

# ПОДВОДНЫЕ ДОБЫЧНЫЕ КОМПЛЕКСЫ

как перспективный тренд  
в освоении арктических  
месторождений и некоторые  
вопросы их электроснабжения

**«Арктика — важнейший регион,  
который будет обеспечивать будущее России»  
В. В. Путин**

ПО ОЦЕНКАМ ИССЛЕДОВАТЕЛЕЙ ГЕОЛОГИЧЕСКОГО ОБЩЕСТВА ПОДО ЛЬДАМИ АРКТИЧЕСКИХ МОРЕЙ СКОНЦЕНТРИРОВАНО 13% МИРОВЫХ ЗАПАСОВ НЕФТИ И 30% НЕРАЗВЕДАННЫХ ЗАПАСОВ ГАЗА. ЭКСТРЕМАЛЬНЫЕ УСЛОВИЯ ПРИРОДЫ, СКРЫВАЮЩЕЙ ЭТИ БОГАТСТВА, ДЕЛАЮТ РАЗРАБОТКУ ШЕЛЬФОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ АРКТИКИ КРАЙНЕ ЗАТРУДНИТЕЛЬНОЙ. ПРОМЫШЛЕННОЕ ОСВОЕНИЕ РЕГИОНА ВОЗМОЖНО ТОЛЬКО ПОСЛЕ ТЩАТЕЛЬНОГО ПРОВЕДЕНИЯ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИХ, ОПЫТНО-КОНСТРУКТОРСКИХ РАБОТ И ВСЕСТОРОННЕГО АНАЛИЗА ДОСТУПНЫХ ВОЗМОЖНОСТЕЙ И ПРИ НАЛИЧИИ САМЫХ СОВРЕМЕННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ. ОДНО ИЗ НАПРАВЛЕНИЙ, КОТОРОЕ ПРИ ПРАВИЛЬНОМ ПОДХОДЕ МОЖЕТ СТАТЬ ОБЩЕОТРАСЛЕВЫМ ТРЕНДОМ, – ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПОДВОДНЫХ ДОБЫЧНЫХ КОМПЛЕКСОВ. ПРЕИМУЩЕСТВА ЭТОГО МЕТОДА УРАВНОВЕШИВАЮТСЯ РЯДОМ СЛОЖНЫХ ЗАДАЧ, СОПРЯЖЕННЫХ С ЕГО ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ. КАК РЕШИТЬ ЭТИ ЗАДАЧИ И СДЕЛАТЬ ДОБЫЧУ В АРКТИКЕ БЕЗОПАСНОЙ И ЭФФЕКТИВНОЙ?

УДК 622.276

ACCORDING TO GEOLOGICAL SOCIETY, EXPERTS ESTIMATE THAT THERE ARE 13% OF THE WORLD'S OIL RESERVES AND 30% OF THE WORLD'S UNDISCOVERED GAS RESERVES CONCENTRATED UNDER THE ICE OF THE ARCTIC SEAS. THE EXTREME ENVIRONMENT OF THE ANTARCTIC THAT CONCEALS THESE RICHES MAKE THE DEVELOPMENT OF SHELF DEPOSITS IN THE ARCTIC EXTREMELY DIFFICULT. INDUSTRIAL DEVELOPMENT OF THE REGION IS POSSIBLE ONLY AFTER A THOROUGH RESEARCH AND DEVELOPMENT AND A COMPREHENSIVE ANALYSIS OF THE AVAILABLE CAPABILITIES AND THE MOST MODERN TECHNOLOGIES. ONE OF THE AREAS THAT, WITH THE RIGHT APPROACH, CAN BECOME AN INDUSTRY-WIDE TREND IS THE USE OF SUBSEA PRODUCTION COMPLEXES. THE ADVANTAGES OF THIS METHOD ARE BALANCED BY A NUMBER OF COMPLEX TASKS ASSOCIATED WITH ITS USE. HOW TO SOLVE THESE PROBLEMS AND MAKE PRODUCTION SAFE AND EFFECTIVE IN THE ARCTIC?

