

ОСНОВНЫЕ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ РАДИАЦИОННО БЕЗОПАСНОГО ВЫВОДА ИЗ ЭКСПЛУАТАЦИИ АТОМНЫХ ЛЕДОКОЛОВ И ВАРИАНТЫ ИХ РЕШЕНИЯ

К. Н. Куликов, Р. А. Низамутдинов, А. Ю. Благовещенский, Н. В. Титов
АО «Научно-исследовательское проектно-технологическое бюро «Онега»
(Северодвинск, Архангельская область, Российская Федерация)

Н. В. Мантула, А. А. Доманов
ФГУП «Атомфлот» (Мурманск, Российская Федерация)

Статья поступила в редакцию 4 декабря 2017 г.

Сформулированы основные научно-технические проблемы радиационно безопасного вывода из эксплуатации атомных ледоколов проекта 1052, а также способы их решения на примере вывода из эксплуатации атомного ледокола «Сибирь». При выполнении работ на отдельных этапах вывода из эксплуатации отмечены требуемые специальные мероприятия по защите персонала от вредного воздействия ионизирующего излучения.

Ключевые слова: атомный ледокол, вывод из эксплуатации, радиационная безопасность, индивидуальная годовая доза внешнего облучения персонала, блок-упаковка.

Введение

Россия — единственная мировая держава, обладающая гражданским флотом атомных ледоколов, которые базируются в порту Мурманск. В ходе освоения Арктики для работы на трассах Северного морского пути с 1971 по 1992 г. на Балтийском заводе им. Серго Орджоникидзе были построены шесть атомных ледоколов проекта 1052 (10521) класса «Арктика», в том числе атомный ледокол «Сибирь», принятый в эксплуатацию 28 декабря 1977 г. Эксплуатация атомных ледоколов в течение всего жизненного цикла осуществляется в соответствии со всем комплексом организационно-технических и технологических мероприятий, направленных на обеспечение радиационной безопасности как на самом ледоколе, так и на морской акватории и прилегающей территории.

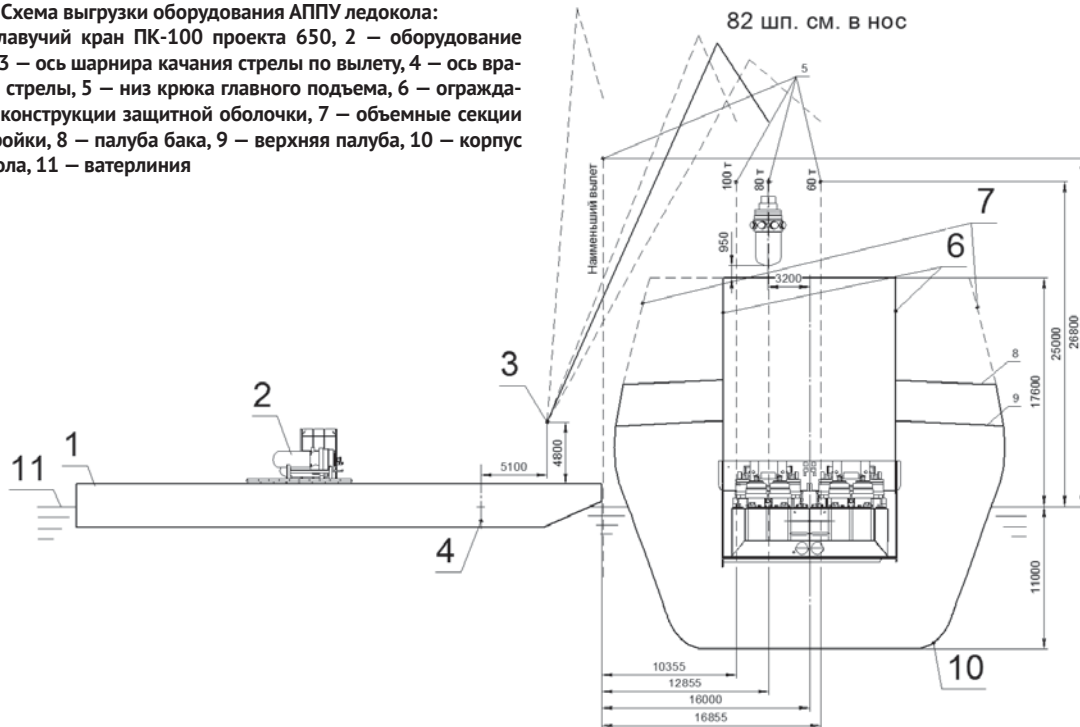
Ядерная энергетическая установка (ЯЭУ) обеспечивает атомным ледоколам возможность осуществлять круглогодичную проводку судов на акватории Арктики в суровых ледовых условиях. Однако реакторная установка ледокола

