	Жидкие среднеактивные отходы (ил, пульпа)	ЕВС-2	267,0	350

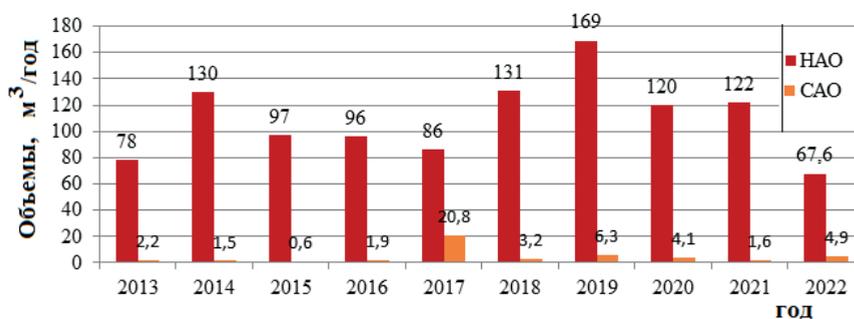


Рис. 6. Образование твердых РАО на Армянской АЭС

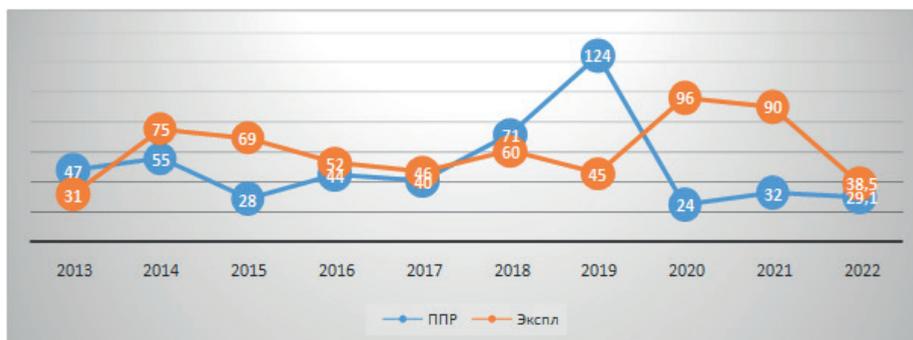


Рис. 7. Образование твердых НАО на ААЭС в период эксплуатации и ППР, м³/г.

Также необходимо изучить возможности переработки и захоронения высокоактивных РАО в глубоких геологических формированиях.

В рамках работ по продлению срока эксплуатации энергоблока № 2 на Армянской АЭС была разработана «Программа мероприятий по управлению РАО, имеющимися на ААЭС и образующимися во время дополнительного срока эксплуатации энергоблока № 2 ААЭС» (далее – Программа). В Программе представлены более 50-ти мероприятий и график их внедрения по обращению с РАО, среди которых

- разработка и внедрение системы учета и контроля РАО;
- модернизация системы переработки жидких радиоактивных отходов;
- модификация установки глубокого упаривания кубового остатка (УГУ);
- приобретение необходимого количества лицензированных металлических контейнеров для размещения солевого плава от УГУ;
- переработка кристаллических осадков, находящихся в емкостях кубового остатка ЕКО-1÷6, а также емкости высокоактивных сорбентов ЕВС-1 механическим методом, что включает в себя фильтрацию, центрифугирование, седиментацию, промывку и сушку;
- модернизация системы переработки твердых радиоактивных отходов, которая включает в себя внедрение инновационных методов обработки для повышения эффективности системы переработки твердых радиоактивных отходов, разработку точных методов для оптимизации разделения радиоактивных и нерадиоактивных компонентов с целью уменьшения объема отходов, внедрение технологий для безопасного хранения и транспортировки отходов с использованием усовершенствованных контейнеров и систем мониторинга, разработку методов для снижения объема твердых радиоактивных отходов, включая процессы рециклирования и повторного использования материалов;
- модификация системы характеристики и паспортизации РАО;
- проектирование, сооружение и ввод в эксплуатацию комплекса переработки ТРО (КП ТРО);
- разработка метода переработки солевого плава от УГУ и отработанных ионообменных смол из емкости ЕВС-2;
- организация мощностей для хранения кондиционированных РАО;
- модификация хранилища твердых низкоактивных отходов (отсеков № 1 и 2);
- приобретение необходимого количества и номенклатуры контейнеров для размещения НАО на хранение;
- сооружение нового хранилища для хранения кондиционированных РАО;
- приобретение необходимого количества и номенклатуры лицензированных невозвратных защитных контейнеров (НЗК).

