

УДК 621.039.58+504.055

**ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ ЭКСПЛУАТАЦИИ
ПЛАВУЧЕЙ АТОМНОЙ ТЕПЛОЭЛЕКТРОСТАНЦИИ В
АРКТИЧЕСКОМ РЕГИОНЕ**

Хвостова М.С., к.г.н., доцент

*«Национальный исследовательский университет «МЭИ», г. Москва
e-mail: marinakhvostova@list.ru*

Статья посвящена анализу экологических последствий воздействия на окружающую среду плавучей атомной теплоэлектростанции, строящейся в г.Певек Чукотского автономного округа. Приведена краткая техническая характеристика станции, рассмотрена история развития этого проекта за рубежом и в России. Делается вывод, что в процессе работы плавучей атомной теплоэлектростанции территории и акватория, входящие в ее зону влияния, будут испытывать радиационное, тепловое и механическое воздействия, что негативно скажется на чувствительных арктических экосистемах.

Ключевые слова: Плавучая атомная теплоэлектростанция, плавучий энергоблок, атомная энергетика, арктический регион, окружающая среда

**ENVIRONMENTAL PROBLEMS OF OPERATION OF FLOATING
NUCLEAR POWER PLANT IN THE ARCTIC REGION**

Khvostova M.S., Ph.D. (Geography)

The article is devoted to the analysis of environmental consequences of the impact on the environment of floating nuclear power plant, which is being built in Pevek, Chukotka Autonomous district. A brief technical description of the station is given, the history of the development of this project abroad and in Russia is considered. It is concluded that in the process of operation of floating nuclear thermal power plant of the territory and the water area included in its zone of influence, will experience radiation, thermal and mechanical effects, which will negatively affect the sensitive Arctic ecosystems.

Keywords: Floating nuclear power plant, floating power unit, nuclear energy, Arctic region, environment

Введение автономного округа ведется
В настоящее время на сооружение инфраструктуры для
побережье Арктики в районе плавучей атомной
города Певек Чукотского теплоэлектростанции (ПАТЭС)

малой мощности, которая предназначена для обеспечения электрической и тепловой энергией населения прибрежных районов и расположенных там предприятий. Предполагается, что ПАТЭС заменит действующие в округе Чаунскую ТЭЦ, которая работает с 1944 г., и Билибинскую атомную электростанцию (АЭС), введенную в эксплуатацию в 1974-1977 гг. [1]. Строительство береговых сооружений начато в г. Певек осенью 2016 г.

ПАТЭС - российский проект мобильных плавучих АЭС малой мощности, разрабатываемый государственной корпорацией по атомной энергии «Росатом», предприятием АО «Балтийский завод», АО «Малая энергетика» ОАО ЦКБ «Айсберг» и другими организациями.

В состав ПАТЭС входят: плавучий энергоблок (ПЭБ), гидротехнические и береговые сооружения. Основной элемент станции – ПЭБ – плоскодонное несамоходное судно, на котором размещен комплекс энергетического оборудования для генерации электрической и тепловой энергии. Корпус его разделен переборками на отсеки. ПЭБ сооружается промышленным способом на судостроительном заводе и доставляется к месту размещения морским путем в полностью готовом виде.

Водоизмещение ПЭБ составляет 21,5 тыс. тонн, длина – 140 м, ширина – 30 м, осадка – 5,56 м, высота борта – 10 м, высота надстройки – около 30 м. Экипаж – вахта – 70 человек, всего три вахты.

Предусмотрены: администрация, технический персонал, охрана и береговая служба. В энергоблоке размещены две реакторные установки КЛТ-40С, прототипом которых являются реакторные установки действующих атомных ледоколов «Гаймыр» и «Вайгач» и лихтеровоза «Севморпуть». Установленная номинальная электрическая мощность - 70 МВт, номинальная тепловая мощность - 50 Гкал/час. В корпусе плавучего энергоблока размещаются также хранилища свежих и отработавших тепловыделяющих сборок, твердых и жидких радиоактивных отходов (РАО), автоматическая система управления, общесудовые системы и оборудование, жилые и служебные помещения [2]. Аналогов такого большого насыщения плавсредств потенциально опасными оборудованием и материалами не существует.

Завершение сооружения и ввод в эксплуатацию гидротехнических сооружений, зданий и сооружений береговой инфраструктуры в районе г. Певек планируется в августе 2019 г. Ввод ПАТЭС в эксплуатацию намечен на декабрь 2019 г.

ПЭБ «Академик Ломоносов», который является первым и, пока что, единственным экземпляром, был заложен 15 апреля 2007 года в г. Северодвинске на ОАО «ПО «Севмаш». В 2008 г. строительство ПЭБ было перенесено на АО «Балтийский Завод» в г. Санкт-Петербурге.

Проект преследовали судебные разбирательства,

процедуры банкротства, споры собственников и постоянные задержки. Сегодня проект отстает от собственного графика на десятилетие, его бюджет превышен на миллионы долларов; тем не менее, он постепенно реализуется [3].

В конце апреля 2018 г. построенный ПЭБ «Академик Ломоносов» был отбуксирован г. Мурманск, на площадку ФГУП «Атомфлот», где осенью 2018 г. состоится загрузка ядерного топлива в реактор, физический пуск реактора и технологическая обкатка основного оборудования. Далее в летнюю кампанию, в июне-июле 2019-го г., под проводкой буксиров ПЭБ переведут Северным морским путем к месту будущей работы и подключат к береговой инфраструктуре, сооружаемой в порту г. Певека. В «Росэнергоатоме» полагают, что транспортировку можно будет провести без вмешательства ледоколов [4].

