



УДК 629.563

ОСОБЕННОСТИ ОБУСТРОЙСТВА НЕФТЕГАЗОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ В УСЛОВИЯХ АКВАТОРИЙ БАРЕНЦЕВА И КАРСКОГО МОРЕЙ

PECULIARITIES OF OIL AND GAS FIELD DEVELOPMENT IN THE WATERS OF THE BARENTS AND KARA SEAS

Винклер Виктория Сергеевна

магистр кафедры разработки нефтяных
и газовых месторождений,
Санкт-Петербургский горный университет
vinklerviktoriy19@gmail.com

Сайченко Лилия Альбертовна

кандидат технических наук,
доцент кафедры разработки нефтяных
и газовых месторождений,
Санкт-Петербургский горный университет
saychenko_la@pers.spmi.ru

Аннотация. Территории арктических акваторий славятся своим высочайшим углеводородным потенциалом, значительная часть которого принадлежит Российской Федерации – более 50% запасов нефти и газа. Но, несмотря на перспективность данных участков, их освоение осложняется рядом факторов: суровые гидрометеорологические условия, айсберги, большие глубины, удаленность от берега, геологические факторы (многолетнемерзлые грунты, придонные газ и гидраты, покмарки). Для обустройства российского сектора арктических морей необходимы принципиально новые технологии, аналогов которых нет в мире. Однако, для создания новых и уникальных гидротехнических сооружений необходимо обратиться к зарубежному опыту. Доработка существующих технологий и их адаптация под условия российских арктических акваторий помогут в эффективном освоении сосредоточенных там углеводородных ресурсов.

Ключевые слова: арктический шельф, освоение шельфовых месторождений, морские платформы, FPSO, TLP, полупогруженная платформа, Баренцево море, Карское море.

Winkler Viktoria Sergeevna

Master's Student of the department
of oil and gas fields development,
St. Petersburg Mining University
vinklerviktoriy19@gmail.com

Saichenko Liliya Albertovna

PhD (technical sciences),
Associate Professor of the chair
of oil and gas fields development,
Saint-Petersburg Mining University
saychenko_la@pers.spmi.ru

Annotation. Arctic water areas are famous for their highest hydrocarbon potential, a significant part of which belongs to the Russian Federation - more than 50% of oil and gas reserves. But despite the prospects of these areas, their development is complicated by a number of factors: severe hydrometeorological conditions, icebergs, great depths, remoteness from the coast, geological factors (permafrost soils, shallow gas and hydrates, pockmarks). The development of the Russian sector of the Arctic seas requires fundamentally new technologies, which have no analogues in the world. However, to create new and unique hydraulic engineering structures it is necessary to refer to foreign experience. Improvement of existing technologies and their adaptation to the conditions of Russian Arctic waters will help in effective development of hydrocarbon resources concentrated there.

Keywords: Arctic shelf, offshore field development, offshore platforms, FPSO, TLP, semi-submersible platform, Barents Sea, Kara Sea.

Вопрос об эффективном освоении ресурсов арктического шельфа с каждым годом приобретает все большую актуальность по мере истощения запасов на суше и роста спроса на углеводородные ресурсы [1]. Большая часть запасов российской Арктики сосредоточена в Баренцевом и Карском морях (рис. 1).

В условиях обострившейся политической обстановки, компании не могут привлекать к работам на шельфе иностранных партнеров. Данная проблема носит как положительные, так и отрицательные аспекты. Положительной стороной данной проблемы является то, что санкционные ограничения могут послужить толчком для развития отечественной промышленности, создания производственного кластера и обретением технологической независимости.

Арктический шельф – это территория с очень тяжелыми климатическими условиями, глубины большинства месторождений превышают 150 м, некоторые из них расположены в сильной удаленности от берега (Штокмановское месторождение находится 560 км от суши) [2, 3]. Российских технологий для проведения работ в таких условиях очень мало. Действующие проекты на российском шельфе реализованы в более благоприятных климатических и гидрологических условиях по аналогии с зарубежными проектами.

