**О перспективах гражданского атомного флота**

Н.С. Хлопкин, академик РАН (РНЦ «Курчатовский институт»)

Атомную энергетику отличают от энергетики на органическом топливе два важнейших свойства: очень высокая концентрация энергии и выделение ее без потребления кислорода.

Эти ее свойства позволяют иметь надводным и подводным морским кораблям и судам с атомными энергетическими установками характеристики, не достижимые при использовании органического топлива, а именно: возможность длительно работать на больших уровнях мощности без дозаправки топливом и захода в порты, а также работать под водой не всплывая на поверхность.

В связи с этим в конце пятидесятых — начале шестидесятых годов прошлого столетия во всем мире началось проектирование атомных контейнеровозов, супертанкеров, ледоколов, грузовых, пассажирских, исследовательских судов. Казалось, наступает эра атомного флота, обладающего выдающимися качествами.

Суть приоритета ядерных судов была не в экономии органического топлива. Весь морской флот потребляет его значительно меньше, чем автомобильный транспорт, и практически не оказывает сколь-нибудь заметного влияния на общее потребление органического топлива.

**Суть приоритета ядерных судов — их новые качества.**

В нашей стране после проведения обстоятельных исследований было установлено, что преимущества морской атомной энергетики реализуются лучшим образом в двух типах надводных судов, длительно работающих в отрыве от портов — на ледоколах и китобазах. В конце 1953 г. было принято постановление Правительства о развертывании работ по строительству атомного ледокола, а в следующем — атомной китобазы. Но через несколько лет проектирование китобазы было остановлено. В это время холодной войны испытания ядерного оружия в атмосфере приводили к выпадению радиоактивных осадков практически по всему земному шару, в том числе вблизи берегов Антарктиды, где велся основной промысел китов. Китов разделывали на открытых палубах, где их мясо и жир могли быть загрязнены выпадающими из атмосферы радионуклидами. Не все поверят, что загрязнение китов на атомном судне не связано с реакторной установкой, к тому же вскоре были сокращены квоты добычи китов, затем их добыча была полностью запрещена в водах Антарктики. Так что свертывание работ по атомной китобазе было правильным.

Первым в мире гражданским атомным судном, введенным в эксплуатацию в 1959 г., был ледокол «Ленин», который представлен на рис. 1.

Ледокол сразу же был направлен на самые трудные участки Северного морского пути для проводки караванов судов. Благодаря невиданной для ледоколов мощности — 44000 л.с. сроки навигации в Арктике были расширены более чем в 2 раза, повышены скорости проводки судов и безопасность их плавания, развернуты новые способы доставки грузов на необорудованные причалы (выгрузка грузов на припайный лед с последующей доставкой их потребителям автотранспортом). За рубежом гражданские атомные суда были введены позднее: в 1962 г. американское грузопассажирское судно «Саванна»; в 1968 г.немецкое грузовое судно «Отто Ган»; в 1974 г. японское исследовательское судно «Муцу».

Все зарубежные атомные суда были демонстрационными. При их эксплуатации не ставилось задачи достичь конкурентоспособности с аналогичными судами на органическом топливе. Главной целью было накопление опыта в решении проблем атомного судна — надежности и безопасности энергоисточника, ресурса оборудования и определение фактических затрат на всех стадиях жизненного цикла судна, включая и ремонт.

Эти задачи были решены. После этого в Германии и Японии разрабатывались проекты атомных судов коммерческого назначения, но строительство атомных судов второго поколения было осуществлено только в нашей стране.

Камнем преткновения дальнейшего развития гражданских атомных судов оказалась, главным образом, процедура захода их в иностранные порты. В основном она была сформирована в процессе эксплуатации американского судна «Саванна» и закреплена в дальнейшем в международных соглашениях.

Процедура предусматривала заход в иностранные порты по двусторонним соглашениям. Она включала необходимость заблаговременного, за несколько месяцев до захода в порт, представления принимающей стороне информации об атомном судне в объеме, достаточном для того, чтобы портовые власти могли убедиться в безопасности его для порта, а в самом порту создать особую инфраструктуру — специальный причал, непрерывное дежурство буксирных средств, способных удалить из порта аварийное судно, подготовить средства для радиационного обследования судна перед заходом в порт.