имеет ограниченный ресурс эксплуатации — 100—175 тыс. ч, поэтому при выработке этого ресурса необходим ее вывод из эксплуатации и в дальнейшем утилизация атомного ледокола. Но в соответствии с новой «Концепцией утилизации судов с ядерными энергетическими установками (атомные ледоколы проекта 1052 (10521) и судов атомного технологического обслуживания» [5] утилизация (уничтожение) ледокола не производится. Демонтаж и выгрузка радиоактивного оборудования и конструкций выполняется с сохранением корпусных конструкций ледокола. После выполнения работ по демонтажу и выгрузке оборудования ледокол передается эксплуатирующей организации (ФГУП «Атомфлот»).

Научно-технические вопросы радиационно безопасного вывода из эксплуатации атомных ледоколов

ЯЭУ атомного ледокола «Сибирь» выработала ресурс эксплуатации, и с 1993 г. ледокол был законсервирован. Выгрузка отработавшего ядерного топлива из реакторов была закончена в 1996 г., и до конца 2016 г. ледокол находился в «холодном отстое» на акватории ФГУП «Атомфлот» в состоянии

Рис. 1. Схема выгрузки оборудования АППУ ледокола:
1 — плавучий кран ПК-100 проекта 650, 2 — оборудование АППУ, 3 — ось шарнира качания стрелы по вылету, 4 — ось вращения стрелы, 5 — низ крюка главного подъема, 6 — ограждающие конструкции защитной оболочки, 7 — объемные секции надстройки, 8 — палуба бака, 9 — верхняя палуба, 10 — корпус ледокола, 11 — ватерлиния



готовности к выводу из эксплуатации. При подготовке к хранению на плаву был пройден доковый ремонт, удалены хранящиеся на ледоколе радиоактивные отходы (РАО), корпус герметизирован.

В настоящее время атомный ледокол «Сибирь» проекта 1052 находится на акватории судоремонтного завода «Нерпа» филиала АО «Центр судоремонта «Звездочка» (далее СРЗ «Нерпа»), где выполняются работы по выводу его из эксплуатации. Это предприятие имеет большой опыт утилизации атомных подводных лодок, которая является одной из важных составляющих в решении задач обеспечения экологической безопасности в Арктике.

Цель работ по выводу из эксплуатации на предприятии — исполнителе работ заключается в приведении ледокола в радиационно безопасное состояние с сохранением корпусных конструкций судна. В результате вывода из эксплуатации ледокола уменьшатся риски загрязнения акватории и объектов Арктики радиоактивными веществами.

В реакторном отсеке ледокола размещена атомная паропроизводящая установка (АППУ) ОК-900А, ее проект разработан Опытным конструкторским бюро машиностроения им. И. И. Африкантова. Реакторное оборудование ледокола расположено вертикально в кессонах бака железобетонной защиты (БЖВЗ). На крыше БЖВЗ установлены малогабаритные блоки защиты. В результате комплексного инженерного и радиационного обследования после остановки ядерной энергетической установки выявлено, что оборудование и конструкции АППУ ледокола, оборудование и трубопроводы специальных систем имеют радиоактивное загрязнение.

