

О создании и развитии системы радиационной безопасности на атомном ледокольном флоте

А. М. Нецецкий¹

ветеран Службы радиационной безопасности атомных ледоколов

Освещены вопросы обеспечения радиационной безопасности в период работы автора на атомных ледоколах и в спецгруппе Технадзора за проектированием и постройкой атомных ледоколов Мурманского морского пароходства с 1961 по 1998 гг.

Ключевые слова: атомный ледокол, Северный морской путь, обеспечение радиационной безопасности, эксплуатация судовых ядерных установок.

Проектные решения атомной энергетической установки ледокола «Ленин»

Как известно, атомный ледокол «Ленин» родился в Ленинграде в 1959 г. на верфях Адмиралтейского судостроительного завода и был первым в истории надводным судном с атомной энергетической установкой. Это определило опытный характер эксплуатации сложнейшего агрегата (инженерного сооружения), который должен был одновременно соответствовать требованиям правил ледового мореплавания и обеспечивать безопасную для экипажа и внешней среды работу атомной энергетической установки (АЭУ). Прототипа не было: для конструкторов, изготовителей уникального оборудования и моряков, которым было поручено освоить и эксплуатировать ледокол, все начиналось с чистого листа.

Строительство и опытная эксплуатация ледокола со стороны государства сопровождалась оперативным выделением финансовых и материальных ресурсов, привлечением заводов-строителей, конструкторских бюро и научного руководства в лице Института атомной энергии (научным руководителем

по ледоколу был академик А. П. Александров, а по физике реакторов — академик И. В. Курчатов). Куратором строительства ледокола являлась Группа наблюдения Министерства морского флота СССР. Как тогда говорили, ледокол строила вся страна. Было общее понимание того, что от его нормальной работы зависит судьба всего великого начинания — создания атомного ледокольного флота.

Атомный ледокол «Ленин», будучи первым атомным судном гражданского назначения, привлек внимание международной общественности и прошел ряд международных экспертиз. Особое внимание уделялось обеспечению радиационной безопасности как при эксплуатации в море, так и при стоянках в местах базирования и ремонта, и длительная эксплуатация ледоколов явилась несомненным подтверждением принятых решений [1].

В то же время нельзя не отметить, что некоторые проектные решения, реализованные при создании АЭУ, содержали много ошибок и недочетов, затруднявших эксплуатацию ледокола и повлекших за собой дорогостоящие и трудоемкие ремонты, а также замену реакторного оборудования. Выполнение данных работ в условиях воздействия ионизирующего излучения потребовало разработать и внедрить на ледоколе комплекс организационно-технических мероприятий по обеспечению радиационной безопасности. В этом активное участие принимал

¹ e-mail: netsetsky.tolik@yandex.ru.

эксплуатационный персонал ледокола, роль которого вышла далеко за рамки обычной деятельности моряков на судах морского флота.

Эксплуатация трех реакторов сразу выявила недостатки с точки зрения обеспечения радиационной безопасности как в конструкции самой АЭУ, так и обслуживающих ее систем:

- негерметичность оболочек тепловыделяющих элементов ядерного топлива (ТВЭЛов) привела к высокой радиоактивности теплоносителя первого контура в результате поступления в него продуктов деления урана;
- ошибки в подборе конструкционных материалов оборудования АЭУ, контактирующих с теплоносителем первого контура, стали причиной его высокой наведенной долгоживущей радиоактивности, обусловленной активированными продуктами коррозии этих материалов;
- частая замена фильтров первого контура с ионообменной смолой по проекту являлась эксплуатационной операцией, но производилась вместе с корпусами фильтров и требовала работ, связанных с демонтажем и сваркой трубопроводов первого контура;
- общее расположение помещений в центральном энергетическом отсеке (ЦЭО) было выполнено аналогично размещению оборудования в машинных отделениях крупных судов — носовой и кормовой эшелоны с набором помещений с палубами в виде решетчатого настила и общей системой вентиляции;
- для выгрузки крупногабаритного оборудования АЭУ необходимо было произвести значительные по объему демонтажные работы расположенных над ней оборудования, механизмов и систем, что не только удлиняло сроки ремонтных работ и удорожало их, но и усложняло обеспечение радиационной безопасности;
- в помещениях ЦЭО размещались оборудование и механизмы, транзитные трубопроводы и кабельные трассы систем, не имеющих прямого отношения к атомным установкам (особенно показательны в этом отношении помещения креновых насосов, расположенные под АЭУ);
- крайне неудачно была выполнена система сбора и хранения жидких радиоактивных отходов, их выдача с помощью насосов предусматривалась прямо в море под днище ледокола;
- не было предусмотрено защитное ограждение (оболочка) АЭУ в современном понимании;
- крышки люков над помещением аппаратной АЭУ были выполнены аналогично обычным трюмным закрытиям и не имели механизированного привода;
- многочисленные протечки воды сравнительно высокоактивной долгоживущей радиоактивности в помещения ЦЭО приводили к их загрязнению, то же происходило и в период выгрузки отработавшего ядерного топлива и производства ремонтных

работ при вскрытии оборудования и трубопроводов первого контура;

- частые случаи потери герметичности трубчатки парогенераторов (ПГ) при работе на мощности АЭУ и течь теплоносителя первого контура во второй контур приводили к выводу из работы ПГ, снижению мощности силовой установки ледокола и были чреватые радиационной аварией;
- в ЦЭО не был предусмотрен ряд специально оборудованных помещений и вспомогательных систем АУ;
- биологическая защита АЭУ, в целом рассчитанная, спроектированная и выполненная весьма удовлетворительно, имела в районах бортовых коридоров и кают жилой и верхней палуб «прострелы» ионизирующего излучения, которые в период опытной эксплуатации были устранены путем наращивания защиты с учетом данных гамма-картограмм Службы радиационной безопасности (СРБ) ледокола.

Формирование и совершенствование Службы радиационной безопасности атомного ледокола

Поскольку отсутствовало ясное представление о характере и объеме работ по обеспечению радиационной безопасности, которые предстояло выполнять при эксплуатации и ремонтах ледокола «Ленин», в штатном расписании ледокола согласно техническому проекту предусматривался только один дозиметрист, для которого был организован отдельный центральный дозиметрический пост (ЦДП). Он размещался на границе с санпропускником, служащим для обеспечения санитарной обработки членов экипажа, обслуживающих атомную энергетическую установку и посещающих помещения, примыкающие к ней. ЦДП комплектовался индивидуальными дозиметрами, переносными приборами для измерения мощности дозы гамма-излучения и уровней радиоактивных загрязнений, а также небольшим набором стационарных приборов, сигнализацию о превышении уровней показаний которых предполагалось вывести в каюту дозиметриста.

В эксплуатационной технической документации вопросы аварийных ситуаций на судне при серьезных отказах АЭУ не рассматривались, но врач (терапевт-радиолог) в составе экипажа был предусмотрен. В медицинском блоке был смонтирован прибор для измерения уровня радиоактивности йода в щитовидной железе. В арсенале средств радиационного контроля (РК) были предусмотрены индивидуальные дозиметры с верхним диапазоном измерений до 500 Р.

Уже в период постройки и начала опытной эксплуатации ледокола стало очевидно, что необходимо серьезно и профессионально заниматься вопросами, связанными с радиацией, постоянно и непосредственно на судне. Плодом коллективного разума стала организация впервые в мире на гражданском флоте Службы радиационной безопасности. Учебные

заведения морского флота не готовили специалистов нужного профиля, поэтому для комплектации службы привлекались молодые специалисты — выпускники Ленинградского политехнического института, Московского инженерно-физического института, Ленинградского технологического института и др. Они не имели морской подготовки, но достаточно быстро и безболезненно вливались в коллектив ледокола. Специфика их работы заключалась в том, что многое приходилось делать методом проб и ошибок: рабочей эксплуатационной технической документации практически не было, ее предстояло создать самим. Строго говоря, был нарушен священный морской принцип — строжайшее следование всем предписаниям инструкций по эксплуатации систем и механизмов. Не было, естественно, и должностных инструкций, определяющих обязанности и права членов службы.

