

Мобильная морская буровая установка в арктическом исполнении (выбор концепции)

И. О. Сочнева¹, кандидат технических наук

Международный институт энергетической политики и дипломатии МГИМО (У) МИД России

О. Я. Сочнев², доктор технических наук

ОАО «НК «Роснефть»

Арктические моря России характеризуются наличием многолетних льдов. Поисково-оценочное бурение в этих районах без применения современных технических средств в ледостойком исполнении не представляется возможным. Кроме того, прогнозные оценки возможности наращивания мировой добычи углеводородов связаны с Арктикой. Именно этим объясняются активные попытки мировых лидеров нефтегазовой отрасли создать буровые установки для круглогодичного бурения. Но прогресс в этом направлении невелик, несмотря на то что активные работы ведутся уже более тридцати лет.

Ключевые слова: Арктика, морская мобильная буровая установка, ледовые условия, мобильность, глубина воды.

Введение

Вопросы освоения углеводородов Арктики являются для России приоритетными. Прогнозируется, что на долю морских арктических проектов придется более 80% общего прироста запасов углеводородов. Но эта цифра будет оставаться не более чем прогнозной оценкой до тех пор, пока не будет подтверждена результатами поисково-оценочного бурения.

Сейчас бурение в арктических морях как в России, так и за рубежом сводится к проводке единичных скважин, как правило, в период «бурового окна», т. е. при отсутствии льдов, и носит в большей степени характер экспериментальных научно-исследовательских работ, нежели налаженного производственного процесса. Мировые лидеры проектирования технических средств для нефтегазовой отрасли уже давно пытаются решить эту проблему.

Современная доступность к основным техническим решениям, в том числе через информационные

ресурсы самих проектировщиков, позволяет оценить современные концепции мобильных ледостойких буровых установок с точки зрения возможности проведения круглогодичных поисково-оценочных работ в Карском, Восточно-Сибирском, Чукотском морях и море Лаптевых.

Критерии оценки

Оценка концепций морских мобильных буровых установок может быть выполнена с учетом ряда критериев, три из которых можно считать определяющими:

- ледовые условия (наличие льда, продолжительность межледового периода, толщина льда);
- батиметрия (глубина воды на акваториях арктических морей, инженерно-геологические условия);
- возможность транспортировки буровой как в пределах акваторий арктических морей, так и между ними.

Ледовые условия

На континентальном шельфе российской Арктики средняя продолжительность межледового периода составляет 2—2,5 мес. В отдельные холодные годы






¹ e-mail: sochnevamgimo@yandex.ru.

² e-mail: o_sochnev@mail.ru.

Таблица 1. Ледовые условия в арктических морях России

Море	Январь	Февраль	Март	Апрель	Май	Июнь	Июль	Август	Сентябрь	Октябрь	Ноябрь	Декабрь
Баренцево	Зимний лед						Чистая вода			Зимний лед		
Печорское	Зимний лед		Зимний лед		Зимний лед			Чистая вода			Зимний лед	
Карское	Зимний лед					Зимний лед						
Лаптевых	Зимний лед		Полынья			Зимний лед				Зимний лед		
Восточно-Сибирское	Зимний лед					Зимний лед					Зимний лед	
Чукотское	Зимний лед		Полынья			Зимний лед			Чистая вода			Зимний лед

Обозначения:

-  — чистая вода
-  — сплоченный лед
-  — наличие ледовой кромки или чистой воды (зависит от суровости зимы и меняется от года к году)
-  — сплоченный лед с квазистационарной вдольбереговой полыньей
-  — айсберги

лед в некоторых арктических районах присутствует круглогодично (табл. 1).

Поэтому если ставится задача обеспечения круглогодичного бурения поисково-разведочных скважин на арктическом шельфе России, это определяет необходимость технических решений, обеспечивающих работоспособность буровой установки в многолетнем льду толщиной до 3 м. То есть ледовый класс буровой установки должен соответствовать РС1 или РС2 (возможность круглогодичной работы в двухлетнем и более многолетнем льду толщиной 3 м и выше) [1; 2].