Реализация мероприятий, представленных в Программе, обеспечит безопасное обращение с НАО и САО, накопленными на ААЭС и образующимися в период дополнительного срока эксплуатации энергоблока № 2 ААЭС.

Созданная на площадке ААЭС система обращения с РАО, которая представляет собой комплекс организационных, технологических и инженерных мероприятий, направлена на эффективное управление радиоактивными материалами и включает в себя следующие основные этапы: сбор, классификация, переработка, кондиционирование. Она предполагает использование современных технологий, учет особенностей каждого типа отходов и строгое соблюдение нормативных требований для обеспечения безопасности человека и окружающей среды. Данная система обеспечит возможность обращения с ОНАО, НАО и САО, ЖРО, образующимися при выводе из эксплуатации ААЭС.

Конечная цель Программы заключается в приведении системы обращения с РАО на ААЭС в соответствие с требованиями норм и правил, действующих в области использования атомной энергии Республики Армения, и требованиями стандартов безопасности МАГАТЭ [15].

### ПУТИ РЕШЕНИЯ ПРОБЛЕМ

Обращение с радиоактивными отходами – сложная и важная проблема, требующая научного и технологического подхода для минимизации рисков и обеспечения безопасности для окружающей среды и человечества. Ниже приведен анализ технологических аспектов, характерных для обращения с радиоактивными отходами, в рамках которого рассмотрены ключевые инженерные и научные методы, направленные на безопасное и эффективное управление материалами, содержащими радиоактивные элементы:

- исследования по определению подходящих геологических формаций для долгосрочного захоронения РАО с учетом геохимических, гидрогеологических и инженерных аспектов;
- разработка материалов, способных предотвращать миграцию радиоактивных веществ и обеспечивать изоляцию от окружающей среды;
- исследования по разработке эффективных методов химической обработки для извлечения ценных элементов из отработавших топливных элементов;
- использование математических моделей для прогнозирования распределения радиоактивных веществ в окружающей среде и оценки рисков для человека и экосистем;
- разработка точных технологий обнаружения радиоактивных веществ для обеспечения безопасности и оперативного реагирования на возможные утечки;
- развитие процессов производства с целью уменьшения образования радиоактивных отходов и повышения эффективности использования ядерных ресурсов;
- разработка инновационных методов транспортировки, обеспечивающих минимальные риски для персонала и окружающей среды;
- разработка эффективных правовых и регулирующих механизмов для контроля и управления радиоактивными отходами.

Создание национального оператора для выполнения функции по управлению радиоактивными отходами даст возможность реализации системы управления РАО и ОЯТ в соответствии со структурой управления, принятой в большинстве стран мира с ядерными технологиями.

Для обеспечения безопасного управления РАО необходимо

- сокращение объемов РАО и их безопасное и надежное хранение на протяжении всего срока эксплуатации Армянской АЭС;
- строительство хранилищ ОНАО;
- строительство и эксплуатация приповерхностных могильников для захоронения РАО. Реализация данной стратегии будет способствовать
- модернизации системы управления РАО;
- сокращению образования РАО различных видов и активности, обусловленных эксплуатацией Армянской АЭС;
- снижению затрат на эксплуатацию системы управления РАО;
- с внедрением системы хранения (захоронения) РАО низкой и средней активности осуществлению безопасной и надежной эксплуатации и выводу из эксплуатации Армянской АЭС;

- снижению вредного воздействия ионизирующего излучения на персонал Армянской АЭС и уменьшению вредного воздействия радиации на окружающую среду;
- созданию предпосылок для строительства могильника высокоактивных РАО, что облегчит также работы по выводу Армянской АЭС из эксплуатации;
- снижению финансовой нагрузки, связанной с необходимостью поддержания безопасности объектов системы управления РАО для будущих поколений;
- совершенствованию, улучшению и расширению системы безопасного управления ОЯТ в Республике Армения.