За годы опытной эксплуатации ледокола постепенно определились функции СРБ.

1. *Контроль индивидуальных доз облучения членов экипажа, обслуживающих АЭУ. Остальные члены экипажа подвергались групповому контролю на основании данных о радиационной обстановке в месте их проживания и работы на судне.*

Следует отметить, что согласно данным СРБ за весь период опытной эксплуатации ледокола нормативы, предусмотренные общесоюзными санитарными правилами, не превышались.

При эксплуатации реакторной установки ледокола радиационная обстановка определяется активностью оборудования и радиоактивными отходами. В этих условиях не превышение допустимых доз облучения персонала достигается за счет эффективной биологической защиты и ограничения его присутствия в местах с повышенными уровнями излучения. Однако основные дозовые нагрузки ожидаются не в процессе эксплуатации, а при перегрузке активных зон, ионообменных фильтров первого контура, демонтаже и ремонте оборудования. Ограничение радиационного воздействия на персонал при этих операциях обеспечивается соответствующим регламентом и техническими средствами защиты.

Об эффективности защиты ледокола говорит тот факт, что за все время эксплуатации атомных ледоколов (а это в сумме 365 реакторо-лет работы) не было случаев серьезного переоблучения персонала и каких-либо отклонений здоровья людей, связанных с воздействием радиации [2].

Наибольшую сложность в этой работе составляет не достаточно хорошо отработанная технологическая сторона процесса (раздача, сбор, измерение показаний, проверка дозиметров), а необходимость оперативного осознания того, что принятые защитные меры приведут к минимизации величины дозы облучения. Все показатели, выходящие за рамки расчетных предполагаемых доз, являются основанием для принятия мер, исключающих такие отклонения.

Это особенно важно при перегрузке ядерного топлива (ЯТ) и ремонтных работах, когда радиационная обстановка может быстро меняться.

Был организован долговременный индивидуальный дозиметрический контроль (как бы «контроль контроля»), когда индивидуальные дозиметры выдаются для постоянного ношения на период многомесячной навигации, стоянки с ремонтом и перегрузки ЯТ. Он может осуществляться силами береговой базы обслуживания или надзорных предприятий. Очевидно, что такой вид контроля не может заменить оперативный контроль, проводимый непосредственно на судне, а является контрольным дополнением к нему.

По данным Службы радиационной безопасности ледокола и измерений на установке СИЧ (счетчик излучения человека) береговой базы обслуживания, у членов экипажа ледокола дозами внутреннего облучения за счет поступления радиоактивности в желудочно-кишечный тракт, в легкие с вдыхаемым воздухом и через кожные покровы при радиоактивном загрязнении в периоды эксплуатации, перегрузок ЯТ и ремонта атомной энергетической установки можно было пренебречь ввиду их практического отсутствия.

Результаты дозиметрического контроля экипажа подтверждают, что регламентация времени работы в зонах с повышенными уровнями ионизирующего излучения и назначаемые защитные средства были достаточными.

2. *Инструктаж личного состава ледокола и лиц, посещающих судно, по правилам радиационной техники безопасности (РТБ): общеобразовательный и ознакомительный — для палубной команды и обслуживающего персонала, углубленный — для технических служб ледокола.*

Важность инструктажа по РТБ очевидна, так как подавляющее число вновь пришедших на борт членов экипажа не имели представления о радиоактивности и атомной энергии, особенностях жизни и работы на судне с атомной энергетической установкой. Правила РТБ разрабатывались и постоянно корректировались силами СРБ.

