

Актуальность проблемы освоения углеводородных ресурсов на акваториях Северного Ледовитого океана, покрытых льдом

Ч. С. Гусейнов¹, доктор технических наук

Российский государственный университет нефти и газа им. И. М. Губкина

Изложены положения, утверждающие необходимость скорейшего создания под эгидой государства подводно-подледных плавучих судов для освоения углеводородных ресурсов длительно/постоянно замерзающих акваторий Северного Ледовитого океана; перечислены преимущества пребывания судов на глубинах примерно 100 м ниже паковых ледовых полей и предложена оригинальная конструкция буровых и добычных нефтегазовых плавучих сооружений.

Ключевые слова: подводные нефтегазовые сооружения, скважины, ледовые поля, атомная энергетика.

В ближайшие десятилетия акватория Северного Ледовитого океана может стать яблоком раздора не только между странами, близко расположенными к этой акватории, но и многими другими развитыми государствами, импортирующими углеводороды. Вероятность такого сценария весьма очевидна, если Россия не проявит собственный интерес к своим потаенным богатствам, причем если этот интерес не выразится в наличии/создании технических средств, способных успешно извлекать нефть и газ из-под дна океана, в особенности в акватории, почти постоянно покрытой ледовым панцирем, кратковременно поддающимся взлому усилиями атомных ледоколов.

Создание совершенных и безопасных для пребывания людей подводных буровых и нефтегазодобывающих сооружений, а по существу качественно нового поколения судов, является задачей государственной важности, безусловно, соизмеримой с космическими проблемами. Их реализация будет сопряжена с множеством необходимых для производственных целей изобретений, о которых прежде не задумывались, поскольку в них не было потребности. Пожалуй, множеству разнообразных условий по глубинам, гидрологии, времени навигации и, соответственно, межнавигационному периоду потребуются и разнообразные технические решения, о чем автор с коллегами уже писал в последнее время [1—3].

Вся мировая практика освоения углеводородных ресурсов Мирового океана основана на использовании всевозможных плавучих средств традиционного («надводного») исполнения, простое перечисление разновидностей которых может превысить перечень различных наименований судов как военного, так и гражданского назначения. С возрастанием осваиваемых глубин созданы сложные (управляемые сверху), существенно роботизированные подводные добычные нефтегазовые комплексы, устанавливаемые непосредственно на морском дне, но бурение нефтегазовых скважин до настоящего времени производится независимо от глубин моря с буровых судов традиционного надводного исполнения. Все это, безусловно, совершенно рационально на незамерзающих акваториях, но практически не может быть использовано в условиях длительно существующих или практически постоянных ледовых заторошенных полей Северного Ледовитого океана.

При освоении ресурсов углеводородов Северного Ледовитого океана в районах, покрытых подвижным мощным ледовым панцирем, по существу невозможно использование самых современных судов нефтегазопромышленного и ледокольного флота, поскольку наличие подвижных ледовых полей не позволяет традиционным буровым и добычным судам зафиксироваться в заданной точке на длительное время. Большие глубины океана в сочетании со льдами также не дают возможности использовать

¹ guseinov2@yandex.ru



Рис. 1. Обледенение на палубе судна

ставшие традиционными на незамерзающих морях стационарные гидротехнические сооружения, даже весьма мощные, для противодействия ледовым нагрузкам.

В большей мере, чем ледовые воздействия на корпусную часть судов, им угрожают еще и достаточно частые обледенения почти всех надводных строений, которых практически невозможно избежать, а впоследствии своевременно избавиться от них, что подтверждают многочисленные случаи. Более того, обледенение поверхностей нарушает работу многих агрегатов, ледовые нагромождения увеличивают осадку судна и изменяют его остойчивость, что с большой долей вероятности может стать причиной его опрокидывания, т. е. неизбежной гибели как судна, так и экипажа в арктических условиях.

