

**ЯДЕРНАЯ, РАДИАЦИОННАЯ И
ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ**
NUCLEAR, RADIATION AND
ENVIRONMENTAL SAFETY

УДК: 614.876. (83)

doi: 10.26583/gns-2022-02-01

ПУТИ ЭНЕРГООБЕСПЕЧЕНИЯ В РЕСПУБЛИКЕ АРМЕНИИ

© 2022 Акобян Марине Тадевосовна¹, Ксенофонтов Александр Иванович²

^{1,2}Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ», Москва, Россия

¹ЗАО «ААЭС», Мецамор, Армения

¹marine_h@mail.ru, <http://orcid.org/0000-0001-8710-5734>

²AIKsenfontov@mephi.ru, <http://orcid.org/0000-0002-6864-9805>

Аннотация. В данной статье рассматривается работа единственной на Закавказье Армянской атомной электростанции, потребность в энергии населения Республики Армения, восстановление и вторичный запуск АЭС, оценка воздействия на объекты окружающей среды, перспективы развития ядерной энергетики в стране. Приводятся данные по дозовым нагрузкам персонала, по выбросам и сбросам АЭС, загрязнение почвы и водных объектов в зоне наблюдения за 2020 год.

Ключевые слова: АЭС, оценка воздействия ядерной энергетики на окружающую среду, эффективные дозы излучения, радиационный мониторинг, радиационная безопасность.

Для цитирования: Акобян М.Т., Ксенофонтов А.И. Пути энергообеспечения в республике Армении // Глобальная ядерная безопасность. – 2022. – № 2(43). – С. 5-14. – <http://dx.doi.org/10.26583/gns-2022-02-01>

Поступила в редакцию 06.05.2022

После доработки 11.05. 2022

Принята к публикации 19.05.2022

Введение

Не так давно Республика Армения отметила полувековой юбилей атомной энергетики – 17-го сентября 1966 г. Правительством СССР было принято решение о строительстве Атомной электростанции в Армении (первой и все еще единственной в регионе). Энергетические потребности Армении в тот период времени обеспечивались производством электричества на тепловых и гидроэлектростанциях, каких-либо наработок в области атомной энергетики в республике не имелось. При том, что армянские ученые внесли существенный вклад в развитие атомной отрасли СССР (как в военном, так и в мирном направлениях), в самой республике практически не было ни специалистов, ни соответствующей научно-технической инфраструктуры. В сентябре 1966 г. Советом Министров СССР принято решение о строительстве АЭС в Армении.

Непосредственно строительство Армянской АЭС (ААЭС) было начато в 1970 г., а уже в декабре 1976 г. первый блок ААЭС был введен в эксплуатацию (рис. 1). К строительным работам были привлечены, как местные специалисты (армянские строители славятся исторически), так и специалисты России (консультации и помощь в сооружении строительных конструкций реакторного отделения, спецкорпуса, хранилищ радиоактивных отходов).

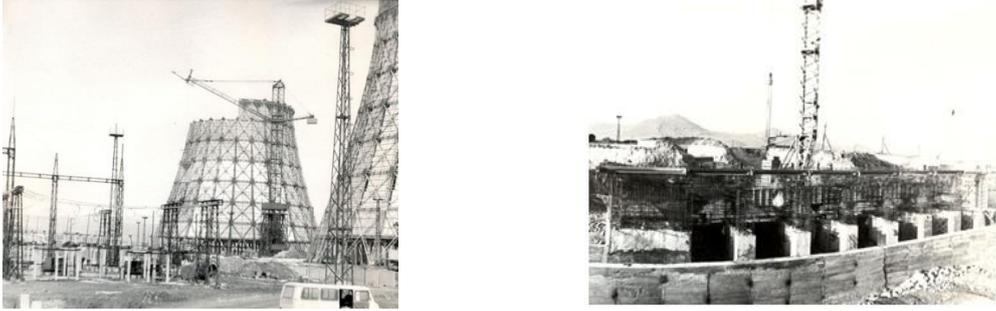


Рисунок 1 – Строительство 1-го блока ААЭС, 1970 г. [Construction of ANPP Unit 1, 1970]

Армянская АЭС расположена в Араратской долине Республики, 28 км западнее города Ереван. ААЭС имеет 2 энергоблока. За основу проекта ААЭС были взяты российские проекты АЭС первого поколения с реакторами ВВЭР-440 (модификаций В-213 и В-230), доработанные с учетом особенностей площадки ААЭС, в связи с чем, реактор получил новое обозначение модификации – В-270.