3. *Исполнение комплекса гигиенических мероприятий, обеспечивающих защиту личного состава судна и окружающей среды от воздействия загрязнения радиоактивными веществами.*

Комплекс включает в себя:

- обеспечение бесперебойной работы санпропускника на границе с режимной зоной;
- назначение и обеспечение персонала комплектом средств индивидуальной защиты при посещении режимной зоны;
- контроль радиоактивного загрязнения в режимной зоне, служебных, бытовых и жилых помещениях свободной зоны.

Дополнительно контролируются загрязнения открытых палуб в период стоянки с ремонтом и перегрузкой ЯТ.



Рис. 1. Атомный ледокол «Ленин» у стенки морского вокзала Мурманска (http://s00.yaplakal.com/pics/pics_original/9/0/4/1829409.jpg)

Указанные работы в практической деятельности чрезвычайно трудоемки, носят ручной характер, отнимая значительное время, и не могут быть заменены приборным контролем, не говоря уже о работах по дезактивации, которые предпринимаются по результатам РК. Вопрос этот особенно важен для судна с атомной энергетической установкой, где жилые помещения расположены в непосредственном соседстве с ней, а при проведении перегрузки ЯТ реакторов разгерметизируются все защитные барьеры на пути возможного распространения радиоактивных веществ.

Мурманская санэпидстанция вела постоянный РК окружающей среды при стоянке ледокола на береговой базе обслуживания, какие-либо претензии за весь период опытной эксплуатации ледокола «Ленин» Службе радиационной безопасности не предъявлялись.

4. *Непрерывный неотключаемый приборный контроль радиационной обстановки на судне и радиационный технологический контроль (РТК) за работой атомной энергетической установки, осуществляемый с помощью централизованной системы РК, дополняемый радиохимическими анализами и радиометрическими измерениями радиоактивности проб теплоносителя технологических контуров.*

Важными составляющими этого вида контроля являются:

- контроль уровней мощности дозы гамма- и нейтронного излучения в помещениях судна

и немедленное выяснение причины их изменения, если таковое имело место;

- контроль газовой и аэрозольной загрязненности воздуха в помещениях ЦЭО, газоаэрозольных выбросов воздуха вентиляции из режимной зоны в атмосферу через грот-мачту ледокола;
- контроль герметичности оболочек твэлов активной зоны реакторов с предоставлением заинтересованным организациям и предприятиям ежемесячных донесений и составлением ежегодного отчета;
- контроль герметичности оборудования атомной энергетической установки; особенно большой вклад был внесен специалистами СРБ в разработку комплексных методов раннего определения негерметичности трубочки ПГ и своевременного выведения их из работы, предотвращающего развитие серьезных аварийных ситуаций (удавалось определить течь трубочки ПГ с интенсивностью 100 мл в сутки!); то же может быть сказано и о методике поиска места протечки трубочки в период проведения ремонтов ПГ; очень важно отметить случай определения негерметичности корпуса одного из реакторов ледокола «Ленин» в 1965 г., которая в конечном счете привела к необходимости замены АЭУ с выводом ледокола в большой и длительный ремонт.

5. *Контроль водно-химических режимов технологических контуров АЭУ и работы ионообменных фильтров, работы системы водоподготовки*



Рис. 2. Пост энергетики и живучести атомного ледокола «Ленин» (<http://www.autotravel.ru/phalbum/90226/191.jpg>)

и других вспомогательных систем, определение радиоактивности сред:

- выполнение химических анализов теплоносителя первого контура при вводе АЭУ в работу и при ее эксплуатации на мощности;
- выполнение радиохимических анализов теплоносителя первого контура;
- выполнение химических анализов теплоносителя второго и третьего контуров;
- выполнение химических анализов воды для подпитки технологических контуров АЭУ, получаемой на испарительной установке;
- выполнение химических анализов питьевой и бытовой хозяйственной воды;
- определение активности теплоносителя технологических контуров АЭУ и других сред с помощью радиометрических и спектрометрических измерений.