Несмотря на соответствие атомных судов стандартам и рекомендациям наиболее престижных классификационных обществ, часто переговоры перед заходом в порт были длительными и утомительными. По сути дела, проводилось лицензирование захода в каждый порт.

Плавание по двусторонним соглашениям оказалось трудно совместимым с коммерческой эксплуатацией атомных судов. В любых делах выгода и риск должны быть сбалансированы. В процедуре захода в порт риску подвергается в основном принимающая сторона, а выгода достается, главным образом,оператору атомного судна. Конечно, грузовые операции приносят прибыль и порту, однако заблаговременно оценить их трудно. Надо также учитывать, что и величины допустимого риска могут значительно различаться для страны флага и принимающей стороны.

На конкурентоспособность атомных судов также влияет необходимость иметь особую инфраструктуру, включающую их базовое обслуживание и подготовку кадров, аналогичную предприятию «Атомфлот» в Мурманске. По мере возрастания числа атомных судов значимость этих факторов снижается, и в процессе становления гражданского атомного флота многие проблемы легче решаются в странах, имеющих атомный военно-морской флот (как это было с американским судном «Саванна») или атомные электростанции на побережьях.

Сейчас уже во всем мире признано, что атомная судовая энергетика реализует свои преимущества лучше всего на ледокольном флоте. Наша страна осознала это раньше других. Ледоколы длительно работают в отрыве от портов. Для работы во льдах требуются значительные мощности, не всегда достижимые на обычной энергетике. Уход с трассы для дозаправки топливом сопряжен со значительными убытками.

Атомный ледокол «Ленин» практически с первых шагов хорошо зарекомендовал себя на трассах Северного морского пути как надежное средство обеспечения проводки караванов судов во льдах. Он колол не только льды, но и недоверие людей к новому виду морской энергетики. В 1964 г. было начато проектирование ядерной энергетической установки второго поколения. Первым с новой ядерной энергетической установкой начал эксплуатироваться а/л «Ленин» с 1970 г., а с 1975 г. а/л «Арктика», мощность машин которого была повышена до 75 тыс. л.с. Таких ледоколов было построено еще четыре. Все они двухреакторные. Позднее было построено еще два однореакторных атомных ледокола с ограниченной осадкой для работы в устьях сибирских рек. В общей сложности было построено 8 атомных ледоколов.

В дополнение к ледоколам в 1988 г. был введен в эксплуатацию лихтеровоз ледового класса водоизмещением 61 тыс. т и мощностью машин 40 тыс. л.с. Ему необязательно заходить в порт, он предназначен доставлять грузы в лихтерах — несамоходных баржах. Лихтеры обычно сгружаются на рейде, и к потребителям доставляются буксирами. Предполагалось, что лихтеровоз можно будет вывести на международные трассы.

Атомные ледоколы превратили Северный морской путь в нормально действующую магистраль с общим потоком грузов 6.8 млн. т в год. В западном секторе Арктики навигация стала круглогодичной. Были повышены и скорости проводки судов и безопасность, исключены случаи зимовки судов во льдах. Возможности атомных ледоколов демонстрируются ежегодными круизами туристов на ледоколах к Северному полюсу.

Пока не получили развития транзитные перевозки грузов из Европы в Азию в два раза более коротким путем по сравнению с южными морями. Здесь из-за изменения ледовой обстановки колебания в доставке грузов могли достигать двух недель, что оказалось неприемлемым по коммерческим соображениям.

В настоящее время ядерные энергетические установки на 5 ледоколах выработали назначенный ресурс 100000 часов работы на мощности. В том числе на а/л «Ленин», который после 30 лет эксплуатации выведен из состава флота. У ледоколов предполагается продление ресурса ЯЭУ до 150000 часов. Мурманское морское пароходство подошло к решению этой задачи очень разумно. В ускоренную эксплуатацию был введен а/л «Арктика». Успешная работа его ЯЭУ в течение 160 000 часов подтверждает реальность ресурса установок 150 000 часов всех ледоколов, а для а/л «Арктика» установлен новый рубеж — 175000 часов При установленном ресурсе ЯЭУ 150000 часов число действующих ледоколов будет снижаться начиная с 2011 г., а в 2015 г. их останется всего два — «Ямал» и «50 лет Победы». Возможно оставить 3, если отремонтируют а/л «Сибирь». При условии продления ресурса до 175000 часов после 2019 г. останется в строю лишь 2 атомных ледокола.