## **ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

В статье рассмотрена специфика обращения с жидкими и твердыми радиоактивными отходами на энергоблоке № 2 Армянской АЭС. Обозначены проблемы по обращению с РАО, образующимися при эксплуатации энергоблока № 2 Армянской АЭС в течение проектного и дополнительного срока эксплуатации энергоблока ААЭС, и предложены меры по их решению: модернизация установки по переработке жидких радиоактивных отходов, что подразумевает усовершенствование процесса обработки жидких радиоактивных отходов и предполагает улучшение системы безопасности установки с целью снижения рисков и предотвращения возможных аварий, а также внедрение мер для уменьшения негативного воздействия на окружающую среду; разработка документа, в котором анализируются вопросы обработки как жидких, так и твердых радиоактивных отходов с целью обеспечения возможности их окончательной утилизации. Для эффективного управления твердыми радиоактивными отходами и сокращения образующихся объемов требуется внедрение систем минимизации объема. Для упрощения управления различными видами отходов и унификации методов обращения с ними необходимо провести классификацию радиоактивных отходов в соответствии с их физическими, химическими, радиологическими и биологическими свойствами. Для согласованного внедрения единой национальной политики в сфере обращения с радиоактивными отходами и успешной реализации выбранной стратегии страна должна разработать свою национальную классификацию радиоактивных отходов, соответствующую установленным целям в данной области.

Применение предлагаемых решений будет существенно способствовать внедрению в Республике Армения устойчивой системы управления РАО, позволит сформировать новую культуру обращения с радиоактивными отходами, придавая важность охране окружающей среды, эффективному использованию ресурсов, оказанию качественных услуг хозяйствующим субъектам и обеспечению безопасных экологических условий.

Конечная цель заключается в приведении системы обращения с РАО на ААЭС в максимально возможное соответствие современным требованиям норм и правил, действующим в области использования атомной энергии в Республике Армения, и требованиям стандартов безопасности МАГАТЭ.

В этом направлении выполняется комплекс работ по уточнению проблем для анализа несоответствий.

Эти принципы и технологии стремятся обеспечить эффективное и безопасное управление радиоактивными отходами на атомных станциях, минимизируя воздействие на окружающую среду и обеспечивая соблюдение стандартов безопасности.