Ключевые слова: Арктика, подводные добычные комплексы, электроснабжение, оборудование для добычи нефти, шельфовые месторождения.

**Косарева  
Юлия Владиславовна,**  
руководитель направления  
по производственному  
планированию и контролю,

**Бесхижко  
Владислав Валерьевич,**  
руководитель направления,  
к.т.н., доцент,

**Симакова  
Светлана Валерьевна,**  
начальник Управления  
энергетических систем,

**Чесноков  
Андрей Александрович,**  
руководитель направления по  
энергетическим системам,

**Толочкин  
Олег Юрьевич,**  
начальник Управления  
предпроектных и  
концептуальных исследований,  
АО «Морнефтегазпроект»

Сегодня развитие Арктики стало одним из ключевых векторов развития, намеченных правительством страны. В сферу интересов, не в последнюю очередь попадают углеводородные запасы региона. Россия – одна из немногих стран, чьи границы выходят к северным морям, богатым нефтью и газом. Это стало причиной того, что главным стратегическим направлением деятельности российских компаний по добыче углеводородов является разработка месторождений арктических морей. Так, уже распределен целый ряд лицензионных участков, содержащих месторождения углеводородов или перспективные структуры. Лицензиями на разработку и освоение этих месторождений владеют сегодня три российские компании: ПАО «Газпром», ПАО «НК «Роснефть» и ПАО «НОВАТЭК».

## Компании по добыче углеводородов на шельфе

Лицензиями на месторождения арктического шельфа владеет ПАО «Газпром». В Карском море компания владеет лицензиями на лицензионные участки (ЛУ) Харасавэй-Море, Ленинградское и Русановское месторождения, где активно проводит геолого-разведочные работы, Западно-

Шараповский, Обручевский, Невский, Северо-Харасавэйский, Нярмейский, Амдерминский, Скуратовский, Морской, Белоостровский. В Восточно-Сибирском море – Хейсовский и Северо-Врангелевский ЛУ. В Баренцевом море – ЛУ Ледовый, Лудловский, Демидовский, Ферсмановский, Медвежий. Северо-Западный, Долгинское и Штокмановское НМ. Помимо этого, дочерняя компания «Газпром нефти» – ООО «Газпром нефть шельф» – ведет добычу на месторождении Приразломное. Сегодня это единственное месторождение арктического шельфа, где уже ведется добыча нефти.

ПАО «НК «Роснефть» также владеет лицензионными участками в Печорском море (Русский, Южно-Русский, Поморский, Северо-Поморский 1, 2, Западно-Матвеевский, Южно-Приновоземельский, Медынско-Варандейский), в Баренцевом море (Федынский, Центральное-Баренцевский, Персеевский, Гусино-Земельский, Западно-Приновоземельский, Альбановский), в Карском море (Восточно-Приновоземельские 1, 2, 3, Варнецкий и Северо-Карский), в Море Лаптевых (Притаймырский, Хатангский, Усть-Оленекский, Усть-Ленский), в Восточно-Сибирском