По заверениям ГК «Росатом» ПАТЭС – энергоисточник нового поколения, создаваемый на базе российских технологий атомного судостроения для надежного круглогодичного энергоснабжения объектов промышленности, инфраструктуры и населения в удаленных районах Арктики и Дальнего Востока России, в топливодефицитных и экстремально суровых климатических регионах страны [5].

Ключевыми задачами проекта являются:

- коренная модернизация энергетики на основе атомных энергоблоков морского базирования;

- ускоренное и устойчивое промышленное и социально-экономическое развитие удаленных территорий Арктики и Дальнего Востока — регионов стратегических интересов России.

Энерготехнологии ПАТЭС позволят:

1. Отказаться от завоза органического топлива

2. Обеспечить условия для развития промышленно-портовых инфраструктурных проектов

3. Обеспечить разработку месторождений полезных ископаемых, в том числе на шельфе арктических и дальневосточных морей

4. Повысить качество жизни населения

Также ГК «Росатом» рассматривает возможность заключения контрактов на поставку ПАТЭС в ряд стран, таких как Республика Кабо-Верде, Китай, Индонезия, Индия, Бразилия и др. Устойчивый интерес к ПАТЭС среди стран южного полушария связан также с тем, что энергоустановка может работать в режиме опреснения морской воды. В сутки она может выдать от 40 до 240 тысяч кубометров пресной воды.

История создания ПАТЭС

Впервые идея реализации коммерческого проекта ПАТЭС была высказана в 1969 г. в США Ричардом Экертом, вице-президентом компании Public Service Electric & Gas. В 1970 г. с

целью практического воплощения этой идеи, компания Westinghouse совместно с судостроительной компанией Newport News создала предприятие Offshore Power Systems. Согласно первоначальному плану речь шла о строительстве восьми ПАТЭС мощностью 1 - 1,2 тыс. МВт для Public Service Electric & Gas и постановке их на якорь у побережья США [6]. Затем планировалось строительство искусственных островов с двумя подобными энергоблоками. Проект, однако, закончился неудачно, в первую очередь из-за финансовых проблем у Public Service Electric & Gas и неверного маркетинга: ПАТЭС планировали поставить в густонаселенных северо-восточных штатах США, которые и так были хорошо обеспечены электроэнергией. Кроме того, негативное влияние оказал инцидент на АЭС «Три-Майл-Айленд» (28 марта 1979 г.), который надолго остановил развитие атомной энергетики в США. В результате оба заказа (Atlantic 1 и Atlantic 2) были аннулированы, а компания Westinghouse, затратив на проект 180 млн. долл. США, свернула работы.

Тем не менее, именно США стали первой страной, эксплуатирующей плавучий атомный энергоблок. Это была мобильная АЭС, которая эксплуатировалась в зоне Панамского канала с 1968 по 1975 гг. Она была смонтирована на базе транспортного судна Sturgis (тип Liberty). На ПАТЭС использовался

легководный реактор под давлением МН-1А мощностью 10 МВт. Данная станция на сегодняшний день является единственной в мире плавучей АЭС, которая находилась в практической эксплуатации. Однако среди недостатков системы отмечались очень высокие эксплуатационные издержки (в силу ее уникальности и «несерийности») и высокие требования к персоналу [7, 8].

В СССР идея использования АЭС малой мощности для электро- и теплоснабжения удалённых районов Крайнего Севера и Дальнего Востока возникла ещё в первые годы развития отечественной атомной энергетики. Первым объектом малой атомной энергетики, созданным в СССР, стала Билибинская АЭС мощностью 48 МВт. Построена она была в 1974 г. в поселке Билибино, на вечной мерзлоте, для обеспечения энергией развивающейся горнодобывающей промышленности Чаун-Билибинского района Чукотского автономного округа [9].

В 1980-х гг. в результате проведения масштабных технико-экономических исследований в районах российского Севера было выявлено более 80 населённых пунктов, перспективных для размещения объектов малых АЭС. После более детальных проработок число потенциальных площадок сократилось до тридцати трех, и они были представлены на утверждение в Совет Министров СССР. Чернобыльская авария 26 апреля 1986 г. прервала этот

динамично начавшийся процесс, на долгие годы отложив развитие малой атомной энергетики в России [10].

Однако в настоящее время вновь возник интерес к использованию атомной энергетики для развития удаленных районов, обладающих высоким нереализованным потенциалом, в особенности районов Крайнего Севера и Дальнего Востока России с суровыми климатическими условиями и постоянной потребностью в тепле. Наметившаяся тенденция усиления геополитического влияния и укрепления национальной безопасности России в Арктике также способствует этому. Одним из направлений внедрения атомной энергетики в таких районах рассматривается применение ПАТЭС.

Одним из аргументов, который приводит ГК «Росатом» в пользу применения АЭС в данных районах – более высокая экономическая эффективность по сравнению с альтернативными вариантами энергоснабжения. Основной вид генерации для локальных энергосистем в настоящее время – электростанции на дизельном топливе – отличается высокой стоимостью электроэнергии, в первую очередь, из-за сложностей доставки топлива. Фактическая стоимость электроэнергии превышает таковую в Европейской части России в 10 и более раз, что делает размещение объектов атомной энергетики в отдалённых регионах весьма актуальным. Утверждается,

что малые АЭС позволят заменить в топливном балансе региона значительные объемы привозного дизельного топлива и мазута и существенно снизить стоимость электрической и тепловой энергии [11].