Указанные виды контроля производились химическим подразделением СРБ ледокола. Количество анализов проб теплоносителя второго контура за год составляло около 20—25 тыс. Такой тщательный контроль позволял оперативно выявлять протечки забортной воды через неплотности в трубчатке конденсаторов и предотвращать «засолы» второго контура.

6. *Дозиметрическое наблюдение за работами в ЦЭО.* Такого рода наблюдение включает замеры радиационной обстановки переносными приборами на месте работ, корректировку разрешенного времени работ, радиационное обследование на предмет загрязнения радионуклидами поверхностей и оборудования, контроль за соблюдением правил РТБ работающими. Это достаточно трудоемкие работы.

7. *Дезактивационные работы в основном в ЦЭО, работы по сортировке и транспортировке спецодежды и защитных средств, используемых в ЦЭО.* Впоследствии дезактивационные работы были переданы в ведение атомно-механической службы.

8. *Профилактика, ремонт и поверка комплекса РК включая стационарную установку, носимые и переносные приборы, приборы химической, радиометрической и радиохимической лабораторий.*

Необходимо добавить, что СРБ ледокола «Ленин» в инициативном порядке была скомплектована библиотека в несколько тысяч томов и налажена ее работа на борту. Эта общественная работа стала

традиционной для служб радиационной безопасности последующих ледоколов.

В процессе опытной эксплуатации и по ее результатам сформировался необходимый для обеспечения работы службы РБ перечень рабочих помещений, находящихся в ее ведении:

- ЦДП перед входом в санпропускник (при модернизации там разместились пульт и мнемосхема комплекса РК «Кашалот», и ЦДП стал называться центральным постом радиационного контроля);
- комплекс помещений санпропускника («чистая» раздевалка, «грязная» раздевалка, души и другие помещения) для обеспечения персонала защитными средствами и спецодеждой, санобработки и контроля радиоактивных загрязнений кожных покровов (при модернизации оборудование санпропускника совершенствовалось, в его состав была включена сигнально-измерительная установка РУСИ для принудительного замера чистоты кожных покровов персонала);
- радиохимическая лаборатория (первоначально была предусмотрена в жилой зоне непосредственно в районе кают, но в процессе опытной эксплуатации перенесена в ЦЭО и оборудована специальным постом отбора проб радиоактивного теплоносителя из технологических контуров);
- радиометрическая лаборатория (в проекте не предусматривалась, в процессе опытной эксплуатации была создана и укомплектована);
- химическая лаборатория (оборудовалась в процессе опытной эксплуатации, имела вход с открытой палубы и при модернизации была перенесена и расширена);
- помещение датчиков газоаэрозольного контроля;
- мастерская мастера радиационной безопасности по приборам (родилась и оборудовалась в процессе опытной эксплуатации);

- помещение поверки приборов радиационной безопасности (выполнено при модернизации);
- кладовая для хранения источников радиоактивных излучений (выполнена при модернизации);
- кладовая спецодежды и защитных средств, имущества и оборудования службы;
- кладовые химической лаборатории для хранения химреактивов и химической посуды.

Данный перечень помещений приводится для того, чтобы показать, насколько первоначальный проект не соответствовал реалиям и какую огромную работу пришлось проделать инженерному составу СРБ для обеспечения ее полноценного функционирования.

Использование опыта эксплуатации ледокола «Ленин» в вопросах повышения обеспечения радиационной безопасности в последующих проектах атомных ледоколов

Опытная эксплуатация ледокола «Ленин» позволила в значительной степени усовершенствовать большой комплекс технических решений, связанных с обеспечением радиационной безопасности, при проектировании и эксплуатации последующих атомных ледоколов. К ним относятся:

1. Изменение общего расположения помещений на ледоколах проекта 1052 («Арктика», «Сибирь» и др.).