Глубина воды в точке постановки

Глубина воды в точке постановки буровой установки — также важнейший фактор, определяющий ее конструкцию. Здесь репером является глубина 60 м. От нее зависит применение гравитационного или плавучего сооружения. Это разделение возникло не случайно. Оно основано на многолетних безуспешных попытках создать ледостойкие гравитационные буровые установки для больших глубин.

Следует учитывать, что около 50% площади арктических морей России приходится на глубины 20—60 м, а около 40% — на глубины более 60 м.

Возможность перемещения по арктическому шельфу

Важно также обеспечить мобильность буровой установки. Этот фактор существенным образом влияет на сокращение сроков буровых работ, так как для опознания только одной нефтегазовой структуры по традиционной технологии требуется бурение пяти-шести скважин.

Здесь ограничительным фактором выступают проливы между островами по трассе Северного морского пути — в частности, проливы Вилькицкого, Дмитрия Лаптева, Лонга и др., а также постоянное наличие Айонского ледяного массива, который зачастую не позволяет осуществлять проводку высокоширотными маршрутами.

Фактически это «русские Гибралтары», здесь Северный морской путь попадает под контроль: севернее — толстые арктические льды, а южнее — мелководье у побережья России.

Реально для высокой мобильности буровой установки требуется, чтобы ее осадка в транспортном положении не превышала 11 м.

Выбор концепции морской буровой установки

Как отмечалось, разработка новых концепций буровых установок в арктическом исполнении крупнейшими мировыми проектными организациями ведется постоянно. Концептуальное проектирование выполняется известными российскими и зарубежными компаниями — ФГУП «Крыловский государственный научный центр», «Kvaerner», «GustoMSC», «Moss Maritime», «Sevan», «Huisman», GVA и др.

В настоящее время основные параметры проектируемых буровых установок общедоступны в Интернете, что позволяет оценить их применимость на арктическом шельфе России [3—33].

Результаты предварительного анализа концептуального проектирования на основе изложенных выше критериев представлены в табл. 2. Их анализ показывает, что проектировщикам пока не удастся создать универсальную ледостойкую буровую установку для круглогодичного бурения, позволяющую вести работы во всем интервале глубин арктического шельфа (до 200 м).

Уже очевидно, что для покрытия потребности в буровых работах на арктическом шельфе России понадобятся буровые установки как минимум двух типов — стационарные (гравитационные и самоподъемные — СПБУ) для глубин от 20 до 60 м и плавающие (полупогружные — ППБУ и буровые суда) для бурения скважин на глубинах более 60 м.

Ранее для бурения поисково-оценочных скважин на арктическом шельфе России применялись СПБУ, ППБУ и буровые суда, которые работали только в период чистой воды.

Современное проектирование морских ледовых буровых установок идет по двум основным направлениям.

1. Предпринимаются интенсивные попытки создать гравитационные буровые установки с опорным блоком из железобетона. Они относительно хорошо зарекомендовали себя в арктических проектах при глубинах воды, не превышающих 30 м. В пользу этих установок говорит имеющийся опыт эксплуатации на российском шельфе в ледовых условиях, в частности, в районе острова Сахалин.

При этом выход на интервалы глубин более 30 м в режиме круглогодичного бурения означает нарастание массы их опорных блоков, повышение осадки и снижение мобильности. Результат — увеличение стоимости строительства и эксплуатации. Установки данного типа мало ремонтпригодны, т. е. любой инцидент со значимым повреждением конструкции опорного блока приведет к ее полному выводу из эксплуатации. Быстрое покидание точки бурения установкой такого типа также не представляет возможным, что будет осложнять работу при

возникновении аварийных ситуаций (при экстремальных ледовых условиях, потере контроля над скважиной и т. д.). Критическим фактором являются инженерно-геологические условия в точках постановки, так как для обеспечения устойчивости буровой установки могут потребоваться широко-масштабные работы по специальной подготовке морского дна.