РИС. 1. Лицензии группы «ГАЗПРОМ» на континентальном шельфе Российской Федерации

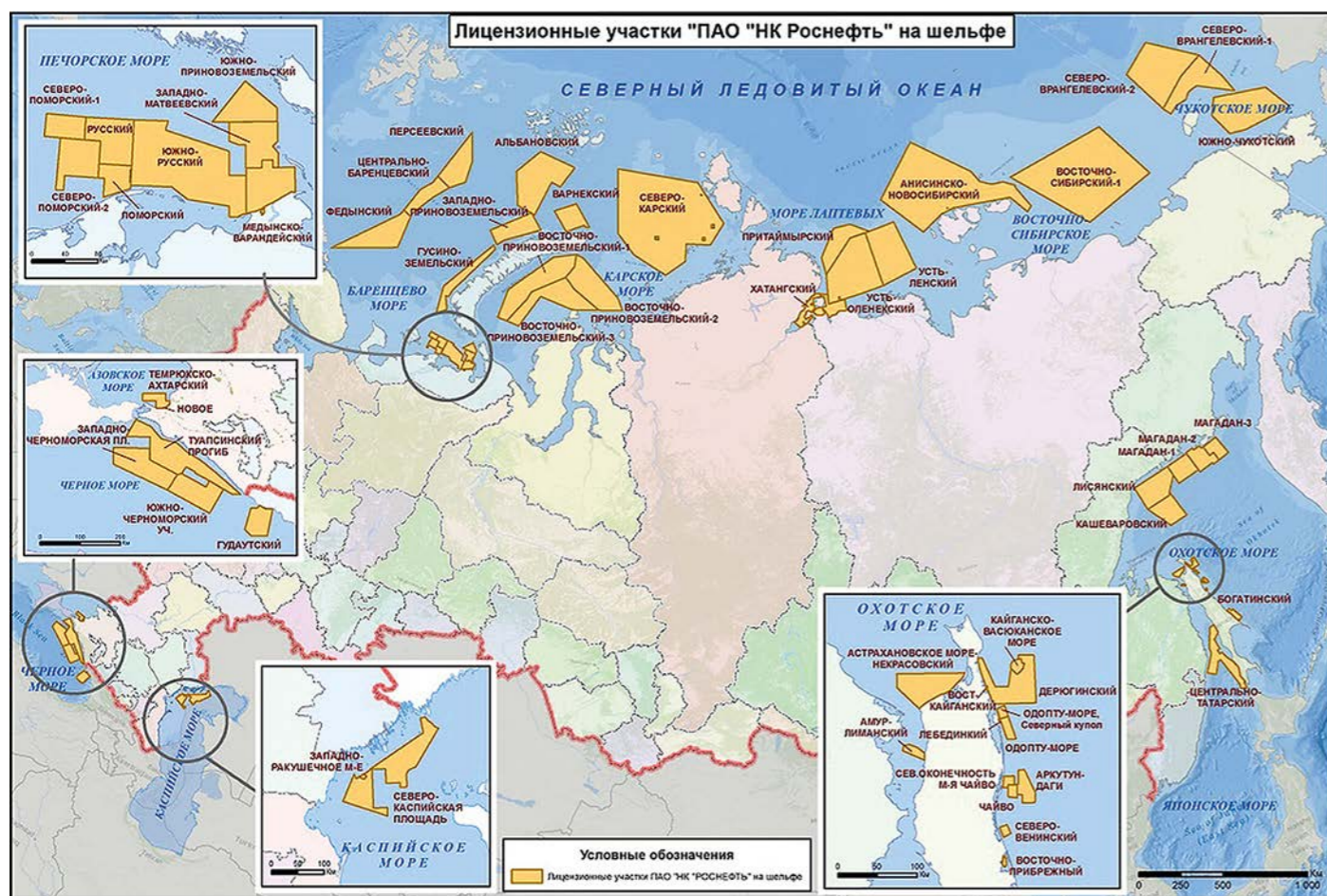


РИС. 2. Лицензии ПАО «НК Роснефть» на континентальном шельфе Российской Федерации

море (Анисинско-Новосибирский, Восточно-Сибирский-1), а также в Чукотском море (Северо-Врангелевский 1, 2 и Южно-Чукотский).

С недавнего времени лицензиями на северном шельфе владеет также НОВАТЭК. Компания владеет лицензиями на Северо-Обском участке (где ООО «АРКТИК СПГ 3» проводит геологоразведочные работы).

**ПДК: внедрение**

Одной из основных особенностей, отличающей эти месторождения, является крайне ограниченная инфраструктура и огромные затраты на ее создание. В связи с высокой стоимостью морского добычного оборудования во многих случаях является целесообразным применение подводных добычных комплексов (ПДК).

В мировой практике использование ПДК нашло широкое применение; к 2016г. уже насчитывалось более 130 морских месторождений где применялись подводные технологии добычи углеводородов. Эта технология (ПДК) основывается на системе подводного заканчивания скважин, устья которых располагаются на морском дне. Например, на шельфе Норвегии внедрены технологии подводной добычи на месторождения Снэвит и Ормен Ланге. В России ПДК впервые были применены на Кириновом месторождении, лицензионном участке ПАО «Газпром». Кириновое месторождение находится южнее 66 параллели, т.е. расположено не за чертой полярного круга, но условия его эксплуатации очень близки к условиям добычи в арктических морях

По мнению профессора Ю. П. Ампилова, «из главных достижений проекта «Сахалин-3» на сегодня – это начало добычи на Кириновом месторождении без использования традиционных морских платформ, а с помощью передовых зарубежных подводных технологий – ПДК».