У ряда стран таких как Норвегия, Канада и США есть большой опыт в разработке месторождений в разных глубинных диапазонах. Но среди реализуемых проектов нет ни одного, который бы находился в условиях, схожих с ледовыми условиями российских месторождений арктического шельфа (кроме мелководных проектов США с применением искусственных грунтовых островов). От-



сюда возникает острая потребность в разработке принципиально новых технологий и апгрейд уже существующих для суровых условий Арктики. Наиболее популярными в данных странах являются концепции обустройства месторождений с применением технологических судов (FPSO), полупогружных платформ и платформ на натяжных связях (TLP).



Рисунок 1 – Углеводородный потенциал арктических морей России

FPSO в форме судна

FPSO – это плавучая система добычи, хранения и выгрузки нефтепродуктов (сокращение от Floating Production, Storage and Offloading). FPSO часто представляет собой судно в форме корабля, на палубе которого размещается технологическое оборудование. Корпус судна имеет несколько больших резервуаров для хранения переработанных нефти и газа до момента их отгрузки на танкер.

На многих FPSO на кормовой части судна имеется разгрузочный шланг, представляющий собой гибкое соединение между FPSO и принимающим танкером и предназначенный для операции беспричального налива (tandem offloading). Этот метод разгрузки делает FPSO наиболее привлекательным решением для обустройства месторождений, сильно удаленных от берега, где прокладка подводных коммуникаций может оказаться нерентабельной и/или отсутствует инфраструктура для транспортировки углеводородов на суше.

FPSO могут удерживаться на точке с помощью якорных растяжек (в более спокойных водах), либо турели. Турельная система удержания позволяет ему свободно вращаться в зависимости от течений и ветра [4]. Эта способность называется маневренностью и обеспечивает наилучшее реагирование на угрозы, что делает возможной эксплуатацию в районах с суровыми гидрометеорологическими условиями. Существует два вида маневрирования: пассивное и активное. Пассивный тип – это, когда судно естественно поворачивается под воздействием нагрузок окружающей среды. Активное маневрирование означает использование подруливающих устройств (системы динамического позиционирования) для получения желаемого положения. Также турельная система удержания позволяет FPSO отсоединяться от своих швартовов и, следовательно, является оптимальным вариантом для районов, где наблюдается циклоны, ураганы и айсберги – для арктических акваторий [5].

FPSO работают в Северном море, на шельфе Бразилии, в Азиатско-Тихоокеанском регионе, Средиземном море и на шельфе Западной Африки. Примером FPSO в форме судна является Asgard A, показанный на рисунке 2. Месторождение Asgard расположено в Норвежском море, примерно в 200 километрах к западу от Трэнделага. Это одно из крупнейших месторождений на норвежском шельфе, глубина моря в районе месторождения составляет 240–310 метров.

Большинство используемых сегодня FPSO представляют собой переоборудованные нефтяные танкеры. Другой, менее распространенной альтернативой является строительство судна с нуля для конкретных целей. FPSO строятся по индивидуальному заказу зачастую для того, чтобы получить другую форму корпуса, так, например, на месторождении Goliat применяется FPSO с корпусом круглой формы.

Круговое судно FPSO

Строительство уникальных плавучих установок производится в случае, если речь идет о месторождениях с большими запасами и длительным сроком службы. Поскольку данный тип платформы изначально проектируется с нуля, а не трансформируется, например из танкера или другого судна, он является более эффективным и требует меньших затрат.

Благодаря симметрии корпуса, для кругового FPSO не требуется потребность в маневренности. Даже при суровых погодных условиях корпус подвергается одинаковым нагрузкам окружающей среды, независимо от направления. Это является преимуществом, поскольку из конструкции можно исключить турель, которая является сложным и дорогостоящим устройством. Отсутствие турели позволяет использовать большое количество райзеров, подсоединяемых к платформе. В частности, круговая конструкция позволяет использовать стальные провисающие райзеры для суровых условий эксплуатации, они имеют более низкую стоимость, большую долговечность и большую гибкость.

