

Аналитический обзор "Беллоны"

2008

**Подводный буровой комплекс с
ядерной энергетической
установкой для освоения
нефтегазовых месторождений
шельфа арктических морей
России**

Владислав Ларин



BELLONA

Аналитический обзор "Беллоны"

BELLONA
www.bellona.ru

Опубликовано
The Bellona Foundation

Норвегия:

P.O.Box 2141 Grünerløkka
N-0505 Oslo
E-mail: bellona@bellona.no

Россия:

"Беллона-Мурманск"
Россия
183038 Мурманск
а/я 4310
Эл. почта: russbell@polarcom.ru

ЭПЦ "Беллона"
Россия
191015 С. Петербург
а/я 15
Эл. почта: mail@bellona.ru

Бельгия:

Bellona Europe
Rue du Trône 61
1050 Brussels
Belgium
E-post:europe@bellona.org

США:

Bellona USA
P.O. Box 42090
Washington DC 20015
USA
E-mail: usa@bellona.org

URL: <http://www.bellona.ru/>

Автор аналитического обзора: Владислав Ларин.

Аналитический обзор опубликован на: русском и английском языках.
Перевод с русского на английский Мария Каминская.
Перепечатки разрешаются со ссылкой на источник.
Мы будем рады получить ваши комментарии.

Ключевые слова: Штокман, Карское море, Баренцево море, плавучая АЭС, АПЛ.

Резюме

Россия планирует широкомасштабное освоение нефтяных и газовых месторождений на Арктическом шельфе. В связи с суровыми климатическими условиями и энергоемкостью добычи появились предложения по использованию подводного бурового комплекса, энергия для которого будет вырабатываться на атомных энергетических установках.

После распада Советского Союза сотни конструкторских бюро, занимавшихся разработкой атомных подводных лодок и оставшихся не у дел, искали пути выживания, предлагая внедрение неопробованных, экономически невыгодных и крайне рискованных технологий.

В частности, одна из идей, которая возникла в 90х годах, заключалась в использовании атомных подводных лодок в качестве подводных грузовиков на трассе Северного морского пути. Эта идея была отвергнута из-за экономической нецелесообразности и огромного риска подобных операций.

Тем не менее, российский атомпром не переставал искать сферы применения своим разработкам. Сейчас сферой его приоритетов является использование ядерных энергетических установок для разработки месторождений Арктического шельфа.

В 80х-90х годах на Арктическом шельфе Баренцева и Карского морей были обнаружены большие запасы газа и нефти. Освоение этих месторождений было затруднено суровыми климатическими условиями в регионе. Одним из предложенных решений является использование подводного добывающего комплекса. Такой комплекс и разрабатывается конструкторскими бюро, которые в свое время проектировали атомные подводные лодки. Они предлагают построить подводные буровые комплексы, подводные суда обеспечения, ледоколы, плавучие атомные станции и т.п., для освоения арктических месторождений.

"Беллона" считает, что освоение Арктического шельфа само по себе сопряжено с многочисленными экологическими рисками, не говоря о том, что ни у одной страны мира нет опыта работы в таких условиях. Эти риски существенно увеличиваются за счет использования атомной энергетики. В случае возникновения аварийной ситуации, будет очень затруднительно (если вообще возможно) провести операцию по ликвидации последствий. Более того, экономическая составляющая подобных проектов выглядит крайне неубедительно.

"Беллона" опасается освоения месторождений нефти и газа в Арктике, поскольку этот мало изученный регион является самым уязвимым на планете и не выдержит большой промышленной нагрузки. "Беллона" уверена, что использование атомной энергии при освоении этих месторождений является проявлением безответственности и авантюризма.

Содержание

Резюме	5
Содержание	6
1. Рождение идеи	7
2. Трансформация идеи	8
2.1. Первый этап - "конверсия" на скорую руку.....	8
2.2. Второй этап - углубленная "конверсия".....	9
3. Оценка условий на нефтегазовых месторождениях шельфа Баренцева и Карского морей	12
3.1. Природные и климатические условия региона	12
4. Подводный буровой комплекс с ядерной энергетической установкой	13
4.1. Общие сведения	13
4.2. Проект ПБК становится все более грандиозным	14
4.3. Предполагаемое энергообеспечение ПБК	15
5. Оценка рисков и анализ вероятных последствий	18
5.1. Обзор возможных рисков.....	18
5.2. Вероятные последствия развития аварийной ситуации	21
6. Экономическая оценка проекта ПБК	24
6.1. Сведения о запасах и общая оценка стоимости освоения	24
6.2. Конкурентные технологии для освоения нефтегазовых месторождений	25
6.3. Экономическая сторона проекта ПБК.....	26
7. Оценка возможностей российской промышленности	28
Заключение	29
Приложение 1	30
Приложение 2	31
Приложение 3	32
Приложение 4	33
Приложение 5	34
Приложение 6	35

Часть 1

1. Рождение идеи

В начале 90-х годов ХХ века политическая необходимость заставила руководство России в срочном порядке снимать с боевого дежурства и выводить из эксплуатации большое количество доставшихся ей после распада СССР атомных подводных лодок (АПЛ), несущих ядерные вооружения. В тот период из эксплуатации выводились преимущественно боеспособные АПЛ второго и третьего поколений, которые еще обладали неплохими мореходными качествами и характеристиками. Ни одно из заинтересованных ведомств, причастных к этой проблеме (создававшие ядерные энергетические установки - ЯЭУ для АПЛ атомщики, проектировавшие АПЛ военные конструкторские бюро, строившие АПЛ корабелы и эксплуатирующие АПЛ военные моряки) не хотело, да и физически не могло быстро решить задачу по уничтожению флота из примерно 200 выведенных на тот период из эксплуатации АПЛ.

В то время на одной научно-практической конференции Минатома прозвучала идея использовать АПЛ с вырезанными ракетными шахтами и торпедными аппаратами для перевозки мирных грузов под льдами по Северному морскому пути. Речь шла о рудах из заполярных месторождений и грузах снабжения для северных промышленных городов - в первую очередь Норильска. У независимых от Минатома аналитиков эта идея вызвала сомнения по двум причинам:

- была непонятна экономическая сторона предложения;
- отсутствовала какая-либо оценка ожидаемых рисков.

Поскольку никаких данных по этим двум вопросам атомщики и военные предоставить не смогли, приходилось рассматривать проблему и задавать вопросы исходя из "бытовой" логики.

Во-первых, если эта идея столь хороша, то почему она не была реализована во времена СССР, когда значительная часть финансовых, материальных и человеческих ресурсов страны направлялась на военно-оборонные цели (военная ориентация всех атомных проектов мало у кого вызывала сомнение). Почему вместо грузовых АПЛ был создан надводный ледокольный флот? Почему тема строительства атомных подводных грузовых судов (сухогрузов и танкеров) даже не обсуждалась в период "атомной эйфории", когда применение атомной энергии во всех областях хозяйственной деятельности казалось делом ближайшего будущего?

Во-вторых, хотя определенные сведения об авариях, связанных с АПЛ в то время в открытом доступе отсутствовали, но в общем было известно, что аварийность на атомном подводном флоте очень высока. Причем аварии случались как навигационные, связанные с ошибками при управлении подводным боевым кораблем, так и радиационные, связанные с ненадежной работой элементов ЯЭУ и паропроизводящих установок (ППУ). Сколько стоит ликвидация последствий аварии на боевом подводном корабле руководству как Минатома, так и ВМФ было хорошо известно.

В третьих, правильное расположение и надежное закрепление груза на борту АПЛ является одним из ключевых факторов обеспечения живучести подводного корабля. Обеспечить надежное закрепление насыпных, а тем более наливных грузов мирного назначения представляется непростым делом.

Короче, как было резюмировано в одной критической статье того времени, экономически оправданной представлялась перевозка таким образом лишь золота в слитках. Поскольку необходимого для содержания "мирного" атомного подводного флота количества золота в стране не нашлось, идея применения боевых АПЛ в качестве сухогрузов умерла сама собой.

Часть 2

2. Трансформация идеи

2.1. Первый этап - "конверсия" на скорую руку

Неудачная попытка применения построенных атомных подводных кораблей военного назначения в мирных целях

Итак, идея применять атомные боевые подводные корабли в качестве мирных грузовиков умерла, а основная часть списанных из флота АПЛ была разрезана на металлом. Но в Минатоме, профильных конструкторских бюро (КБ) и на судостроительных заводах остались работать те люди, которые всю свою жизнь посвятили разработке, конструированию и строительству АПЛ. Они хотели заниматься этим и дальше - несмотря на утрату стратегической необходимости и прекращение бюджетного финансирования. Необходимо было лишь найти источник инвестиций. Поскольку основным источником финансирования чего угодно в России являются структуры нефтегазового сектора, именно туда решили обратиться за инвестициями конструкторы подводных аппаратов.

В самом конце 80-х годов XX века руководство конструкторского бюро "Малахит" (в течение десятилетий атомной гонки занимавшееся проектированием подводных боевых кораблей) выступило с предложением к компании "Роснефть" (обеспечивавшей в то время завоз нефтепродуктов по Северному морскому пути в города и населенные пункты советского Заполярья) построить для этих целей атомный подводный танкерный флот. Были разработаны проекты подводных лодок трех типов - танкер, сухогруз и контейнеровоз. Но стоимость проекта была такова, что даже госбюджет не мог его финансировать, а частная компания - тем более. Так что и эта идея не получила поддержки бизнеса. Хотя поиски инвесторов продолжались.

В начале 90-х годов XX века, когда шла приватизация государственной собственности, новые владельцы заполярного комбината "Норильский никель" искали способы снижения транспортных расходов для снабжения предприятия и окружающей его городской агломерации всем необходимым в рамках "северного завоза". И опять утратившие госзаказ строители атомных подводных кораблей увидели в этом возможность "конверсии".

Дело в том, что строившаяся в то время серия ракетных подводных крейсеров стратегического назначения (РПКСН) проекта 941 (по советской классификации - "Акула", по классификации НАТО - "Typhoon / Тайфун") столкнулась с прекращением финансирования из госбюджета. Шесть кораблей были достроены и приняты флотом, а седьмой "корпус" стоял на стапеле северодвинского завода "Севмаш" недостроенный. Деньги на его строительство были истрачены немалые (оценочная стоимость одного РПКСН составляет около 800 млн. долл. без учета стоимости вооружений и средств связи) и желание его создателей хоть кому-нибудь продать ставший ненужным стране атомоход представляется вполне понятным.