Для энергоблока №2 ААЭС конструкция реактора была усовершенствована [1]:

- корпус реактора изнутри покрыт защитной антикоррозийной наплавкой общей толщиной 9 мм;
- в шахте реактора установлены каналы для гирлянд с образцами-свидетелями корпусной стали.

Сама промплощадка ААЭС характеризуется двумя основными особенностями:

1. Высокой сейсмичностью:
 - проектное землетрясение – 7 баллов;
 - максимальное расчетное землетрясение – 8 баллов;
2. Удаленностью источника водоснабжения:
 - расстояние до ближайшей реки Севджур – 25 км;
 - расстояние до пруда-отстойника – 20 км.

Первый энергоблок ААЭС был введен в эксплуатацию 22 декабря 1976 г., а второй – 5 января 1980 г. Электрическая мощность каждого энергоблока ААЭС составляла 407,5 МВт (рис. 2).



Рисунок 2 – Общий вид ААЭС, 1980 г., вдали возвышается гора Арагац [General view of the ANPP, 1980, with Mount Aragats rising in the distance]

На начальном этапе эксплуатации совместно с российскими специалистами, На начальном этапе эксплуатации совместно с российскими специалистами, осуществлялась обкатка систем новой АЭС, выявление и устранение дефектов, несоответствий и, самое главное, становление постоянного местного персонала станции. Затем, после обучения персонала, прохождения им стажировки на российских АЭС и дублирования оперативных должностей оказалось возможным в полной мере обеспечить эксплуатацию ААЭС собственными силами. На сегодняшний день

Армянская АЭС полностью укомплектована собственным персоналом соответствующей квалификации и достаточного опыта. На этом этапе были выполнены более сотни крупных мероприятий, направленных на устранение известных дефицитов безопасности, присущих энергоблокам ВВЭР-440 первого поколения[2].

Исторические аспекты эксплуатации ААЭС

7 декабря 1988 г. в северных районах Армении произошло землетрясение с силой в отдельных районах более 10 баллов по шкале MSK-64. При этом на промплощадке ААЭС, находящейся на расстоянии 70 км от эпицентра, сейсмическое воздействие составило 5,5 баллов. Энергоблоки оставались в работе (т.к. автоматическое глушение реакторов предусмотрено при сейсмическом воздействии 6 баллов). Межведомственная комиссия, обследовавшая ААЭС после землетрясения, сделала вывод, что ААЭС выдержала прошедшее землетрясение без повреждений оборудования и строительных конструкций. Однако предметом озабоченности была достаточно высокая вероятность потенциальных землетрясений аналогичной или большей интенсивности, которые могут возникнуть ближе к ААЭС. К тому же пост-Чернобыльский синдром сформировал в общественном сознании стойкое неприятие атомной энергетики, вылившееся в серию требований останова ААЭС и отказа от атомной энергетики в будущем.

На основании предложений тогдашнего руководства Армении Совет Министров СССР принял решение об останове обоих энергоблоков ААЭС. 25 февраля 1989 г. в 14 часов 20 минут был остановлен энергоблок № 1, а 18 марта 1989 г. в 14 часов 22 минуты был остановлен энергоблок № 2. Это привело к практическому отказу в дальнейшем от атомной энергетики. Последовавший после останова ААЭС жесточайший энергетический кризис, приведший к коллапсу экономики Армении и создавший чрезвычайную социальную ситуацию, предоставил общественности наглядное доказательство того, что ядерная энергетика является единственным гарантом энергетической независимости и безопасности страны. В этой ситуации Правительством республики в апреле 1993 г. было принято решение о возобновлении работы энергоблока № 2 ААЭС. В связи с этим представители Министерства энергетики и топлива Армении и Министерства России по атомной энергии подписали двусторонний протокол о совместных работах в данном направлении (07.07.93 г.).