Был выполнен единый центральный пост управления энергетической установкой (ЦПУ), куда включен центральный дозиметрический пост. Это дало возможность специалистам всех вахтенных технических служб работать единой командой, что особенно важно в нестандартных ситуациях для осознания происходящих событий и оперативного принятия необходимых мер. При этом были предусмотрены:

- специальный пост управления ремонтом АЭУ с иллюминаторами в аппаратное помещение,



Рис. 3. Помещение реакторного отсека на атомном ледоколе «Ленин» (<http://img.vz.ru/upimg/246/246930.jpg>)

позволяющий визуально наблюдать за работами, находясь вне режимной зоны;

- единый пост управления дренажными системами АЭУ, позволяющий управлять системами, не посещая режимную зону;
- помещение для приготовления растворов для дезактивации первого контура и поверхностей помещений в режимной зоне.

2. Изменение компоновки помещений центрального энергетического отсека.

Эскиз компоновки был предложен генеральному проектанту ледокола проекта 1052 специалистами спецгруппы технадзора Мурманского морского пароходства и принят им за основу при проектировании. Найдено оригинальное решение по защитному ограждению АЭУ. Конструктивные элементы защитного ограждения не рассчитаны на полное давление внутри АЭУ при разгерметизации первого контура. Предусмотрен специальный предохранительный клапан, стравливающий в грот-мачту сравнительно малое количество радиоактивной паровоздушной смеси. После снижения давления клапан надежно закрывается и герметизирует ограждение, предотвращая выход в окружающую среду значительной радиоактивности в случае перегрева активной зоны реактора.

Реализовано общее расположение помещений в ЦЭО по принципу ячеистой структуры с единым трапом и индивидуальными входами в помещения с возможностью организации «режима ног».

При этом практически исключены проходные помещения и решетчатые настилы палуб, где предусмотрен наклон палуб для лучшего удаления сливных дезактивационных вод. Такое решение уменьшило вероятность распространения радиоактивного загрязнения и позволило организовать принудительную вентиляцию помещений с большим разрежением там, где это необходимо, чтобы исключить переток загрязненного радиоактивными веществами воздуха из «грязных» помещений в менее «грязные» и «чистые».

Были предусмотрены:

- пост выдачи жидких радиоактивных отходов на береговую базу обслуживания или плавбазу (система слива таких вод за борт на атомных ледоколах отсутствует);
- проход в ЦЭО рабочих для проведения ремонтных работ минуя ЦПУ ледокола и судовой санпропускник через плавучий контрольно-

дозиметрический пост или прямо с береговой базы обслуживания;

- специальное дисциплинирующее ограждение вокруг люковых закрытий аппаратного помещения, устанавливаемое на период перегрузки ЯТ и ремонтных работ АЭУ;
- грузовой лифт в ЦЭО для механизированного перемещения оборудования и твердых радиоактивных отходов как в период эксплуатации, так и при ремонтах и перегрузке ЯТ;
- трубопроводы в помещениях ЦЭО для раздачи дезактивационных растворов и подключения специальных паровых эжекторов, позволяющих производить дезактивационные работы.

Были выполнены механизированные люковые закрытия аппаратного помещения, что до минимума сократило время разгерметизации защитной оболочки в период проведения перегрузки ЯТ и ремонтных работ.

3. Разработка и установка комплексов радиационного контроля.

После замены АЭУ на ледоколе «Ленин» впервые в истории гражданского морского флота был установлен комплекс радиационного контроля «Кашалот», для которого были разработаны:

- уникальные блоки детектирования излучений;
- система индивидуального дозиметрического контроля с определителем номера дозиметра;
- развернутая практически по всему ледоколу сеть гамма-датчиков, дающая оператору общую информацию о радиационной обстановке на судне;
- большой парк переносных и лабораторных приборов.

В состав комплекса были включены радиоактивные источники для поверки приборов и развернутый ЗИП (запасные части, инструменты и принадлежности).

Комплекс был дополнен телевизионной установкой типа «Нарат», позволяющей дистанционно с пульта комплекса РК наблюдать за работами в аппаратном помещении, за районом открытых палуб около ограждения вокруг люковых закрытий аппаратного помещения и за погрузкой/выгрузкой оборудования из этого помещения на плавбазу или базу обслуживания.