Природно-климатические условия работы ПАТЭС

Певек – самый северный город России. Он расположен на восточном берегу одноименного пролива, соединяющего Чаунскую губу и Восточно-Сибирское море, напротив островов Роутан, в 640 км от Анадыря. Город находится за Северным полярным кругом и относится к области морского климата арктического пояса [12]. Для этой области характерна длительная, морозная зима и короткое (2-3 месяца) лето с невысокими плюсовыми температурами и частыми заморозками даже в самые теплые (июль — начало августа) периоды. Среднегодовая температура Певека составляет $-10,4$ °С. Переход среднесуточной температуры к положительному значению происходит обычно в первой декаде июня. Средние температуры самого теплого месяца (июля) не превышают в районе Певека $7-8$ °С. В сентябре среднесуточные температуры возвращаются к отрицательным значениям. Самым холодным месяцем со средними температурами $-22-32$ °С является январь, реже — февраль. Полярная ночь длится с 27 ноября по 16 января [13].

С севера Чаунский район омывается Восточно-Сибирским морем (бассейна Северного

Ледовитого океана). Характерными особенностями северных морей Чукотки являются тяжелая ледовая обстановка, штормы, туманы, сильные приливные течения. Большую часть года Восточно-Сибирское море покрыто льдом. Плавающие льды часто остаются вблизи берегов даже летом. Наиболее крупная река Чаунского района — Чаун. Она протекает по одноименной низменности и впадает в Чаунскую губу. Длина реки - 350 км. Особенностью Чауна является изменение русла после каждого весеннего паводка [14].

Главная черта арктических тундр Чаунского района — скудный запас органического вещества и крайне низкий прирост фитомассы. Поэтому они характеризуются тем, что даже на равнинных участках растительный покров не сомкнут и пятна щебнистого суглинка занимают значительные участки площадей. Распространены многолетнемерзлые грунты, образование наледей и т.д.

Певек периодически оказывается под властью южака — очень сильного порывистого южного ветра типа фена, обрушивающегося на город с прибрежных сопек. Перед возникновением южака появляются легкие кучевые облака над горными вершинами. Ветер задувает внезапно, сопровождается снежными вихрями, при этом происходит резкое падение атмосферного давления. В течение одного часа скорость ветра может достигнуть 40 м/с при порывах до 60— 80 м/с [15]. Стихия

продолжается от нескольких суток до двух недель. Город застраивался с учетом этих ураганных ветров — дома возводились так, чтобы каждый микрорайон имел здание-стену, перекрывающее сильный воздушный поток, защищая собой другие сооружения.

Площадка ПАТЭС занимает прибрежную акваторию и часть берега. В геологическом строении площадки преобладают многолетнемерзлые грунты, содержащие лед. В массиве многолетнемерзлые грунты обладают резко выраженной пространственной неоднородностью и изменчивостью вследствие неравномерного распределения в них подземных льдов. Многолетнемерзлая зона имеет почти сплошное распространение на суше. Под дном морей мерзлые грунты присутствуют под припайным льдом, на остальных участках они сохраняются небольшими островками. [16, 17].

Природно-климатические особенности рассматриваемого района, несомненно, имеют первостепенное значение для обеспечения экологической и радиационной безопасности ПАТЭС.

Воздействие ПАТЭС на окружающую среду

Первое, на что обращают внимание экологи — это возможное радиационное воздействие, которое может оказывать ПАТЭС на окружающую среду при нормальной эксплуатации, а также при проектных и запроектных

авариях, в т.ч. при буксировке ПАТЭС.

Разработчики утверждают, что реализация проекта ПАТЭС ведется в полном соответствии с требованиями современной нормативной базы в части обеспечения безопасности АЭС и судов с ядерными энергетическими установками.

Предварительные экспертные оценки радиационного воздействия ПЭБ на окружающую среду показали следующие основные результаты.

В соответствии с требованиями СП АТЭС-2003 [18], проектные значения мощности внешнего γ -излучения на наружной поверхности ПЭБ при номинальной мощности реакторной установки не будут превышать:

- на участках открытых палуб в зоне контролируемого доступа – 0,2 мкЗв/ч;
- на участках открытых палуб в зоне свободного режима – 0,1 мкЗв/ч;
- на борту выше ватерлинии – 0,2 мкЗв/ч;
- на борту ниже ватерлинии и днище – 2 мкЗв/ч.

По предварительным оценкам, максимальный суточный выброс активности системы спецвентиляции ПЭБ при нормальной эксплуатации реакторной установки составит 0,01 мКи/сутки по аргону-41.

Результаты расчета среднегодовых концентраций аргона-41 в приземном слое воздуха на различных удалениях от ПЭБ за счет проектных выбросов при нормальной эксплуатации

показывает, что максимум концентраций будет достигаться на расстоянии 200-300 м от источника и составит около $1,2 \times 10^{-2}$ Бк/м³ [19].

Предварительные оценки доз γ -излучения от облака выброса на открытой местности, обусловленных присутствием в приземном слое радиоактивных продуктов, выброшенных в атмосферу, показали, что на расстоянии 200-500 м от источника значение дозы не будет превышать 20 мЗв в год и будет убывает более чем в 10 раз на расстоянии 2-3 км.

Отмечается, что таким образом возможные дозовые нагрузки на население в результате воздействия газоаэрозольных выбросов составят около 0,002 % от дозы естественного радиационного фона, характерного для района размещения.

В общем случае радиационное воздействие при проектной аварии с наихудшими радиационными последствиями определяется [20]:

- внешним γ -облучением тела за счет присутствия радиоактивных продуктов в приземном слое воздуха;
- внешним γ -облучением за счет воздействия радионуклидов, накопившихся в поверхностном слое почвы;
- внутренним облучением органов и тканей за счет ингаляционного поступления радионуклидов в организм человека с вдыхаемым воздухом;
- внутренним облучением органов и тканей за счет перорального поступления

радионуклидов в организм человека с загрязненными пищевыми продуктами местного производства.