В тяжелейших социально-экономических условиях в кратчайшие сроки был выполнен беспрецедентный объем работ по восстановлению функциональности энергоблока №2 и, одновременно, повышению его безопасности. После успешного выполнения всех намеченных мероприятий, 5-го ноября 1995 г. энергоблок № 2 ААЭС был повторно включен в армянскую энергосистему.

Реанимация «атомной энергетики» явилась событием уникальным – до тех пор нигде ранее не «приводили в чувство» реактор и все остальное оборудование после столь длительного простоя в условиях, далеких от нормативных требований. Приоритет безопасности был признан обязательным условием возвращения ААЭС в энергосистему Армении, что в тогдашней ситуации (блокада, отсутствие научно-технической инфраструктуры, скудность финансовых возможностей, тяжелейшие социальные условия) было бы невозможно обеспечить силами одной Армении. Только благодаря финансовой, научно-технической, технологической, методологической помощи международных организаций (МАГАТЭ, Еврокомиссия) и отдельных стран-лидеров атомной энергетики (США, Франция, Россия, Великобритания и др.) уровень безопасности восстановленного энергоблока № 2 ААЭС был доведен до приемлемого, что подтвердила специальная миссия МАГАТЭ в 1995 г., перед вводом энергоблока в эксплуатацию соответственно, изменилось и отношение общественности Армении к атомной энергетике. Пришло понимание, что для республики, с учетом ее анклавного

географического положения и отсутствия собственных природных энергоносителей, единственным гарантом энергетической и общей независимости является атомная энергетика.

Современное состояние ААЭС

Последовавший после перезапуска энергоблока период безинцидентной его эксплуатации обосновывает общественную оценку ААЭС, как надежного, стабильного и безопасного источника чистой электроэнергии.

Кроме того, Армянская АЭС, как производитель наиболее дешевой электроэнергии в республике, выполняет и важнейшую социальную функцию – регулирование и удержание в приемлемых пределах потребительской стоимости электроэнергии. Поэтому, хотя установленная мощность энергоблока №2 ААЭС составляет всего 18% от общей мощности энергогенерирующих предприятий Армении, в производстве электроэнергии доля ААЭС доведена до 40% (рис. 3).



Рисунок 3 – Энергетический баланс страны [Energy balance of the country]

В программе ремонтно-восстановительных работ (РВР) для повторного запуска энергоблока главенствующими были мероприятия по повышению безопасности, устранению в максимально возможной степени известных несоответствий. Такой подход обеспечил не только понимание и принятие мировым сообществом самой идеи реанимации энергоблока после многолетнего останова, но и существенную техническую и финансовую поддержку действий по повышению безопасности. В общей сложности в ходе РВР были разработаны и реализованы более сотни крупных и около тысячи мелких мероприятий по повышению безопасности и надежности, благодаря чему уровень безопасности эксплуатируемого сегодня энергоблока № 2 существенно повышен по сравнению с состоянием ААЭС перед ее останом в 1989 году.

На этапе обследования (в рамках РВР) выяснилось, что реактор первого энергоблока восстановлению не подлежит из-за сплошного коррозионного повреждения внутренней поверхности корпуса реактора [5]. Устранение этих дефектов (язв, трещин) невозможно ввиду отсутствия подобных технологий, мирового опыта подобных операций и высокого радиационного фона во внутреннем объеме реактора. Это обстоятельство исключает возможность восстановления энергоблока № 1 АЭС.

На корпусе реактора энергоблока № 2 никаких повреждений не было выявлено. Это объясняется конструктивными различиями реакторов 1-го и 2-го энергоблоков ААЭС: второй энергоблок имеет двухслойную защитную наплавку из коррозионностойкой стали, что обеспечило его сохранность даже в столь продолжительное время содержания в стрессовых условиях. После неразрушающего контроля металла реактор энергоблока № 2 ААЭС был подготовлен к дальнейшей эксплуатации. В период после повторного ввода станции в эксплуатацию основной задачей оставалось повышение безопасности и надежности энергоблока, устранение

известных дефицитов безопасности АЭС с ВВЭР первого поколения на основании накопленного собственного опыта, а также с учетом рекомендаций МАГАТЭ.

