

Атомная энергетика в арктическом регионе

В. С. Никитин¹, доктор технических наук,
В. Н. Половинкин², доктор технических наук,
Ю. А. Симонов, кандидат технических наук
ФГУП «Крыловский государственный научный центр»

В. С. Устинов³, кандидат технических наук,
В. П. Кузнецов⁴, кандидат технических наук,
В. И. Макаров⁵
НИЦ «Курчатовский институт»

Исследовано современное состояние и перспективы развития специализированного атомного ледового судостроения, а также создания эффективных, надежных и безопасных плавучих атомных станций теплоэлектрообеспечения. Проанализированы их целесообразные типы и конструкции. Рассмотрены перспективы атомной энергетики в арктическом регионе.

Ключевые слова: Арктика, Северный морской путь, атомная энергетика, атомные ледоколы, арктическое судоходство, ледовое судостроение, плавучие атомные электростанции.

Энергообеспечение морской деятельности в Арктике имеет ключевое значение для всех видов освоения и развития этого важнейшего региона, в первую очередь для наиболее энергоемких — морских грузоперевозок и освоения арктического шельфа.

Действительно, одним из важнейших по значению видов морской хозяйственной деятельности в этом регионе является перевозка грузов транспортными судами. Эксплуатацию транспортных судов во льдах обеспечивают ледоколы. Поскольку ледоколы имеют существенно большую мощность, чем транспортные суда, и должны длительное время находиться вдали от топливных баз, российские специалисты в области ледоколостроения и атомной энергетики нашли единственно правильное решение — проектировать и строить линейные ледоколы с атомными энергетическими установками (АЭУ). Первый ледокол с АЭУ

«Ленин» (рис. 1) практически подтвердил обоснованность и исключительную перспективность этого решения. После ледокола «Ленин» было построено еще восемь атомных ледоколов («Арктика», «Сибирь», «Россия», «Советский Союз», «Ямал», «50 лет Победы», «Таймыр», «Вайгач» — рис. 2).

Наличие атомных ледоколов было гарантией обеспечения возрастающего объема перевозок в Арктике, в том числе ежегодного завоза топлива в населенные пункты на побережье Северного Ледовитого океана. Они также помогали в критических ситуациях менее мощным дизель-электрическим ледоколам, и даже имели место случаи доставки этим ледоколам дизельного топлива. Непрерывное возрастание объема перевозок в Арктике, естественно, сопровождалось увеличением транспортного флота, и чтобы снизить его зависимость от поставок углеводородного топлива, еще в советское время был взят курс на создание атомных транспортных судов увеличенного дедвейта (до 25 тыс. т). Первым и, к сожалению, единственным транспортным судном с атомной энергетической установкой стало ледокольно-транспортное судно (лихтеровоз) «Севморпуть» (рис. 3), построенное в Керчи на судостроительном

¹ e-mail: krylov@krylov.spb.ru.

² e-mail: vnpolo@yandex.ru.

³ e-mail: nrcki@nrcki.ru.

⁴ e-mail: nrcki@nrcki.ru.

⁵ e-mail: nrcki@nrcki.ru.

заводе «Залив». Лихтеровоз был заложен 2 ноября 1984 г., спущен на воду 20 февраля 1986 г. и введен в строй в 1988 г.

По замыслу лихтеровоз должен был осуществлять лихтерные перевозки между Мурманском и вьетнамскими портами, используя трассу Севморпути. Первые годы эксплуатации контейнеровоз работал на международных линиях Одесса — Вьетнам — Владивосток и Владивосток — КНДР. Затем судно несколько лет обеспечивало грузоперевозки на линии Мурманск — Дудинка — Мурманск. С момента подъема флага «Севморпуть» прошел 302 тыс. миль, перевез более 1,5 млн т грузов.

К 1987 г. объем перевозок в Арктике достиг максимума — примерно 7 млн т в год. В то время в эксплуатации находилось четыре атомных ледокола. В последующий период объем перевозок резко снизился примерно до 2 млн т, но ввод в эксплуатацию ранее заложенных атомных ледоколов продолжался, и возник временный переизбыток атомных ледоколов.