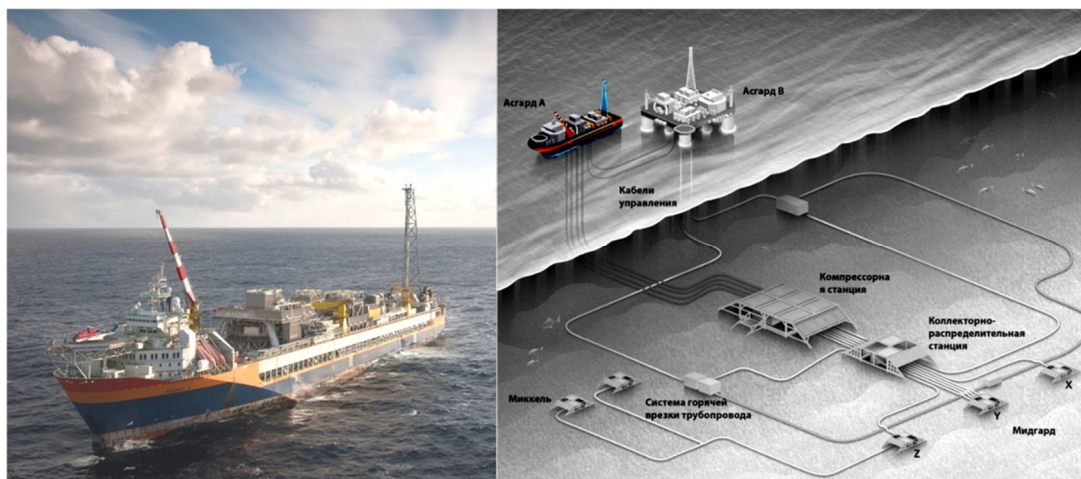


Рисунок 2 – FPSO в форме судна Asgard A

Примером кругового судна FPSO является платформа Goliat, показанная на рисунке 3. Оно расположено в Баренцевом море, в 85 км к северо-западу от Хаммерфеста на глубине 380 м. Это второе месторождение после газового Snohvit, которое разрабатывается на арктическом шельфе Норвегии.



Рисунок 3 – FPSO Goliat

TLP

TLP – платформа на натяжных связях (сокращение от Tension Leg Platform). Вертикальные, натянутые тросы с малой величиной упругости позволяют платформе работать как стационарная структура. Вертикальная качка, крен и килевая качка сводятся к абсолютному минимуму, так как TLP является неподвижной в этих степенях свободы [6]. TLP часто используются для обустройства месторождений в Мексиканском заливе, подверженном ураганам.

Заякоривание на натяжных связях означает использование избыточной плавучести для удержания платформы. Платформа TLP погружается под воду с большей осадкой, чем естественная. Избыточная плавучесть обеспечивает постоянное натяжение тросов. При этом важно, чтобы натяжение в опорах присутствовало постоянно, поэтому для данного типа платформ существуют ограничения по массе оборудования верхнего строения. Натяжные опоры крепятся к фундаменту на морском дне, который удерживается в неподвижном состоянии с помощью свайных якорей.

Примером TLP является платформа Heidrun (рис. 4). Месторождение Heidrun расположено в 50 километрах к северу от месторождения Asgard в банке Halten в Норвежском море. Глубина воды на месторождении Heidrun составляет около 350 метров.

Полупогружные платформы

Верхнее строение полупогружных платформ размещается на опорных колоннах большого диаметра, которые крепятся к понтонам, погруженным в воду. Полупогружная платформа является наиболее распространенным типом обустройства и используется для широкого спектра задач. Это плавучее средство может удерживаться как с помощью заякоривания, так и с помощью динамического позиционирования, если платформа оснащена подруливающими устройствами [7].