Особенно большой вклад был внесен инженерами Службы радиационной безопасности в разработку и реализацию на ледоколе гибкой системы газоаэрозольного контроля, обеспечившей высокочувствительный контроль протечек радиоактивных сред.

Возможности комплекса «Кашалот» позволили производить в динамике измерения мощности дозы гамма-нейтронного излучения от трубопроводов и оборудования первого контура при изменении мощности реакторов. Анализ переходных процессов позволял определять состояние оболочек твэлов опытных активных зон реакторов новой АЭУ на ледоколе «Ленин» на ранней стадии их разгерметизации.

На основании этих данных выбирались режимы эксплуатации активных зон — уровень мощности реактора и скорость ее изменения. Методика проведения анализа была разработана инженерами-дозиметристами «Ленина».

Данные РТК в сочетании с радиохимическими анализами проб теплоносителя первого контура и спектрометрическим определением в них активности реперных радионуклидов позволили определять степень разгерметизации оболочек твэлов (дефекты типов «газовая негерметичность» и «открытый уран») и примерное количество поврежденных твэлов. Эта методика была создана также специалистами СРБ ледокола.

Информация о скорости разгерметизации, характере дефектов твэлов и их количестве использовалась при создании новых типов активных зон, которые вновь проходили опробование на ледоколе, а затем эксплуатировались в реакторах атомных подводных лодок.

Уже для новых проектов ледоколов был разработан и внедрен комплекс радиационного контроля «Лантан», «Полоний» и «Литий». В них была применена современная по тому времени электроника, для надежности системы обеспечено эшелонирование с помощью устройств предварительной обработки информации, сделана принципиальная попытка ввести в контрольную систему исполнительную функцию — подачу сигнала на автоматическое отключение ПГ по сигналу датчика РК, установленного индивидуально в трубопроводе главного пара за этим ПГ («Полоний»). Для радиометрической лаборатории СРБ разработан многоканальный анализатор импульсов, в который включен ремонтный инженерный модуль для проверки работоспособности блоков системы РК. Это было необходимо, так как при длительной работе ледокола в Арктике нельзя было рассчитывать на оперативное получение запасных частей и помощь соответствующих специалистов.

4. В период перегрузки ЯТ реакторов были разработаны и внедрены:

- Мероприятия по защите судна от радиоактивного загрязнения до начала работ по вскрытию реактора.
- Рабочие технологии перегрузки ЯТ с включением в технологический процесс работ по обеспечению радиационной безопасности. Это важно, поскольку работы СРБ при таком подходе воспринимаются исполнителями как элементы обязательного технологического процесса, а не как мешающие и удлиняющие процесс помехи.
- Корректировка очередности выгрузки из реактора отработавших тепловыделяющих сборок (ОТВС) в зависимости от их состояния. Аварийные сборки (с точки зрения конструктивной целостности) выгружаются в последнюю очередь. Это значительно уменьшает период работы персонала в условиях более сложной радиационной обстановки.

- Использование специального блока детектирования, фиксирующего излучение фотонейтронов от ОТВС при их извлечении из реактора. Это обеспечило получение надежной информации о нахождении ОТВС в перегрузочном защитном контейнере (ошибки в таких случаях могут привести к несанкционированному облучению персонала ледокола и плавбазы, осуществляющего перегрузку).
- Участие в разработке рабочей площадки — специального оборудования в составе перегрузочного комплекса. Использование площадки в значительной степени улучшило как технологию работ по перегрузке ЯТ, так и обеспечение радиационной безопасности при их проведении.
- Использование при работах по перегрузке чехлов для перегрузочного оборудования и покрытий из полиэтиленовой пленки. Это способствовало предотвращению разноса радиоактивного загрязнения в аппаратном помещении и по трассе выгрузки ОТВС на плавбазу обслуживания.