Радиационные и экологические аспекты работы ААЭС

В программе повышения безопасности ААЭС важное место занимают экологические вопросы – безопасное обращение с радиоактивными отходами (РАО) и с отработавшим ядерным топливом (ОЯТ).

Армянская АЭС, являясь одним из стратегических объектов, обеспечивающих энергетическую и общую безопасность и независимость Армении, выполняет и немаловажные социальные функции, в частности:

- удержание потребительской стоимости электроэнергии в приемлемых пределах, благодаря минимальной стоимости электроэнергии, производимой на ААЭС;
- создание и сохранение рабочих мест, что положительно сказывается на общем уровне занятости населения республики;
- создание и развитие отдельных предприятий научно-технической инфраструктуры.

В производстве электроэнергии на Армянской АЭС используются технологии, практически исключают негативное воздействие производственных процессов на окружающую среду и население. Многолетним, непрерывным контролем соблюдения экологических требований подтверждается, что концентрация вредных веществ в технологических выбросах (воздух, вода, загрязнение почвы) в 10-15 раз ниже допустимых значений [6].

В настоящее время система радиационного контроля Армянской АЭС обеспечивает получение и обработку информации, которая характеризует:

- источники излучения, выбросы в атмосферу, величину жидких и твердых радиоактивных отходов;
- радиационные факторы, создаваемые технологическим процессом на рабочих местах и в окружающей среде;
- уровни облучения персонала.

Объем контроля, допустимые и контрольные уровни измеряемых параметров, технические средства и периодичность контроля определены в «Регламенте системы радиационного мониторинга ААЭС».

Усредненная мощность дозы излучения в различных контрольных точках зоны наблюдения АЭС за период 2020 г. не превышала 0,09-0,12 мкЗв/час. Средняя за год объемная β -активность атмосферного воздуха в зоне наблюдения составила $(0,92-1,65) \times 10^{-4}$ Бк/м³, а средняя концентрация радионуклидов в атмосферном воздухе за этот же период: по ¹³⁷Cs – 0,07, по ⁹⁰Sr – 0,002, по ⁷Be – 6,0 ($\times 10^{-4}$ Бк/м³).

За период 2020 г. были выполнены расчеты доз облучения критической группы населения ближайшего г. Мецамор, расположенного на расстоянии 15 км от ААЭС с подветренной стороны. Анализ расчетных данных показал, что доза облучения населения, обусловленная воздействием ААЭС, значительно меньше, нормативных значений. На рисунке 4 показаны вклады радионуклидов в эффективную дозу, а рисунок 5 отображает пути воздействия дозы излучения для той же группы населения. Следует отметить, что величина выбросов и сбросов с ААЭС намного (в несколько десятков раз) ниже контрольных уровней и допустимых величин [7]. Кроме того, в выбросах зафиксировано появление изотопов коррозионного происхождения ⁵⁴Mn и ⁵⁸Co, обусловленное проведенными ремонтными работами на оборудовании первого контура станции.

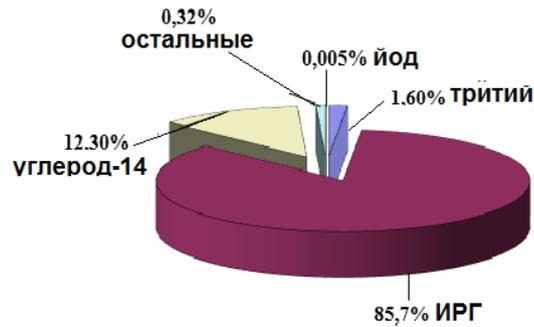


Рисунок 4 – Вклад основных радионуклидов в индивидуальную эффективную дозу для критической группы взрослого населения г. Мецамор за 2020 г. [Contribution of major radionuclides to the individual effective dose to the critical adult population of Metsamor for the year 2020]

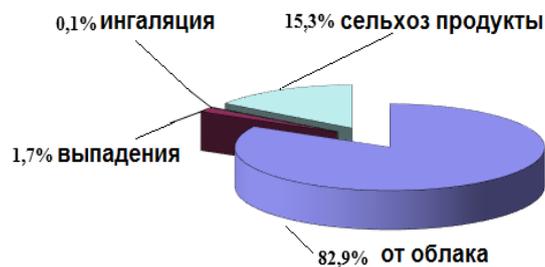


Рисунок 5 – Распределение (по путям воздействия) индивидуальной дозы для критической группы взрослого населения за период 2020 г. [Distribution (by routes of exposure) of individual dose to the critical group of adults for the period 2020]