Пример такой буровой установки — мобильная морская буровая установка с основанием гравитационного типа (ОГТ) компании «Kvaerner». Ее основные преимущества заключаются в возможности круглогодичного бурения и устойчивости к ледовым нагрузкам.

Технология ОГТ, успешно отработанная на Сахалине (пример — платформа «Беркут»), позволяет выполнять вертикальную установку (посадку) на дно (или снятие со дна) и эксплуатировать сооружение в диапазоне глубин воды 20—60 м.

ОГТ может устанавливаться и выдерживать любые экстремальные внешние нагрузки (включая ледовые) во всех арктических районах. Защитная юбка обеспечивает устойчивость основания практически при всех грунтовых условиях. На некоторых участках при наихудшем сочетании факторов глубины моря, ледовых нагрузок и прочности грунтов потребуются дноуглубительные работы.

Создание концепций СПБУ для ледовых условий продолжается, но речь о возможности их круглогодичного применения пока не идет.








2. Попытка создания ППБУ с усиленным ледовым корпусом и буровых судов высоких ледовых классов. В определенной степени прототипом для ППБУ является буровая установка KULLUK, хорошо зарекомендовавшая себя в арктических условиях. При этом для концепт-проектов отмечаются тенденция нарастания массы и осадки, снижение мобильности.

Однако наиболее существенные технические достижения следует отметить в области создания современных буровых судов высоких ледовых классов.

Предполагается, что современные буровые суда будут способны вести бурение в сплоченном льду толщиной более 3 м. Прогресс в конструкциях винторулевой группы, в системах динамического позиционирования, возможность применения турельных или иных систем быстрой отстыковки/пристыковки к скважине, ледового усиления корпусных конструкций наряду с тенденцией глобального потепления в Арктике и использованием систем управления ледовой обстановкой делает буровые суда наиболее привлекательными с точки зрения поисков арктической нефти. Причем именно нефти. Следует подчеркнуть, что по современным оценкам 85% ресурсов арктического континентального шельфа приходится на газ.

Наличие уже открытых гигантских газовых месторождений на арктическом шельфе, таких как Штокмановское, Русановское, Ленинградское и др., и сложность монетизации природного газа вынуждают

Таблица 2. Оценка концепций мобильной буровой установки в арктическом исполнении

Концепция буровой (проектировщик)	Архитектурный облик	Ледовый класс	Буровое окно, мес	Необходимость системы управления ледовой обстановкой	Окно по глубине места бурения, м
Буровая установка гравитационного типа («Kvaerner»)		PC1	12	Обычно не требуется	20—60
Мобильная арктическая буровая платформа (ФГУП «Крыловский ГНЦ»)		PC3	9	То же	30—50 (с подставкой 70)
Буровое судно («GustoMSC»)		PC2—PC3	9	То же	30 (возможно удержание)—1500
Буровое судно («Ulstein»)		PC4	6—7	То же	60—500
Буровое судно (ФГУП «Крыловский ГНЦ»)		PC4	6	Иногда требуется	70—500
Полупогружная буровая установка («Sevan»)		PC4	6—7	То же	60—1500
Полупогружная буровая установка («Huisman»)		PC4—PC5	5—6	То же	35—1000
<i>Параметры эксплуатации буровой установки,</i>					
		PC1—PC2	12—9	Обычно не требуется	Охватывает более 50% дна
		PC3	9—6	Иногда требуется	Охватывает более 40% дна
		PC4 и выше	Менее 6	Обязательна	Охватывает до 40% дна