К этому времени военным морякам и всем причастным к обслуживанию "Тайфунов" стала очевидна ошибочность решения по строительству столь больших подводных кораблей. Их размеры и осадка не позволяли выходить за пределы арктического региона. Назначение "Тайфунов" заключалось в том, чтобы передвигаться под льдами Северного ледовитого океана в ожидании начала атомной войны, а когда станет очевидным, что она началась - уничтожить половину земного шара мощью своих ракет. Но "потенциальный противник" вместо того, чтобы искать РПКСН под льдом пошел по пути совершенствования систем распознавания, перенацеливания или уничтожения его ракет в полете. И эти большие и очень дорогие АПЛ сделались бесполезными.

Кроме того, существовавшие базы для обслуживания АПЛ не подходили для "Тайфунов" в силу тех же причин, а специальные базы и причалы для погрузки / разгрузки и обслуживания так и не были оборудованы. Так что идея применения атомоходов проекта 941 в качестве грузовиков заведомо была обречена на неудачу. Но у них была одна особенность, за которую зацепились "атомные" кораблестроители в своем желании найти гражданских заказчиков вместо военных.

В отличие от конструкции всех АПЛ прежних проектов, где ракетные шахты располагаются внутри прочного корпуса, у "Тайфунов" ракеты были столь велики, что их пришлось вынести за пределы прочного корпуса и расположить в межкорпусном пространстве носовой части - перед центральной надстройкой. С этим техническим решением была связана идея изменить переднюю часть и вместо ракетных шахт установить там транспортный отсек грузоподъемностью до 10

тыс.т. Именно с таким предложением выступило руководство ЦКБ "Рубин" к новым владельцам комбината "Норильский никель".

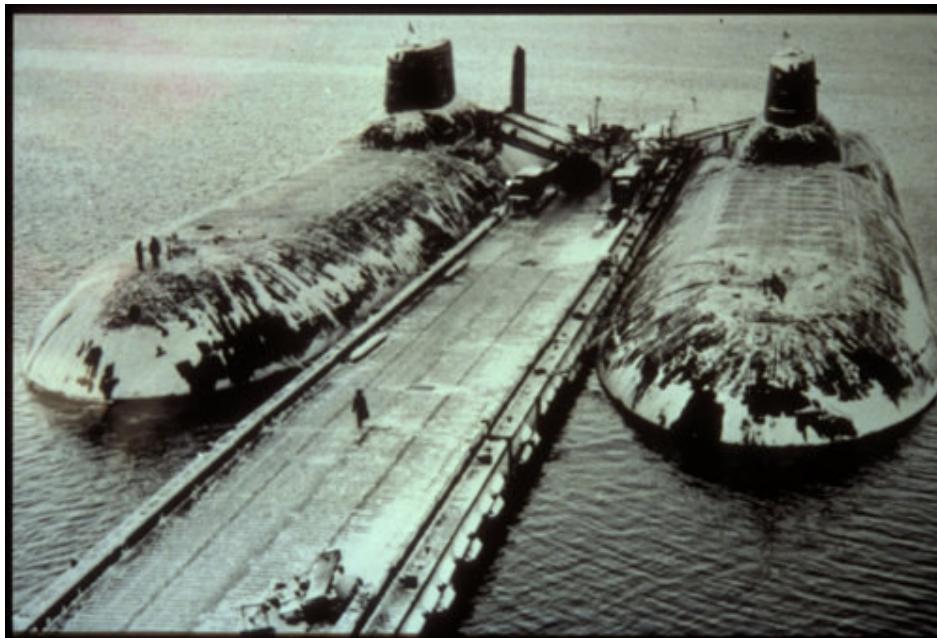


Рис. 1 Две атомные подводные лодки типа "Акула" (по классификации НАТО -- "Тайфун"). Источник: архив "Беллоны".

Судя по тому, что идея строительства атомных подводных транспортных кораблей практически нигде не обсуждалась, бизнес быстро понял нереальность подобного предложения. Среди основных "узких мест" можно назвать следующие:

- высокая стоимость эксплуатационных расходов (которая никогда серьезно не обсуждалась в силу военного назначения подводного корабля);
- неопределенность ситуации с ядерной и радиационной безопасностью (отсутствие информации по аварийности как на корабле этого проекта, так и на аналогичных атомных подводных кораблях);
- невозможность произвести оценку рисков (что является обязательным условием коммерческого проекта) по причине закрытости основного массива информации - в связи с тем, что аналогичные корабли военного назначения еще находились в составе Северного флота;
- отсутствие оборудованных баз для погрузки / разгрузки и технического обслуживания кораблей;
- ограниченность глубин фарватера на основном маршруте Северного морского пути Мурманск - Диксон - Дудинка (невозможность преодолевать весь маршрут в подводном положении из-за небольших глубин моря / реки Енисей, разности плотности морской воды для которой он проектировался и речной / опресненной воды в регионе "мирного" применения, и слишком больших размеров корабля).

Итак, первые попытки "конверсии" атомной подводной техники военного назначения в мирный бизнес были признаны неудачными. Но поскольку материальные, финансовые и людские вложения в технические / технологические решения для атомного направления военно-промышленного комплекса (ВПК) были огромными, желание получить от них хоть какую-то коммерческую отдачу не проходит до настоящего времени.

2.2. Второй этап - углубленная "конверсия"

Военные технологии - в нефтегазовый бизнес Заполярья

Развитие открытых в 80-е и 90-е годы XX века нефтегазовых месторождений на шельфе Баренцева и Карского морей в значительной мере сдерживается суровостью климатических условий Заполярья. Стоимость добываемого там углеводородного сырья более чем в 4 раза превышает стоимость добычи в более южных морях. Соответственно, для освоения этих месторождений требуются существенно большие инвестиции в развитие новых технологий добычи углеводородов. И здесь идеи конструкторов боевых атомных подводных лодок рассматриваются на конкурентной основе со всеми другими способами добычи.

Проблема которую они предлагают решить очевидна: основная часть разведанных в России запасов природного газа располагается за полярным кругом, в зоне вечной мерзлоты и крайне суровых климатических условий. Любые работы, связанные с бурением скважин и транспортировкой добытого газа на материковой части можно производить там только в зимнее время. Летом, когда оттаивает верхний слой многолетней мерзлоты, практически все работы останавливаются. И делается это не потому, что нефтяники и газовики хотят соблюдать какие-то природоохранные требования - просто летом техника тонет в болотах, а главным транспортным средством становится вертолет - стоимость эксплуатации которого в качестве повседневного транспорта слишком высока даже для нефтегазового бизнеса.

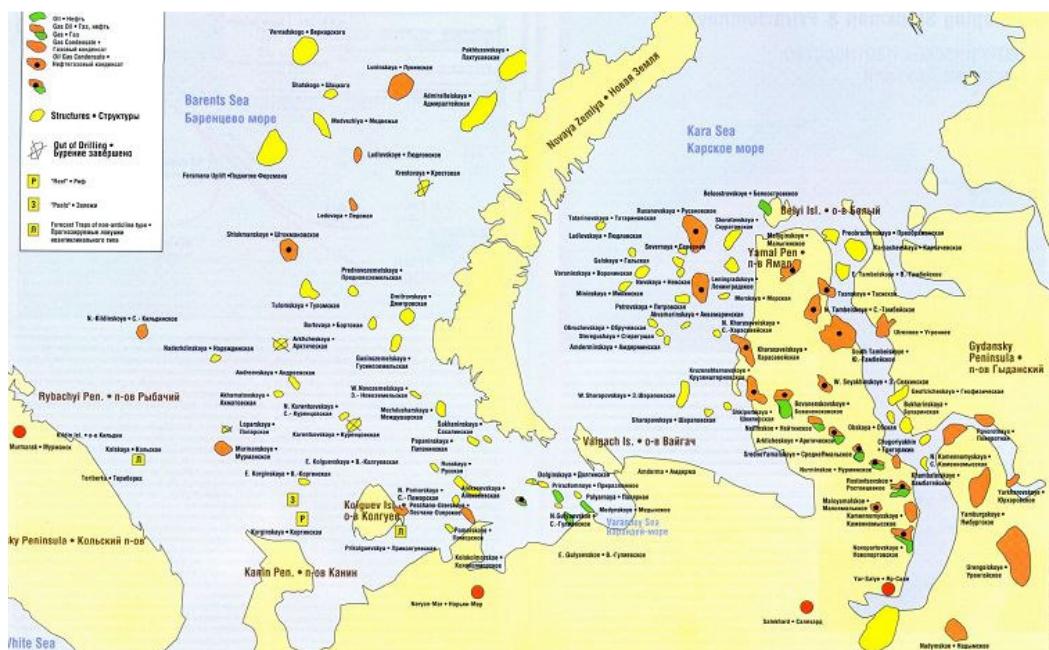


Рис. 1 Нефтегазовые месторождения и их структура в Баренцевом и Карском морях.
Источник: архив "Беллоны".

В результате каждый доставленный потребителям кубометр заполярного природного газа обходится в 4 раза дороже по сравнению с тем, что добывается в более южных районах. Для сравнения можно сказать, что бурение одной разведочной скважины глубиной 3500 м в теплых регионах стоит примерно 2,5 млн. долл., а в Заполярье - около 10 млн. долл. В последние годы возрастает интерес к природному газу, залегающему под шельфовой зоной арктических морей, что еще более повышает стоимость добычи и заставляет задуматься над новыми техническими решениями для обеспечения этих работ.

Мировой опыт добычи нефти и газа с морского дна достаточно велик, но малоприменим в условиях готовящихся к освоению газовых месторождений Карского и Баренцева морей. Дело в том, что основной опыт подобных работ накоплен в теплых морях, где климатические условия мягкие, моря не покрываются льдом, а проносящиеся время от времени ураганы хотя и представляют серьезную опасность, но заранее прогнозируются, что позволяет принимать меры предосторожности. Этот опыт дорого достался международным нефтегазовым гигантам. Ряд имевших место серьезных аварий и даже потерь целых буровых платформ они не готовы повторять в Заполярье. Стоимость одной платформы составляет около 2 млрд. долл в ценах 2000 г. Ее потеря способна серьезно повлиять как на финансовое положение, так и на имидж компаний.

В связи с этим идея проектирования и строительства подводного бурового комплекса представляется вполне логичной. Во всяком случае если исходить из того, что увеличение стоимости углеводородов может продолжаться до бесконечности и в любом случае потребитель оплатит все расходы на добычу и транспортировку ресурса. Использование тех наработок, которые существуют у конструкторов АПЛ, по их мнению может оказать неоценимую услугу нефтегазовому комплексу. Первым с подобным предложением выступило оставшееся без госзаказа подразделение ОАО ЦКБ "Лазурит" (Нижний Новгород), занимавшееся шельфовым разработкам. Руководил группой главный конструктор подразделения С.А.Лавковский.