### Литература

1. Акобян М.Т., Ксенофонтов А.И. Пути энергообеспечения в Республике Армении. // Глобальная ядерная безопасность.– 2022. – № 2. – С. 5 – 14. DOI: <https://doi.org/10.26583/gns-2022-02-01>
2. Международная шкала ядерных событий (ИНЕС), Руководство для пользователей (IAEA-INES-2008), Вена, 2008. Электронный ресурс: <https://www.iaea.org/ru/publications/8446/ines-rukovodstvo-dlya-polzovateley-mezhdunarodnoy-shkaly-yadernyh-i-radiologicheskikh-sobytiy> (дата доступа 01.04.2023).
3. Нормы МАГАТЭ по безопасности. Радиационная защита населения и охрана окружающей среды, №GSG-8. – Вена: МАГАТЭ, 2023. – 61 с. Электронный ресурс: <https://www.iaea.org/ru/publications/15276/radiacionnaya-zashchita-naseleniya-i-ohrana-okruzhayushchey-sredy> (дата доступа 01.04.2023).
4. Нормы МАГАТЭ по безопасности. Обращение с радиоактивными отходами перед захоронением. Общие требования безопасности, часть 5. – Вена: МАГАТЭ, 2010. – 46 с. Электронный ресурс: [https://www-pub.iaea.org/MTCD/publications/PDF/Pub1368r\\_web.pdf](https://www-pub.iaea.org/MTCD/publications/PDF/Pub1368r_web.pdf) (дата доступа 01.04.2023).
5. Решение Правительства РА от 4 июня 2009 г. № 631 «Порядок управления радиоактивными отходами» Электронный ресурс: <https://www.arlis.am/DocumentView.aspx?DocID=52155> (дата доступа 01.04.2023).
6. Закон РА от 01 февраля 1999 г. № 285 «О безопасном использовании атомной энергии в мирных целях» Электронный ресурс: <https://www.arlis.am/documentview.aspx?docid=62188> (дата доступа 01.04.2023).
7. РБ-122-16 Оценка безопасности при обращении с радиоактивными отходами до захоронения. 2016. – 21 с. Электронный ресурс: <https://files.stroyinf.ru/Data2/1/4293748/4293748668.pdf> (дата доступа 01.04.2023).
8. Постановление Правительства РА от 11 августа 2005 г. № 1203 «Порядок лицензирования выбора площадки для хранилищ радиоактивных отходов». Электронный ресурс: <https://www.arlis.am/documentview.aspx?docid=80752> (дата доступа 01.04.2023).
9. Постановление Правительства РФ от 19 октября 2012 г. № 1069 «О критериях отнесения твердых, жидких и газообразных отходов к радиоактивным отходам, критериях отнесения радиоактивных отходов к особым радиоактивным отходам и к удаляемым радиоактивным отходам и критериях классификации удаляемых радиоактивных отходов». Электронный ресурс: <https://docs.cntd.ru/document/902376375> (дата доступа 01.04.2023).
10. Постановление Правительства РА от 18 августа 2006 г. № 1489 «Правила радиационной безопасности». Электронный ресурс: <https://www.arlis.am/documentview.aspx?docid=109976>
11. НП-002-15. Правила безопасности при обращении с радиоактивными отходами атомных станций. – М.: Ростехнадзор, 2015. – 20 с. Электронный ресурс: [https://nrs-journal.ru/sections/official\\_documents/np-002-15/](https://nrs-journal.ru/sections/official_documents/np-002-15/) (дата доступа 01.04.2023).
12. НП-019-15 Сбор, переработка, хранение и кондиционирование жидких радиоактивных отходов. Требования безопасности. – М.: Ростехнадзор, 2015. – 23 с. Электронный ресурс: [https://docs.secnrs.ru/catalog/FNP/NP\\_019\\_15/](https://docs.secnrs.ru/catalog/FNP/NP_019_15/) (дата доступа 01.04.2023).
13. Постановление Правительства РА от 18.08.2006 г. № 1219 «Нормы радиационной безопасности». Электронный ресурс: <https://www.arlis.am/documentview.aspx?docid=26242> (дата доступа 01.04.2023).
14. НП-020-15 Сбор, переработка, хранение и кондиционирование твердых радиоактивных отходов. Требования безопасности. – М.: Ростехнадзор, 2015. – 14 с. Электронный ресурс: [https://docs.secnrs.ru/catalog/FNP/NP\\_020\\_15/](https://docs.secnrs.ru/catalog/FNP/NP_020_15/) (дата доступа 01.04.2023).

15. Ведерникова М.В., Иванов А.Ю., Линге И.И., Самойлов А.А. Оптимизация обращения с загрязненными материалами и РАО в пределах промышленных площадок. // Радиоактивные отходы. – 2019. – № 2. – С. 6–17. DOI: <https://doi.org/10.25283/2587-9707-2019-2-6-17> (дата доступа 01.04.2023).

Поступила в редакцию 03.04.2023

### Авторы

Акобян Марине Тадевосовна, аспирант, ведущий инженер,

E-mail: [marine\\_h@mail.ru](mailto:marine_h@mail.ru)

Авакян Николай Рубенович, заместитель начальника,

E-mail: [avakyan58@mail.ru](mailto:avakyan58@mail.ru)

Ксенофонтов Александр Иванович, к.т.н. доцент,

E-mail: [aiksenofontov@mephi.ru](mailto:aiksenofontov@mephi.ru)

UDC 621.039.743

## Specifics of Radioactive Waste Management at the Power Unit No. 2 of the Armenian Nuclear Power Plant

Накобян М.Т.<sup>1,2</sup>, Авакян Н.Р.<sup>2</sup>, Ксенофонтов А.И.<sup>1</sup>