На рис. 1 представлена картина, реально иллюстрирующая положение систем и механизмов при обледенении верхней палубы судна. В таких случаях обычные суда с максимально возможной скоростью удаляются из зон обледенения, но буровым судам, зафиксированным на точке бурения, это далеко не всегда возможно осуществить в кратчайшие сроки. То же касается и добычных судов, которые не могут мгновенно уйти из зоны обледенения, поскольку процедура отсоединения их от скважин

с подводным заканчиванием занимает довольно много времени, за которое образовавшееся обледенение может привести к необратимым трагическим последствиям.

В этих условиях следует искать другие, кардинально отличные конструкторские и технологические решения, позволяющие реализовать освоение нефтегазовых месторождений подо льдами. Такими решениями, безусловно, должны стать подводные варианты освоения, одним из которых может быть создание подводных промыслов, расположенных непосредственно на морском дне независимо от глубины. Прецеденты такого подхода уже успешно реализованы в незамерзающих водах США, Бразилии, Норвегии. Однако там большие глубины освоены путем бурения скважин с помощью известных плавучих буровых средств (полупогружных буровых установок и буровых судов), т. е. все буровые работы осуществлялись почти традиционно в атмосферных условиях на плаву (на водной поверхности), что в условиях Северного Ледовитого океана практически невозможно.

Следовательно, нам в ближайшие годы необходимо создать подводные буровые суда, поскольку никакие ледоколы не смогут обеспечить безопасность самых современных существующих плавучих

буровых установок (надводного исполнения) на период бурения даже разведочных скважин, не говоря уже об эксплуатационных скважинах, численность которых будет значительно превосходить количество разведочных. Необходимо создание подводных буровых судов, способных, будучи подо льдами, устойчиво находиться достаточно длительное время, по крайней мере на период бурения хотя бы одной скважины, в одной точке. Причем, на наш взгляд, поскольку глубины Северного Ледовитого океана существенно превышают 300—500 м, эти суда должны иметь систему динамического позиционирования, способную противостоять лишь постоянным течениям, в отличие от традиционных буровых судов, которые должны удерживаться в заданном месте при весьма значительных ветрах и волнах. Учитывая названные глубины, не стоит создавать суда, рассчитанные для посадки на морское дно, поскольку это хотя и облегчит процесс бурения за счет исключения водоотделяющей колонны, требующей повышенного внимания к спускоподъемным операциям, но вместе с тем чрезвычайно утяжелит оболочку судна на глубинах свыше 200—300 м. Поэтому, по нашему мнению, наиболее универсальным буровым судном в ледовых условиях должно стать такое, которое рассчитано на длительное пребывание подо льдом на безопасной от него глубине примерно в 100 м, что потребует привычной при изготовлении подводных лодок толщины оболочек. Такое судно будет пригодно для бурения различного рода скважин на значительные глубины, что уже давно нашло широкое применение в технологии «надводного» бурения. Предлагаемая для пребывания лодок глубина отличается следующими преимуществами:

- судно не будет испытывать волновых и ветровых нагрузок, а будет находиться лишь под давлением 100-метровой глубины и под воздействием относительно стабильного по времени и интенсивности подводного течения;
- на этой глубине судно будет находиться в условиях практически постоянной температуры, в то время как на поверхности моря низкие температуры в сочетании с ветровыми нагрузками требуют повышенного расхода энергии на поддержание комфортных условий для экипажа, что, безусловно, будет способствовать повышению технологической безопасности и длительной надежности корпуса судна; кроме того, в предлагаемых условиях будет исключен опасный фактор обледенения;
- стабильность окружающей среды положительно отразится на возможности осуществления круглогодичного бурения (не будет длительных сезонных пауз) и, следовательно, на темпах освоения конкретного месторождения;
- энергозатраты на судне будут значительно ниже по сравнению с таким же судном, находящимся на границе раздела двух сред под воздействием переменных нагрузок как по времени, так и по интенсивности; указанные энергозатраты

будут осуществляться уже существующими для надводных ППБУ двигателями, предназначенными для динамического позиционирования с целью удержания судна в заданной географической точке;

- поскольку на предлагаемых глубинах корпуса отдельных модулей не будут испытывать экстремальных внешних воздействий, они могут быть рассчитаны лишь на давление не свыше 2 МПа (возьмем ради безопасности с двойным запасом); такие корпуса могут быть изготовлены из композитных материалов, рассчитанных на длительное пребывание в морской воде, но, учитывая подводное пребывание, эти корпуса должны быть двойными с заполнением межстенного пространства инертным газом под небольшим давлением (примерно 0,5 МПа) для выявления утечек.