**Особенности и сложности**

Авторы статьи придерживаются аналогичной позиции, ведь традиционный – надводный способ добычи, применять в арктических морях сложно, а в ряде случаев невозможно из-за ледовых условий и зачастую полного отсутствия

инфраструктуры. В Канаде с этой проблемой пытались бороться путем создания искусственных островов. Но метод оказался применим только на мелководье, однако и там пришлось столкнуться с проблемами защиты откосов от волновой и ледовой эрозии. Таким образом, проблема к настоящему времени так и не нашла решения и в качестве возможной альтернативы при определенных условиях можно рассматривать ПДК как самостоятельно, так и в сочетании с другими объектами обустройства.

Д. А. Мирзоев, профессор кафедры освоения морских нефтегазовых месторождений РГУ нефти и газа им. И. М. Губкина, считает, что подводные промыслы могут

является географическое положение потребителя электроэнергии. При обустройстве морских месторождений источник электроснабжения может находиться на ближайшем побережье либо на стационарной или плавучей платформе, а также под водой. Сегодня на части промыслов электроснабжение осуществляется посредством высоковольтной передачи переменного тока. Однако для арктических условий эти подходы носят крайне ограниченный характер. Наряду с этим звучат предложения использовать энергию ветра, течений и водородную энергетику.

**Подводный добычной комплекс – комплекс подводных устройств, систем и оборудования, предназначенный для обеспечения добычи пластовой продукции на морских нефтегазовых месторождениях с использованием скважин с подводным заканчиванием.**

*(РС. Правила классификации ПДК)*

быть полностью автономными, а также применяться в сочетании со стационарными или плавучими технологическими платформами, т.е. как комбинированный промысел.

Несмотря на то, что в мире нет апробированных технологий для подводной добычи в тяжелых ледовых условиях, использование ПДК можно считать возможным решением. Их применение в условиях Арктики не реализовано до настоящего времени, хотя и ведутся предпроектные проработки. Осуществление же проектов для условий хотя бы приближенных к арктическим носит крайне ограниченный характер. Тем не менее их использование может оказаться полезным, при условии соблюдения определенных ограничений.

Одним из таковых, в частности, является энергоснабжение ПДК.

Прежде всего, необходимо определиться с ресурсной базой для обеспечения энергоснабжения и потребляемыми мощностями для оптимального функционирования ПДК, которые зачастую связаны между собой.

**Ресурсная база**

Первым условием при выборе источника энергии для обеспечения объектов при разработке месторождений,

Разработки последнего времени делают возможным использование попутного нефтяного газа в качестве топлива для источников электроэнергии и тепла в арктических условиях.

Практически осуществлено для условий Арктики использование попутного нефтяного газа (ПНГ) на примере МЛСП «Приразломная».

Однако для того, чтобы реализовать эту технологию, требуется отдельно стоящее ледостойкое сооружение и подключение ПДК к нему. В результате это ведет к резкому увеличению потребности в энергоресурсах. Подобный подход может быть реализован для освоения морских месторождений, расположенных на мелководье.

Одним из возможных решений для отдаленных месторождений является использование подводных атомных станций для обеспечения потребностей как отдельного, так и группы близко расположенных месторождений. Однако до настоящего времени аналоги подводных атомных станций в полном объеме отсутствуют.

**Потребности ПДК в энергоресурсах**

Потребности ПДК в энергоресурсах определяются принятой системой разработки месторождения и схемой его обустройства.

В простейших случаях потребность в энергоснабжении весьма незначительна и определяется затратами на управление ПДК.