Содержание техногенных радионуклидов (^{137}Cs , ^{90}Sr) в окружающей среде обусловлено глобальными выпадениями, такой вывод сделан на основе анализа пространственного распределения этих радионуклидов в объектах окружающей среды. Измерения концентрации ^{137}Cs и ^{90}Sr в воде открытых водоемов в основном показали значения ниже чувствительности установки, такое же положение с содержанием радионуклидов в сельскохозяйственных продуктах, выращиваемых в зоне наблюдения.

На Армянской АЭС мониторинг окружающей среды с самого начала эксплуатации осуществляется силами Отдела Радиационной Безопасности. Для этого в отделе существует Лаборатория Охраны Окружающей Среды в обязанности, которой входит осуществление радиационного и экологического мониторинга окружающей среды, осуществляющая проведение спектрометрических и радиометрических измерений. Лаборатория оснащена современным высокочувствительным приборным парком ("CANBERRA", "ORTEC" и другие), позволяющим получать достоверную информацию о радиационных параметрах окружающей среды. Отбор проб проводился на стационарных пунктах наблюдения.

В плане осуществления радиационного мониторинга ААЭС сотрудничает с международными и национальными организациями: МАГАТЭ, Международный Научно-технический Центр, Лос-Аламосская Национальная Лаборатория (США), Центр Эколога-Ноосферных Исследований АН Армении и другими. Мониторинг осуществляется за следующими объектами окружающей среды (везде проводились работы по отбору и подготовки проб, измерения):

- Атмосферный воздух – 4 стационарных аспирационных установки на различных расстояниях 500 м до 35 км от ААЭС.
- Атмосферные выпадения – 14 стационарных кювет (от 100 м до 35 км от станции).
- Почва – 14 стационарных точек отбора проб в местах расположения кювет (от 100 м до 35 км от станции).

- Растительность – 14 стационарных точек отбора проб в местах расположения кювет (от 100 м до 35 км от ААЭС).
- Вода рек и водоемов – всего 9 водных объектов.
- Донные отложения и водоросли – всего 9 водных объектов, отбор проб.
- Подземные воды – контролируются с помощью глубоководных скважин, расположенных вдоль потока подземных вод.
- Мощность дозы гамма излучения – всего 16 стационарных точек, измеряется с помощью переносных приборов.
- Сельскохозяйственные продукты, выращиваемые в зоне радиусом 1-12 км.
- Точки наблюдения расположены с учетом, ландшафта и метеоусловий, характерных для зоны мониторинга. Объем мониторинга, частота отбора проб и другие параметры мониторинга определены в «Регламенте системы радиационного мониторинга ААЭС».

Помимо лабораторных исследований на ААЭС разработана специальная компьютерная программа в рамках совместного проекта Армянская АЭС-МАГАТЭ, которая позволяет рассчитать дозовые нагрузки на население за счет выбросов и сбросов с АЭС. В качестве исходных данных в программу закладываются реальные величины выбросов с АЭС, а также реальные метеоусловия и ландшафтные характеристики [8].

Зона радиационного мониторинга охватывает территорию радиусом 12 км от ААЭС. На станции создана и поддерживается в актуальном режиме база данных по радиационным параметрам окружающей среды. Данные охватывает период от момента пуска ААЭС до настоящего времени. Необходимо отметить, что радиационная обстановка в районе размещения ААЭС изменялась всего один раз, в 1986 г., что было связано с последствиями аварии на Чернобыльской АЭС. Кроме того, имеются данные по географическому положению ААЭС, геологические характеристики района размещения станции, а также постоянно пополняющаяся метеорологическая база данных. По результатам мониторинга ААЭС ежегодно разрабатывается «Экологический паспорт ЗАО ААЭС», в котором отражена производственная деятельность за истекший год.