Основную долю грузоперевозок составляли грузы Норильского горно-металлургического комбината (НГМК). Владельцы НГМК предприняли недостаточно обоснованные шаги, чтобы избавиться от привлечения атомных ледоколов. Были заказаны и построены за рубежом суда ледового класса типа «Арктический экспресс», при этом было необоснованно заявлено, что компания НГМК не будет нуждаться в атомных ледоколах. Однако по результатам первого же опыта эксплуатации новых судов компания убедилась в ошибочности своего решения и фактически подтвердила целесообразность продолжения строительства атомных ледоколов. Безопасные проводки по трассам Северного морского пути могут обеспечивать только атомные ледоколы.

С 2000 г. начался рост объема перевозок, появилось новое направление грузопотока — вывоз



Рис. 1. Атомный ледокол «Ленин»



Рис. 2. Атомный ледокол «50 лет Победы»



Рис. 3. Атомный лихтеровоз-контейнеровоз «Севморпуть»

нефти из юго-восточной части Баренцева моря (Печорского моря). Однако динамика роста числа ледоколов и транспортных судов, развитие портовых транспортно-технологических комплексов и систем обеспечения безопасности мореплавания будут определяться темпами развития экономической деятельности в Арктической зоне и ростом грузовой базы для Северного морского пути. С учетом только нефтяного направления объем грузоперевозок в Арктике к 2015 г. достиг 10 млн т в год, фактически подтвердив прогноз, сделанный еще в 1987 г. По прогнозам в 2020—2022 гг. ожидается количественный и качественный скачок грузопотока углеводородной продукции. Он будет достигать 30 млн т в год. В первую очередь это связано с вводом в эксплуатацию в порту Сабетта завода по сжижению природного газа. Кроме того, к этому времени компания «Газпром нефть» планирует начать ежегодные отгрузки нефти и конденсата в размере 8,5 млн т в год с Новопортовского месторождения на полуострове Ямал. На запланированную проектную мощность выйдет Пайяксское месторождение ОАО «Независимая нефтегазовая компания». Морские отгрузки с мыса Таналау на Енисее составят 7,3 млн т сырой нефти в год.

В то же время из-за выработки ресурса число атомных ледоколов, находящихся в эксплуатации, уменьшится. В ближайшие годы следует ожидать крайне неблагоприятного развития ситуации с обеспеченностью арктических грузоперевозок атомными ледоколами. Например, к 2020—2021 гг. подойдет срок окончания эксплуатации атомоходов «Ямал», «Таймыр» и «Вайгач». На протяжении последних нескольких лет успешно реализуется программа продления ресурса действующих ядерных энергетических установок на атомоходах до 150 тыс. ч и срока службы ледоколов до 30—32 лет. Это позволяет обеспечивать безопасную эксплуатацию атомного ледокольного флота еще в течение 10—12 лет.

Таким образом, нагрузка на ледоколы по объему грузоперевозок возрастет почти в 2,5 раза. Ввод в строй ряда новых дизель-электрических ледоколов ЛК-18, ЛК-25, «ЛК-Новый порт», предназначенных для слабозамерзающих морей России, но способных работать в определенные периоды и в Арктике, может способствовать некоторому снижению напряженности с ледокольным обеспечением, но не решить эту проблему.

На описанную ситуацию накладывается ожидаемая возможность увеличения объема транзитных плаваний судов, для которых требуется сопровождение только атомными ледоколами. Таким образом, необходимо в ближайшее время оценить, сколько атомных ледоколов необходимо хотя бы на период с 2015 по 2020, 2025, 2030 гг. (с учетом плана списания имеющихся ледоколов) для обслуживания уже сложившихся и новых основных направлений перевозок:

- Дудинка — Мурманск;

- Печорское море (терминал «Варандей» и платформа «Приразломная») — Мурманск;
- Обская губа — Мурманск;
- транзит по Севморпути.

Известно, что в заказе ФГУП «Атомфлот» имеется три атомных универсальных ледокола мощностью 60 МВт по проекту 22220 (рис. 4). В настоящее время на ООО «Балтийский завод — Судостроение» уже идет строительство двух атомных ледоколов проекта 22220. 5 ноября 2013 г. был заложен головной универсальный атомный ледокол, он получил название «Арктика». Атомоход будет оборудован атомной энергетической установкой нового типа РИТМ-200 и станет самым большим и мощным в мире. Согласно условиям контракта строительство головного ледокола должно быть завершено в декабре 2017 г.

Состоялась также закладка первого серийного атомного ледокола проекта 22220. Контракт на строительство двух таких ледоколов был заключен между ООО «Балтийский завод — Судостроение» и Госкорпорацией «Росатом» в мае 2014 г.