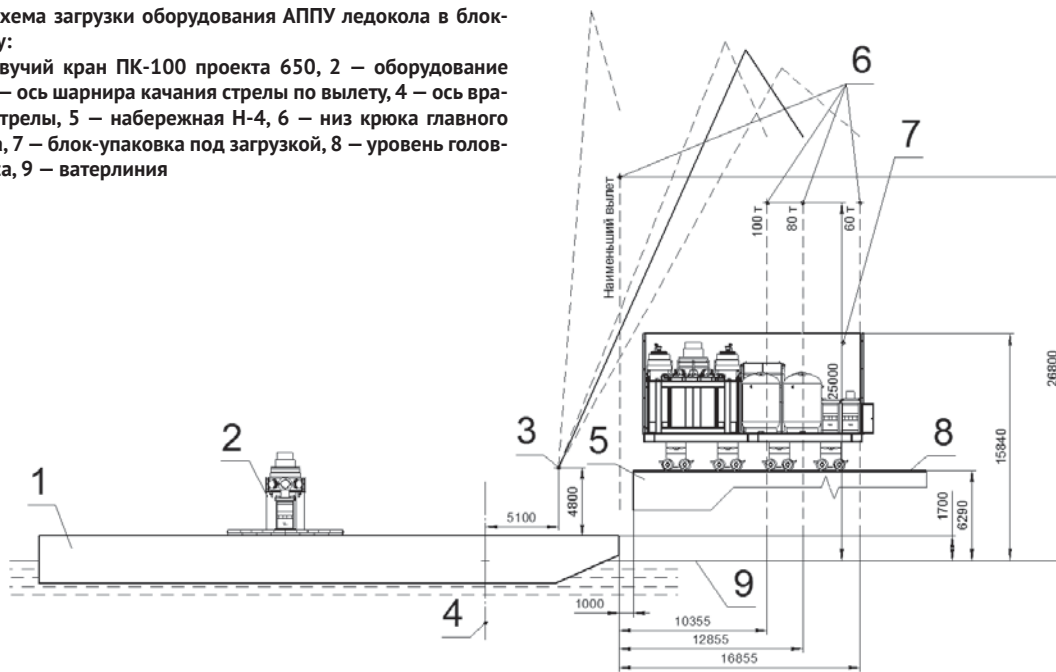
В 2012—2013 гг. специалистами АО «Научно-исследовательского проектно-технологического бюро «Онега» (АО «НИПТБ «Онега») с привлечением АО «ЦКБ «Айсберг», АО «ОКБМ Африкантов», ФГУП НИИ ПММ и ЗАО «Агентство «АТЭК» были проведены исследования вариантов и разработан проект утилизации атомных ледоколов проекта 1052 (10521). Проект предусматривал разрезку ледокола на открытом стапеле, утилизацию концевых отсеков ледокола, обращение с образующимися РАО и формирование неплавучего блока (с сохранением защитной оболочки АППУ и монтажом корпусных секций) для транспортирования и размещения его на долговременное хранение на твердом основании в пункте долговременного хранения реакторных отсеков «Сайда» [1; 2]. Расчетная стоимость утилизации ледокола по данному проекту в ценах 2013 г. составила свыше 1,3 млрд руб. Оценочная продолжительность работ по утилизации составила 24 мес [3].

По инициативе ФГУП «Атомфлот» с целью уменьшения стоимости работ по выводу из эксплуатации ледокола в 2015 г. специалисты АО «НИПТБ «Онега» провели технико-экономические исследования альтернативных вариантов вывода из эксплуатации ледокола. Были рассмотрены следующие варианты вывода из эксплуатации атомных ледоколов проекта 1052 (10521) с выполнением демонтажа оборудования АППУ на плаву:

- вариант 1: демонтаж с применением плавучего крана (ПК) «Черноморец» грузоподъемностью 100 т и использованием плавучего дока (ПД) «Ита-рус», построечный номер 6252;

Рис. 2. Схема загрузки оборудования АППУ ледокола в блок-упаковку:

1 – плавучий кран ПК-100 проекта 650, 2 – оборудование АППУ, 3 – ось шарнира качания стрелы по вылету, 4 – ось вращения стрелы, 5 – набережная Н-4, 6 – низ крюка главного подъема, 7 – блок-упаковка под загрузкой, 8 – уровень головки рельса, 9 – ватерлиния



- вариант 2: демонтаж с применением ПК «Богатырь» грузоподъемностью 300 т;
- вариант 3: демонтаж с применением ПК проекта 1511 «Черноморец» грузоподъемностью 100 т без использования ПД «Итарус», построечный номер 6252;
- вариант 4: выгрузка АППУ способом извлечения БЖВЗ с установленным АППУ двумя частями по борту весом 550 т.

В результате выполнения работ по проекту с ледокола будут удалены образовавшиеся РАО, радиоактивное оборудование и конструкции, что позволит классифицировать судно как безопасное в радиационном отношении.

На основании технико-экономических исследований [4] был принят к дальнейшей разработке вариант «Демонтаж и выгрузка радиоактивного оборудования и конструкций АППУ ледокола с помощью плавучего крана ПК-100 проекта 650» с размещением демонтированного радиоактивного оборудования и конструкций в блок-упаковке.

В период навигации в 2016 г. был выполнен перевод ледокола с акватории ФГУП «Атомфлот» на акваторию СРЗ «Нерпа».

В 2016—2017 гг. специалисты АО «НИПТБ «Онега» разработали проект вывода ледокола из эксплуатации в соответствии с концепцией [5]. Основные отличия данного проекта от проекта, разработанного в 2013 г., состоят в следующем [6]:

- работы по демонтажу и выгрузке радиоактивного оборудования и конструкций АППУ ледокола выполняются на плаву у плавпирса № 6, вследствие этого отсутствует необходимость разгрузки ледокола для прохода в бухту Кут и для постановки его в плавучий док ПД-42 (в исходном состоянии

осадка ледокола должна быть приведена к значению не менее 11 м без крена и дифферента);

- работы должны быть выполнены с сохранением корпусных конструкций, в том числе защитной облочной реакторного помещения ледокола (корпусные конструкции демонтируются при необходимости с последующим восстановлением по штатному размещению);

с учетом имеющихся на СРЗ «Нерпа» комплекса сооружений и технологических средств для демонтажа и выгрузки радиоактивного оборудования и конструкций АППУ ледокола используется плавучий кран ПК-100 проекта 650, как показано на рис. 1;

- демонтируемые радиоактивные конструкции и оборудование АППУ ледокола помещаются в блок-упаковку, изготовленную на производственных объектах СРЗ «Нерпа» (рис. 2—4).