Примеры оборудования подводных добычных систем, определяющие потребление электроэнергии:

- Механизмы автоматического управления клапанами впрыска химических реагентов с электрическим приводом (Electric Actuators on Chemical Injection Metering Valves);
- Электродвигатели для задвижек и штуцеров (Electric motors for gate valves and chokes);
- Механизмы автоматического управления Штуцерами с электрическим приводом (Electric Actuators on Chokes). (Используются ограниченно).

Но затраты на электроэнергию значительно возрастают при подводной подготовке и транспорте флюида, а так же при реализации подводных систем подготовки и закачки воды для поддержания пластового давления.

Потребителями электроэнергии также может являться следующее подводное оборудование:



РИС. 3. Пример штуцера с электрическим приводом\*

подводные компрессоры, подводные насосы. При их использовании потребляемая мощность значительно возрастает и может исчисляться МВт.

Подача энергии для небольших мощностей может быть осуществлена по шлангокабелю.

Для передачи больших мощностей требуются специальные силовые кабели.

Кроме того, большой объем электроэнергии может потребоваться для подогрева продукции при перекачке по трубопроводу, что особенно актуально в арктических условиях.

Для данных условий существует технология прямого электрического нагрева трубопровода (Direct electric heating system DEH).

Некоторые из примеров реализованных DEH технологий:

- Месторождение «Skarv». 15 км трубопровода с применением DEH технологии (2,5 МВт) BP Norge, 2009 год;
- Месторождение «Morvin». 22 км трубопровода с применением DEH технологии (4,5 МВт) StatoilHydro, 2009 год.