В настоящее время появилась информация о том, что первый универсальный атомный ледокол появится к 2020 г., последующие — за пределами 2020 г. Следовательно, они смогут улучшить ситуацию с ледокольным обеспечением только после 2020 г. Однако именно в этот же период планируется появление нового грузопотока — вывоза из поселка Сабетта до 15 млн т сжиженного природного газа (СПГ) в год.

Есть надежда, что с этим объемом перевозок без существенной помощи ледоколов справятся крупные газовозы усиленного ледового класса, имеющие мощность энергетической установки до 45 МВт. Вместе с тем имеются серьезные опасения, что для таких крупных судов длиной до 300 м и шириной до 50 м, значительно превосходящих все другие суда в Арктике и ледоколы, при эксплуатации в ледовых условиях и наличии, как правило, ледовых сжатий, потребуется усиленное ледокольное обеспечение. В рамках государственного заказа ФГУП «Крыловский государственный научный центр» разрабатывает проект крупнейшего российского ледокола «Лидер». Этот атомоход будет способен в одиночку обеспечивать безопасную проводку судов приплюснутым маршрутом напрямую от Европы. Его мощность составит 110 МВт, а ширина превысит 50 м.

Кроме того, разрабатывается многофункциональный мелкосидящий атомный ледокол. Он будет использоваться как ледокол-снабженец/ледокол-спасатель. В частности, такие ледоколы могут применяться для работы на шельфе. Эскизный проект нового судна специалисты рассчитывают представить к 2016 г.

С учетом реальных сроков постройки новые атомные ледоколы в лучшем случае смогут обслуживать только грузопоток СПГ. Чтобы быть в этом уверенными, необходимо уже сейчас приступить к оценке

складывающейся ситуации. Не исключено, что новые ледоколы придется закрепить только за морским участком вне Обской губы, и тогда выявится необходимость создания новых мелкосидящих атомных ледоколов вместо ледоколов «Таймыр» и «Вайгач». Проработка таких мелкосидящих ледоколов нового типа мощностью 40 МВт уже ведется, и, вероятно, необходимо в ближайшее время определиться со сроками их строительства.

Ситуация с наличием атомных ледоколов в Арктике может еще более обостриться в случае ориентации части перевозок СПГ в восточном арктическом направлении и в сочетании с возможным развитием транзитных перевозок.

Решение этой проблемы видится в создании упомянутого выше атомного ледокола-лидера мощностью 110—130 МВт, проработки по которому в настоящее время ведутся. Видимо, сроки его создания необходимо соотносить с возможным сценарием стратегического развития грузоперевозок в восточной части Арктики и транзита по Севморпути.

Представляется, что одним наращиванием мощностей атомного ледокольного флота гигантское развитие грузоперевозок в Арктике не обеспечить. Необходимо одновременно рассматривать возможность принципиально иного направления развития арктической транспортной системы. Речь идет о создании комбинированной транспортной системы, когда в регионе Арктики будут работать сугубо арктические, не обязательно сверхкрупные суда, а за ее пределами груз будет перегружаться на неледовые крупные суда. Так сегодня обеспечивается вывоз нефти с Приразломного месторождения в Баренцевом море. «Крыловским государственным научным центром» был предложен по этой же концепции арктический «челнок-газовоз» (рис. 5).

На судах, замкнуто работающих в пределах границ Арктики, наиболее эффективно применение



Рис. 4. Универсальный атомный ледокол мощностью 60 МВт

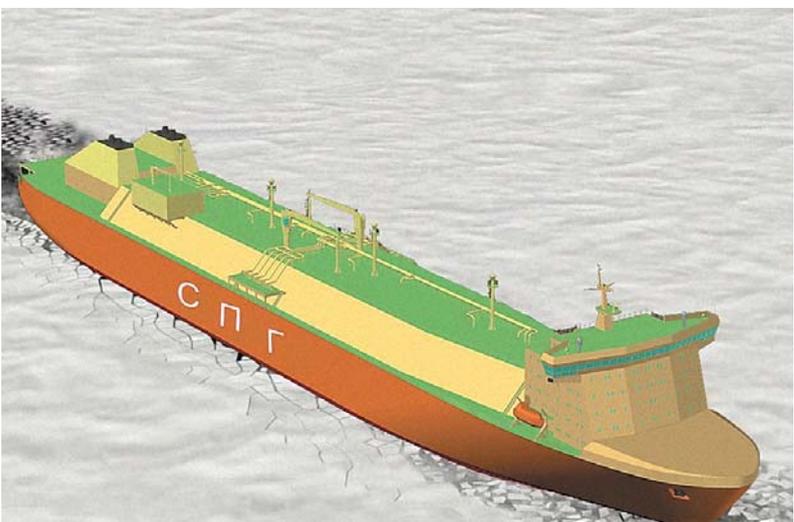


Рис. 5. Арктический «челнок-газовоз»