Основным фактором, оказывающим влияние на облучение организма, является γ -излучение радионуклидов, содержащихся в облаке выброса (48-55 %). На втором месте оказывается облучение организма за счет выпавших на местность радионуклидов (от 23 до 28 %). На третьем и четвертом месте оказывается вклад дозы от ингаляции радиоактивных веществ (6-16 %) и от поступления радионуклидов с местными продуктами питания (8-12 %).

Анализ γ -излучения от облака выбросов показывает, что основной вклад в формирование дозы облучения внесут ксенон-133, ксенон-135 и криптон-85. Определенный вклад в дозу от радиоактивных выпадений будут вносить йод-133 и йод-131. Вклад цезия-137 находится на уровне 10 %.

В рамках консервативной оценки аварийных доз облучения населения при условиях рассеивания аварийного выброса максимальные приземные концентрации нуклидов составят доли процента от допустимых концентраций в атмосферном воздухе. Максимальное загрязнение почвы цезием-137 (ниже 5 МБк/км²) не приведет к повышению фона на открытой местности.

Доза внешнего облучения населения в течение года после аварии от факела выброса не

превысит 0,002 % основных годовых разовых пределов, а доза внешнего облучения от загрязненной поверхности не превысит 0,05% от дозы естественного радиационного фона [21].

Как показывают предварительные оценки, выполненные в рамках консервативной модели, проектная авария на ПЭБ не выходит за рамки "инцидента" по шкале МАГАТЭ. В соответствии с международными рекомендациями и национальными требованиями, для данного класса аварий не требуется проведения защитных мероприятий для населения и окружающей среды за пределами территории расположения источника [19]. Это обстоятельство позволяет ограничить санитарно-защитную зону (СЗЗ) территорией площадки ПАТЭС с акваторией в месте стоянки ПЭБ.

С учетом изложенного делается предварительный вывод, что радиационное воздействие ПАТЭС на население ограничено пределами ее площадки и даже в случае возникновения аварий, включая запроектные, экстренных мероприятий по защите населения не потребуются.

В качестве исходного события для запроектной аварии рассматриваются следующие основные ситуации [22]:

- разрыв полным сечением трубопровода подачи теплоносителя на систему очистки;
- разрыв парового коллектора парогенератора полным сечением;

- разрыв трубы теплообменника I-III контуров.

В рассматриваемых запроектных авариях в качестве независимого от исходного события рассматривается отказ автоматики в локализирующей арматуре.

Доза облучения от проникающего γ -излучения за бортом ПЭБ не будет превышать 0,5 мЗв для наилучшего варианта запроектной аварии, что значительно ниже предельно допустимой дозы облучения на границе СЗЗ 5 мЗв.

Эффективная доза облучения критической группы населения от выброса активности в окружающую среду на всех расстояниях от ПЭБ не превысит 0,15 мЗв.

В случае возникновения аварий на ПАТЭС радиоэкологические последствия будут определяться, главным образом, объемом поступления в окружающую среду радионуклидов, имеющих большой период полураспада [23].

При максимальной проектной аварии выброс в атмосферу долгоживущих радионуклидов (цезий-134, цезий-137) составит около 2×10^7 Бк. На удалении 1 км от ПЭБ при данном выбросе радиоактивное загрязнение почвы на следе облака может составить 1,2 Бк/м², а на расстоянии 2 км – 0,3 Бк/м². Данные показатели существенно ниже фонового загрязнения территории цезием-137, обусловленного глобальными выпадениями [19].

В течение первого года после проектной аварии мощность дозы γ -излучения на местности может увеличиться на 6×10^{-4} мкЗв/ч, то есть на величину, соответствующую 1% от фонового значения.

В случае возникновения запроектной аварии выброс долгоживущих радионуклидов может составить 0,4 ГБк. Загрязненность почвы радионуклидами цезия на следе облака на расстоянии 1 км может составить 24 Бк/м². По мере удаления от места аварийного выброса загрязнение местности будет существенно снижаться и на расстоянии 5 км составит 0,12 Бк/м².

Отмечается, что радиационное воздействие на население и окружающую среду при нормальной эксплуатации и любых аварийных ситуациях, включая запроектные, не превышает уровень естественного радиационного фона, обеспечен уровень безопасности и экологичности, позволяющий приблизить ПАТЭС к потребителям.

По расчетам разработчиков проекта суммарный выброс в атмосферу инертных радиоактивных газов (ИРГ) от одного реактора не должен превысить 10 Ки [2]. Тем не менее, выбросы такого ИРГ как криптон-85 (период полураспада – 10,7 лет) далеко не безобидны. В природе криптон-85 образуется в незначительных количествах при взаимодействии частиц космических лучей со стабильным криптоном-84 и в «доатомную эру» в атмосфере

его было мало [24].

По объему образования и масштабу выбросов криптон-85 находится на первом месте среди других радионуклидов, выбрасываемых АЭС с газоаэрозолями: его выбрасывается на несколько порядков больше, чем всех остальных радионуклидов [24].

Криптон-85 трудно улавливается фильтрами и очень подвижен в атмосфере. Он не поглощается ни Мировым океаном, ни почвами, но зато хорошо поглощается некоторыми тканями живых организмов, например корой надпочечников, жировыми тканями человека и животного. Известно, что даже малые дозы облучения криптоном-85 могут повысить частоту рака кожи. Криптон-85 влияет на протекание биологических процессов, блокируя электропроводность тканей. [25].