С целью минимизации воздействия воздушных выбросов и водных сбросов с ААЭС на окружающую среду на станции используются два подхода: административный и технический. Административный подход заключается в установлении двух уровней ограничения величины радиоактивных выбросов и сбросов со станции: допустимый и административный. Допустимый уровень – это уровень, устанавливаемый Государственным Надзорным органом, административный – устанавливается руководством ААЭС, и он ниже, чем допустимый уровень и его превышение недопустимо. Таким образом, закладывается так называемый «запас прочности» по не превышению федеральных норм, аналогично, принятым МАГАТЭ.

Воздушные выбросы с контролируемой зоны ААЭС, перед тем как попасть в атмосферу, проходят очистку сначала на механических фильтрах, а затем на специальных высокоэффективных воздушных фильтрах. Осуществляется постоянный мониторинг активности выбрасываемого в атмосферу воздуха, как по суммарной активности, так и по радионуклидному составу[9].

Сбросные воды со станции перед сбросом поступают в специальные контрольные баки. Перед сбросом воды из этих баков она измеряется по суммарной активности. Если активность не превышает административный уровень, то выписывается специальный паспорт, в котором указана удельная активность воды, ее объем и другие параметры и производится сброс. Сброс осуществляется по специальному трубопроводу в очистные сооружения, а оттуда по каналу в реку Сев-Джур. Активность

сбросной воды контролируется в точке выхода трубопровода с АЭС, а также на выходе с очистных сооружений и в месте сброса в реку Сев-Джур.

Следует отметить, что за все время эксплуатации ААЭС не наблюдались случаи превышения административных уровней на выбросы и сбросы с АЭС. Средняя удельная активность сбросов и выбросов с ААЭС приблизительно на два порядка ниже установленных нормативных величин [10].

Как уже указывалось ранее, в объем мониторинга входит контроль содержания радионуклидов в почве и сельскохозяйственных продуктов, выращиваемых в радиусе 12 км от ААЭС [11].

Дальнейшие перспективы

С целью дальнейшей реализации принципа ALARA на ААЭС была разработана «Программа обеспечения радиационной защиты ААЭС на 2020 г.», которая устанавливала цели и задачи по минимизации радиационного воздействия и обеспечения эффективной радиационной защиты персонала ААЭС и населения [12]. К таким задачам относятся – непревышение коллективной годовой дозы персонала 996,4 чел.-мЗв, – непревышение коллективных доз подразделений ААЭС, – поддержание величины газоаэрозольных выбросов радиоактивных веществ ниже административных уровней:

- Инертные радиоактивные газы – 20×10^{12} Бк/год.
- Долгоживущие радионуклиды – 60×10^6 Бк/год.
- Изотопы йода – 10×10^6 Бк/год.
- Сбросов радиоактивных веществ ниже административных уровней – $\Sigma \beta_{\text{акт}} = 3,7$ Бк/л.

В связи с блокадой железнодорожных путей хранящееся в бассейнах ААЭС отработавшее ядерное топливо со станции нет возможности вывоза. При финансовой поддержке Framatom, Франции (7,0 млн. USD) на промышленной площадке ААЭС было сооружено Сухое Хранилище Отработавшего Ядерного Топлива (СХОЯТ) – первая очередь из 11-ти горизонтальных бетонных модулей, в которые были установлены 616 топливных сборок (~74 т), хранящиеся после останова ААЭС. Проектный срок хранения ОЯТ в этих модулях – 50 лет. СХОЯТ постоянно расширяется для размещения ОЯТ, накапливаемого в ходе текущей эксплуатации [12].

Тяжелейшие уроки прошлого привели к признанию особой значимости АЭС для Армении, не только и не столько, как объекта производства электроэнергии, но и как гаранта независимости и безопасности Республики. Использование Арменией ядерных технологий придает дополнительный политический вес Государству, исключает восприятие его, как “банановой” республики и позволяет ей на равных вести диалог с мировым научно-техническим сообществом.

В условиях отсутствия в Армении природных энергоносителей и коммуникационной обособленности республики отказ от атомной энергетики чреват для Армении серьезнейшими энергетическими, производственными, экономическими и социальными проблемами.

С учетом геополитической ситуации в регионе, фактической транспортной изоляции, отсутствия природных (ископаемых) энергоносителей, Армянская АЭС остается единственным гарантом энергетической и общей безопасности и независимости Армении.