Рис. 6. Проект газовоза с атомной энергетической установкой



Рис. 7. Переоборудование атомного лихтеровоза «Севморпуть» в буровое судно



Рис. 8. Арктическая гравитационная буровая платформа

АЭУ, поскольку позволяет избежать проблем снабжения таких судов углеводородным топливом. Мысль о перспективности применения АЭУ на грузовых судах реально подтверждается информацией о разработках в области атомных судов за рубежом, ведущихся с 2010 г. (рис. 6)

При освоении арктического шельфа номенклатура применяемых технических средств намного шире, чем в транспортной системе, и она непосредственно связана с традиционными этапами освоения шельфа.

Первый этап — сейсморазведочные работы с использованием специальных судов. В настоящее время использование таких судов в Арктике ограничено условиями существования открытой воды в морях, как правило, в летне-осеннее время (два-три месяца). За пределами этого времени сейсморазведочные суда используются в других морях. Однако возможным вариантом является создание таких судов, которые в летне-осеннее время использовались бы для сейсморазведки в Арктике, а в другое время выполняли другие задачи также в Арктике. Естественно, в этом случае на них было бы целесообразно использовать атомных энергетических установок.

После сейсморазведочных работ на обнаруженных месторождениях необходимо производить разведочное бурение. Как

известно, на участках глубокой воды в Арктике можно использовать только буровые суда и лишь в период чистой воды. Поскольку такие суда могут использоваться в самых отдаленных точках Арктики и соответственно должны будут совершать длительные переходы во льдах к месту бурения, находиться там во время бурения и возвращаться обратно во льдах, наиболее целесообразно (из-за проблем с углеводородным топливом) использовать и на них АЭУ. На этом основании в Крыловском государственном научном центре была успешно выполнена проектная проработка переоборудования атомного лихтеровоза «Севморпуть» в буровое судно (рис. 7). Она может служить хорошим началом по созданию специализированных атомных буровых судов.

Значительно более перспективным в ближайшие годы для использования в ледовых условиях Арктики является применение ледостойких гравитационных буровых платформ, которые в отличие от буровых судов будут доставляться на место бурения в короткий безледовый период и вести разведочное бурение, уже находясь в окружении льдов (рис. 8).

Перспективность этого направления связана с тем, что большинство месторождений углеводородов в Арктике располагается на относительно мелководных участках (от 6—7 до 70 м), доступных для использования гравитационных платформ. Следует отметить, что в канадской практике освоения месторождений в Арктике для разведочного бурения использовались исключительно гравитационные буровые установки. Для гравитационных ледостойких буровых платформ (ЛБП), нуждающихся в больших запасах углеводородного топлива, как и для арктических буровых судов, перспективно применение атомных энергетических установок. При этом на этапах

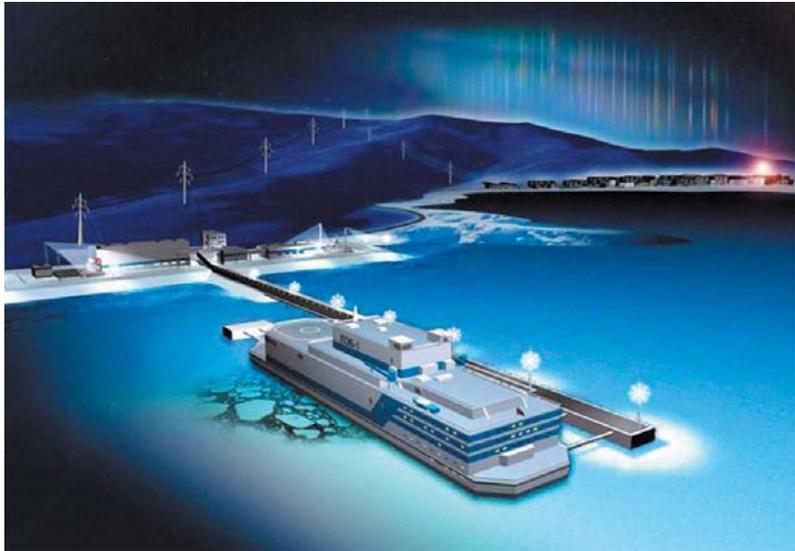


Рис. 9. Строящийся плавучий атомный энергоблок «Академик Ломоносов» прибрежного базирования