Возможные последствия появления в атмосфере значительного количества криптона-85 крайне неприятны. Криптон-85 изменяет электропроводность атмосферы [26]. Увеличение электропроводности атмосферы должно вызывать серьезные геофизические эффекты, например, уменьшение электрического заряда Земли и изменение магнитного поля, уменьшение электрического сопротивления атмосферы между океанами и ионосферой, увеличение электризации гроз, изменение характера осадков, увеличение числа торнадо и смерчей [26, 27].

Учтем и то обстоятельство, что криптон-85 в атмосфере ведет себя как тепличный газ, внося тем самым вклад в антропогенное

изменение климата Земли. Проблема криптона-85 через некоторое время может стать не менее важной, чем сегодняшняя проблема истощения озонового слоя.

Не окажутся ли выбросы ИРГ от плавучих АЭС в Арктике (в случае их массового строительства и размещения в этом регионе) той последней каплей, за которой последуют необратимые изменения в «мировой кухне погоды», которой называют Арктику? Эти изменения могут сказаться на климатических характеристиках не только Арктики, но и других регионах планеты. Данный аспект радиационного воздействия ПАТЭС в Арктике требует глубокого специального анализа.

Кроме того, в связи с антропогенными изменениями климата возрастает значение широтной циркуляции воздушных масс. Существуют регулярные прорывы холодных воздушных масс из Арктики на тысячи километров южнее побережья Северного Ледовитого океана (в Северной Евразии холодные арктические воздушные массы могут достигать 50° с.ш.) и с ними могут поступать радиоактивные аэрозоли [15].

Также следует уделить внимание такому радиоизотопу как иод-131. Несмотря на то, что период полураспада иода-131 составляет всего 8 дней, тем не менее, именно иод-131 играет роль основного дозообразующего изотопа в первые дни после радиационной аварии. Облучение, полученное от короткоживущих изотопов, привело к возникновению тысячи случаев рака щитовидной железы на

территориях, пораженных Чернобыльским выбросом [28].

Анализ возможного влияния радиоактивных выбросов от ПАТЭС должен включать в обязательном порядке изучение миграции радионуклидов по экологическим цепочкам и явления биоаккумуляции долгоживущих радионуклидов. Исходя из климатических особенностей региона, где во время арктической зимы снежный покров держится до 9-ти месяцев, длительное время азоаэрозольные выбросы будут частично осаждаться на снег по розе ветров. В период бурной арктической весны все накопленные в снежном покрове радионуклиды превратятся в залповый выброс радиоактивности.

Известно, что из-за высоких коэффициентов биоаккумуляции через пищевую цепочку ягель-олень-человек, люди, проживающие на северных территориях, получали значительные дозы внутреннего облучения [29]. Этот эффект был обнаружен после массового испытания ядерного оружия на Новой Земле. Большой период полураспада цезия-137 (30 лет) и крайне медленный рост ягеля, который аккумулирует радиоактивный цезий из атмосферных осадков, способствует интенсивному и длительному накоплению этого радионуклида в лишайнике. Ягель является основной пищей северных оленей. Поступая в организм оленей вместе с пищей, цезий-137, являющийся биологическим аналогом калия, накапливается преимущественно в мышечной массе, а далее по

пищевой цепочке поступает к человеку.

К тому же с 2004 г. в Чаунском районе функционирует сельскохозяйственное предприятие МП СХП «Чаунское», основным видом деятельности которого является оленеводство и рыболовный промысел с переработкой и реализацией продукции на основе внедрения передовых форм организации производства и технологий, а также других подсобных отраслей как основных источников жизнедеятельности местного коренного населения. На момент создания предприятие насчитывало 14 148 оленей, ежегодно до 2008 г. предприятие систематически наращивало оленепоголовье, и в 2008 г. был осуществлён плановый забой оленей, что позволяет обеспечивать район мясной продукцией [30]. В связи с этим необходимо вести тщательный радиационный мониторинг территорий, которые будут находиться в зоне воздействия ПАТЭС.

Основные опасения специалистов вызывают вопросы хранения РАО и отработавшего ядерного топлива (ОЯТ) на ПЭБ. Атомные ледокольные суда после каждого сезона или плавания обслуживает развитая береговая инфраструктура. Проект ПАТЭС предусматривает лишь хранение РАО и ОЯТ на ПЭБ. Это означает, что ПАТЭС полностью автономна и будет разрешать все штатные и нештатные ситуации с РАО и ОЯТ своими силами. В случае аварийной ситуации привлечение каких-либо

серьезных спасательных сил и средств будет затруднено из-за удаленности ПАТЭС и обычно неблагоприятных погодных условий в данном регионе.

Также значительное внимание следует уделить радиационной и ядерной безопасности при буксировке ПЭБ. Расчетный срок эксплуатации ПЭБ будет составлять 36 – 40 лет. Каждые 12 лет энергоблок будут буксировать на завод для заводского и докового ремонта. Во время заводского ремонта будет перегружаться топливо в реакторах и выгружаться РАО. На эти работы отводится 1 год, после чего блок вновь приступает к работе.

Поскольку все РАО и ОЯТ будут находиться на ПЭБ, то буксировка к месту их выгрузки будет осуществляться с этими ядерно- и радиационно опасными материалами на борту. Риск аварийных ситуаций могут усилить сложные климатические и погодные условия Северного морского пути (ПЭБ предстоит преодолеть шесть тысяч километров из Певека до Мурманска на площадку ФГУП «Атомфлот»). Особенно проблемными обещают быть пролив Вилькицкого, море Лаптевых и Восточно-Сибирское море [15].