Выводы

В процессе опытной эксплуатации ледокола «Ленин» и последующей эксплуатации атомных ледоколов происходили усовершенствование и модернизация АЭУ и систем ледоколов [3]. Были решены принципиальные вопросы организации Службы радиационной безопасности и систем радиационного контроля. При этом была обеспечена радиационная безопасность экипажей и внешней среды путем разработки необходимого и достаточного объема радиационного контроля и реализации необходимых защитных мероприятий. В этом активнейшее участие принимали члены экипажей ледоколов и сотрудники специальной группы Технадзора Мурманского морского пароходства за проектированием и строительством атомных ледоколов.

Нормативы по дозам облучения экипажа ледокола, установленные санитарными правилами, не превышались. Выбросы в атмосферу из грот-мачты ледокола радиоактивных газов и аэрозолей в периоды арктических рейсов при работе ледокола на большой мощности и стоянках в базе обслуживания при ремонтах и перегрузках ЯТ по данным систем РК ледокола пренебрежимо малы.

Благодаря большому вниманию СРБ ледокола «Ленин», несмотря на высокие уровни загрязнения радиоактивными веществами режимной зоны, удалось избежать загрязнения остальных помещений ледокола, береговой базы обслуживания и далее Мурманска. Загрязнения радионуклидами производственных (помимо режимной зоны) и бытовых помещений ледокола по данным СРБ всегда поддерживались на уровне фоновых.

Необходимо отметить, что вопросы создания Службы радиационной безопасности и внедрения на ледоколе «Ленин» централизованного комплекса «Нашалот» были реализованы опережающими темпами задолго до начала его модернизации еще

в начальный период постройки и опытной эксплуатации, что среди прочего и позволило добиться описанного выше успеха.

Изложив историю становления Службы радиационной безопасности на атомных ледоколах, следует обратить внимание на полную несостоятельность многочисленных легенд, сплетен и кривотолков, связанных с «губительной» радиацией на атомном ледоколе «Ленин», которые более полувека сопровождали это замечательное сооружение.

Эпилог

Далеко не всегда (впрочем, как и во всех новых делах) решения и внедрение в практику вопросов и дел, связанных с радиационной безопасностью, единодушно поддерживали все заинтересованные специалисты. Так, в 1970-х годах возникло мнение (как всегда, неизвестно откуда), что за пультом системы радиационного контроля атомного ледокола может находиться не инженер-дозиметрист, а техник-дозиметрист. Основанием для такого решительного шага было то, что система не является управляющей, а всего лишь контролирует процесс. И это в ситуации, когда никто не готовит специалистов по радиационной безопасности и некоторые сигналы системы РК непонятны на практике в эксплуатации даже инженерам-дозиметристам, сидящим за пультами РК, не говоря уже о том, что в технической документации эти случаи не описаны. Кроме того, не рассматриваются в совокупности остальные обязанности вахтенных службы, которые не менее важны.

Атомные энергетические установки на надводных судах морского флота будут постоянно совершенствоваться, приобретать новые качества, которые позволят в большой степени упростить их обслуживание и уменьшить затраты, связанные с обеспечением радиационной безопасности. Очевидно одно — к таким вопросам надо подходить с большой долей осмотрительности и осторожности, основательно изучив огромный практический опыт эксплуатации отечественных атомных ледоколов. Это наше уникальное наследие мирового масштаба, и мы за него ответственны.

Литература

1. Хлопкин Н. С., Баринов А. Н. Легендарный атомный ледокол «Ленин» // Арктика: экология и экономика. — 2011. — № 2 (2). — С. 102—109.

2. <http://www.okbm.nnov.ru/reports/2011/ru/razdel-5-rezultativnost-v-kontekste-ustojchivogo-razvitiya/5-4-bezopasnost-produksii/5-4-2-sistemnaya-organizatsiya-rabot>

3. Александров А. П. Мирный атом на море // А. П. Александров. Документы и воспоминания. К 100-летию со дня рождения / Отв. ред. Н. С. Хлопкин; РНЦ «Курчат. ин-т». — М.: ИздАТ, 2003. — С. 44—48.