Ориентировочная расчетная стоимость работ по выводу из эксплуатации ледокола по данному варианту в ценах на 2017 г. не превысила 760 млн руб. [7], что практически составляет половину стоимости, рассчитанной по проекту утилизации ледокола, разработанному в 2013 г.

В настоящее время в соответствии с концепцией [5] в условиях СРЗ «Нерпа» выполняются работы по подготовке ледокола к выводу из эксплуатации. Ледокол установлен у плавпирса № 6, организованы зона контролируемого доступа, санитарно-пропускной режим и проходы на рабочие места в зону строгого режима ледокола (помещение аппаратной).

Для возможности использования плавучего крана ПК-100 проекта 650 при выполнении работ по демонтажу и выгрузке радиоактивного оборудова-

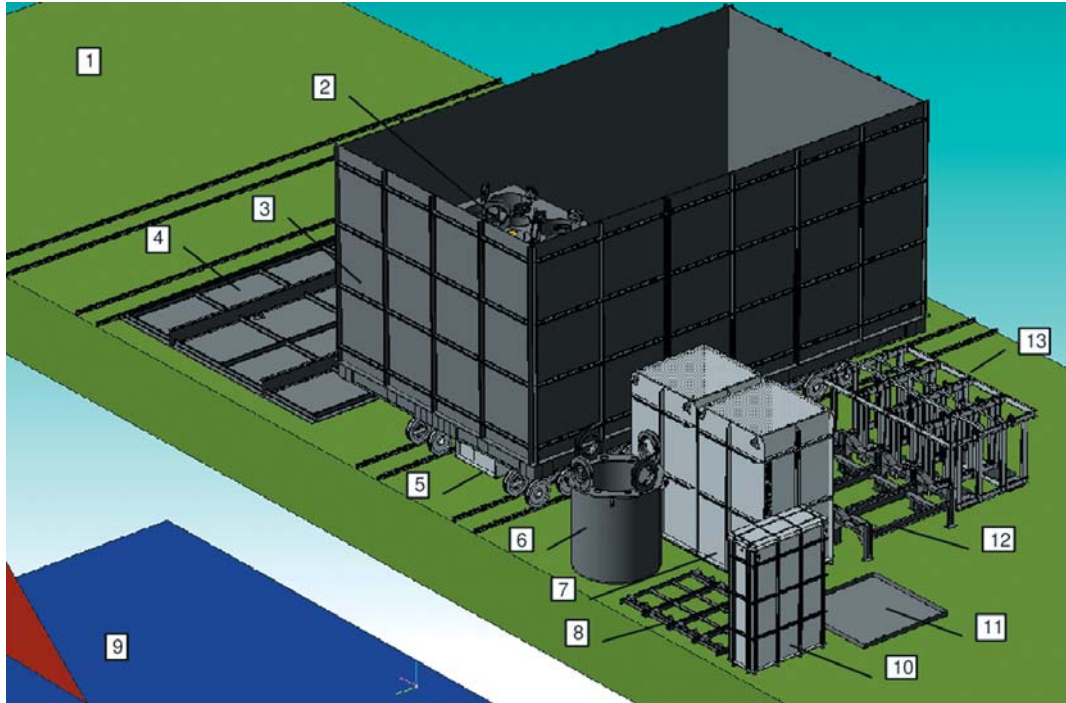


Рис. 3. Секции и конструкции блок-упаковки АППУ на набережной Н-4: 1 – набережная Н-4, 2 – секция кессонная, 3 – корпус блок-упаковки, 4 – крыша блок-упаковки, 5 – судопоезд, 6 – кессон защитный, 7 – ящик для кессона Р, 8 – постель для компенсатора объема, 9 – плавучий кран ПК-100, 10 – ящик для фильтров осколочной активности и холодильника фильтра осколочной активности, 11 – поддон, 12 – постель для парогенератора, 13 – рама для размещения двух циркуляционных насосов первого контура

ния и конструкций АППУ, исключая при этом демонтаж корпусных конструкций ледокола, значение осадки ледокола должно составить порядка 11–12 м, как показано на рис. 1. Значение текущей осадки ледокола составляет 9,6 м [8]. При данном значении осадки для выполнения работ по демонтажу и выгрузке оборудования и конструкций ледокола необходимо демонтировать корпусные конструкции надстройки с последующим их восстановлением на штатных местах.