При проектировании судна удастся выявить еще и другие преимущества, хотя, как и для всего нового, необходим поиск оригинальных, в том числе конструкторских решений. Безусловно, в подводных условиях возникнут существенные затраты электроэнергии на регенерацию воздуха в ограниченном пространстве, но ранее упомянутые преимущества в части энергозатрат на позиционирование судна и создание комфортной температуры в помещениях по сравнению с окружающей низкой температурой могут их существенно компенсировать.

Вообще современные подводные суда, преимущественно предназначенные для военных задач, должны обладать максимально возможной скоростью в сочетании с большой маневренностью, что осуществимо при достаточно удлиненном корпусе обтекаемой формы. В отличие от них для выполнения задач нефтегазовой добычи необходимы подводные технические средства, менее подвижные и вовсе не обязательно самоходные, но устойчивые при длительном пребывании в одной точке, и по этой причине, как мы уже отмечали, они должны быть достаточно обтекаемыми, обладая при этом регулируемой плавучестью, поскольку в процессе бурения скважин и их эксплуатации масса и центр тяжести подводного сооружения в силу специфики производственного процесса будут непрерывно изменяться. В соответствии с этим судно должно быть оборудовано динамической системой удержания в горизонтальном положении, предотвращающей угрозу крена сверх расчетно-допустимой величины.

Таким требованиям, на наш взгляд, наиболее соответствует *сферическая* форма, довольно сильно сплюснутая по вертикали. А поскольку буровые и эксплуатационные суда должны располагать автономными энергетическими, инженерно-техническими (включая водоснабжение, отопление и регенерацию воздуха) и собственно технологическими службами, которые будут функционировать в отдельных отсеках, целесообразно их круговое последовательное размещение по секторам (среди которых должен быть и жилой модуль), а в центре будут расставлены

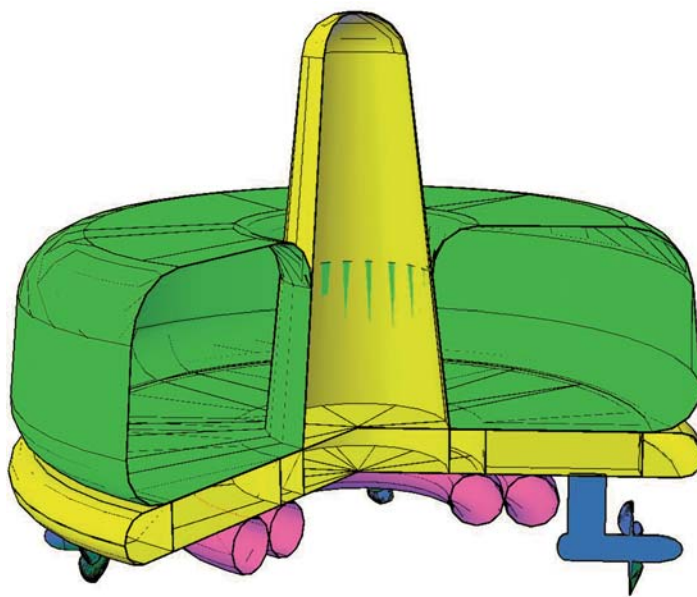


Рис. 2. Изометрия подводного/добычного бурового судна

скважины в модуле, напоминающем буровую вышку или усеченный конус. Такой расстановке модулей наиболее отвечает тороидальная форма, в центре которой находится устьевой модуль, как показано на рис. 2. С целью облегчения подводной конструкции в целом судно может быть не самоходным, а буксируемым (безусловно, подводным буксиром).