Часть 3

3. Оценка условий на нефтегазовых месторождениях шельфа Баренцева и Карского морей

3.1. Природные и климатические условия региона

Основным фактором, затрудняющим разработку нефтегазовых месторождений Баренцева и Карского морей, являются суровые климатические условия, значительные глубины залегания ресурсов, немалые глубины шельфовых морей. Но главное - постоянно движущие / дрейфующие сплошные ледяные поля, мощность которых достигает 2 м при площади многие тысячи квадратных километров. Ни одна созданная человеком конструкция не способна противостоять такому натиску природных сил.

Характеристики природных и погодных условий в регионе работы ПБК (Карское море) предполагаются следующие:

- глубина моря - 70-400 м;
- высота волн - 5 м;
- скорость ветра - 25 м/сек;
- скорость подводного течения - 0,8 м/сек;
- температура воды от - 2° С в зимний период до + 11° С в летний период;
- температура воздуха от - 50° С в зимний период до + 25° С в летний период;
- мощность льда - 2 м;
- сплошность льдов - 10 баллов;
- продолжительность периода сплошного оледенения - 10 месяцев.

Нигде в мире нет опыта бурения скважин на шельфе с целью поиска и добычи нефтегазовых ресурсов в таких условиях, которые существуют на шельфе Карского и Баренцева морей. Наиболее близкие условия имеются на шельфовых месторождениях Северного моря, но там нет главного осложняющего фактора - продолжительного мощного оледенения моря. Именно это ограничивает возможности бурения и являются главным оценочным фактором при рассмотрении возможных технологических решений.

Сходным по климатическим условиям с Русановским и Ленинградским месторождениями является Штокмановское месторождение природного газа, расположеннное в центральной части Баренцева моря. Глубины моря там превышают 350 м, а расстояние до побережья Кольского полуострова - около 600 км. Основное отличие этого месторождения от рассматриваемых Ленинградского и Русановского месторождений заключается в отсутствии постоянного оледенения моря - сказывается влияние ветви течения Гольфстрим. В регионе Штокмановского месторождения присутствует значительное количество льда в виде айсбергов и ледяных полей небольшой площади. Это затрудняет работу буровой платформы, но все-таки позволяет ее эксплуатацию.

Часть 4

4. Подводный буровой комплекс с ядерной энергетической установкой

4.1. Общие сведения

Учитывая климатические и природные условия Баренцева и Карского морей представляется очевидным, что промышленное бурение на имеющихся там месторождениях природного газа возможно только с погруженных / лежащих на морском дне подводных платформ. Для обслуживания как самих платформ, так и всего комплекса судов обеспечения требуется создание новых технических средств, способных продолжительное время автономно работать находясь в подводном положении. А для обеспечения деятельности этих средств необходимо очень большое количество энергии - что дало новый импульс обсуждению идеи использования ядерных энергетических установок.

Активным проводником этой идеи в сознание потенциальных инвесторов называют академика Е.П.Велихова. Он известен тем, что в течение последних сорока лет возглавляя подразделения московского Института атомной энергии им.Курчатова (ныне - Российский научный центр "Курчатовский институт"), занимался развитием термоядерного направления атомной энергетики. Практического успеха эти работы не имели, хотя поглотили огромные финансовые и материальные ресурсы. Сам академик считает, что практическое применение энергии термоядерного синтеза будет возможно не ранее 2100 г. А пока ядерные технологии военного назначения можно попытаться приспособить к "мирным" работам, связанным с добычей природного газа на шельфе заполярных морей российского сектора Арктики.

В общем суть идеи, проектно-документальное оформление которой началось в 2003 г., может быть представлена следующим образом. Подводный буровой комплекс (ПБК) состоит из донной опорной плиты (ДОП) и подводного бурового судна (ПБС). ДОП устанавливается на морском дне стационарно и на этапе бурения служит опорой для ПБС, а после завершения бурения на ней устанавливается оборудование для промышленной добычи природного газа и его передачи на сушу для дальнейшей транспортировки потребителям. ПБС (в современных проектных материалах проходящее под названием "Аквабур") имеет на борту оборудование для бурения куста из 8 скважин глубиной до 3.500 м каждая при глубинах моря от 70 до 400 м. На борту имеется буровая установка и запас расходных материалов достаточных для бурения одной скважины. Для дальнейшего бурения расходные материалы на борт судна предполагается доставлять в контейнерах. На ранних этапах проекта энергоснабжение ДОП и ПБС предполагалось осуществлять с берега по электрическому кабелю. В последних проектных материалах определено говорится о применении ЯЭУ в качестве основной энергетической установки на всех плавучих объектах (подводных и надводных судах).

ДОП планируется строить и испытывать в заводских условиях, после чего буксировать в надводном положении к месторождению. Там ее предполагается устанавливать на дно, подсоединять к транспортным трубопроводам и подключать к внешнему энергоснабжению. ПБС должно передвигаться по поверхности плиты как по рельсам от одного устья скважины к другому и производить бурение. Отработанный буровой шлам от всех восьми проектных скважин предполагается хранить в емкостях, расположенных в основании донной опорной плиты. Срок службы ДОП проектировщиками не оговаривается. По всей видимости одна плита используется до полной выработки запасов восьми скважин, которые бурятся с ее поверхности, после чего она остается лежать на дне моря.

ПБС первоначально проектировалось как несамоходное плавсредство, буксируемое с заводом-изготовителем (предположительно завода "Севмаш") в регион базирования в надводном положении. Позиционирование ПБС над плитой и его затопление / "посадка" на ДОП предполагалось как сложная многофазовая операция с большим количеством непроработанных деталей, которые предполагалось выяснить и детализировать в процессе проектирования. То есть схема создания ПБС представляется сходной схеме создания боевых АПЛ, когда задача уточняется, а возможность ее выполнения изучается в процессе проектирования и строительства плавсредства.

Подобное развитие проекта противоречит схеме реализации типичного бизнес-плана, когда все детали реализации, связанные с особенностями эксплуатации, возможными рисками и

предполагаемым увеличением стоимости проекта просчитываются на стадии подготовки инвестиционной заявки. Учитывая объем необходимых для реализации бизнес-плана инвестиций, уже на ранних этапах проектирования оцененные в 9,5 млрд долл., было ясно: с такой проработкой проекта даже стартовые инвестиции крайне маловероятны.

Согласно замыслу проектировщиков, срок эксплуатации ПБС составляет 30 лет. Из них четыре года судно работает на донных плитах, после чего в течение одного года проходит заводской ремонт. То есть жизненный цикл судна рассчитан на 6 этапов эксплуатации и 5 заводских ремонтов, что существенно больше, чем имеющийся опыт эксплуатации боевых АПЛ. Ни один из подводных боевых кораблей не прошел такого количества плановых заводских ремонтов, поэтому возможности подобного режима эксплуатации определенно неизвестны.

Общие характеристики подводного бурового судна (ПБС):

- длина - 99;
- ширина - 31 м;
- высота - 33 м;
- осадка - 9 м;
- водоизмещение - 22.850 т;
- численность экипажа - 60 чел.

Общие характеристики донной опорной плиты (ДОП):

- длина - 123 м;
- ширина - 30 м;
- высота - 15 м;
- осадка - 7 м;
- водоизмещение - 8.900 т;
- численность экипажа ДОП не определена.



Рис. 2 Атомная подводная буровая установка. Источник: Лавковский С.А.

4.2. Проект ПБК становится все более грандиозным

По мере углубления понимания масштабов той задачи, которую предполагается решить на шельфе Заполярья и в связи с ростом ожидаемых инвестиционных затрат, авторский коллектив

создателей ПБК трансформирует и усложняет технические и технологические решения, объединяемые понятием "подводный буровой комплекс".

Выше мы говорили о публикациях, в которых речь шла об обобщенных ожидаемых работах и ресурсах, требуемых для освоения Русановского и Ленинградского месторождений. Сейчас мы рассмотрим данные, представленные основным проектировщиком - ОАО ЦКБ "Лазурит" из Нижнего Новгорода относительно необходимого технического обеспечения работ на Ленинградском месторождении в Карском море (предположительные запасы - 1.000 млрд м³ газа, предположительные сроки исчерпания при заявленных темпах добычи - менее 12 лет).

Проектировщики считают, что для ежегодной добычи 86,6 млрд. м³ природного газа в год в течение 5 лет необходимо пробурить 96 скважин средняя глубина каждой - 2.500 м.

Для этого должны быть построены следующие объекты:

- 3 подводных буровых судна;
- 12 донных опорных плит;
- 3 манифольда;
- 3 подводных судна обеспечения;
- 2 ледокольных судна поддержки;
- 2 подводных ремонтных судна;
- 1 плавучая АЭС;
- 1 подводная атомная электростанция;
- 96 скважин глубиной 2.500 м;
- подводные трубопроводы;
- подводные энергокоммуникации;
- береговые технические средства (береговая инфраструктура для приема и подготовки добываемого природного газа).

Далее будут оценены следующие позиции:

- ожидаемые риски, с которыми столкнутся авторы при реализации проекта;
- предполагаемые инвестиции, требующиеся для его завершения;
- технические и производственные возможности отечественной промышленности, которые могут быть мобилизованы для выполнения поставленной задачи.

Опыт реализации столь масштабной программы невоенного назначения в России отсутствует. Поэтому предстоит оценить отдельные элементы проекта - исходя из известного научно-технического и производственного опыта.

4.3. Предполагаемое энергообеспечение ПБК

Выше мы говорили, что в ранних проработках проекта подводного бурового комплекса предполагалось обеспечивать ПБС и ДОП электроэнергией по кабелю от расположенного на берегу источника. Тип этого источника не указывался, но по некоторым деталям можно было предположить, что это будет ТЭС на природном газе. В более поздних / недавно опубликованных материалах определено сказано, что в качестве источника энергии предполагается использовать две атомные электростанции. Одна плавучая атомная электростанция мощностью 300 МВт (ПАЭС-300), вторая - подводная атомная электростанция мощностью 105 МВт (тип не указан).