Основные выводы

Мировой опыт стран, в которых нет природных энергоносителей (даже при отсутствии других негативных факторов), убеждает в том, что для стабильности

экономики и для ее развития доля атомной энергии в общем производстве должна быть не менее 60% (примеры, Франция, Бельгия, Словакия, Украина и др.)

Для Армении, с учетом ее финансовых возможностей и ряда других ограничений, доля атомной энергетики в планируемом общем производстве электроэнергии в реально может быть повышена в ближайшие годы до ~50%.

Армянская АЭС, благодаря наименьшей себестоимости производимой электроэнергии, выполняет и важнейшую социальную функцию – регулирование и удержание в приемлемых пределах потребительской стоимости электроэнергии (компенсируя высокую стоимость электроэнергии, производимой на других энергогенерирующих предприятиях).

В производстве электроэнергии на Армянской АЭС используются минимизирующие технологии, практически исключая негативное воздействие производственных процессов на окружающую среду и население. Многолетним, непрерывным контролем соблюдения экологических требований подтверждается, что концентрация вредных веществ в технологических выбросах на Армянской АЭС в 10-15 раз ниже допустимых значений.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. *Дорошук, В.Е.* Ядерный реакторы на электростанциях / В.Е. Дорошук. – Москва : Атомиздат, 1977. – 208 с.
2. *Самойлов, О.Б.* Безопасность ядерных энергетических установок / О.Б. Самойлов, Г.Б. Усынин, А.М. Бахметьев. – Москва : Энергоиздат, 1989. – 280 с.
3. *Дементьев, Б.А.* Ядерные энергетические реакторы / Б.А. Дементьев. – Москва: Энергоатомиздат, 1990. – 352 с.
4. *Стерман, Л.С.* Тепловые и атомные электрические станции / Л.С. Стерман, А.Т. Шарков, С.А. Тевлин. – Москва : Энергоиздат, 1982. – 456 с.
5. *Гусев, Н.Г.* Радиоактивные выбросы в биосферу / Н.Г. Гусев, В.А. Беляев. – Москва : Энергоатомиздат, 1986. – 223 с.
6. *Маргулова, Т.Х.* Атомные электрические станции / Т.Х. Маргулова. – Москва : ИздАТ, 1986. – 264 с.
7. *СанПиН 2.6.1.24-03* Санитарные правила проектирования и эксплуатации атомных станций (СП АС-03). – URL : <https://meganorm.ru/Index2/1/4294814/4294814649.htm> (дата обращения: 29.04.2022).
8. *СП 2.6.1.28-2000* Правила радиационной безопасности при эксплуатации атомных станций (ПРБ АС-99). – URL : <http://www.remgost.ru/> (дата обращения: 29.04.2022).
9. *Федеральные нормы и правила в области использования атомной энергии "Общие положения обеспечения безопасности атомных станций" (НП-001-15).* – URL : <https://meganorm.ru/Index2/1/4293756/4293756900.htm/> (дата обращения: 29.04.2022).
10. *Геворкян, А.А.* Физика и основы эксплуатации реакторной установки ААЭС / А.А. Геворкян, Л.С. Оганесян, А.С. Худавердян. – Мецамор, 2002. – 256 с.
11. *Геворкян, А.А.,* Основы физики и эксплуатации реакторной установки Армянской АЭС / А.А. Геворкян, Л.С. Оганесян, А.Г. Худавердян. – Мецамор, 2000. – 385 с.
12. *Саакян, А.П.* Оборудование и режимы работы энергоблока с реакторами ВВЭР-440/ А.П. Саакян, О.З. Марухян, В.Г. Петросян. – Ереван, 2017. – 324 с.

REFERENCES

- [1] Doroshuk, V.E. Yaderniy reaktori na elektrostanciyah [Nuclear Reactors in Power Plants]. Moscow: Atomizdat, 1977. 208 p. (in Russian).
- [2] Samoylov O.B., Usynin G.B., Bakhmetiev A.M. Bezopasnot yadernih energetixheskih ustanovok [Safety of Nuclear Power Installations]. Moscow: Energoizdat, 1989. 280 p. (in Russian).
- [3] Dementev B.A. Yadernie Energeticheskie ustanovki [Nuclear Power Reactors]. Moscow: Energoatomizdat, 1990. 352 p. (in Russian).
- [4] Sterman L.C., Sharkov A.T., Tevlin S.A. Teplovie i elektricheskie stancii [Thermal and Nuclear Power Plants]. Moscow: Energoizdat, 1982. 456 p. (in Russian).