Даже если сейчас начнется проектирование новых атомных ледоколов (на уровне министерств решения об этом уже принимались, но средств не выделялось), то новые ледоколы войдут в состав флота не ранее 2015 г.

Сейчас грузооборот по Северному морскому пути в результате перестройки упал в 2-3 раза. Для обеспечения перевозки норильской руды, игарского леса, грузов Северного завоза достаточно 2-3 атомных ледоколов. Но в Западном секторе Арктики ожидается значительное увеличение нефтеперевозок, для чего потребуется еще 3-4 атомных ледокола.

Прошедшие 10-15 лет ледовая обстановка в Арктике улучшилась. Но никто не знает, в какой степени усиление таяния льдов вызвано природными циклами, и в какой — парниковым эффектом. Временное ли это явление или оно будет продолжаться и приведет к существенному изменению температур и климата в Арктике. На этот счет нет единого мнения. Многие не соглашаются с утверждением, что мы имеем дело с необратимыми процессами. На протяжении длительных периодов климатические и ледовые условия в Арктике не претерпевали коренных изменений, хотя их колебания временами оказывались весьма впечатляющими.

Предлагаемый ООН раздел пространства Арктики.

Несмотря на эту неясность, уже сегодня происходит настоящая гонка за пространствами и громадными ресурсами Арктики. Инвесторы, соблазненные подводными месторождениями нефти и газа, и воодушевленные прогрессом техники, спешат освоить все более северные месторождения. Приближается великий передел Арктики между прибрежными государствами, один из вариантов этого передела приведен на рис. 5.

Тающие полярные льды откроют доступ не только к огромным месторождениям органического топлива, но и к другим сокровищам — удобным морским путям, новым крупным маршрутам, новым возможностям для рыболовства. Мир получит летнее сезонное судоходное пространство почти в 5 раз большее, чем в Средиземном море.

Но дрейфующие ледяные поля сохранятся даже летом. Необходимо будет обеспечивать безопасность и планомерную доставку к заданному сроку возрастающего потока грузов и увеличивающегося количества караванов судов. На этих маршрутах возрастет потребность в ледокольном обеспечении и для обустройства промыслов, их защите от дрейфующих льдов и айсбергов.

Когда за богатства Арктики начнутся нешуточные споры, наше присутствие на большом пространстве будет неоспоримым и очевидным, если мы будем иметь атомный ледокольный флот. Для этого, по-видимому, будет достаточно иметь 5-7 атомных ледоколов.

Для решения сложных инженерных проблем освоения месторождений предложены и нетрадиционные технические решения. Глубины моря в районах крупнейших месторождений — Русановского, Ленинградского превышают 100 м, а в районе Штокмановского месторождения 300м.

Значительные глубины, сложная ледовая обстановка, неблагоприятный ветровой, волновой, световой и температурный режимы сильно осложняют освоение месторождений с обычных платформ, масса которых достигает 1.5 млн. т. Есть предложения создать здесь подводную подледную систему добычи углеводородов, оборудованную атомными энергетическими установками, работающими круглогодично, независимо от ледовой обстановки. Она основывается на технологии, отработанной при создании отечественного атомного подводного флота, а также на опыте газового и нефтяного машиностроения. Мощность ЯЭУ буровых установок составит 15-20 МВт, судов промысловой обработки газа и конденсата — 20-30 МВт, обеспечения — 15- 20 МВт, энергетических судов — 12 МВт.

При обустройстве комплекса большую роль могут сыграть имеющиеся атомные ледоколы. Схема комплекса представлена на рис. 6.