В предложенном варианте по центру расположен устьевой модуль с расчетным числом скважин, а вокруг него — все функциональные модули (рис. 2); такое конструктивное решение позволяет создать универсальное подводное сооружение как для бурения скважин, так и для последующей добычи пластовой продукции. Это сооружение имеет балластные круговые емкости в виде двух тороидов, установленных под модулями (один из которых специально секционирован для поддержания плавучего сооружения в горизонтальной плоскости путем затопления отдельных секций, а другой служит в качестве грузового балласта); при этом под тороидами установлены 4 (крест-накрест) движители, предназначенные для удержания всей платформы на заданной глубине как по вертикали, так и по горизонтали. Эти движители выполняют одновременно две функции:

- противодействуют подводному течению, имеющему почти постоянное и стабильное по интенсивности направление;
- способствуют непрерывному удержанию платформы в горизонтальной плоскости.

Хотя в данной статье кратко изложена концепция создания нефтегазовых подводных судов или сборных подводных сооружений, необходимо продолжить исследования в этом направлении.

В статье не освещены проблемы подводных поисков углеводородов в этой части Северного Ледовитого океана. Эти проблемы должны быть рассмотрены отдельно, но не в отрыве от затронутых вопросов. И если на морских плавучих (надводных) сооружениях в свое время возникали площадные ограничения, которые, кстати, успешно разрешались, то в подводных условиях возникнет еще и ограниченность пространственная, которая потребует серьезного переосмысления многих технических и технологических решений, направленных на обеспечение безопасных и в то же время эргономически комфортных для персонала условий. Конечно, при пространственной ограниченности замкнутых объемов подводных комплексов следует минимизировать производственный персонал путем совмещения смежных специальностей и максимально возможной роботизации, но полностью роботизировать производственные процессы добычи, промышленной подготовки углеводородов и их транспортировки на современном этапе развития технических средств осуществить не представляется возможным ввиду чрезвычайно непредвиденных и, пожалуй, непредсказуемых ситуаций.

В то же время проблема освоения углеводородных ресурсов Северного Ледовитого океана на современном уровне требует постановки комплекса принципиально новых научно-исследовательских работ, часть которых предложена ниже.

Но прежде всего следует разработать (непрерывно на конкурсной основе с привлечением нескольких заинтересованных научно-исследовательских и проектно-конструкторских организаций) обширную

государственную программу освоения углеводородных ресурсов Северного Ледовитого океана с разбивкой по этапам освоения с примерными сроками и объемами финансирования. Естественно, сроки выполнения намечаемых этапов будут зависеть от размеров инвестиций, воли и роли государственного вмешательства (поскольку без этого вообще нечего и думать о решении данной проблемы).

Наряду с такой программой необходимо начать:

- разработку полностью подводной технологии бурения нефтегазовых скважин (которая сама по себе будет состоять из большого ряда задач, требующих привлечения специализированных научных и конструкторских организаций);
- разработку новых специализированных подводных судов: буксиров, транспортных барж с подъемными механизмами, трубоукладочных судов, высокоскоростных пассажирских (для перевозки персонала) и аварийно-спасательных судов, судов для производства подводно-технических работ (с водолазами на борту) и т. д., причем все эти разновидности судов должны быть оборудованы стыковочными шлюзовыми устройствами для возможности перемещения персонала и различных грузов, а также системой удержания судна на требуемой глубине; при проектировании новых специальных судов очень важно совмещать достаточно близкие целевые функции, поскольку длительность многих производственных циклов довольно мала, и создание узкоцелевых судов может оказаться неоправданно затратным, т. е. целесообразно создание многоцелевых подводных судов;
- разработку специальных (крупногабаритных — для переноса габаритного оборудования) стыковочных шлюзовых устройств;
- создание надежной системы связи с береговыми диспетчерскими пунктами;
- создание новых судовых сталей и неметаллических материалов, рассчитанных на длительный срок использования, прежде всего перспективного композитного материала — углепластика, отличающегося высокой прочностью и износостойкостью;
- создание новых светящихся и светоотражающих красок и защитных покрытий, рассчитанных на длительное (многолетнее) пребывание в водной среде;
- разработку технологии комбинированной (традиционной — надводной и подводной), а также полностью подводной проводки (транспортировки/буксировки) различных подводных нефтегазовых сооружений от мест изготовления до заданной точки (на конкретном месторождении);
- создание спасательных капсул, оборудованных связью и собственным ходом;
- разработку специальной нормативной базы, которая должна стать основой новых конструкторских и технологических решений;
- выявление (в ареале открытого месторождения) оптимального диапазона глубин ниже ледового покрова, где существуют стабильные гидрологические