	Возможность быстрой отстыковки от скважины	Возможность самостоятельно прийти на точку бурения и уйти с нее	Возможность прохода через узкости на арктическом шельфе (минимальная осадка, м)	Количество судов обеспечения	Необходимость в береговой базе для отстоя в межбуровой сезон	Стоимость строительства (экспертно), млрд долл.
	Нет необходимости	Отсутствует	18,6	6 и более	Нет необходимости	1,3
	То же	То же	28,0	3 и более	То же	1,1
	Проблемы отсутствуют	Не вызывает проблем для заданного льда	16,5	1	То же	2,6
	То же	То же	10,0	1	То же	Более 2,0
	То же	То же	10,0	1	То же	1,2
	То же	Отсутствует	12,0	3 и более	В зависимости от района бурения	Более 1,5 (экспертно)
	То же	То же	10,6	3 и более	То же	1,8
<i>обозначенные цветовой шкалой</i>						
	Проблемы отсутствуют	Не вызывает проблем	Осадка до 11 м	1 судно или без него	Нет необходимости	Менее 1,5
	Требуется времени	Требуется поддержки	Осадка до 13,5 м	1—2 судна	В зависимости от района бурения	Менее 1,5—2,0
	Требуется большого времени	Отсутствует	Осадка свыше 13,5 м	3 судна и более	Обязательна	Более 1,5—2,0

нефтегазовые компании вести поисково-оценочное бурение на нефть на континентальном склоне Северного Ледовитого океана. В пользу этого свидетельствуют бурный рост глубоководной добычи в общемировой добыче углеводородов и динамика выдачи лицензий на разработку в море Бофорта. Здесь буровые суда высоких ледовых классов окажутся практически незаменимыми.

Например, буровое судно «ULSTEIN AXDS» специально проектируется для Арктики. Его особенностью является применение проверенных технологий для обеспечения безопасного, надежного и экономически привлекательного бурения с минимальным воздействием на окружающую среду. В Арктике судно может работать автономно более 140 дней и способно преодолевать льды толщиной 1,2 м.

При бурении в ледовых условиях на глубинах от 100 до 500 м судно использует заякоренную поворотную турель (т. е. может вращаться вокруг ствола буримой скважины в зависимости от направления дрейфа льда), в то время как в суровых условиях открытой воды оно может работать на глубинах до 1500 м, используя систему динамического позиционирования. Судно может быстро отсоединиться от скважины при неблагоприятных условиях и быстро присоединиться к ней для продолжения буровых операций.

Выводы

Анализ современных концепций мобильных ледостойких буровых установок позволяет сделать выводы:

1. Следует признать, что во многом попытки создать универсальную мобильную буровую установку для круглогодичного бурения на арктическом шельфе во всем диапазоне глубин до 200 м во многом оказались безрезультатными. Это становится еще более очевидным, если принять во внимание, что на шельфе уже работают ППБУ шестого поколения и буровые суда пятого поколения, а бурение и добыча ведутся при глубине воды более 4000 м.

2. С точки зрения поисков арктической нефти концептуальные технические решения для буровых судов выглядят более предпочтительными, чем для мобильных гравитационных установок. Современный прогресс в создании систем отстыковки/пристыковки к скважине, систем динамического позиционирования, современных превенторов и комплектов устьевого оборудования, обеспечивающих беспроблемный возврат к скважине как после короткого, так и после длительного перерыва, делает возможным с их помощью двух- или трехсезонное бурение одной скважины. Тем самым острота проблемы продолжительности «бурового окна» снижается, так как судно высокого ледового класса, например, оснащенное движительными установками типа AZIPOD, сможет покинуть район бурения и возвращаться туда в любое время. Фактически для таких судов исчезает необходимость ледовой

проводки. Буровые суда-ледоколы смогут обеспечить поисковое бурение на нефть на глубоководных участках в Северном Ледовитом океане при глубинах 1000—2000 м.

3. Круглогодичное поисково-оценочное бурение на арктическом шельфе на глубинах до 20 м может быть обеспечено с использованием искусственных островов различных типов.

4. Поисковое бурение на глубинах более 20—100 м в период «буровых окон» может быть обеспечено при помощи неледовых СПБУ, а на глубинах более 60 м и более — с ППБУ и буровых судов. Здесь увеличения продолжительности бурового сезона можно достичь путем винтеризации установок и максимального приближения их береговых баз снабжения и зимнего отстоя к районам интенсивного бурения, что позволит существенно сократить переход к району работ. Следует учесть опыт СССР, добившегося гигантского прогресса в освоении арктических месторождений в кратчайшие сроки именно с использованием такой стратегии бурения.