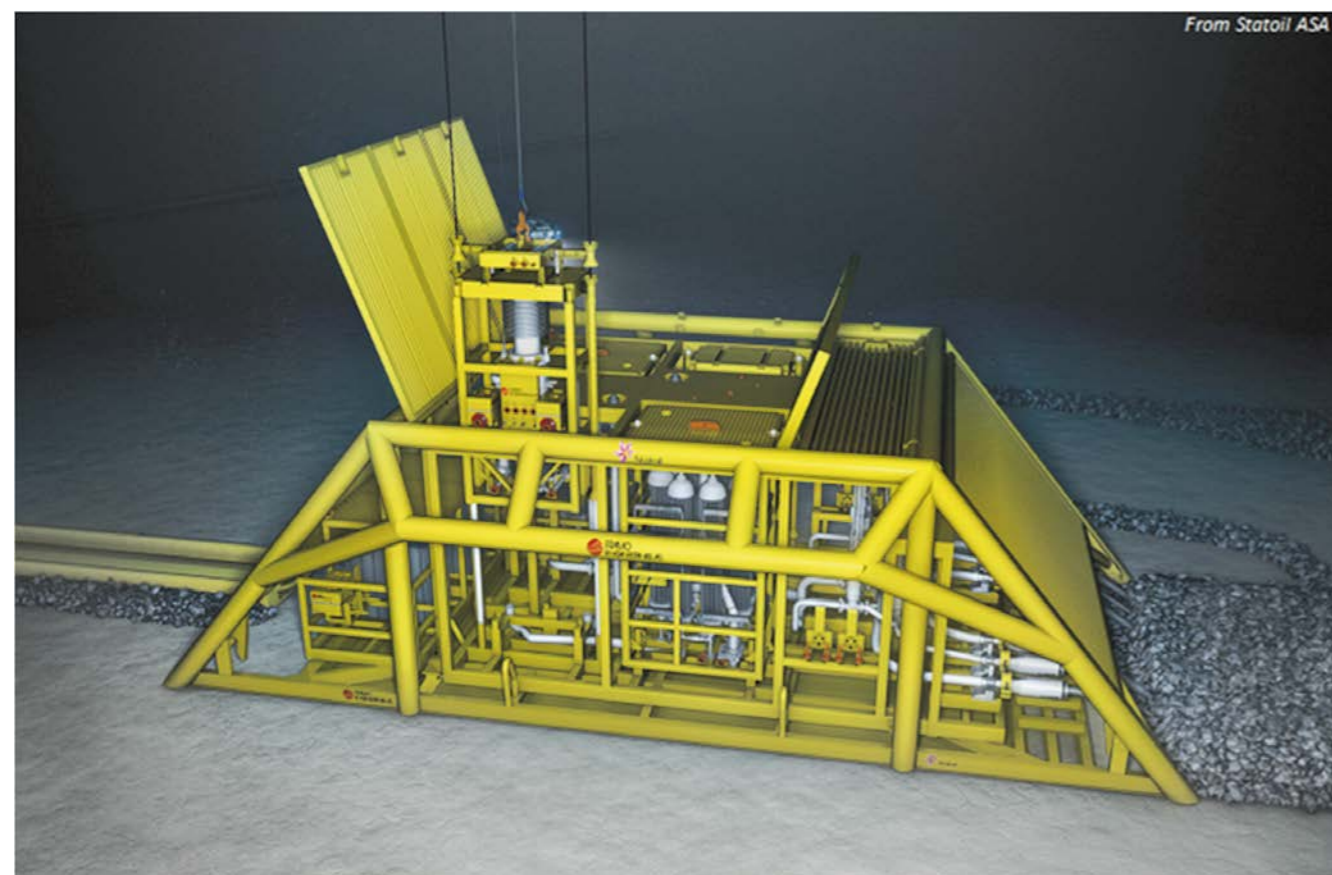


РИС. 4. Пример подводного компрессора (установлен на месторождении Gullfaks компанией Statoil)\*