условия; наряду с этим следует более целенаправленно (а может быть, и заново, но с позиций сформулированных задач) изучить и выявить наиболее стабильные гидрологические параметры по глубинам Северного Ледовитого океана, а именно:

- ▶ температуру по глубине;
 - ▶ зоны (глубин), где уже отсутствуют волновые явления;
 - ▶ геохимический состав этого диапазона с целью подбора наиболее адекватного материального исполнения судов технического подводного флота;
 - ▶ возможные отклонения абсолютных значений давления и температур в исследуемом диапазоне глубин с целью подбора толщин подводных оболочек различных конфигураций;
- разработку нормального ряда компактных ядерных энергетических установок на быстрых нейтронах в подводном модульном исполнении и с расчетным энергоресурсом [4], мощность которых предварительно должны установить технологи-нефтяники/газовики; при этом данные установки следует запроектировать в двух модификациях:
 - ▶ в виде отдельного от подводного бурового судна автономного балластируемого подводного комплекса, устанавливаемого на безопасном (от столкновений) расстоянии;
 - ▶ в виде встроенного в подводное буровое судно сектора.

При проектировании большинства вспомогательных подводных судов нефтегазопромыслового назначения необходимо предусмотреть надёжные шлюзовые устройства для перехода персонала и переноса различного оборудования, из чего следует, что эти устройства непременно должны отличаться довольно большими размерами, обеспечивающими безопасный переход большого количества людей и разнообразных габаритных грузов, например, таких как трубы, оборудование, продовольствие; кроме того, потребуется и трубопроводная перекачка цемента, глинопорошка, химреагентов и т.д. Не мешало бы также объявить конкурс идей и способов быстрого создания временных/постоянных майн, т. е. «прорубей» (необходимых для выхода вытяжной колонны для забора свежего воздуха и периодической или же постоянной работы факела, причем эти мероприятия необходимо существенно разнести по горизонтали, чтобы исключить их взаимовлияние) на точке постоянного пребывания подводных объектов в условиях непрерывного движения ледовых полей (хотя это предложение представляется довольно спорным). Несомненно, в ходе предложенных научно-исследовательских изысканий возникнут новые, сейчас неучтенные и, возможно, еще более сложные задачи.

Необходимо отметить, что в настоящее время специалистами Крыловского государственного научного центра разработан концептуальный проект

ледостойкой плавучей добычной платформы (ЛПДП) типа BUOY с отсоединяемым спайдерным бумом для эксплуатации в особо сложных условиях глубоководного арктического шельфа.

Важно, что одним из предназначений указанной платформы является прием продукции скважин от подводного добычного комплекса, а также подготовка, хранение и дальнейшая отгрузка нефти на танкеры. В качестве предполагаемых районов эксплуатации платформы рассматриваются центральная часть Баренцева моря, нефтематеринские структуры в пределах свода Федынского и Адмиралтейского вала.

Выполненные проработки подтверждают принципиальную реализуемость предложенных в концептуальном проекте технических решений применительно к глубоководным месторождениям арктического шельфа, а также их экономическую эффективность. В связи с этим концептуальный проект ЛПДП предлагается рассматривать в качестве основы для дальнейшего проектирования, принимая во внимание специфику и особенности эксплуатации сооружения на конкретных месторождениях арктического шельфа России.