Для безопасности судов, в том числе и для ПЭБ, большое значение имеют мореходные качества и конструктивные свойства, которые обеспечивают живучесть и непотопляемость плавучего объекта. Конструкция ПЭБ проекта изначально не соответствовала высоким мореходным стандартам. Плоскодонность, большая

парусность, нулевая управляемость из-за отсутствия собственных рулевых устройств и двигателей автоматически относит плавучий энергоблок к потенциально опасному (высокий уровень опасности) морскому объекту, который, как правило, должен всегда сопровождаться (или страховаться) специальными буксировочными силами и средствами, даже если он находится на стоянке [2, 10, 31].

К сожалению, ВМФ РФ потерял одну атомную подводную лодку (АПЛ) именно во время процедуры буксирования. К-159 — советская АПЛ проекта 627А «Кит» затонула 30 августа 2003 г. вблизи острова Кильдин на глубине 238 метров при буксировке из бухты Гремиха для утилизации на судоремонтном заводе «Нерпа» в г. Снежногорск. Погибли 9 человек [32].

Обеспокоенность экологов и общественных экологических организаций планируемым массовым вводом в эксплуатацию ПАТЭС в Арктическом регионе вполне объяснима. Долгие годы территории и акватории этого региона испытывали значительное радиационное воздействие. В истории радиоактивного загрязнения экосистем морей, побережий и архипелагов Арктики можно выделить 5 этапов воздействия радионуклидов на среду, биоту и человека [33]:

1. Конец 1940-х – 90-е гг. - интенсивный вынос западносибирскими реками в Карское море техногенных изотопов от уральских и южносибирских заводов;

2. Середина 1950-х до начала 60-х годов – интенсивные ядерные испытания на полигонах Новой Земли в водной и воздушной средах, а также на поверхности земли;

3. Середина 1970-х - начало 80-х годов - мощные сливы в Ирландское море РАО с заводов Селлафилда, а в пролив Ла-Манш – с заводов французского побережья.

4. С 1986 г. до настоящего времени - поступление радионуклидов после аварии на Чернобыльской АЭС;

5. 1950-1990-е гг. - периодические сливы в моря жидких РАО, захоронение контейнеров с твердыми РАО, затопление ядерных реакторов и аварии АПЛ.

Несмотря на то, что радиоактивное воздействие на окружающую среду весьма вероятно и серьезно, все же следует обратить внимание на тепловое воздействие ПАТЭС на окружающую среду, которому оказывается недостаточно большое внимание. А, тем не менее, именно тепловое воздействие играет основную роль в спектре экологических влияний АЭС на окружающую среду.

Тепловое загрязнение окружающей среды от АЭС, работающей на водо-охлаждаемых реакторах, примерно в 1,5 раза выше, чем у теплоэлектростанций той же мощности [34]. Это связано с низким коэффициентом полезного действия АЭС - не более 35 %. Две трети тепла, производимого атомным реактором, отводится в окружающую среду. Расчеты показывают, что плотность

сбрасываемой с теплом энергии от средней АЭС достигает 1000 - 10000 Вт-м², т. е. аналогична воздействию на атмосферу потоков тепла от лесных пожаров, вулканов и пожаров на нефтепромыслах [26]. Поэтому работа ПАТЭС будет сопровождаться образованием теплового поля, распространяющегося в глубь суши и морского дна.

Для охлаждения паротурбинной установки ПАТЭС будет потреблять большое количество заборной воды (около 5400 м³/час), которая потом будет сбрасываться обратно [2]. Температура сбрасываемой воды будет составлять 23-27°C, в то время как температура воды в зоне размещения ПЭБ в зимнее время составляет -1,9°C [35]. Сброс воды с ПЭБ приведет к образованию линзы теплых вод, что повлечет за собой экологическую катастрофу для всего местного биоценоза – рыб, беспозвоночных, растений, микроорганизмов.

Под воздействием теплового поля будет происходить протаивание мерзлых грунтов. При этом они будут коренным образом изменять свои свойства, утрачивая высокие прочностные характеристики. Протаивание сопровождается и рядом криогенных процессов и явлений: термокарстовыми просадками поверхности, термоэрозией, быстрой солифлюкцией и т.д. [36]. Это приведет к ликвидации водоупора и фильтрации на поверхность суши или дна рассолов, являющихся

сильноагрессивной средой для металла и бетона.

Вдольбереговые морские течения могут переносить тепло на значительные расстояния от ПАТЭС и воздействовать на состояние мерзлых грунтов других участков побережья.

В большинстве случаев мерзлотные инженерно-геологические условия осваиваемых территорий отличаются чувствительностью к внешним техногенным воздействиям. При строительстве и других видах освоения, такие, казалось бы, незначительные техногенные воздействия, как снятие растительности, изменение мощности снежного покрова зимой, цвета поверхности, приводят к изменениям свойств и даже состояния грунтов [37, 38].

Кроме того, забор и сброс такого количества воды создаст техногенное течение в месте размещения ПАТЭС, которое может затронуть придонные слои и вызвать взмучивание донных осадков, что также повлияет на качество воды и может повлиять на работоспособность АЭС.

Среди других весьма вероятных последствий работы ПАТЭС в арктических условиях, связанных с тепловым воздействием, можно выделить следующие:

- образование постоянных туманов;
- изменение инсоляции;
- изменение характера атмосферных осадков;
- дополнительное обледенение зданий и конструкций;

За борт ПАТЭС будут непрерывно подаваться тысячи тонн подогретой воды. Очевидно, что в условиях низких температур воздуха в течение 8 – 9 месяцев в году вокруг ПАТЭС будет существовать постоянное парение (туманообразное испарение). Парение отрицательно скажется на здоровье людей и состоянии ПЭБ, а также других технических средств. Это повлечет за собой изменение инсоляции, характера атмосферных осадков и др.