Следует отметить, что согласно имеющейся в нашем распоряжении калькуляции предполагаемых затрат / необходимых инвестиций на создание ПБК отсутствует позиция энергообеспечения создаваемых в рамках проекта подводных и надводных объектов. Это значит, что потребуются дополнительные ресурсы, учет которых в общей калькуляции способен существенно понизить инвестиционную привлекательность проекта. Именно поэтому в опубликованных проектных материалах отсутствуют даже приблизительные оценки расходов на создание атомного энергетического хозяйства. Оценку предполагаемых затрат можно провести на основании имеющихся данных о стоимости подобных объектов.

Скажем, в настоящее время на начальном этапе реализации находится проект строительства малой плавучей АЭС КЛТ-40С для закрытого административного территориального образования (ЗАТО) г. Вилючинска (п-ов Камчатка). Ее запланированная электрическая мощность составляет 77 МВт, а общая стоимость проекта оценивается в 10,2 млрд. руб (в ценах 2007 г).

Применив несложные расчеты, можно выяснить, что 1 МВт установленной мощности будет стоить около 132 млн. руб (5,3 млн. долл. - по курсу 2007 г.). Если стоимость работ, связанных со строительством и установкой ПАЭС-300 в регионе деятельности ПБК будет исчисляться исходя из такой же стоимости 1 МВт установленной мощности, то стоимость ПАЭС-300 составит 1,6 млрд. долл. Реальная стоимость, скорее всего, будет выше поскольку в этой сумме не учтены некоторые параметры - например, проценты по банковскому кредиту, подготовительные фарватерные работы в районе предполагаемой установки ПАЭС, а также расходы на сертификацию и страхование ядерной энергетической установки коммерческого назначения.

Стоимость 1 МВт установленной мощности на планируемой подводной АЭС будет существенно выше - как за счет более сложных технологических решений, требующихся для подводного объекта, так и по причине предполагаемых более высоких требований к безопасности атомного подводного объекта гражданского назначения (кстати, никаких данных относительно наличия разработанных требований на этот счет не обнаружено). Так что можно достаточно определенно предположить, что 1 МВт установленной мощности будет стоить не менее 250 млн. руб (10 млн. долл. - по курсу 2007 г.), а стоимость самого подводного энергетического объекта с атомной установкой мощностью 105 МВт приблизится к 1 млрд. долл.

Таким образом, стоимость источника энергии для работы ПБК способно увеличить бюджет проекта примерно на 3 млрд. долл. Причем речь идет только о стоимости создания ядерных энергетических объектов. Дополнительно потребуются инвестиции для создания базы обслуживания плавучих объектов с ЯЭУ, подготовки ядерного топлива, мест длительного хранения отработавшего ядерного топлива и т.д.

Следует отметить, что в России пока нет ни одного успешного примера завершения строительства и эксплуатации плавучих (а тем более - подводных) АЭС гражданского назначения. Остается непонятной ситуация вокруг строительства первой плавучей атомной тепловой электростанции (ПАТЭС), которую предполагалось установить на рейде Северодвинска для снабжения города электроэнергией. Корпус для нее строили на предприятии "Севмаш" в Северодвинске, но летом 2008 г. было принято решение перевести его в Санкт-Петербург для завершения монтажа.

Оптимисты полагают, что это означает вступление работ в завершающую стадию - ПАЭС готова к монтажу ЯЭУ и началу испытаний. В то же время известно, что на конференции Минатома весной 2008 г. близкими к этой проблеме специалистами обсуждался вопрос - какой тип реактора следует выбрать для установки на ПАТЭС. Одни специалисты предлагают установить на нее один из имеющихся типов "лодочных" реакторов военного назначения. Другие считают, что необходимо создать новую конструкцию с учетом требований проектирования энергетических установок коммерческого назначения (поскольку только в этом случае станет возможным пройти этапы сертификации). Проблема заключается в том, что готовых реакторных установок в настоящее время в распоряжении атомщиков нет, а создавать новую "с нуля" - дело весьма дорогое и скорее всего непосильное для имеющихся в распоряжении Росатома кадров.

Также предметом внимательного рассмотрения и интересной темой для обсуждения на конференции стала безопасность взаимодействия системы ПАТЭС с окружающей средой и причальными сооружениями. Согласно приведенным сведениям, первую строящуюся ПАТЭС планируется установить в бухте Никольское устье в Северодвинске - с целью выработки электроэнергии для снабжения города. Но выбранное место имеет ряд недостатков, которые способны существенно усложнить реализацию проекта. Среди этих недостатков:

- в районе планируемой установки станции обнаружены следы как современных, так и древних тектонических процессов;
- для установки станции необходимо провести углубление дна на 12 м, что способно существенно ускорить сползание подводного грунта в местах расположения 108 хозяйственных объектов - которые будут разрушены или вместе с грунтом начнут сползать в море;
- совершенно не изучена последствия обрастаания корпуса станции водными организмами в условиях возможного прогрева воды вокруг объекта до +40°C;
- моделирование циркуляции охлаждающей реакторы ПАТЭС воды в заливе показывает, что возможно нарушение охлаждения реактора;
- тип предполагаемого крепления ПАТЭС к причалу при определенных погодных условиях способно разрушить корпус станции, что приведет к ее затоплению.

В связи с этим можно сказать, что проект ПАТЭС - как в части применения реакторной установки, так и в части установки станции - остается недостаточно проработанным. Очевидно,

что его реализация приведет к снижению ядерной и радиационной безопасности региона потенциальной добычи природного газа в шельфовой зоне.

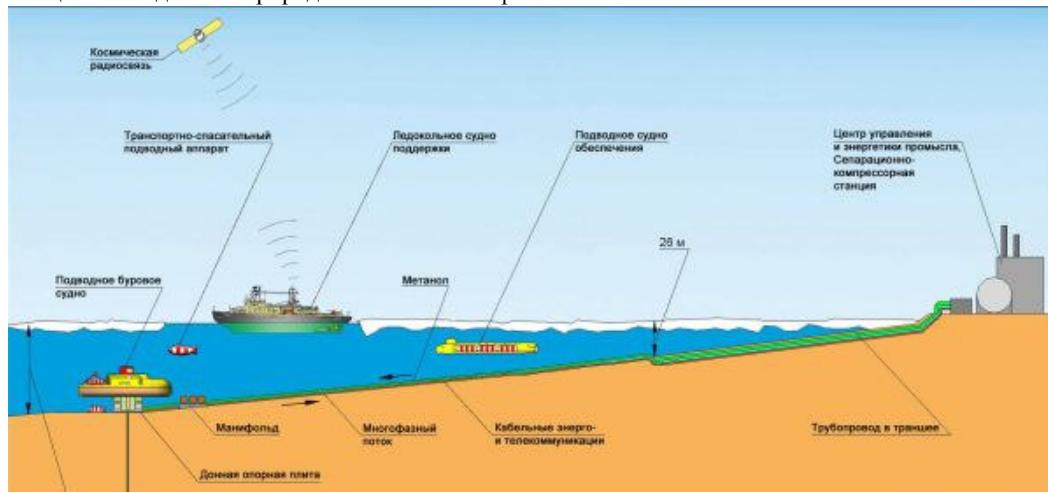


Рис. 3 Схема добычи нефти и газа с использованием подводной атомной установки.
Источник: Лавковский С.А.

Часть 5

5. Оценка рисков и анализ вероятных последствий

Для реализации проекта создания и применения ПБК как коммерческого и инвестиционного требовалось провести оценку рисков, которым могут подвергаться объекты подводной и надводной инфраструктуры и эксплуатирующий ее персонал. Без подобной оценки невозможно получить инвестиции от коммерческих или финансовых структур, ориентированных на получение прибыли. Первая подобная оценка была выполнена в 2006 г. Ее результаты трудно назвать положительными или отрицательными - скорее результатом этой работы стало получение первого опыта оценки рисков подводной системы, имеющей в своем составе как подвижные / плавучие объекты, так и стационарные / установленные на морском дне снабжаемые энергией за счет применения ЯЭУ.

Проблема этого этапа работ по проектированию ПБК заключалась в том, что прежде подобные риски никогда не оценивались, поскольку все проекты, связанные с подводными объектами в бывшем СССР имели военное назначение и бюджетное финансирование, а значит должны были реализовываться любой ценой. Результатом этого стала высокая аварийность и закрытость любой информации, способной помочь в оценке рисков.

Для оценки рисков эксплуатации ПБС с ЯЭУ была использована имеющаяся в открытом доступе соответствующая информация по аварийности, причинам и предпосылкам к ним на боевых подводных кораблях с атомными и дизель-электрическими энергетическими установками.

5.1. Обзор возможных рисков

Опыт эксплуатации подводных аппаратов военного назначения (подводных лодок) - приводимых в движение как дизель-электрическими двигателями, так и ядерными энергетическими установками показывает, что аварийные ситуации развиваются по сходному сценарию - независимо от типа энергетической установки. В большинстве случаев авария становилась результатом неисправностей в электрооборудовании, недовершенства систем штатных вооружений и энергетической установки, неправильными / ошибочными действиями экипажа.

Большинство серьезных аварий, происходивших на атомных и дизель-электрических подводных лодках, были связаны с особенностями конструкции и условиями среды, в которой приходится действовать субмарине. Сложнейшее оборудование, высокая "энергонасыщенность" крайне стесненного внутреннего пространства, сотни километров трубопроводов и тысячи километров кабелей, наличие взрывчатых и токсичных веществ - все это находится в замкнутом пространстве, окруженном водной средой.

Подводный плавучий объект, каким является ПБС, это сложная конструкция, работающая в условиях, существенно отличающихся от привычных / "атмосферных". В результате могут происходить следующие специфические аварийные ситуации, которые необходимо учитывать при оценке рисков:

- отказ / выход из строя ЯЭУ с распространением радиоактивных материалов внутри корпуса или за его пределы как во время выполнения штатных буровых работ, так и при прохождении периодического ремонта в заводских условиях;
- затопление в результате поступления забортной воды внутрь корпуса;
- возникновение пожара на борту в результате наличия большого количества горючих материалов и электрических кабелей в замкнутом пространстве подводного аппарата, имеющего нестабильную по составу и давлению газов атмосферу;
- взрыв в результате утечки и воспламенения газов, находящихся под высоким давлением в замкнутом пространстве подводного аппарата;
- удушение или отравление экипажа в результате локального возгорания;
- удушение или отравление экипажа в результате попадания в систему вентиляции токсичных газов и испарений токсичных веществ;
- отказ контролирующих систем (наличие большого количества необслуживаемых механизмов и непосещаемых помещений, лишь эпизодически контролируемых

визуальным способом) часто становится причиной возгораний, механического разрушения и последующего затопления подводного аппарата;

- возможное поступление токсичных буровых растворов, а также токсичных и взрывоопасных буровых (попутных) газов в обитаемое пространство ПБС;
- возможное нарушение целостности конструкции ПБС в результате вибрации, сопутствующей работе бурового оборудования и виброочистителя бурового раствора;
- возможное попадание порошкообразного цемента в обитаемое пространство ПБС, цементирование и выход из строя буровых конструкций и сопутствующих систем ПБС.