Наиболее трудозатратной и дозозатратной технологической операцией вывода из эксплуатации ледокола является демонтаж и выгрузка конструкций БЖВЗ после выгрузки радиоактивного оборудования АППУ (рис. 5). Сложность данной операции заключается в труднодоступности мест реза БЖВЗ и высоких уровнях ионизирующего излучения в районе центрального кессона (кессона реактора). Для безопасности персонала, осуществляющего вы-

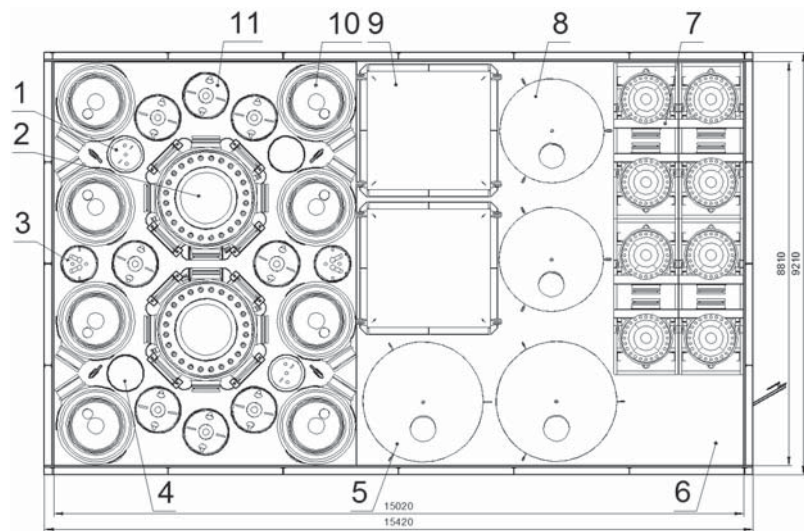


Рис. 4. План размещения оборудования АППУ в блок-упаковке: 1 – фильтр осколочной активности, 2 – реактор, 3 – холодильник фильтра осколочной активности, 4 – кессон резервный, 5 – монжус «Д», 6 – блок-упаковка, 7 – рама для двух циркуляционных насосов первого контура, 8 – монжус «К», 9 – ящик для кессона реактора, 10 – парогенератор, 11 – компенсатор объема

грузке центрального кессона, предполагается помещение центрального кессона в специальный защитный ящик (рис. 6).

Для защиты персонала, выполняющего демонтажные работы, необходимо предусмотреть мероприятия по ограничению вредного воздействия ионизирующего излучения. На практике проводятся следующие мероприятия:

- установка защитных экранов;

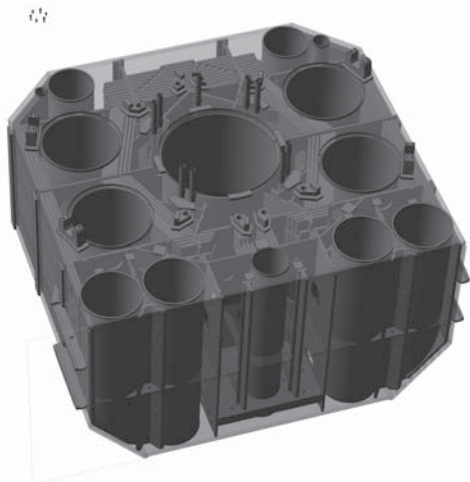


Рис. 5. БЖВЗ одного борта после выгрузки оборудования АППУ

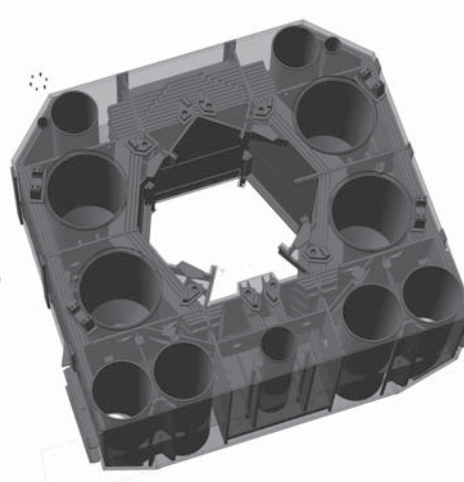


Рис. 6. БЖВЗ одного борта без центрального кессона и центральный кессон в защитном ящике

- организация рабочих мест персонала в максимальной удаленности от участков (зон) повышенного воздействия ионизирующего излучения (применение дистанционно управляемой техники);
- ограничение времени проведения операций по демонтажу радиоактивного оборудования и конструкций АППУ ледокола.