Немаловажным фактом с точки зрения охраны окружающей среды от воздействий ПАТЭС в районе г. Певека является то, что на восточном и южном побережье Чаунской губы находятся места гнездования, отдыха и линьки водоплавающих птиц (чернозобая гагара, три вида гаг, тундровый лебедь, белый гусь, пискулька, белолобый гусь, розовая чайка) [39]. Эти прибрежные участки включены в государственный природный заказник «Чаунская губа».

Кроме того, в северо-восточной части губы в настоящее время усиливаются признаки антропогенного эвтрофирования под влиянием неочищенных бытовых стоков [40]. Наложение этого фактора и теплового воздействия ПАТЭС друг на друга будет иметь катастрофические последствия для экосистемы Чаунской губы.

Разработчиками проекта утверждается, что технические решения, заложенные в проект,

обеспечивают полную сейсмозащищенность и высокую устойчивость ПЭБ к внешним воздействиям:

- землетрясения 7-8 баллов по шкале MSK-64;
- ветровая нагрузка, отвечающая максимальной скорости ветра – 45 м/с;
- падение летательного аппарата при его массе свыше 11 т;
- экстремальные снегопады;
- удар молнии;
- взрыв внешнего источника с величиной избыточного давления 19,5 кПа;
- взрыв танкера с топливом грузоподъемностью 600 т с максимальным давлением от взрыва на корпус ПЭБ 650 кПа.

Однако в последние годы в связи с изменением климата Земли увеличилась частота и интенсивность экстремальных погодных условий, что может отрицательно сказаться на работе ПАТЭС и привести к возникновению аварийных ситуаций.

Заключение

ПАТЭС, планируемая к вводу в эксплуатацию в г.Певек, будет первой плавучей атомной станцией в России. Из всех существующих плавучих атомных объектов - ПАТЭС является наиболее опасным. В тоже время она будет работать в тяжелейших природно-климатических условиях арктического региона.

В процессе работы ПАТЭС территории и акватория, входящие в зону влияния станции, будут испытывать радиационное, тепловое и механическое

воздействия, что негативно скажется на чувствительных арктических экосистемах.

Происходившие в прошлом столетии события, связанные с гонкой ядерных вооружений, уже нанесли определенный урон природной среде Арктики, выражающийся в радиоактивном загрязнении отдельных ее регионов и наличии потенциально радиоэкологически опасных затопленных ядерных объектов, твердых РАО, а также затонувших АПЛ. Дополнительное радиационное воздействие в виде ПАТЭС крайне нежелательно.

Ряд аналитиков утверждает, что строительство и эксплуатация ПАТЭС экономически невыгодны [7, 31, 41]. Альтернативой ПАТЭС является использование возобновляемых источников энергии: энергии ветра и низкопотенциального тепла поверхностных слоев Земли [42]. Кроме того, резервы газа на шельфе создают возможность использования его в качестве источника энергии.

Очевидно, что для ГК «Росатом» необходимо использовать отдаленные арктические районы в качестве экспериментальной площадки для апробирования новых технологий и развития этого бизнес-проекта.

Также нельзя недооценивать угрозу пиратского или террористического захвата ПЭБ с целью совершения экологического теракта, ядерного шантажа или с другой целью. В случае распространение по миру плавучих атомных станций для террористов

и охотников за ядерными материалами и технологиями открываются широкие возможности. Это потребует принятия особых мер безопасности в международном масштабе.

Список литературы:

1. <http://www.rosatom.ru/journal/interview/vitaliy-trutnev-chukotka-zhdet-pervuyu-v-mire-plavuchuyu-atomnuyu-elektrostantsiyu/>

2. Технический проект плавучего энергетического блока с реакторной установкой КЛТ-40С пр. 20870. ОАО «ЦКБ «Айсберг», 2001 г. 420 с.

3. http://bellona.ru/2017/08/10/bellona_pro_zagruzku_plavuchey_aes/

4. <http://www.prochukotku.ru/>

5. <http://www.rosatom.ru/journal/news/rosatom-predstavil-svoe-proekty-na-iv-mezhdunarodnom-arkticheskom-forume-arktiki-territoriya-dialoga/>

6. Фролов А. Плавучая АЭС: история и экспортные перспективы проекта // Ядерный клуб №1 (8), 2011 (январь–февраль) http://ceness-russia.org/data/page_art/p36_1.pdf

7. Кузнецов В.М. Перспективы плавучих АЭС // Бюлл. по атомной энергии. Январь 2000. ЦНИИАтоминформ. М.: 2000. С.23.

8. Кузнецов В.М., Назаров А.Г. Радиационное наследие холодной войны: опыт историко-научного исследования. М.: Ключ-С, 2006. 720 с.

9. Кузнецов В.М., Чеченов Х.Д. Российская и мировая атомная энергетика. Москва: Издательство

Московского государственного университета, 2008. – 764 с.

10. Хвостова М.С. История создания, перспективы строительства и обеспечение безопасности плавучих атомных теплоэлектростанций//Морской вестник. С.-Пб., 2012. С.33-36.

11. Созонюк В.А. Плавучие АТЭС: от разговора к делу // Атомная стратегия, 2008, №1(33). С.17-18.

12. Алисов Б.П. Географические типы климатов// Метеорология и гидрология.— 1936.— № 6.

13. <http://www.rgo.ru/ru/otdelenie-v-chukotskom-avtonomnom-okruge>

14. Анапольская Л.Е., Липовская В.И., Карпенко В.Н. и др. Климатические параметры Восточно-Сибирского и Дальневосточного экономических районов. Научно-справочное пособие. Гидрометеиздат, 1979 г. 390 с.

15. Справочник по климату СССР. Выпуск 1. Ветер. Гидрометеиздат, 1968 г. 360 с.