Ошибки экипажа в экстренных ситуациях являются серьезным фактором усугубления аварийной ситуации. Среди наиболее распространенных событий могут быть названы:

- навигационные аварии, связанные с ошибками экипажа ПБС и окружающих надводных судов или подводных аппаратов (столкновения, удары о лед и о дно, погружение ниже допустимой глубины, затопление в результате проникновения воды во внутренние пространства подводного аппарата);
- несоблюдение экипажем наставлений и инструкций по технике безопасности;
- проведение работ, связанных с образованием искр в пожароопасных условиях;
- несанкционированное использование открытого огня и курение на борту;
- употребление алкоголя членами экипажа и связанные с этим проявления немотивированных поступков;

Экспертный анализ причин аварий и катастроф на подводных плавучих объектах военного назначения показывает, что в 75 % случаев причиной их развития ("эскалации") становятся неправильные действия экипажа, который в "нештатных" ситуациях теряет возможность управлять сложной техникой. Специально подготовленные и хорошо тренированные опытные специалисты в экстренных ситуациях нередко действуют вопреки известным им инструкциям. Необходимость постоянно следовать многочисленным инструкциям, процедурам и правилам безопасности нахождения в замкнутом пространстве предъявляют повышенные требования к психологической подготовке и совместимости членов экипажей.

Подводное фонтанирование природного газа из скважины, а также неконтролируемое "газопроявление" (быстрый выход газа из скважины) в результате аварии, ошибочных действий экипажа или непредвиденной активности внутри скважины способно резко изменить обстановку в районе работ ПБС, что может привести к его бесконтрольному движению или затоплению. Согласно проектным материалам, в подобной ситуации ПБС должно немедленно отстыковаться от ДОП и всплыть, но опыта подобной экстренной эвакуации в известной практике нет, а значит оценить реалистичность / возможность аварийного всплытия невозможно. Более того, опыт эксплуатации всплывающей аварийной спасательной камеры на боевых АПЛ может быть признан отрицательным. Одним из ярких примеров является поведение всплывающей камеры АПЛ "Комсомолец", которая спасла только одного моряка.

Климатические и погодные условия в районе предполагаемой эксплуатации ПБК отличаются особой суровостью, что не позволяет применять отработанные схемы организации буровых работ. К природным опасностям Карского моря, степень которых необходимо оценить, относятся следующие факторы:

- суровость природных условий (низкие температуры, продолжительный ледовый период, сильные ветры и течения);
- непредвиденное поведение (движение) морского ледяного покрова;
- непредвиденное проявление активности морских течений;
- непредвиденные тектонические и провальные процессы в районе деятельности ПБК могут быть спровоцированы проседанием донной плиты в пространство, образующееся результате извлечения полезного ископаемого;
- непредвиденные криогенные (мерзлотные) процессы в районе действий ПБК, связанные с прогнозируемым сокращением территории, занятой оледенением и многолетней мерзлотой (которые могут быть ускорены газодобывающей активностью), связанное с этим увеличение стоков аллювия (твердой фракции) с материка, повышение мутности морской воды, изменение подводного рельефа и возникновение новых отмелей;

- непредвиденные изменения климатических условий в районе деятельности ПБК в результате происходящего изменения климата может стать причиной резкого усиления контрастности природных условий в регионе.

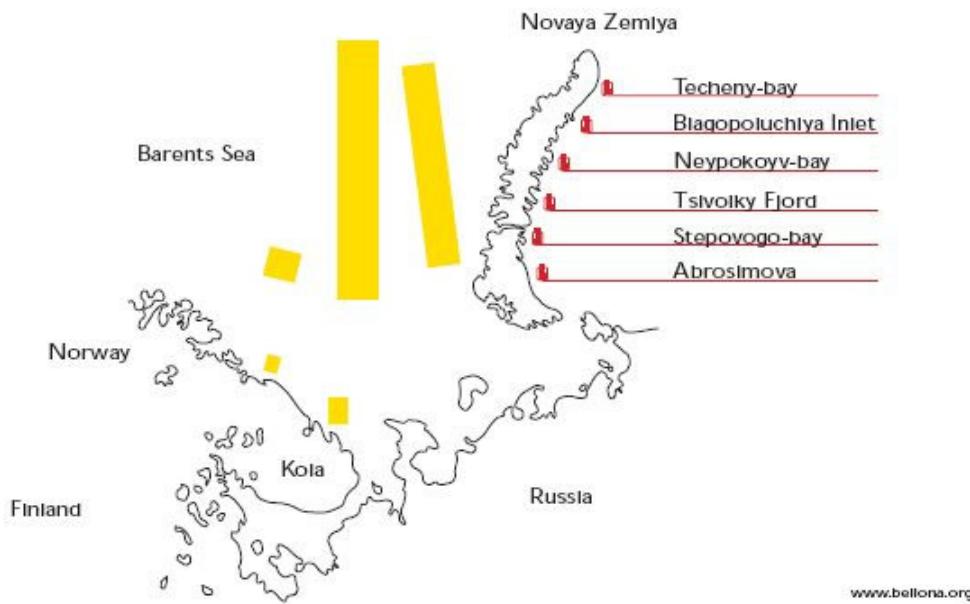
Дополнительной проработки и изучения требуют сейсмические условия в регионе. Поскольку в процессе эксплуатации месторождений предполагается быстро наращивать объемы извлечения ресурса, добывающий комплекс может столкнуться с явлениями наведенной ("техногенной") сейсмичности, что способно резко изменить условия работы ПБК. Также следует ожидать проседания ДОП в результате образования пустот на месте извлеченного природного газа.

Наблюдаемые в последние годы события планетарного масштаба, связанные с сокращением оледенения как высокогорного так и приполярного, с высокой степенью вероятности продолжат свое развитие. Это приведет к изменению характера как ледовой обстановки в морях арктического региона, так и многолетних мерзлотных процессов на побережье. Газодобыча в регионе Карского моря будет способствовать процессу разрушения многолетней мерзлоты. В результате неизбежно произойдет увеличение объемов твердых частиц (отложений), переносимых береговыми водными потоками и попадающих в морскую среду. Это приведет к изменению донного рельефа, увеличению объемов взвеси в воде и повышению ее мутности.

Необходимо принимать во внимание опасности, связанные с последствиями деятельности в регионе Баренцева моря атомного военно-морского флота бывшего СССР. В районе архипелага Новая Земля в точках с неустановленными координатами затоплено большое количество радиоактивных отходов разного уровня радиоактивности - контейнеры с отработавшим ядерным топливом (ОЯТ), вырезанные реакторы АПЛ и ледоколов, целые АПЛ.

Количество вырезанных и затопленных реакторных отсеков и целых АПЛ с выгруженным и не выгруженным из реакторов ОЯТ в водах Карского моря у берегов архипелага Новая Земля известно. Общее число затопленных контейнеров с РАО и ОЯТ до настоящего времени не установлено. Поэтому можно только в общих чертах оценить масштаб опасностей, связанных с ожидаемым выходом радиоактивных веществ в окружающую среду. Географическое распределение затопленных РАО и ОЯТ в водах Карского моря имеет следующий характер:

- залив Цивольки - 3 реактора ледокола *Ленин* (ОЯТ из реакторов выгружено), баржа с контейнером, в котором находятся 125 аварийных ОТВС от ледокола *Ленин* и 4.750 контейнеров с ТРАО (уровень радиоактивности не установлен; согласно расчетным оценкам экспертов РНЦ Курчатовский институт она составляет около 460 тыс.Ки; согласно оценкам независимых экспертов - более 1 млн.Ки);
- залив Степового - АПЛ К-27 (2 ЖМТ реактора, ОЯТ не выгружено, уровень радиоактивности 2 реакторов с ОЯТ составляет не менее 2 млн.Ки) и 1.850 контейнеров с ТРАО (уровень радиоактивности не установлен);
- залив Абросимова - 8 реакторов (из 4 реакторов ОЯТ не выгружено, уровень радиоактивности 4 реакторов с ОЯТ составляет не менее 4 млн.Ки) и 550 контейнеров с ТРАО (уровень радиоактивности не установлен);
- залив Течений - 2 реактора АПЛ К-140 (из 1 реактора не выгружено ядерное топливо, которое работало непродолжительное время);
- Новоземельская впадина - 1.450 контейнеров с ТРАО (170 тыс.Ки);
- залив Ога - 850 контейнеров с ТРАО (уровень радиоактивности не установлен);
- залив Благополучия - 850 контейнеров с ТРАО (уровень радиоактивности не установлен);
- залив Неупокоева - неустановленное количество контейнеров с ТРАО (3,4 тыс.Ки).



**Рис. 4 Схема захоронения радиоактивных отходов в Баренцевом и Карском морях.
Источник: архив "Беллоны".**

Также были затоплены 3 специальных плавсредства, занимавшихся техническим обслуживанием кораблей и судов атомного флота СССР, которые были загрязнены радиоактивностью, загружены твердыми радиоактивными отходами и затоплены:

- 1964 г. - в Карском море (залив Цивольки, архипелаг Новая Земля) затоплен пароход *Николай Бауман* с грузом ТРАО;
- 1968 г. - в Карском море (залив Ольги, архипелаг Новая Земля) затоплена баржа СБ-5 с грузом ТРАО;
- 1976 г. - в Карском море (архипелаг Новая Земля) затоплено *плавучее средство специального назначения* ПССН-28 с грузом ТРАО и ЖРАО.

Наибольшую радиационную опасность представляют затопленные в мелководных заливах Карского моря возле архипелага Новая Земля 6 реакторов АПЛ с ОЯТ и "топливная сборка" атомного ледокола "Ленин" с невыгруженным ядерным топливом.

В настоящее время террористической угрозе и энергетической безопасности уделяется повышенное внимание. ПБК является привлекательным объектом с точки зрения террористических атак по следующим причинам:

- уникальный плавучий объект;
- обеспечивает энергетические нужды большого количества потребителей;
- представляет собой большую материальную ценность;
- уязвимый для внешних и внутренних воздействий.