<sup>1</sup> МЭФН,

31, Kashirskoye sh. 115409 Moscow, Russia

<sup>2</sup> НАЕК CJSC,

Metsamor, Armavir marz, 0910, Republic of Armenia

### Abstract

This article discusses a detailed description of the management of radioactive waste (RW) generated during operation at power unit No.2 Armenian NPP during the design and additional (extended) life of the Armenian NPP power unit. The resulting RW of different types, solid, liquid, gaseous and of different classes, from very low to high activity, which are regulated according to the rules and norms of radiation safety are described. Options for the preparation of RW for long-term storage with solid medium-active and low-active RW at the industrial site of the Armenian NPP are considered. The principles of continuous step-by-step improvement of safety through modernization are proposed, which implies performing analyses of compliance of the power unit with the requirements of modern safety regulations, including international ones, based on modern technologies, IAEA recommendations, probabilistic safety assessments and analysis of local and international operating experience, lessons learned from accidents and incidents at nuclear power plants, elimination of deviations from existing standards and rules. It is proposed to introduce new technologies and facilities for processing intermediate storage of RW before disposal, improve and modernize existing storage facilities, create new storage volumes that ensure the safe operation of the Armenian NPP power unit, including extending the service life and decommissioning of power units.

The omissions in the management system that create difficulties in handling RW in the Republic of Armenia are indicated. The models of increasing the safety level of RW storage at nuclear power plants by introducing a unified RW management system are formulated, which will reduce the formation of RW of various types and activities, improve and expand the system of safe management of RW and SNF in the Republic of Armenia.

**Keywords:** NPP, nuclear energy, radiation safety, radioactive waste management

**For citation:** Hakobyan M.T., Avakyan N.R., Ksenofontov A.I. Specifics of Radioactive Waste Management at the Power Unit No.2 of the Armenian Nuclear Power Plant. *Izvestiya vuzov. Yadernaya Energetika*. 2024, no. 1, pp. 28 – 41; DOI: <https://doi.org/10.26583/npe.2024.1.03> (in Russian).

### References

1. Hakobyan M.T., Ksenofontov A.I. Ways of Energy Supply in the Republic of Armenia. *Global Nuclear Safety (Global'naja jadernaja bezopasnost')*. 2022, no.2, pp. 5 – 14; DOI: <https://doi.org/10.26583/gns-2022-02-01> (in Russian).
2. INES User's Guide to the International Nuclear and Radiological Event Scale 2008 Edition. INES Mezhdunarodnaya shkala yadernyh sobytij (INES), Rukovodstvo dlya pol'zovatelej (IAEA-INES-2008), Vena 2008. Available at: <https://www.iaea.org/ru/publications/8446/ines-rukovodstvo-dlya-polzovateley-mezhdunarodnoy-shkaly-yadernyh-i-radiologicheskikh-sobytiy> (accessed Apr. 01, 2023) (in Russian).
3. IAEA safety standards. Radiation Protection of the Public and the Environment, NoGSG-8. – Vienna. IAEA, 2023, 61 p. Available at: <https://www.iaea.org/ru/publications/15276/radiacionnaya-zashchita-naseleniya-i-ohrana-okruzhayushchey-sredy> (accessed Apr. 01, 2023) (in Russian).
4. IAEA safety standards. Management of radioactive waste before disposal. General safety requirements, part 5. Vienna. IAEA, 2010, 46 p. Available at: [https://www-pub.iaea.org/MTCD/publications/PDF/Pub1368r\\_web.pdf](https://www-pub.iaea.org/MTCD/publications/PDF/Pub1368r_web.pdf) (accessed Apr. 01, 2023) (in Russian).
5. Reshenie Pravitel'stva RA ot 4 iyunja 2009 g. No. 631 «Porjadok upravlenija radioaktivnymi othodami». [Decree of the Government of the Republic of Armenia of 04 June 2009 No. 631 «Radioactive waste management procedure»]. Available at: <https://www.arlis.am/DocumentView.aspx?DocID=52155> (accessed Apr. 01, 2023) (in Armenian).
6. Zakon RA ot 01 fevralja 1999 g. No. 285 «O bezopasnom ispol'zovanii atomnoj jenerгии v mirnyh celjah». [Law of the Republic of Armenia of 01 february 1999 No. 285 «On the safe use of atomic energy for peaceful purposes»] Available at: <https://www.arlis.am/documentview.aspx?docid=62188> (accessed Apr. 01, 2023) (in Armenian).
7. RB-122-16. Safety assessment in the management of radioactive waste prior to disposal. Moscow. FBU «NTTs YaRB» Publ., 2016, 21 p. Available at: [https://files.stroyinf.ru/Data2/1/4293748/429374\\_8668.pdf](https://files.stroyinf.ru/Data2/1/4293748/429374_8668.pdf) (accessed Apr. 01, 2023) (in Russian).
8. Postanovlenie Pravitel'stva RA ot 11 avgusta 2005 g. No. 1203 «Porjadok licenzirovanija vybora ploshhadki dlja hranilishh radioaktivnykh othodov» [Decree of the Government of the Republic of Armenia of 11 August 2005 No. 1203 «Licensing procedure for the selection of a site for radioactive waste storage»]. Available at: <https://www.arlis.am/documentview.aspx?docid=80752> (accessed Apr. 01, 2023) (in Armenian).
9. Postanovleniye Pravitel'stva Rossiyskoy Federatsii ot 19 oktyabrya 2012 g. No. 1069 «O kriteriyakh otneseniya tverdykh, zhidkikh i gazoobraznykh otkhodov k radioaktivnym otkhodam, kriteriyakh otneseniya radioaktivnykh otkhodov k osobym radioaktivnym otkhodam i k udalyayemykh radioaktivnym otkhodam i kriteriyakh klassifikatsii udalyayemykh radioaktivnykh otkhodov» [Decree of the Government of the Russian Federation of 19 October 2012 No. 1069 «On the criteria of designation of solid, liquid, and gaseous waste as special radioactive waste and removable radioactive waste and criteria of classification of removable radioactive waste»]. Available at: <https://docs.cntd.ru/document/902376375> (accessed Apr. 01, 2023) (in Russian).
10. Postanovlenie Pravitel'stva RA ot 18 avgusta 2006 g. No. 1489 «Pravila radiacionnoj bezopasnosti». [Decree of the Government of the Republic of Armenia of 18 August 2006 No. 1489 «Radiation safety rules»]. Available at: [https://nrs-journal.ru/sections/official\\_documents/np-002-15/](https://nrs-journal.ru/sections/official_documents/np-002-15/) (accessed Apr. 01, 2023) (in Armenian).
11. NP-002-15. Safety rules for handling radioactive waste from nuclear power plants. Moscow. Rostekhnadzor Publ., 2015, 20 p. Available at: [https://nrs-journal.ru/sections/official\\_documents/np-002-15/](https://nrs-journal.ru/sections/official_documents/np-002-15/) (accessed Apr. 01, 2023) (in Russian).