16. Геокриология СССР. Восточная Сибирь и Дальний Восток. Под ред. Ершова Э.Д. М.Недра. 1989. 515 с.

17. Ершов Э.Д. Проблемы освоения криолитозоны и задачи геокриологии на современном этапе// Инж. геология. №1. 1991. С. 16-24.

18. Санитарные правила СП 2.6.1.45-03. Обеспечение радиационной безопасности при проектировании, строительстве, эксплуатации и выводе из эксплуатации атомных

теплоэлектростанций малой мощности на базе плавучего энергетического блока. СП-АТЭС-2003. Москва, 2003.

19. Саркисов А.А., Высоцкий В.Л., Билашенко В.П. и др. Ожидаемые радиационные и радиоэкологические последствия эксплуатации плавучих атомных теплоэлектростанций. // Атомная энергия. Т.104. Вып. 3. Март 2008. С.178-187.

20. Нормы радиационной безопасности (НРБ-99/2009). СанПиН 2.6.1.2523. М.: Минздрав России, 2009. 115 с.

21. Макаров В.И., Хлопкин Н.С. Об энергетических установках атомных ледоколов нового поколения. Судостроение. 2005. №1. С.21-26.

22. Хвостова М.С. Оценка воздействия радиационных последствий проектных и запроектных аварий при выводе из эксплуатации ПАЭС//Электрические станции. №11, 2012. С.2-9.

23. Хвостова М.С. Прогнозные оценки радиационных и радиоэкологических последствий эксплуатации и вывода из эксплуатации плавучей атомной теплоэлектростанции//Судостроение. С.-Пб., 2012. №1. С.55-58.

24. Дубасов Ю.В., Окунев Н.С., Пахомов С.А. Мониторинг радионуклидов ксенона и криптона-85 в Северо-Западном регионе России в 2007-2008 гг. // Сб.докл. III Межд. ядерного форума 22-26 сент. 2008 г. – СПб.: НОУ ДПО «АТОМПРОФ», 2008, с. 57-62.

25. Радиационная медицина. Т.2. Радиационные поражения человека / Под общ. ред. акад. РАМН Л.А.Ильина. М.:ИздАТ, 2001. 432 с.

26. Легасов В.А., Кузьмин И.И., Черноплеков А.Н. Влияние энергетики на климат// Известия РАН. Физика атмосферы и океана. Том 20. №11. 1984. С. 1089-1103.

27. Легасов В.А. Проблемы безопасного развития техносферы// Коммунист: Теорет. и практ. журн. ЦК КПСС.— М.: Правда, 1987.— Май (№ 8(1306)).

28. Бурлакова Е.Б. К вопросу оценки негативных последствий для здоровья населения и ликвидаторов в связи с аварией на Чернобыльской АЭС//Институт истории естествознания и техники им. С.И. Вавилова РАН. Годичная научная конференция, 2006. М.: Анонс-Медиа, 2006. С.498-500.

29. Хвостова М.С. История изучения естественной и искусственной радиоактивности природных объектов России : автореферат дис. ... кандидата географических наук : 07.00.10 / Ин-т истории естествознания и техники им. С. И. Вавилова РАН. - Москва, 2006. - 32 с.

30. <https://go-pevek.ru/о-городском-округе-певек/об-округе>

31. Никитин А.К., Андреев Л. «Плавучие атомные станции», доклад объединения Bellona. СПб. Экологический Правозащитный Центр «Беллона». 2011. 48 с.

32. Ларин В.И. Русские атомные акулы.- М.: КМК. 2005. - 380 с.

33. Хвостова М.С. Проблемы радиоэкологической реабилитации

арктических морей России// Институт истории естествознания и техники им. С.И. Вавилова РАН. Годичная научная конференция, 2010. Москва. 2011. С.459-462.

34. Харитонов В.В. Энергетика. Техно-экономические основы: Учебное пособие. – М.: МИФИ, 2007. – 256 с. + ил. 72 с.

35. Геоэкология шельфа и берегов морей России [Текст] : монография / Неправительств. эколог. фонд им. В. И. Вернадского и др. ; Под ред. Н. А. Айбулатова. - Москва : Ноосфера, 2001. - 427 с.: ил.

36. Мельников П.И., Ершов Э.Д., Романовский Н.Н. Достижения и перспективы современной геокриологии // Инж. геология. №6. 1989. С.3-17.

37. Кудрявцева В.А. Общее мерзлотоведение (геокриология), изд. 2 [текст]/В.А.Кудрявцева. – М.: Издательство МГУ, 1978. – 464 с.

38.<http://www.geoinfo.ru/product/arhangelskij-igor->

[vsevolodovich/osobennosti-ehkspluatacii-plavuchej-aehs-na-poberezhe-arktiki-36957.shtml](http://www.vsevolodovich/osobennosti-ehkspluatacii-plavuchej-aehs-na-poberezhe-arktiki-36957.shtml)

39. Беликов С.Е., Гаврило М.В., Горин С.Л. Атлас биологического разнообразия морей и побережий российской Арктики М.:WWF России (2011) : 64 с.

40. Шашков С.Н., Николаев С.Г. Проект схемы комплексного использования и охраны водных объектов бассейнов рек Чукотского автономного округа.— Москва - Хабаровск, 2014.

41. Кузнецов В.М., Яблоков А.В., Десятов В.М. и др. Плавучие АЭС: угроза Арктике, Мировому океану и режиму нераспространения. Рязань: Сервис. 2000. 65 с.

42. Васильев Г.П. Теплоснабжение зданий и сооружений с использованием низкопотенциальной тепловой энергии поверхностных слоев Земли. Москва. Издательский дом «Граница». 2006. 175 с.