В связи с этим следует уделить повышенное внимание обеспечению его безопасности в местах базирования, шельфовых работ, в местах технического обслуживания и ремонта. Также необходимо учитывать опасности, связанные с проникновением на борт ПБК террористов в составе экипажа.

5.2. Вероятные последствия развития аварийной ситуации

Анализ развития аварийных ситуаций показывает, что знания и опыт полученные в результате предыдущих аварий не воспринимаются и не учитываются при борьбе с последующими

авариями. Это определяется сложностью условий, в которых экипаж преодолевает аварийную ситуацию и особенностью психологического состояния экипажа терпящего бедствие подводного корабля.

Мы располагаем достаточно репрезентативными, хотя и далеко не полными, статистическими данными относительно аварийности в ходе эксплуатации советских подводных плавучих объектов военного назначения (атомных подводных лодок) находящихся в эксплуатации более 50 лет. Поскольку ПБС по ряду своих характеристик сопоставимо с АПЛ, имеющиеся данные можно считать пригодными для оценки последствий развития аварийных ситуаций на подводном буревестнике.

В Советском Союзе, а позже - в России накоплен опыт эксплуатации 260 АПЛ. Общий срок эксплуатации всех АПЛ - от принятия в состав флота до вывода из эксплуатации - составляет 5.000 "лодко-лет".

Методика подсчета применялась следующая. Были просуммированы сроки эксплуатации всех АПЛ - от принятия в состав флота до вывода из эксплуатации - и разделены на общее количество АПЛ. Сроки эксплуатации АПЛ составляют от 3 лет до 30 лет. Средняя продолжительность активной эксплуатации каждой АПЛ составляет около 20 лет.

Информация относительно аварийности на АПЛ является менее известным параметром. Опубликованы сведения лишь о некоторых (наиболее серьезных по последствиям) авариях, которые по разным причинам не удалось скрыть. В связи с этим приведенные ниже данные относительно аварийности на советских АПЛ можно считать неполными. Согласно опубликованным данным, только с 1970 по 1990 гг. на АПЛ ВМФ СССР было зарегистрировано 338 аварийных ситуаций, связанных с выходом радиоактивных веществ за пределы ядерной энергетической установки с превышением окружающего радиоактивного фона.

Все известные и описанные аварии, происходившие за период опытной и практической эксплуатации АПЛ (5.000 лет для 260 АПЛ), можно систематизировать следующим образом:

- аварии с ядерной энергетической установкой (ЯЭУ) / в т.ч. с гибелью части экипажа (54 / 3);
- возгорания, пожары, взрывы / в т.ч. с гибелью или удушением части экипажа (43 / 16);
- потеря герметичности (попадание забортной воды внутрь прочного корпуса - в т.ч. внутрь реакторного отсека) - как самостоятельная авария / в т.ч. с затоплением и гибелью части экипажа (26 / 4);
- навигационные аварии (34 / 0);
- аварии, связанные с нарушением технологии штатных или ремонтных работ / в том числе с гибелью части экипажа (11 / 1);
- отравление экипажа химическими веществами (1 / 0).

Согласно экспертным оценкам, приведенные данные составляют не более 15 % от реального числа тяжелых аварий, при которых был нанесен значительный ущерб имуществу или здоровью людей (то есть приведенные данные занижены в 6,5 раз по сравнению с реальным числом аварий на АПЛ). Кроме того, в настоящее время мы не располагаем статистическими данными относительно опыта эксплуатации и аварийных ситуаций, имевших место на советских дизель-электрических подводных лодках (численностью значительно превышающих атомные подводные лодки).

Также нет определенных статистических данных относительно уровня аварийности на подводных аппаратах гражданского назначения и на имеющихся стационарных подводных сооружениях (число таких объектов невелико и находится в пределах статистической погрешности).

Последствия развития аварийных ситуаций на подводных плавучих объектах военного назначения:

- поражение людей (травматизм, смертность);
- потери имущества (в натуральном и денежном выражении);
- нанесение ущерба окружающей среде - плавающим в толще воды и донным, разрушение сложившихся и более уязвимых экосистем полярных морей (в натуральном и денежном выражении);

Поражение людей в процессе развития аварии на подводном плавучем объекте относится к группе наиболее тяжелых и невосполнимых последствий. Достаточно полные статистические сведения относительно травматизма и гибели членов экипажа в ходе аварий на советских подводных плавучих объектах военного назначения не опубликованы. Согласно экспертным

оценкам, базирующимся на публикациях в открытой печати, количество погибших членов экипажа и ремонтных бригад в ходе работ по эксплуатации и техническому обслуживанию подводных плавучих объектов за 50 лет существования советского атомного подводного флота превышает 700 человек. В это число не входят те, кто получил травмы различной тяжести и умер позже - вскоре после увольнения из рядов военно-морского флота (на этот счет нет даже оценочных сведений). Исходя из известных величин численности экипажей, количества и тяжести аварий, можно предположить, что численность этой группы превышает 10.000 человек.

После каждой аварийной ситуации подводный плавучий объект проходит восстановительный ремонт, продолжительность которого (без учета времени следования к месту ремонта) составляет от 1 года до 10 лет - в зависимости от тяжести аварии, технологического и финансового обеспечения работ.

Стоимость восстановительного ремонта подводного плавучего объекта военного назначения составляла от нескольких миллионов рублей (середина 60-х годов XX века) до 350 млн. рублей (конец 80-х годов XX века).

В ходе восстановительного ремонта нередко вскрываются дефекты в конструкции подводного плавучего объекта или ошибки при выборе материалов, что существенно повышает стоимость ремонта. Примерно в половине известных случаев, восстановительный ремонт по стоимости превышал строительство нового подводного корабля.

Нанесение ущерба окружающей среде в ходе штатной эксплуатации подводного плавучего объекта военного назначения невелико. Значительную опасность представляют аварийные ситуации, когда в окружающую среду попадают токсичные и радиоактивные вещества, разрушительно влияющие на уязвимые сложившиеся экосистемы приполярных морей.

Никаких оценок размеров подобного **экологического** ущерба, нанесенного в ходе опытной и практической эксплуатации подводных плавучих объектов военного назначения не опубликовано. В связи с этим ущерб можно оценивать по методикам, существующим для аналогичных надводных плавучих объектов гражданского назначения.

Часть 6

6. Экономическая оценка проекта ПБК

6.1. Сведения о запасах и общая оценка стоимости освоения

Сведения об извлекаемых запасах энергетического ресурса являются основным элементом при расчетах коммерческой эффективности освоения месторождения. Поэтому вокруг этих данных заинтересованными организациями всегда ведется "игра на повышение" - с целью преувеличения коммерческой привлекательности месторождения для потенциальных инвесторов. Оценочные данные относительно запасов российских месторождений нефти и газа закрыты для экспертного сообщества решением правительства РФ и ведомственными документами, поэтому анализировать возможно лишь оценочные сведения - которые существенно различаются в разных источниках.

Поскольку в данном исследовании преимущественно оцениваются технические решения для обустройства и добычи природного газа на Русановском (открыто в 1989 г.) и Ленинградском (открыто в 1991 г.) месторождениях природного газа и газового конденсата - рассмотрим опубликованные данные относительно объемов предположительно извлекаемых запасов сосредоточенных в этих месторождениях. При этом следует иметь в виду, что источником данных преимущественно являются сообщения руководителей компании Газпром. Поскольку эта компания заинтересована в более высокой капитализации, есть основания полагать, что приводимые данные являются завышенными. Других причин скрывать данные о разведанных запасах мы не видим.

Общие прогнозные оценки запасов углеводородного сырья в шельфовой зоне Карского и Баренцева морей оцениваются заинтересованными в продвижении атомных технологий в нефтегазовый сектор Арктики организациями в 65 млрд т.у.т. (тонн условного топлива). Из этого общего количества запасы углеводородов Карского моря оцениваются в 28 млрд. т.у.т., причем 80% этих запасов находятся на участках шельфа с глубинами более 70 м, а 70% площади шельфовой зоны покрыты многолетними дрейфующими льдами.

Найти данные о запасах природного газа, которые можно было бы счесть достоверными, достаточно сложно. В одних источниках общие извлекаемые запасы наиболее перспективных газовых месторождений - Штокмановского, Русановского и Ленинградского оцениваются в 10 - 11 трлн. м³, в других запасы только Русановского и Ленинградского месторождений оцениваются в 9 - 10 трлн. м³. Причем по двум последним месторождениям выводы о запасах делаются лишь по двум пробуренным скважинам глубиной около 2.500 м. на каждом из них. Хотя четыре поисковые скважины оцениваются специалистами как "высокодебитные" - с суточной добычей до 600 тыс. м³ (следовательно, годовая добыча на каждой скважине при самом благоприятном стечении обстоятельств может составить 200 млн. м³) - по ним трудно сделать объективную оценку величины запасов. По мнению тех же специалистов для получения более достоверной оценки требуется пробурить не менее 40 тыс. м разведочных скважин на обоих месторождениях (не менее 10 скважин на каждом из них).

Привлекает внимание такой факт - ранее опубликованные сведения дают более значительные запасы природного газа на шельфе Карского моря по сравнению с опубликованными недавно. Если в 2000 г. запасы только на верхнем горизонте (1.500 м) Русановского месторождения оценивались в 1.050 млрд. м³ и еще 2.100 млрд. м³ - на горизонте 2.500 м (общие запасы - 3.150 млрд. м³), и то в 2006-2007 гг. речь идет об общих предположительных запасах в объеме 780 млрд. м³ газа. То же самое произошло с предположительными запасами Ленинградского месторождения: в 2000 г. они оценивались в 1.500 млрд. м³ на горизонте 1.500 м и еще 1.550 млрд. м³ на горизонте 2.500 м (общие запасы - 3.050 млрд. м³), а в 2006-2007 гг. речь идет об общих предположительных запасах в объеме 1.050 млрд. м³ газа. То есть оценки предположительных запасов снизились в 3,5 раза.

Это значит, что при объемах добычи около 100 млрд. м³ в год (что считается обязательным условием возврата инвестиций) запасов Ленинградского месторождения хватит менее чем на 10 лет, а запасов Русановского месторождения - не более чем на 8 лет. В то же время, согласно имеющимся оценкам авторов проекта ПБК его окупаемость возможна лишь через 12 лет. При этом, правда, уточняется, что расчеты выполнены для существующих цен на газ. Делая поправку на ожидаемый рост рыночной стоимости природного газа следует иметь в виду, что при

возрастании цен на газ будет происходить пропорциональное увеличение стоимости всех материалов и услуг необходимых для освоения месторождения - это также пропорционально увеличит стоимость проекта. Есть основания полагать, что пропорция "рыночная цена газа / стоимость освоения месторождения" останется неизменной.