12. NP-019-15. Collection, processing, storage and conditioning of liquid radioactive waste. Safety requirements. Moscow. Rostekhnadzor Publ., 2015, 23 p. Available at: [https://docs.secnrs.ru/catalog/FNP/NP\\_019\\_15/](https://docs.secnrs.ru/catalog/FNP/NP_019_15/) (accessed Apr. 01, 2023) (in Russian).

13. Postanovlenie Pravitel'stva RA ot 18.08.2006 g. No. 1219 «Normy radiacionnoj bezopasnosti». [Decree of the Government of the Republic of Armenia of 18 August 2006 No. 1219 «Radiation safety standards»]. Available at: <https://www.arlis.am/documentview.aspx?docid=26242> (accessed Apr. 01, 2023) (in Armenian).

14. NP-020-15. Collection, processing, storage and conditioning of solid radioactive waste. Safety requirements. Moscow. 2015, 14 p. Available at: [https://docs.secnrs.ru/catalog/FNP/NP\\_020\\_15/](https://docs.secnrs.ru/catalog/FNP/NP_020_15/) (accessed Apr. 01, 2023) (in Russian).

15. Vedernikova M.V., Ivanov A.Y., Linge I.I., Samoylov A.A. Optimization of contaminated materials and radioactive waste management within industrial sites. *Radioactive waste*. 2019, № 2 (7), pp. 6–17; DOI: <https://doi.org/10.25283/2587-9707-2019-2-6-17> (in Russian).

### Authors

Marine T. Hakobyan, PhD Student, Leading Engineer,

E-mail: [marine\\_h@mail.ru](mailto:marine_h@mail.ru)

Nikolay R. Avakyan, Deputy Head,

E-mail: [avakyan58@mail.ru](mailto:avakyan58@mail.ru)

Alexander I. Ksenofontov, Ph.D, Associate Professor,

E-mail: [aiksenofontov@mephi.ru](mailto:aiksenofontov@mephi.ru)