Рисунок 4 –TLP Heidrun

При проектировании полупогружных платформ основной фокус делается на обеспечение стабильности сооружения. Килевая качка и крен значительно уменьшаются за счет того, что установка остается частично погруженной в воду. Также важным параметром является величина воздушного зазора, он должен быть достаточно большим во время всего жизненного цикла платформы. Если воздушный зазор слишком мал в условиях моря с большими волнами, то может возникнуть удар волны под палубой, что в свою очередь критически повлияет на целостность платформы.

Примером полупогружной платформы является платформа Snorre B (рис. 5). Она представляет собой плавучую платформу PDQ (Production, Drilling, Quarters unit), то есть интегрированную установку для добычи и бурения с жилым модулем. Глубина воды на месторождении Snorre составляет около 350 метров.



Рисунок 5 – Полупогружная платформа Snorre B

Выводы

Самым распространенным видом обустройства глубоководных месторождений за рубежом является сочетание плавучей платформы, на которой размещаются контейнеры для хранения, различное технологическое оборудование для подготовки продукции, и подводного добычного комплекса (ПДК). Данный подход к обустройству позволяет осуществлять управление ПДК и его электроснабжение непосредственно с платформы.

Для обустройства месторождений российского сектора арктического шельфа необходимо разрабатывать принципиально новые конструкции плавучих гидротехнических сооружений. Так как для данных акваторий характерен жесткий ледовый режим, платформы должны быть ледостойкими и обладать высокой надежностью. В качестве аналогов и прототипов для дальнейшей модернизации можно принять платформы зарубежных компаний, применяемых в схожих диапазонах глубин (рис. 6).

Создание крупного отечественного производственного кластера по строительству уникальных гидротехнических сооружений и техники поспособствует эффективному освоению углеводородных ресурсов арктического шельфа, своевременному вводу месторождений в эксплуатацию и обретению технологической независимости.

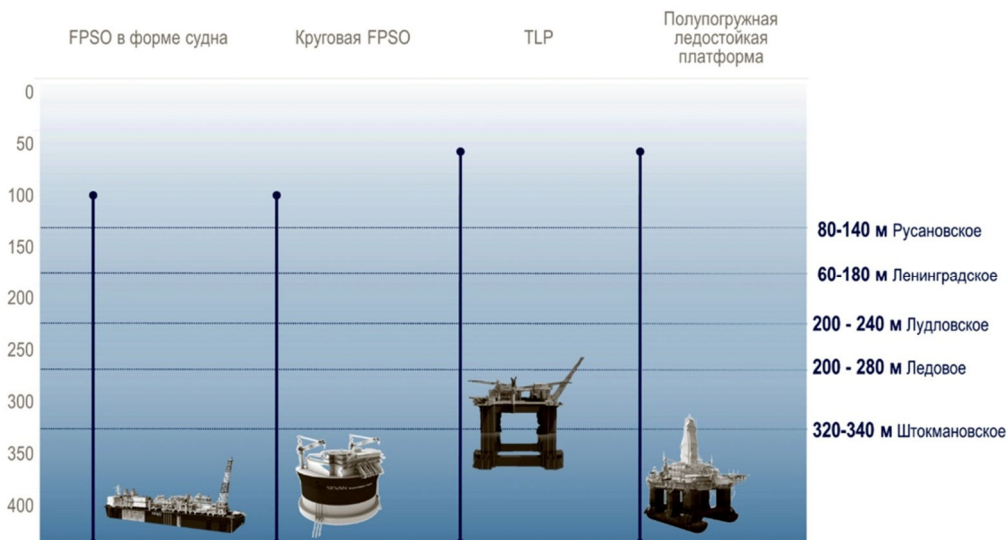


Рисунок 6 – Применимость платформ на различных глубинах

Список литературы:

1. Экономическая оценка углеводородной сырьевой базы арктического шельфа России / В.И. Назаров [и др.] // Нефтегазовая геология. Теория и практика. – 2021. – № 1. – С. 1–22. – URL : https://doi.org/10.17353/2070-5379/9_2021
2. Предварительные результаты исследований дрейфа айсбергов в российской Арктике за 2012-2017 годы / И.В. Бузин [и др.] // International Journal of Offshore and Polar Engineering. – 2019. – № 29(4). – С. 391– 399. doi: 10.17736/ijope.2019.jc772
3. Дзюбло А.Д., Воронова В.В. Исследование механизмов возникновения опасных природных явлений при освоении нефтегазовых месторождений на шельфе арктических и субарктических морей // Безопасность труда в промышленности. – 2019. – № 4. – С. 69–77. doi: 10.24000/0409-2961-2019-4-69-77
4. Лин Ю., Янг К., Гуан Г. Оптимизация структуры внутренней площади турели FPSO с использованием RBF-модели и эволюционной стратегии // Ocean Engineering. – 2019. – № 191. doi: 10.1016/j.oceaneng.2019.106562
5. Слепое сравнительное исследование взаимодействия сфокусированных волн с неподвижной структурой типа FPSO (серия слепых испытаний 1 CCP-WSI) / И. Рансли [и др.] // International Journal of Offshore and Polar Engineering. – 2019. – № 29(2). – С. 113–127. doi: 10.17736/ijope.2019.jc748
6. Табешпур М.Р., Ахмади А., Малайджерди М. Исследование поведения TLP при повреждении растяжек // Ocean Engineering. – 2018. – № 156. – С. 580–595. doi: 10.1016/j.oceaneng.2018.03.019
7. Новый тип противовыбросовой полупогружной буровой платформы / Б. Чен [и др.] // Petroleum Exploration and Development. – 2017. – № 44(3). – С. 487–494. doi: 10.1016/S1876-3804(17)30056-3

List of references:

1. Economic assessment of the hydrocarbon resource base of the Arctic shelf of Russia / V.I. Nazarov [et al.] // Oil and Gas Geology. Theory and Practice. – 2021. – № 1. – P. 1–22. – URL : https://doi.org/10.17353/2070-5379/9_2021
2. Preliminary results of studies of iceberg drift in the Russian Arctic in 2012–2017 / I.V. Buzin [et al.] // International Journal of Offshore and Polar Engineering. – 2019. – № 29(4). – P. 391– 399. doi: 10.17736/ijope.2019.jc772
3. Dzyublo A.D., Voronova V.V. Study of mechanisms of dangerous natural phenomena during the development of oil and gas fields on the shelf of the Arctic and subarctic seas // Occupational Safety in Industry. – 2019. – № 4. – P. 69–77. doi: 10.24000/0409-2961-2019-4-69-77
4. Lin Y., Yang K., Guang G. Optimization of FPSO inner turret area structure using RBF model and evolutionary strategy // Ocean Engineering. – 2019. – No. 191. doi: 10.1016/j.oceaneng.2019.106562
5. A blind comparative study of focused wave interaction with a fixed FPSO–type structure (CCP–WSI Blind Test Series 1) / I. Ransley [et al.] // International Journal of Offshore and Polar Engineering. – 2019. – № 29(2). – P. 113–127. doi: 10.17736/ijope.2019.jc748
6. Tabeshpur MR, Ahmadi A, Malajerdi M. Investigation of TLP stretch damage behavior // Ocean Engineering. – 2018. – № 156. – P. 580–595. doi: 10.1016/j.oceaneng.2018.03.019
7. New type of blowout resistant semi–submersible drilling platform / B. Chen [et al.] // Petroleum Exploration and Development. – 2017. – № 44(3). – P. 487–494. doi: 10.1016/S1876–3804(17)30056–3