Рис. 5 Нефтяная платформа в Кольском заливе. Источник: архив "Беллоны".

В то же время по имеющимся данным на этих двух месторождениях потребуется пробурить 300 "добычных" скважин, что при минимальной стоимости бурения в условиях Заполярья (1 скважина - 10 млн долл.) составит 3 млрд. долл. Потребуется построить и установить на морском дне 35 донных опорных плит (стоимость создания и эксплуатации одной ДОП оценивается авторами проекта в 35 млн. долл.), что составит 1 млрд 200 млн. Также необходимо построить 5 подводных буровых судов (стоимость 1 ПБС оценивается авторами проекта в 470 млн. долл.) общей стоимостью 2 млрд. 350 млн долл.

Таковы оценочные величины минимально необходимых инвестиций, сведения о которых найдены в публикациях. Далее будет проведен более детальный анализ предполагаемых расходов на обустройство месторождений и транспортировку газа потребителям, основанный на расчетах проектировщиков.

Сходным по климатическим условиям с Русановским и Ленинградским месторождениями является Штокмановское месторождение природного газа. Согласно имеющимся оценкам, его извлекаемые запасы составляют 3.200 млрд. м³ природного газа. По наиболее скромным оценкам стоимость освоения Штокмановского месторождения потребует инвестиций в 50 млрд. долл. (еще несколько лет назад считалась достаточной сумма в 20 млрд. долл.) - что составит от 10 до 20% стоимости добываемого газа. Примерно столько же потребует перекачка добываемого газа потребителям.

6.2. Конкурентные технологии для освоения нефтегазовых месторождений

Современные технологии бурения скважин на морском дне отработаны достаточно давно. Бурение с вынесенных в море стационарных (свайных) платформ производится в течение ста лет, но применение этой технологии бурения возможно лишь на участках с небольшими глубинами моря. В том случае, если бурение осуществляется с плавучей платформы, возможно производить работы на более глубоководных участках моря. Важнейшим элементом плавучей буровой платформы является система спутниковой навигации, позволяющая удерживать платформу в определенной географической точке для сохранения бурового оборудования, соединяющего платформу с морскими недрами. Преимуществом этого способа является возможность бурения

при достаточно больших глубинах моря. Недостатком - сложная система позиционирования и уязвимость перед сильными ветрами и волнением.

В случае, если платформа зафиксирована на морском дне при помощи телескопических опор-домкратов, проблем с ее удержанием в определенной географической точке нет, но ее установка возможна только в местах где глубины моря сравнительно невелики.

В последние годы производится строительство погружных платформ, которые предполагается использовать для бурения в шельфовой зоне Норвегии, но опыт их эксплуатации пока весьма непродолжителен, а для обсуждения достоинств и недостатков этого метода пока недостаточно информации.

Единственное в России предприятие, способное строить подобные буровые платформы размером более чем 100 x 100 м, является расположенный в Северодвинске завод "Севмаш" - откуда вышли многие проекты боевых АПЛ - включая гигантские Тайфуны. С 2005 г. по заказу норвежской компании "Moss Mosvold Platforms AS" там строятся полупогруженные платформы типа MOSS CS 50. В сентябре 2007 г. первая платформа была передана заказчику. В настоящее время ведется строительство второй платформы. После чего руководство "Севмаша" рассчитывает получить заказ на строительство платформы для освоения Штокмановского месторождения. Эти работы потребовали модернизации предприятия, в которую были инвестированы некоторые средства "Газпрома". Так что газовый монополист уже осуществляет начальные вложения в судостроительные мощности предполагаемого партнера.

Опыт строительства буровых нефтяных платформ на "Севмаше" пока преждевременно считать успешным. С 1995 г. там строится платформа "Приразломная" для бурения на нефть в районе Печорской губы на одноименном месторождении Приразломное (извлекаемые запасы нефти оцениваются в 83 млн. т.). Размеры сооружения составляет 126 x 126 м, масса превышает 70 тыс. т, стоимость - более 850 млн. долл. Частично элементы платформы разработаны и построены на "Севмаше", частично сняты с приобретенной в Норвегии бывшей в эксплуатации старой буровой платформы. Строящаяся платформа предназначена для круглогодичного эксплуатационного бурения, она будет оснащена буровой вышкой, двумя кранами, вертолетной площадкой и жилой зоной на 200 рабочих. Пока неизвестно когда это изделие будет построен и сдано в эксплуатацию. Сроки уже несколько раз менялись в сторону увеличения.

6.3. Экономическая сторона проекта ПБК

Выше уже упоминалось, что авторы проекта ПБК постепенно осознают масштабы задуманного. В 2006 г. предполагалось построить одно ПБС без ЯЭУ и одну ДОП. Их энергоснабжение предполагалось осуществлять по электрическому кабелю с расположенной на берегу электростанции. После подключения к проекту академика Е.П.Велихова масштабы проекта увеличились и обязательным условием его реализации стало исключительное применение ядерных энергетических установок для энергоснабжения всех элементов ПБК и транспортной инфраструктуры. Стоимость проекта на этом этапе оценивалась весьма приблизительно.

Согласно более свежей оценке необходимых инвестиций для обустройства добычи природного газа только на Ленинградском месторождении в шельфовой зоне Карского моря до выхода на производительность / объем добычи 87 млрд м³ / год (в варианте, представленном экспертному сообществу летом 2008 г.) речь уже идет о необходимости строительства 12 донных опорных плит, 3 манифольдов, 3 единиц ПБС, 3 подводных судов обеспечения, 2 ледоколов, 2 подводных ремонтных судов и прочей донной и береговой инфраструктуры. Эта часть проекта оценивалась примерно в 6,3 млрд. долл, что составляет 66,1 % предполагаемых инвестиций. Создание подводной трубопроводной и энергетической инфраструктуры оценивалось приблизительно в 2,3 млрд. долл, что составляет 24,7 % всех инвестиций. Бурение и обустройство 96 скважин оценивалось приблизительно в 0,9 млрд. долл. (9,2 % всех инвестиций). Общая потребность в инвестициях составляет около 9,5 млрд. долл.

Авторы проекта считают, что стоимость 1.000 м³ природного газа в местах добычи будет составлять 18 долл. (без учета транспортных расходов, которые в этом регионе приблизительно равны расходам на добычу газа). Исходя из достаточно оптимистической оценки запасов природного газа на Ленинградском месторождении (1.050 млрд м³) и объемов планируемой добычи (87 млрд м³ / год) можно оценить сроки эксплуатации ресурса в 12 лет. При этом сроки окупаемости стартовых инвестиций составляют около 6 лет. Но в плане инвестиций нет эксплуатационных расходов на обслуживание промыслов, на производство и последующую утилизацию радиоактивных отходов и отработавшего ядерного топлива (ОЯТ) от ЯЭУ, на плановые и возможные внеплановые ремонт сложного подводного оборудования и плавучих объектов. По всей видимости с этим связан тот факт, что сами авторы проекта оценивают сроки окупаемости проекта не менее чем в 9 лет, после чего еще 2-3 года можно будет вести добычу

природного газа без учета инвестиционной нагрузки. Это значит, что ошибка в оценке запасов на 10-15% может сделать нерентабельным весь проект.

Смогут ли инвесторы вложить столь значительные собственные средства в достаточно долгосрочный проект или им придется привлекать заемные средства? Скорее всего без кредитов в таком проекте не обойтись. В приведенных проектных оценках необходимых финансовых средств отсутствует такой важный элемент любых инвестиций, как учет процентов по кредиту. Вероятно, привлечение заемных средств способно повысить стоимость проекта на 12-15%. То есть даже в ценах начала 2008 г. стоимость проекта приближается к 11 млрд. долл.

Скорее всего, несмотря на возможные глобальные экономические потрясения, стоимость природного газа будет продолжать возрастать еще в течение 10-15 лет. Вместе с этим будет пропорционально увеличиваться стоимость всех связанных с освоением / добычей месторождений природного газа материалов и услуг. Следовательно, стоимость проекта также будет возрастать. Анализ реализуемых / планируемых в настоящее время подобных проектов позволяет предположить увеличение стоимости обсуждаемого проекта ПБК на 100 % в течение ближайших 5 лет и на 150 % в течение ближайших 10 лет. А это с высокой долей вероятности выведет проект за рамки рентабельности.

Поскольку данный проект очевидно находится в сфере интересов крупных российских энергетических монополий - Газпрома и Росатома, то со стороны этих участников рынка вполне можно ожидать серьезных лоббистских усилий, направленных на привлечение бюджетных средств для финансирования (или хотя бы начала реализации) проекта. Единственным препятствием на этом пути может стать ожидаемое снижение поступлений средств от экспорта нефти и природного газа в российский бюджет, которое согласно имеющимся прогнозам может начаться в 2009 г.

Часть 7

7. Оценка возможностей российской промышленности

Одной из экономических причин распада бывшего СССР стала слабость промышленности, производящей продукцию гражданского (невоенного) назначения. За прошедшие годы эта проблема не только не получила решения, но еще более углубилась. Были разрушены или пришли в упадок даже те отрасли тяжелой промышленности, которые традиционно считались достаточно хорошо развитыми: тяжелое машиностроение, станкостроение, приборостроение, металлургия глубокого передела и т.д.

Тяжелая ситуация в экономике усугубляется катастрофическим дефицитом квалифицированных кадров / трудовых ресурсов практически во всех отраслях производства. Одновременно с этим российское общество входит в глубокую демографическую депрессию, связанную с низкой рождаемостью в период перестройки (1988-1996 гг.), наложившуюся на затухающую волну спада рождаемости во время Второй мировой войны. Это значит, что улучшения ситуации с собственными трудовыми ресурсами в России не следует ожидать еще как минимум в течение последующих 10 лет.

Исходя из этого и принимая во внимание объявленные руководством России планы развития нанотехнологий, атомной промышленности, энергетики, авиастроения, автостроения и т.д. можно прогнозировать дальнейшее углубление кризиса, связанного с дефицитом квалифицированных кадров.

Учитывая перечисленные ограничения можно предположить, что реализация проекта создания подводного бурowego комплекса будет сдерживаться не только финансовыми / экономическими причинами, но также слабостью российской промышленности и острым дефицитом квалифицированных кадров. Полноценная реализация проекта станет возможна только в том случае, если будут подтверждены значительные запасы природного газа в шельфовой зоне, при доминирующей роли иностранных инвесторов и с привлечением материальных и технических и ресурсов, технологических возможностей и квалифицированных кадров из-за рубежа.