проектирования могут рассматриваться различные варианты обеспечения ЛБП атомной энергией:

- путем применения АЭУ непосредственно на платформах;
- путем подачи электроэнергии по кабелю со специальных ледостойких платформ-спутников, оснащенных АЭУ;
- при небольшой удаленности района бурения от берега путем подачи электроэнергии по кабелю с береговых или прибрежных (плавучих) источников атомной энергии, например с энергоблоков, подобных плавучему атомному энергоблоку «Академик Ломоносов» (рис. 9).

Следующий за разведочным бурением этап освоения шельфа — эксплуатационное бурение и добыча углеводородов. Первоочередной арктической технологией в этой области, вероятно, будет применение гравитационных ледостойких добычных платформ, с которых на первом этапе будет производиться и эксплуатационное бурение. Такие платформы должны работать на месторождении 20—30 лет. Для них проблема топливообеспечения еще более остра, поэтому использование атомной энергетике даже более актуально. В связи с этим следует упомянуть, что еще в 2000 г. в Крыловском центре было выполнено исследование «Экспертная оценка возможности и целесообразности применения ядерной энергии для обеспечения освоения углеводородов на шельфе Баренцева моря».

При проектировании добычных гравитационных арктических платформ целесообразно рассматривать те же варианты применения АЭУ, что и для буровых разведочных платформ. Можно ожидать, что для наиболее энергонасыщенных объектов, какими являются добычные платформы, потребуются высокие мощности АЭУ; меньшие мощности будут необходимы для буровых платформ.

Для освоения в Арктике некоторых месторождений углеводородов в тех местах, где возможно разведочное и эксплуатационное бурение с поверхности открытой воды, целесообразна установка подводных добычных комплексов (ПДК). Необходимая энергообеспеченность таких комплексов составляет обычно от 6—12 МВт. Для ПДК однозначно актуально применение атомной энергии. Технически такое решение возможно в вариантах:

- атомный энергоисточник располагается подо льдом вблизи ПДК, и электроэнергия подается по кабелю;

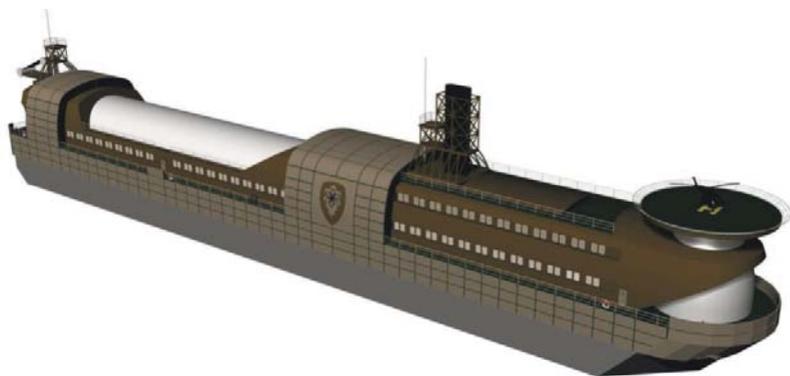


Рис. 10. Плавучая атомная электростанция

Таблица 1. Характеристики плавучих атомных электростанций

Характеристика атомного энергоблока	Двухблочная электростанция	Одноблочная электростанция
Установленная мощность в конденсационном режиме, МВт (эл)	17,2	8,6
Длина, м	108	80
Ширина, м	14	14
Осадка, м	2,6	2,3
Водоизмещение, т	3700	2300