Транспортировка грузов может также осуществляться подводным транспортом с ЯЭУ. Возможность выбрать кратчайший путь независимо от состояния водной поверхности, высокая скорость движения открывают широкие возможности для транзитных перевозок из Европы в Азию и обратно. Для прохода мелководного Берингового пролива возможно придется иметь подводные танкеры ледового класса, имеющие проходимость во льдах толщиной 1-1.5 м. Одновременно были предложены и подводные контейнеровозы.

В связи с проблемами захода атомных судов в порты появились предложения о расположении ЯЭУ в отдельном кормовом модуле, который может отделяться от остальной части судна перед заходом в порт и в случае аварии судна или ЯЭУ.

Конечно, подобная структура добычи и транспортировки углеводородов требует значительной научной и инженерной отработки. Возможно, к этому времени найдутся приемлемые решения добычи углеводородов и на суше с больших глубин — 10-12 км, где по мнению некоторых геологов, сосредоточены запасы углеводородов, во много раз превышающие запасы в поверхностных слоях земли. А что будет экономичнее — покажет время.

Есть еще одна сфера применения атомной энергетики — добыча твердых полезных ископаемых с морского дна. Морское дно — кладовая сокровищ, в которой хранятся запасы минерального сырья, существенно превышающие подобные запасы на суше. На дне океана уже открыты огромные месторождения железных, марганцевых, никелевых, медных, кобальтовых руд с большим содержанием цветных редких металлов.

Конечно, подводная добыча дороже, чем на суше. Но благодаря более высокому содержанию металлов в руде, она уже экономически целесообразна на шельфе (олово в Ванькиной губе в Восточно-Сибирском море, железная руда Ньюфаундленда, медь в Атлантическом океане).

Но главные богатства — на больших глубинах 4-7 км. Для их освоения необходимо сооружение могущих длительно находиться на дне атомных энергетических промышленных комплексов, подобных комплексам для подводной и подледной добычи нефти и газа. Создать их гораздо сложнее, это техника завтрашнего дня.

Сначала можно ожидать такого же передела океанских территорий, к которому сейчас приступают в Арктике. Некоторые страны, в частности Япония, ввиду острого дефицита сырьевых ресурсов на суше, начала поисковые разработки глубоководных аппаратов с атомной энергетикой, способных работать на глубине 6.5 км.

Сейчас начинает вырисовываться перспектива ренессанса атомной энергетики на суше и на море. Крупнотоннажные суда, на которых атомная энергетика более конкурентоспособна по сравнению с судами на органическом топливе вряд ли будут регулярно допускаться в порты,крупных городов,несмотря на безопасность их энергетических установок.

Возможно, их будут принимать на удаленных от городов терминалах, оборудованных соответствующими подъездными путями, как это сделано было для японского атомного исследовательского судна «Муцу». Не исключена и рейдовая разгрузка атомных судов, подобная той, что применяется для супертанкеров и лихтеровозов.

Отработанная технология морских ядерных энергетических установок может найти применение и в других областях. В России имеются утвержденные технические проекты плавучих атомных энергетических станций мощностью 6 МВт (э) и 70 МВт (э). Они могут также обеспечивать теплоснабжение отдаленных поселков и использоваться для опреснения воды.

Возможно применение морских атомных установок модульного типа для электро- и теплоснабжения удаленных населенных пунктов и на суше.

**Заключение**

Суда с атомными энергетическими установками хорошо себя зарекомендовали в Арктике, где требуется длительная работа на больших мощностях в отрыве от портов.

Даже в условиях предполагаемого потепления в Арктике, открывающего доступ к крупнейшим месторождениям углеводородов, необходимость ледокольного обеспечения на вновь открываемых трассах сохраняется.

Атомная энергетика открывает и нетрадиционные технические решения добычи углеводородов — подводными и подледными комплексами.

Она позволяет также приступить к детальной разведке минеральных богатств с высоким содержанием металлов в руде в виде различного вида конкреций и корок и освоению способов их добычи на глубинах 4-7 км комплексами, использующими ядерные энергетические установки.

Крупнотоннажные и высокоскоростные атомные суда получат распространение только после того, как будет найдено более простое решение проблемы захода в порты: разгрузки на рейде или на удаленных от порта, являющегося как правило, крупным городом, терминалах, связанных подъездными путями с основными транспортными магистралями.