Также представляется важным отметить, что связанные с применением ядерных энергетических установок риски могут сделать непривлекательным данный проект для крупных международных инвесторов.

Заключение

В настоящее время экосистема Арктики испытывает серьезное техногенное воздействие, связанное с климатическими изменениями, глобальным переносом загрязняющих веществ, радиационным загрязнением и т.д. Активная нефтегазовая деятельность может стать губительной для окружающей природной среды региона. Природа северных морей настолько чувствительна и уязвима, что даже незначительное нарушение ее структуры, может привести к необратимым последствиям. Сами последствия будет трудно спрогнозировать, поскольку экосистемы северных морей остаются малоизученными.

Очевидно, что для Арктического шельфа риски освоения нефтегазовых месторождений выше, чем в других районах, что обусловлено сложными природно-климатическими условиями, необходимостью применения уникальных технологий и оборудования, недостаточным уровнем развития инфраструктуры, несовершенством нормативной базы в сфере обеспечения безопасности.

Использование атомной энергетики при освоении месторождений в Арктике приведет к увеличению рисков уже существующих или, которые появятся в результате широкомасштабного промышленного освоения региона.

В частности можно отметить следующие риски:

- Аварии на подводных аппаратах с развитием по тяжелому / катастрофическому сценарию является вполне вероятным событием. В подавляющем большинстве случаев развитие аварии происходит стремительно и усугубляется наличием большого количества технологического оборудования в сравнительно небольшом замкнутом объеме;
- Наиболее характерная катастрофическая авария для морских буровых и "добычных" платформ – пожар и взрыв. Для подводных аппаратов – разгерметизация прочного корпуса, которая может стать последствием взрыва или пожара, внешним воздействием или ошибочными действиями экипажа. Подобные аварийные ситуации могут привести к масштабному загрязнению окружающей среды;
- Для подводных аппаратов (к которым относятся подводные буровые суда (ПБС)) не разработана документация по количественной оценке риска и требования норм безопасности.;
- При оценке внешних рисков, не связанных с деятельностью ПБС, следует уделить особое внимание опасностям, связанным с фонтанированием и неконтролируемым "газопроявлением" скважины. Геологические условия южной части Карского предполагают вероятность подобного события, которое способно привести к потере ПБС и загрязнению окружающей среды;
- При анализе риска возможных аварийных ситуаций, кроме неконтролируемого выхода газа из скважины также необходимо рассматривать следующие события: пожар, взрыв, струйное горение газа, разгерметизация подводного аппарата, что также несет в себе большую опасность загрязнения района добычи;
- Отсутствие в районе предполагаемых работ отработанных систем спасения экипажей плавучих подводных аппаратов, также ликвидации последствий аварий потребует создания и разворачивания специализированной системы. В связи с суровыми климатическими условиями в регионе, создание подобной эффективной системы будет затруднительно, если вообще возможно.

"Беллона" ставит под сомнение экономическую целесообразность проекта, но экономическая составляющая может быть проигнорирована, если будет принято политическое решение.

"Беллона" выступает против добычи нефти и газа в Арктике. Использование при этом атомной энергии только усугубит риски и создаст дополнительную нагрузку на экосистему региона.

Использование углеводоров для производства энергии является одной из основных причин антропогенного изменения климата на планете. Миру необходимо устойчивое развитие и использование чистых возобновляемых источников энергии, а не поиск способов освоения новых нефтяных и газовых месторождений.

Приложение 1

Список сокращений

АПЛ - атомная подводная лодка;
ВПК - военно-промышленный комплекс;
ДЭПЛ - дизель-электрическая подводная лодка;
ДОП - донная опорная плита;
 завод Севмаш - ФГУП "Северное машиностроительное предприятие" (г.Северодвинск, Архангельская обл.), прежде - завод 402 Минсудпрома;
ЗАТО - закрытое административное территориальное образование;
КБ - конструкторское бюро;
ОЯТ - отработавшее ядерное топливо;
ПАТЭС - плавучая атомная тепловая электростанция;
ПАЭС - плавучая атомная электростанция;
ПБК - подводный буровой комплекс;
ПБС - подводное буровое судно;
РПКСН - ракетный подводный крейсер стратегического назначения;
т.у.т. - тонна условного топлива;
ТЭО - технико-экономическое обоснование;
ЦКБ - центральное конструкторское бюро;
ЯЭУ - ядерная энергетическая установка;

Приложение 2

Источники информации

1. Проектные материалы, том 6, "Актуализация Декларации о намерениях строительства АС ММ на базе плавучего энергоблока с реакторными установками типа КЛТ-40С в районе закрытого административно-территориального образования город Вилючинск Камчатской области", Филиалом ФГУП концерн Росэнергоатом, Дирекция строящихся плавучих атомных теплоэлектростанций;
2. Грек Александр, "Невидимый флот", май 2006,
<http://www.popmech.ru/part/?articleid=337&rubricid=13>;
3. Ильин В., Колесников А., "Отечественные атомные подводные лодки, журнал Техника и вооружение вчера, сегодня, завтра", май-июнь 2000.
4. Ларин Владислав, "Русские атомные акулы", Москва, КМК, 2005;
5. Лавковский С.А. "Подводно-подледные технологии с атомными источниками энергии - безальтернативное решение проблемы добычи газа в Арктике", доклад на международной конференции "Международное сотрудничество по ликвидации ядерного наследия атомного флота СССР", 17 апреля 2008;

Приложение 3

Основные технические характеристики АПЛ проектов 941, сопоставимых по конструкции с проектируемым ПБК

проект	941
количество построенных кораблей	6
производственный шифр	<i>Акула</i>
название по классификации NATO	<i>Typhoon</i>
длина (м)	172,8
ширина (м)	23,3
средняя осадка (м)	11,5
водоизмещение надводное / подводное (т)	28.500 / 49.800
максимальная скорость подводного хода (узлы / км/ч)	27 / 50
максимальная глубина погружения (м)	500
автономность (сутки)	120
характеристики ЯЭУ и ППУ	2 реактора ОК-650-41 мощность 2x190 МВт 2 ППУx80.000 л.с. (2 ППУx100.000 л.с.)
экипаж (чел)	163

Источник:

Ильин В., Колесников А., "Отечественные атомные подводные лодки, журнал Техника и вооружение вчера, сегодня, завтра", май-июнь 2000.

Приложение 4

Оценочные запасы природного газа на шельфе Карского моря

Месторождение / глубина моря (м)	Глубина залегания запасов, м	Оценочные запасы природного газа (млрд. м ³) опубликованные до 2000 г.	Оценочные запасы газового конденсата (млн. т.)	Оценочные запасы природного газа (млрд. м ³) опубликованные после 2005 г.
Русановское / 70	1.500	1.050	-	
	2.500	2.100	80	
	4.000	70	4,0	
		3.220	84	780
Ленинградское / 100	1.500	1.500	-	
	2.500	1.550	60	
		3.050	60	1.050
Западно-Шараповское / 130	1.000	680	-	
	1.500	250	12	
	2.500	25	2	
		955	14	-
Итого		7.225	158	1.830

Источник:

Анализ разных источников

Приложение 5

Оценка необходимых инвестиций для обустройства добычи природного газа на Ленинградском месторождении (шельфовая зона Карского моря) до выхода на производительность / объем добычи 86,6 млрд м³ в год

Для выхода на указанный объем добычи требуется в течение 5 лет пробурить 96 скважин для добычи

Оценка необходимых инвестиций для создания объектов:

- 1416 млн. долл - подводные буровые суда (3 ед.);
- 420 млн. долл - донные опорные плиты (12 ед.);
- 162 млн. долл - манифольды (система трубопроводов и запорных устройств, устанавливаемая в устье нефтяной или газовой скважины, обеспечивающая безопасное проведение работ, служащая для предотвращения выбросов и открытого фонтанизования горючего ресурса) (3 ед.);
- 600 млн. долл - подводные суда обеспечения (3 ед.);
- 700 млн. долл - ледокольные суда поддержки (2 ед.);
- 760 млн. долл - подводные ремонтные суда (2 ед.);
- 280 млн. долл - прочие технические средства (количество и характер не уточняются);
- 1781 млн. долл - береговые технические средства (количество и характер не уточняются);
- 150 млн. долл - ТЭО и проектная документация;

Subtotal: 6269 млн. долл (66,1 % всех инвестиций)

Оценка необходимых инвестиций для создания подводной инфраструктуры:

- 2036 млн. долл - трубопроводы;
- 305 млн. долл - подводные энергетические коммуникации;

Subtotal: 2341 млн. долл (24,7 % всех инвестиций)

Оценка необходимых инвестиций для бурения и обустройства скважин:

- 9,14 млн. долл - стоимость 1 скважины глубиной 2500 м;
- предполагается пробурить 96 скважин

Subtotal: 877 млн. долл (9,2 % всех инвестиций)

Total: 9487 млн. долл (100 % всех инвестиций) - инвестиции / капитальные затраты, необходимые для обустройства Ленинградского месторождения до начала использования его запасов

Источник:

Лавковский С.А. "Подводно-подледные технологии с атомными источниками энергии - безальтернативное решение проблемы добычи газа в Арктике", доклад на международной конференции "Международное сотрудничество по ликвидации ядерного наследия атомного флота СССР", 17 апреля 2008.

Приложение 6

Участники проекта

- РНЦ Курчатовский институт, Москва;
- ФГУП ОКБМ им. Африканова, Нижний Новгород;
- ОАО ЦКБ Лазурит, Нижний Новгород;
- ООО НПО ВНИИНефтемаш, Москва;
- ЦНИИ им. Крылова - Санкт-Петербург;
- ООО ВНИИГАЗ, Москва;
- ФГУП Севмашпредприятие, Северодвинск;
- ФГУП ДВ Звезда, Б.Камень, Приморский край;
- ОАО Калужский турбинный завод, Калуга;
- ФГУП Барrikады, Волгоград;
- Нижегородский Государственный технический университет, Нижний Новгород;
- главный конструктор - С.П.Лавковский;
- научный руководитель - Е.П.Велихов.

Источник:

Лавковский С.А. "Подводно-подледные технологии с атомными источниками энергии - безальтернативное решение проблемы добычи газа в Арктике", доклад на международной конференции "Международное сотрудничество по ликвидации ядерного наследия атомного флота СССР", 17 апреля 2008.

BELLONA
www.bellona.ru