Учитывая технические возможности СРЗ «Нерпа», а также ограниченность пространства в месте проведения работ при условии, что в помещении аппаратной отсутствует нефиксированное поверхностное загрязнение радиоактивными веществами, осуществимым и наиболее эффективным является способ ограничения времени проведения операций по демонтажу радиоактивного оборудования и конструкций АППУ ледокола и применение дистанционно управляемой техники.

Заключение

1. Изложенный в настоящей статье вариант вывода из эксплуатации ледокола позволяет существенно снизить стоимость и уменьшить сроки выполнения работ по сравнению с вариантом утилизации ледокола согласно проекту 2013 г.

2. Вариант вывода из эксплуатации ледокола с выполнением демонтажа и выгрузки радиоактивного оборудования и конструкций из ледокола технологически более сложен, требует высокого уровня профессионализма персонала, а также дополнительных мер по защите персонала от вредного воздействия ионизирующего излучения.

3. Решение задачи по защите персонала от вредного воздействия ионизирующего излучения заключается в применении дистанционно управляемой техники для выполнения работ по демонтажу радиоактивного оборудования и конструкций ледокола либо в применении оборудования с большей грузоподъемностью с целью исключения работ по вырезке кессона реактора.

4. В результате анализа данных [9; 10] прогнозируемая максимальная индивидуальная годовая доза

внешнего облучения персонала при условии применения дистанционно управляемой техники составляет для слесаря-монтажника — 14,251 мЗв, газорезчика — 9,403 мЗв, такелажника — 12,692 мЗв, электросварщика ручной сварки — 2,638 мЗв, дозиметриста — 2,058 мЗв, дезактиваторщика — 0,142 мЗв. Расчет значений прогнозируемой эффективной годовой дозы персонала показал, что данные значения не превысят величины эффективной дозы для персонала группы А (20 мЗв в год в среднем за любые последовательные пять лет, но не более 50 мЗв в год), установленной нормами [11].

Литература

1. Доманов А. А., Мантула Н. В., Куликов К. Н., Низамутдинов Р. А., Коломиец Б. И., Сандлер Н. Г. Технические вопросы утилизации атомных ледоколов // Арктика: экология и экономика. — 2015. — № 1. — С. 82—85.
2. ЯНМИ.У1052.0432.00.001. Организационная схема утилизации атомного ледокола проекта 1052 (10521) на предприятии — исполнителя работ по утилизации: Пояснительная записка.
3. АТЭК-1052-005. Техничко-экономическое обоснование объемов, продолжительности и стоимости работ по утилизации атомного ледокола проекта 1052 (10521): Отчет.
4. ЯНМИ.У1052.0415.00.002. Выгрузка АППУ атомных ледоколов проекта 1052 (10521). Техничко-экономическое исследование: Отчет.
5. Концепция утилизации судов с ядерными энергетическими установками (атомные ледоколы проекта 1052 (10521) и судов атомного технологического обслуживания). Утверждена приказом Госкорпорации «Росатом» от 13 января 2016 г. № 1/12-П.
6. ЯНМИ.У1052.0332.00.002. Организационная схема вывода из эксплуатации атомного ледокола «Сибирь» проекта 1052 в Филиале «СРЗ «Нерпа» АО «ЦС «Звездочка»: Пояснительная записка.
7. ЯНМИ.У1052.0315.00.001. Техничко-экономическое обоснование цены выполнения работ по вы-

воду из эксплуатации атомного ледокола «Сибирь» проекта 1052 в Филиале «СРЗ «Нерпа» АО «ЦС «Звездочка»: Отчет.

8. Расчет «Проработка возможности увеличения осадки атомного ледокола пр. 1052 “Сибирь” до 12 м при выгрузке АППУ». Инв. № 5035.

9. ЯНМИ.У1052.0322.00.001. Демонтаж и выгрузка радиоактивного оборудования и конструкций из атомного ледокола «Сибирь» проекта 1052 с помощью плавучего крана ПК-100 проекта 650 в Филиале «СРЗ «Нерпа» АО «ЦС «Звездочка». Принципиальная технология.

10. ЯНМИ.У1052.0415.00.002. Обоснование безопасности выгрузки АППУ атомного ледокола «Сибирь» проекта 1052 в Филиале «СРЗ «Нерпа» АО «ЦС «Звездочка»: Отчет.

11. СанПиН 2.6.1.2523-09. Нормы радиационной безопасности (НРБ-99/2009). — URL: <http://docs.cntd.ru/document/902170553>.