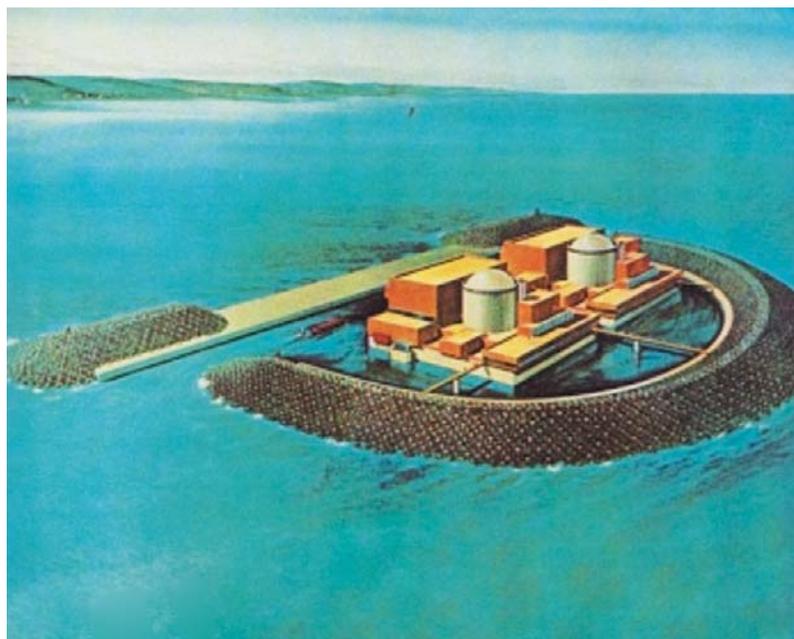


Рис. 11. Американский рисунок 1972 г. с изображением проекта плавучей АЭС

- атомный энергоисточник располагается (в пределах допустимых расстояний) на берегу или вблизи берега (на плавучем основании), и электроэнергия на ПДК также подается по кабелю;
- атомный энергоисточник встраивается в ПДК.

На рис. 10 показан вариант плавучей прибрежной атомной электростанции (АЭС) для снабжения ПДК.

Характеристики плавучих атомных электростанций на базе реакторных установок типа АБВ (по данным ОКБМ «Африкантов») представлены в табл. 1.

В целом в арктической деятельности видится возможность широкого использования атомной энергетики, поэтому уже сейчас необходимо расширение проектно-исследовательских работ в этой области со стороны предприятий атомного судостроения и судовой атомной энергетики.

Следует уделить внимание и американскому опыту в разработке проектов атомных плавучих электростанций. Например, в начале 1970-х годов в США существовали планы строительства к 1999 г. 8—10 плавучих АЭС мощностью 1150 МВт каждая, что достаточно для обеспечения энергетических потребностей 600-тысячного города. План был разработан компанией «Offshore Power Systems» (OPS) — совместным предприятием компаний «Tenneco» и «Westinghouse». В 1972 г. «New Jersey Utility Company» заключила контракт с OPS на строительство плавучей АЭС в Джэксонвилле (штат Флорида) и буксировку ее в Нью-Джерси (рис. 11). Однако эти планы не были реализованы.

Определенный интерес может представлять опыт французской компании DCNS в создании проектов подводных АЭС, потенциально пригодных и для арктического региона (один из них, «FlexBlue», показан на рис. 12).

Станцию предполагается размещать на расстоянии до нескольких километров от берега на глубине 60—100 м. Французы