5. Прогресс в арктическом бурении может быть также обеспечен путем оснащения морских буровых установок станками с высокими скоростями проводки скважин, использования современных долот, буровых растворов и других новейших технологий.

6. В ближайшие годы как в России, так и за рубежом на арктическом шельфе будет наблюдаться бурение единичных скважин с использованием винтеризированных установок. При этом широкомаштабная добыча на арктическом шельфе остается пока в отдаленном будущем, так как технические решения по обустройству арктических месторождений не находятся даже на стадии концептуального проектирования.

7. Условия бурения могут быть облегчены при использовании систем управления ледовой обстановкой. Количество необходимых для этого ледоколов, потребность в судах снабжения и автономность самой буровой также необходимо учитывать при оценке концепций. При этом стоимость эксплуатации систем управления ледовой обстановкой может существенным образом влиять на стоимость поисково-оценочных работ.

Литература

1. Guidelines for ships operating in polar water. — [S. l.]: IMO, 2010.
2. Melling H. Monitoring Ice Thickness in Arctic Seas / Fisheries and Oceans Canada; Inst. of Ocean Sciences. — Sidney BC, [S. a.]. — Poster (http://ipy.nwtresearch.com/Documents/Posters/OceanCurrentsandArcticCanada_II.pdf).
3. Gulbrandsen E. Kvaerner Concrete Solutions for Arctic Exploration Drilling, LNG and Oil & Gas Production Platforms // INTSOK. 12th Annual Russian-Norwegian Oil & Gas Conference, 22.01.2014. — 24 p.
4. Gundersen B. Kvaerner. Arctic Solutions. Strategikonferansen. — [S. l.], 2014. — 13 p.