- [5] Gusev N.G., Беляев В.А. Радиоактивние vibrosi v biosferu [Radioactive Releases into the Biosphere]. Moscow: Energoatomizdat, 1986. 223 p. (in Russian).
- [6] Margulova T.H. Atomie Elektricheskie stancii [Nuclear Power Plants]. Moscow: Izdat, 1986. 264 p. (in Russian).
- [7] SP 2.6.1.24-03 Sanitarnie pravila proektirovaniya i ekspluatatsii atomnih stancii (SP AS-03) [SP 2.6.1.24-03 Sanitary Rules for the Design and Operation of Nuclear Power Plants (SP AC-03)]. URL: <http://www.remgost.ru/> (reference date: 29.04.2022) (in Russian).
- [8] SP 2.6.1.28-2000 Pravila radiacionoy bezopasnosti pri ekspluatatsii atomnih stancii (PRB AC-99) [SP 2.6.1.28-2000 Radiation Safety Rules for the Operation of Nuclear Power Plants (SRB AC-99)]. URL: <http://www.remgost.ru/> (reference date: 29.04.2022) (in Russian).
- [9] Federal'nyye normy i pravila v oblasti ispol'zovaniya atomnoy energii «Obshie polozeniya obespecheniya bezopasnosti atomij stanci» (NP-001-15) Federal norms and rules in the field of the use of atomic energy «General Provisions for Ensuring the Safety of Nuclear Power Plants» (NP-001-15)]. URL : <https://meganorm.ru/Index2/1/4293756/4293756900.htm> (reference date: 29.04.2022) (in Russian).
- [10] Gevorgyan A.A., Oganessian L.S., Khudaverdyan A.S. Fizika i osnovi ekspluatatsii [Physics and Fundamentals of NPP Reactor Plant Operation]. Metsamor, 2002. 256 p. (in Russian).
- [11] Gevorgyan A.A., Oganessian L.S., Khudaverdyan A.S. Osnovi fiziki i ekspluatatsii reaktornoj ustanovki Armyanskoy AES [Fundamentals of Physics and Operation of the Armenian Nuclear Power Plant]. Metsamor, 2000. 385 p. (in Russian).
- [12] Saakyan A.P., O.Z. Marukhyan, V.G. Petrosyan Oborudovanie i rejim raboti energobloka s reaktorami VVER-440 [Equipment and Operating Modes of a Power Unit with WVER-440 Reactors]. Yerevan, 2017. 324 p. (in Russian).

Ways of Energy Supply in the Republic of Armenia

© Marine T. Hakobyan¹, Alexander I. Ksenofontov²

^{1,2}National Research Nuclear University «MEPhI», 31, Kashirskoye shosse, Moscow, Russia 15409

¹AAEC CJSC, Metsamor, Armenia

¹marine_h@mail.ru, ORCID iD: 0000-0001-8710-5734, WoS Researcher ID: H-9997-2022

²AIKsenofontov@mephi.ru, ORCID iD: 0000-0002-6864-9805, WoS Researcher ID: H-1833-2017

Received by the editorial office 06/05/2022

After completion on 11/05/2022

Accepted for publication on 19/05/2022

Abstract. This article discusses the only Armenian nuclear power plant operation in Transcaucasia, the energy demand of the population of the Republic of Armenia, the restoration and secondary launch of nuclear power plants, environmental impact assessment, and prospects for the development of nuclear energy in the country. Data on personnel dose loads, emissions and discharges of nuclear power plants, soil and water pollution in the monitoring area for 2020 are presented.

Keywords: NPP, assessment of the impact of nuclear energy on the environment, effective radiation doses, radiation monitoring, radiation safety.

For citation: Akobyan M.T., Ksenofontov A.I. Ways of Energy Supply in the Republic of Armenia // Global nuclear security. 2022. Vol. 2(43). P. 5-14. <http://dx.doi.org/10.26583/gns-2022-02-01>