Работа выполнена по государственному контракту с Госкорпорацией «Росатом».

Информация об авторах

Куликов Константин Николаевич, кандидат технических наук, генеральный директор, АО «Научно-исследовательское проектно-технологическое бюро «Онега» (АО «НИПТБ «Онега») (164509, Россия, Архангельская область, Северодвинск, проезд Машиностроителей, 12), e-mail: nipbt@onegastar.ru.

Низамутдинов Ринат Айратович, начальник отдела, АО «НИПТБ «Онега» (164509, Россия, Архангельская область, Северодвинск, проезд Машиностроителей, 12).

Благовещенский Алексей Юрьевич, инженер-технолог первой категории, АО «НИПТБ «Онега» (164509, Россия, Архангельская область, Северодвинск, проезд Машиностроителей, 12).

Титов Николай Владимирович, инженер-технолог первой категории, АО «НИПТБ «Онега» (164509, Россия, Архангельская область, Северодвинск, проезд Машиностроителей, 12).

Мантула Николай Владимирович, директор по производству, ФГУП «Атомфлот» (183017, Россия, Мурманск-17).

Доманов Александр Анатольевич, ведущий специалист группы сопровождения целевых программ, ФГУП «Атомфлот» (183017, Россия, Мурманск-17).

Библиографическое описание данной статьи

Куликов К. Н., Низамутдинов Р. А., Благовещенский А. Ю. и др. Основные научно-технические проблемы радиационно безопасного вывода из эксплуатации атомных ледоколов и варианты их решения // Арктика: экология и экономика. — 2018. — № 2 (30). — С. 118—124. — DOI: 10.25283/2223-4594-2018-2-118-124.

MAJOR SCIENTIFIC AND TECHNICAL PROBLEMS IN RADIATION-SAFE DECOMMISSIONING OF NUCLEAR- POWERED ICEBREAKERS: DECISION OPTIONS

Kulikov K. N., Nizamutdinov R. A., Blagoveshchensky A. Yu., Titov N. V.

JSC Research and Development Technological Bureau “Onga” (Severodvinsk, Arkhangelsk region, Russian Federation)

Mantula N. V., Domanov A. A.

FSUE Atomflot (Murmansk, Russian Federation)

The work was executed under the public contract with Rosatom State Corporation.

Abstract

Major scientific and technical problems in safe decommissioning of nuclear-powered icebreakers of project 1052 and their decision options with Sibir nuclear-powered icebreaker as an example are posed. Required special activities for protection of personnel from harmful impact of ionizing radiation during certain decommissioning stages are noted.

Keywords: nuclear-powered icebreaker, decommissioning, radiation safety, block package.

References

1. Domanov A. A., Mantula N. V., Kulikov K. N., Nizamutdinov R. A., Kolomiets B. I., Sandler N. G. Tekhnicheskie voprosy utilizatsii atomnykh ledokolov. [Technical Issues of Decommissioning of Nuclear Icebreakers].

Arktika: ekologiya i ekonomika, 2015, no. 1, pp. 82—85. (In Russian).

2. YaNMI.U1052.0432.00.001. Organizatsionnaya skhema utilizatsii atomnogo ledokola proekta 1052 (10521)

na predpriyatii — ispolnitatele работ по utilizatsii: Poyasnitel'naya zapiska. [Organizational chart of dismantling of nuclear-powered icebreaker of project 1052 (10521) at the dismantling contractor's area: Explanatory note]. (In Russian).

3. ATEK-1052-005. Tekhniko-ekonomicheskoe obosnovanie ob'emov, prodolzhitel'nosti i stoimosti работ по utilizatsii atomnogo ledokola proekta 1052 (10521): Otchet. [Feasibility study of duration and costs of dismantling of nuclear-powered icebreaker of project 1052 (10521): Report]. (In Russian).

4. YaNMI.U1052.0415.00.002. Vygruzka APPU atomnykh ledokolov proekta 1052 (10521). Tekhniko-ekonomicheskoe issledovanie: Otchet. [Unloading of nuclear steam generating system of nuclear-powered icebreaker of project 1052 (10521). Feasibility study: Report]. (In Russian).

5. Kontsepsiya utilizatsii sudov s yadernymi energeticheskimi ustanovkami (atomnye ledokoly proekta 1052 (10521) i sudov atomnogo tekhnologicheskogo obsluzhivaniya. Uтверждено приказом Goskorporatsii "Rosatom" от 13.01.2016 № 1/12-П. [Concept of nuclear-powered vessels dismantlement (nuclear icebreakers of project 1052 (10521) and nuclear maintenance ships. Approved by the State Atomic Energy Corporation Rosatom Order No. 1/12-П dated January 13, 2016]. (In Russian).