5. Knudsen A. Kvaerner / Rice Global E&C Forum Intern. Conference Norwegian Oil & Gas Field Development solutions for the Arctic, Paris, 19.03.2013. — [S. l.], 2013. — 29 p.
6. Gundersen B. Kvaerner. Arctic opportunities. Capital Markets Day. — [S. l.], 10 Jan. 2013. — 12 p.
7. Wiik E. Arctic technology / NAMEPA/NOIA Conference: Winds of Change in Offshore Oil and Gas, Houston, Texas, February 20th. — [S. l.], 2014. — 12 p.
8. Concrete: The heavy duty solution // Frontier Energy. — 2014. — Autumn. — P. 12—13.
9. Your needs make our difference / Fincantieri offshore. GustoMSC // https://www.fincantierioffshore.it/Public/FILE_CONTENT/Brochure%20Fincantieri%20Offshore_06052013073658.pdf. — P. 6.
10. NanuQ 5000 TM. Arctic drillship, turret moored / GustoMSC. — [S. l.], [S. a.]. — P. 2.
11. NanuQ 5000 DP. Arctic drillship, turret moored / GustoMSC. — [S. l.], [S. a.]. — P. 2.
12. Wassink A., van der List R. SPE 166848 Development of solutions for Arctic offshore drilling / GustoMSC. — [S. l.], [S. a.]. — 12 p.
13. Wassink A. Offshore exploration in the Arctic / Arctic battle. Symposium — 8 Mar. 2012. — P. 30 (https://afdelingen.kiviniira.net/media-afdelingen/DOM100000166/Activiteiten_2012/arctic_battle/KIVI_NIRIA_-_Arctic_Battle_-_8_March_2012_-_Offshore_exploration_in_the_arctic_-_SBM_-_Alain_Wassink.pdf).
14. The new ice age // Frontier Energy. — 2012. — Autumn. — P. 14—15.
15. Major F. Understanding the key challenges of FPSOs in Arctic conditions: Presentation for International forum Arctic Projects — Today and Tomorrow, Arkhangelsk, 31.10.2013 / Sevan Marine. — Arendal, Norway, 2013. — 34 p.
16. Sylindrisk FPSO for ekstreme miljø Norsk: Offshoredag 2010 / Sevan Marine. — Oslo, 27 May 2010. — 45 p.
17. Sevans Solutions for Cold Climate: Arctic development Presentation for the 2nd and final Industry Workshop for Floating & Fixed Installations. — Stavanger, Norway, 04.10.2014. — 30 p.
18. Haugen I. Analysis of Hull Structure Response for a Sevan Arctic Mobile Drilling Unit in Arctic Areas subjected to Ice Loading / NTNU. — [S. l.], 2014. — 178 p.
19. Bacon H. Seminar Managing Risk in Arctic Operations / DNV. — [S. l.], 2012. — 25 p.
20. Gudmestad O. T. Vessel Winterization for Cold Climate Operations. Joint Research and Innovation for the Petroleum industry working in the Arctic, Murmansk. 16.06.2010. University of Stavahger, NTNU. — [S. l.], 2010. — 20 p.
21. JBF Arctic semi-submersible drilling unit Huisman product brochure. — [S. l.], 2014. — 12 p.
22. Таровик В. И. Буровое судно для российской Арктики: Концепция проектирования, строительства и эксплуатации // Арктика: экология и экономика. — 2014. — № 2 (14). — С. 58—60.
23. Таровик В. И., Вальдман Н. А., Вербицкий С. В. и др. Инновационные решения в проектные решения в проектах шельфовой техники / ФГУП «ЦНИИ им. академика А. Н. Крылова» // http://www.mir-forum.ru/upload/files/d/doklad_tarovik.pdf.
24. Анполонов Е. М., Беляшов В. А. Перспективы сотрудничества России и Финляндии в области арктического судостроения / ФГУП «Крыловский государственный научный центр». — Турку, 26—27 марта 2013. — 19 с.
25. Халикова Д. Ф. Методика выбора архитектурно-конструктивного типа и общепроектных характеристик плавучей буровой установки для бурения поисково-разведочных скважин в условиях мелководья: Дис. ... канд. техн. наук / Центр. науч.-исслед. ин-т им. акад. А. Н. Крылова. — СПб., 2014. — 238 с.
26. Прочность и надежность конструкций кораблей, судов и объектов морской техники / ФГУП «Крылов. гос. науч. центр». — СПб., 2012—2013. — 21 с.
27. Лаверов Н. П., Дмитриевский А. Н., Пашин В. М. и др. Перспективы развития нефтегазового комплекса арктического шельфа России // 9-я международная конференция по освоению ресурсов нефти и газа Российской Арктики и континентального шельфа стран СНГ: RAO/CIS OFFSHORE 2009: Санкт-Петербург, 15—18 сентября 2007 года. — СПб., 2007. — 10 с.
28. Мобильная ледостойкая буровая установка / ЦКБ МТ «Рубин». — [Б. м.], 2014. — 1 с.
29. Ученые-корабелы — освоению шельфа. Практический вклад ЦНИИ имени академика А. Н. Крылова в реализацию проектов морской нефтегазодобычи // Бизнес-партнер. — 2011. — Окт. — С. 32—33.
30. Ильина С. В. Проблемы при выборе типа морской стационарной платформы для работы в ледовых условиях // Технические науки в России и за рубежом: материалы междунар. науч. конф. (г. Москва, май 2011 г.). — М.: Ваш полиграф. партнер, 2011. — С. 86—91.
31. Шибакин Р. С., Шибакин С. И. Функциональные платформы для освоения месторождений мелководного шельфа // Газ. пром-сть. — 2013. — № 2 (686).
32. Pilkington R. Concepts Considered by Dome Petroleum in 1980s. — Pt. 2. — [S. l.], 19 Mar. 2014. — 31 p.
33. ULSTEIN AXDS. Arctic drill ship // <http://www.ulstein.com>.