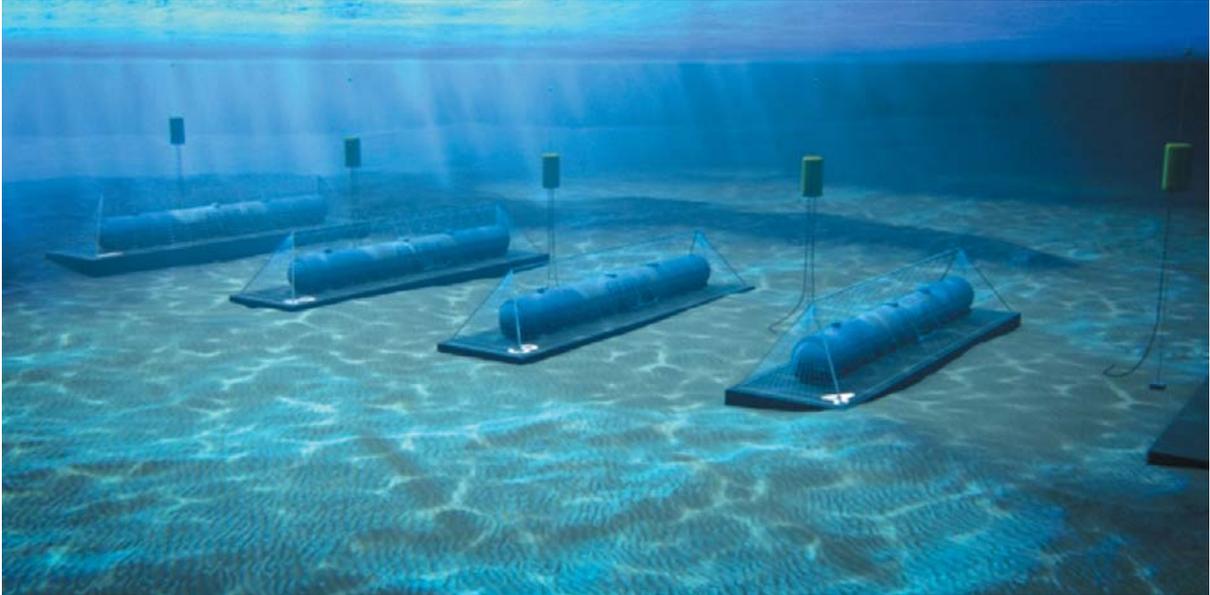


Рис. 12. Проект подводной модульной АЭС «FlexBlue» с мощностью модуля 50–250 МВт

предлагают оснастить каждый модуль системой управления балластом, которая обеспечит легкое перемещение модуля в вертикальном направлении на стадиях подготовки к эксплуатации, обслуживания и ремонта, а также завершения эксплуатации (рис. 13). Каждый модуль подводной станции представляет собой цилиндр длиной 100 м и диаметром 12–15 м. Внутри него размещены реактор, парогенераторы, турбинное оборудование. Масса модуля немалая — 12 тыс. т. К месту эксплуатации его будут доставлять специализированные суда (рис. 14).

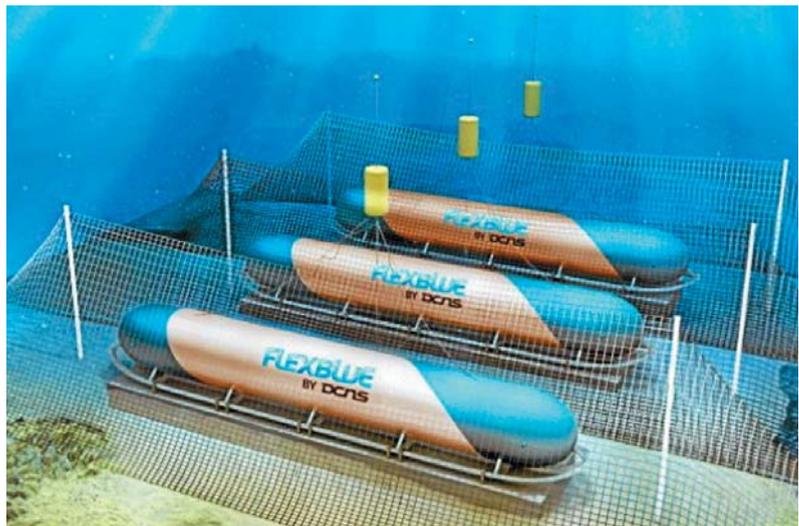


Рис. 13. Модули подводной АЭС проекта «FlexBlue»



Рис. 14. Транспортировка модулей к месту установки



Рис. 15. Проект плавучей атомной электростанции в Вилюенске Камчатского края



Рис. 16. Плавучая атомная теплоэлектростанция малой мощности на основе судовых технологий с реакторными установками КЛТ-40С



Рис. 17. Плавучая атомная электростанция ПАЭС-600



Рис. 18. Проект плавучей атомной ЭС

первого блока подводной АЭС планируется в 2017 г.

Разрабатываются и отечественные проекты плавучих АЭС (рис. 15—18).

Таким образом, выполненные исследования свидетельствуют о перспективности широкого внедрения атомной энергетики в арктическом регионе.

Ядерная энергия способна обеспечить безопасную альтернативу для удовлетворения глобальных энергетических потребностей в арктическом и дальневосточном регионах.

Значительное место в удовлетворении энергетических потребностей Арктики следует отвести перспективам развития стационарных атомных станций с реакторами малой и средней мощности. При этом станции малой мощности перспективны в отдаленных или изолированных районах, где стоимость доставки углеводородного топлива высока и отсутствуют развитые электрические сети. Станции средней мощности могут найти применение в регионах, где единичные большие мощности не вписываются в региональную энергосистему. В настоящее время в ОАО «ОКБМ Африкантов» на различных стадиях разработки и реализации находятся проекты реакторных установок электрической мощностью от 6 до 600 МВт типов АБВ, КЛТ, РИТМ, ВБЭР, ВТГР. Все они могут быть использованы