6. YaNMI.U1052.0332.00.002. Organizatsionnaya skhema vyvoda iz ekspluatatsii atomnogo ledokola "Sibir" proekta 1052 v Filiale "SRZ "Nerpa" AO "TsS "Zvezdochka": Poyasnitel'naya zapiska. [Organizational chart of decommissioning of Sibir nuclear-powered icebreaker of project 1052 at Nerpa Shipyard, the subsidiary of JSC Centre of Shipbuilding Zvezdochka: Explanatory note]. (In Russian).

7. YaNMI.U1052.0315.00.001. Tekhniko-ekonomicheskoe obosnovanie tseny vypolneniya работ по vyvodu iz

ekspluatatsii atomnogo ledokola "Sibir" proekta 1052 v Filiale "SRZ "Nerpa" AO "TsS "Zvezdochka": Otchet. [Feasibility study of decommissioning costs of Sibir nuclear-powered icebreaker of project 1052 at Nerpa Shipyard, the subsidiary of JSC Centre of Shipbuilding Zvezdochka: Report]. (In Russian).

8. Raschet "Prorabotka vozmozhnosti uvelicheniya osadki atomnogo ledokola pr.1052 "Sibir" do 12 m pri vygruzke APPU". Inv. № 5035. [Engineering study of Sibir nuclear-powered icebreaker of project 1052 sinkage up to 12 meters at the operation of unloading the nuclear steam generating system. Calculations. Inv. no. 5035]. (In Russian).

9. YaNMI.U1052.0322.00.001. Demontazh i vygruzka radioaktivnogo oborudovaniya i konstruktsiy iz atomnogo ledokola "Sibir" proekta 1052 s pomoshch'yu plavuchego krana PK-100 proekta 650 v Filiale "SRZ "Nerpa" AO "TsS "Zvezdochka". Printsipial'naya tekhnologiya. [Disassembling and unloading of contaminated equipment and systems from Sibir nuclear-powered icebreaker of project 1052 by PK-100 of project 650 floating crane at Nerpa Shipyard, the subsidiary of JSC Centre of Shipbuilding Zvezdochka. Conceptual technology]. (In Russian).

10. YaNMI.U1052.0415.00.002. Obosnovanie bezopasnosti vygruzki APPU atomnogo ledokola "Sibir" proekta 1052 v Filiale "SRZ "Nerpa" AO "TsS "Zvezdochka": Otchet. [Safety case of unloading the nuclear steam generating system of Sibir nuclear-powered icebreaker of project 1052 at Nerpa Shipyard, the subsidiary of JSC Centre of Shipbuilding Zvezdochka: Report]. (In Russian).

11. SanPiN 2.6.1.2523-09. Normy radiatsionnoy bezopasnosti (NRB-99/2009). [SanPiN 2.6.1.2523-09. Radiation safety standards (NRB-99/2009)]. Available at: <http://docs.cntd.ru/document/902170553>. (In Russian).

Information about the authors

Kulikov Konstantin Nikolaevich, Candidate of Technical Sciences, general Director, JSC NIPTB Onega (12, Mashinostroiteley pr., Severodvinsk, Arkhangelsk region, Russia, 164509), e-mail: niptb@onegastar.ru.

Nizamutdinov Rinat Airatovich, head of department, JSC NIPTB Onega (12, Mashinostroiteley pr., Severodvinsk, Arkhangelsk region, Russia, 164509).

Blagoveshchensky Aleksey Yurievich, engineer of 1 category, JSC NIPTB Onega (12, Mashinostroiteley pr., Severodvinsk, Arkhangelsk region, Russia, 164509).

Titov Nikolai Vladimirovich, engineer of 1 category, JSC NIPTB Onega (12, Mashinostroiteley pr., Severodvinsk, Arkhangelsk region, Russia, 164509).

Mantula Nikolai Vladimirovich, director for production, FSUE Atomflot (Murmansk, Russia, 183017).

Domanov Aleksandr Anatolievich, targeted programs management lead specialist, FSUE Atomflot (Murmansk, Russia, 183017).

Bibliographic description

Kulikov K. N., Nizamutdinov R. A., Blagoveshchensky A. Yu., Titov N. V., Mantula N. V., Domanov A. A. Major Scientific and Technical Problems in Radiation-Safe Decommissioning of Nuclear-powered Icebreakers: Decision Options. Arctic: ecology and economy, 2018, no. 2 (30), pp. 118—124. DOI: 10.25283/2223-4594-2018-2-118-124. (In Russian).

© Kulikov K. N., Nizamutdinov R. A., Blagoveshchensky A. Yu., Titov N. V., Mantula N. V., Domanov A. A., 2018