Проектируя и сооружая различные добычные технические комплексы, нельзя не учитывать того, что особенностью разработки месторождений на шельфе является большая удаленность арктических нефтегазовых месторождений от регионов массового потребления углеводородов. Это обстоятельство уже давно настоятельно требует подойти к вопросу добычи газа (ресурсы которого, по прогнозам большинства геологов, неизмеримо выше, чем нефти) не путем его последующей традиционно трубопроводной перекачки под высоким давлением, а путем его преобразования в жидкие энергоносители, широко известного как «gas to liquid» («газ в жидкость»). Из всех на сегодня широко опробованных технологий преобразования газа в жидкое состояние распространение получило физическое охлаждение до температуры -162°C ; химическая же переработка газа с применением высоких температур и различных катализаторов все еще не вышла из стадии пилотных исследований (хотя и довольно широко разрекламированных, но вряд ли промышленно рентабельных для больших количеств газа, таких как десятки миллионов кубометров в сутки). В общем, здесь еще существует огромное поле научных поисков для наших химиков.

Никак не предвосхищая уже проторенных и еще не найденных путей, рискнем заметить, что, возможно, один из рациональных путей будет заключаться в попытках преобразовать метан в пропан-бутановую смесь, которая при сравнительно небольших давлениях (свыше 1,6 МПа) преобразуется в жидкость, которую несравненно дешевле транспортировать в емкостях/трапах, рассчитанных на это избыточное давление.

Не менее важной задачей при освоении подводных месторождений станет и подготовка для подводных нефтегазовых объектов различного назначения кадрового персонала, который, по нашему мнению, следует комплектовать прежде всего из завершивших военную службу моряков-подводников, которым, естественно, надлежит пройти дополнительно переподготовку в специально созданных учебных заведениях для дальнейшей квалифицированной работы.

Вопросы и проблемы, поднятые в настоящей статье, затрагивают основополагающий и вечный для России вопрос «Что делать?». Ответ таков: это государственные вопросы, поскольку освоение недр Северного Ледовитого океана не может быть проблемой наших супертранснациональных компаний, это проблема государства и его правительства. Необходимо создать в системе Минэнерго России научно-исследовательский институт освоения углеводородных ресурсов Северного Ледовитого океана (таким мог бы стать институт ВНИПИМорнефтегаз, который распался в конце 1990-х годов из-за отсутствия государственного финансирования и слабого руководства как самого института, так и Минэнерго).

Литература

1. Гусейнов Ч. С. Освоение углеводородных ресурсов Северного Ледовитого океана — ближайшая и неотложная перспектива // Бурение и нефть. — 2012. — № 1. — С. 20—24.
2. Гусейнов Ч. С. О необходимости разработки этапов освоения углеводородных ресурсов Северного Ледовитого океана // Управление качеством в нефтегаз. комплексе. — 2012. — № 4. — С. 26—30.
3. Гусейнов Ч. С., Мирзоев Ф. Д. О необходимости разграничения Северного Ледовитого океана на зоны и разработки этапов их освоения // Бурение и нефть. — 2013. — № 2. — С. 10—15.
4. Митенков Ф. М. Судовая ядерная энергетика // Вестн. Рос. академии наук. — 2003. — Т. 73, № 6. — С. 488—495.
5. Никитин П. Б., Никитин П. П., Зюзина И. А., Малиюкина Е. Н. Основные подходы к разработке долгосрочной программы ОАО «Газпром» по освоению месторождений углеводородов на шельфе Российской Федерации // Газ. пром-сть: Спецвыпуск. — 2011. — С. 35—37.
6. Сообщение пресс-центра Крыловского государственного научного центра от 9.12.2013 г. (http://krylov-center.ru/rus/press-center/news/?ELEMENT_ID=168B)