в составе атомных станций наземного, надводного, подводного, подземного исполнения. Из этих установок максимальную степень готовности имеют реакторные установки АБВ-6, КЛТ-40С, РИТМ-200. В конце 1980-х годов в СССР была разработана концепция создания головных подземных атомных станций с реакторными установками малой мощности АГТУ-12, АТЭЦ-50, БРУС-150, КЛТ-40, АСТ-30Б и др. Кроме Российской Федерации разработкой реакторных установок малой мощности занимаются Аргентина, Китай, США, Франция, Япония. Во всех ведущих в области атомной энергетики странах в настоящее время разрабатывается более десяти проектов АЭС малой мощности. По мнению специалистов, из реакторных установок малой мощности в настоящее время выделился особый класс малых модульных реакторов. Не меньшее значение имеет так называемая транспортабельная атомная энергетика. Именно такие реакторы могут стать основой энергетики локальных труднодоступных территорий Севера, Сибири, Дальнего Востока, которые не имеют постоянных логистических и энергетических связей с освоенной территорией. Например, в восточных и арктических регионах России энергообеспечением охвачена только часть южных районов. Объектами энергопотребления в таких территориях могут быть предприятия по добыче полезных ископаемых, базовые поселки малых народов, крупные морские портовые терминалы, насосные станции, объекты Министерства обороны и места базирования кораблей ВМФ.

В целом мы уверены, что в настоящее время обдуманной альтернативы атомной энергетике для нужд Арктики и Дальнего Востока нет. Важно заметить, что эти регионы являются зоной локальной, автономной энергетики, где необходимо размещение АЭС малой мощности.

Литература

1. Атомные станции малой мощности: новое направление развития энергетики. — Т. 2 / Под ред. акад. РАН А. А. Саркисова. — М.: ИБРАЭ РАН, 2015. — 388 с.
2. Дядик А. Н., Суринов С. Н. Энергетика атомных судов. — СПб.: Судостроение, 2014. — 477 с.
3. Митенков Ф. М. К вопросу об актуальности малой атомной энергетики для перспективного развития прибрежной Арктики и Дальневосточного региона // Арктика: экология и экономика. — 2011. — № 4. — С. 58—63.
4. Рукша В. В., Смирнов А. А., Головинский С. А. Атомный ледокольный флот России и перспективы развития Северного морского пути // Арктика: экология и экономика. — 2013. — № 1 (9). — С. 78—83.
5. Князевский К. Ю., Фадеев Ю. П., Пахомов А. Н. и др. Проектные решения реакторной установки РИТМ-200, предназначенные обеспечить экологически безопасную и экономически эффективную эксплуатацию универсального атомного

- ледокола на арктических трассах // Арктика: экология и экономика. — 2014. — № 3(15). — С. 86—91.
6. Половинкин В. Н., Фомичев А. Б. Русский Север. — СПб.: АИР, 2013. — 332 с.
7. Разработка стратегии освоения и системного развития северных, полярных и арктических территорий / Под ред. акад. РАН А. И. Татаркина. — СПб.: Нестор-История, 2014. — 510 с.
8. Половинкин В. Н., Фомичев А. Б. Севморпуть — национальная трасса глобального значения // Атом. стратегия. — 2014. — Янв., № 86. — С. 20—22.
9. Половинкин В. Н., Фомичев А. Б. Перспективные направления и проблемы развития Арктической транспортной системы Российской Федерации в XXI веке // Арктика: экология и экономика. — 2012. — № 3 (7). — С. 74—84.
10. Зарубежное судостроение: Дайджест новостей / ФГУП «Крылов. гос. науч. центр». — 2010. — № 2, 3, 4.
11. Зарубежное судостроение: Дайджест новостей / ФГУП «Крылов. гос. науч. центр». — 2011. — № 5, 6, 7.
12. Зарубежное судостроение: Дайджест новостей / ФГУП «Крылов. гос. науч. центр». — 2012. — № 8, 9.
13. Зарубежное судостроение: Дайджест новостей / ФГУП «Крылов. гос. науч. центр». — 2013. — № 12, 13, 15.
14. Зарубежное судостроение: Дайджест новостей / ФГУП «Крылов. гос. науч. центр». — 2014. — № 16, 17, 18.
15. Плавучие полупогружные буровые установки. История. Современность. Перспективы. — СПб.: ФГУП «Крылов. гос. науч. центр», 2014. — 212 с.
16. Зарубежное судостроение: Дайджест новостей / ФГУП «Крылов. гос. науч. центр». — 2015. — № 21.