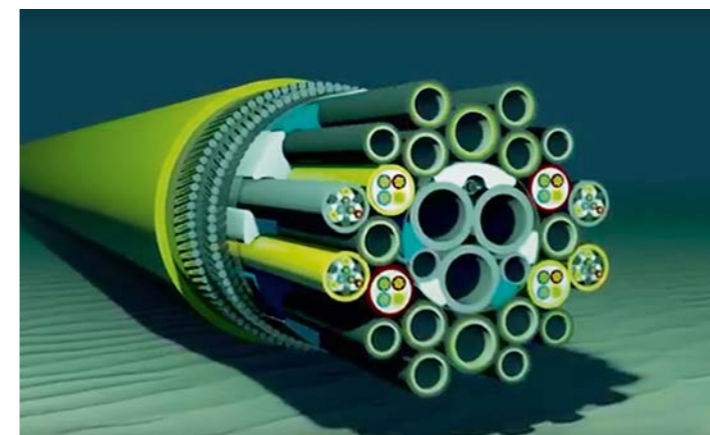


РИС. 5. Пример шлангокабеля\*

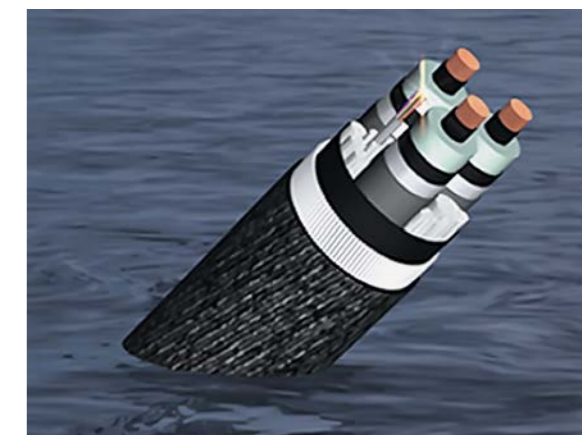


РИС. 6. Пример силового кабеля\*

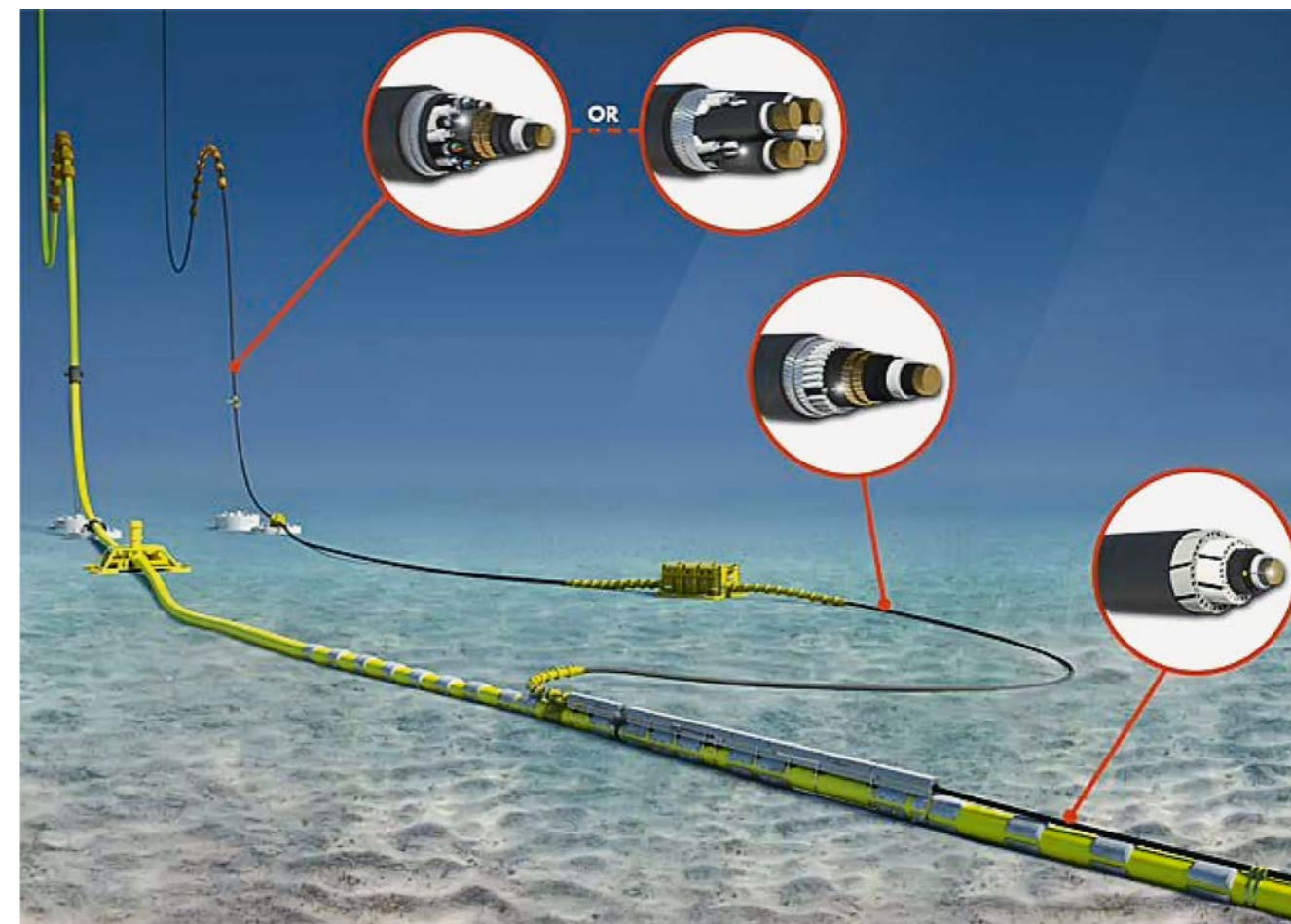


РИС. 7. Пример технологии прямого электрического нагрева (DEH)\*

### Некоторые из возможных вариантов электроснабжения ПДК в арктических условиях

В зависимости от варианта обустройства шельфовых месторождений, возможно размещение энергетического комплекса (ЭК) на морской платформе, расположенной непосредственно в районе добычи. Альтернативой вышеописанному варианту, является расположение энергетического комплекса,

снабжающего электроэнергией ПДК, на берегу в максимально возможной близости от морского месторождения. В рассматриваемом варианте для электроснабжения ПДК в качестве топлива для ЭК, возможно применение ПНГ передаваемого на берег, и/или использование береговой энергетической системы. Арктические шельфовые месторождения, разведанные в настоящее время, расположены на

значительном удалении от береговой линии (65–200 км и более). Передача электроэнергии на большие расстояния осложняется падением напряжения на ЛЭП. Уменьшение потерь достигается путём повышения напряжения, передаваемого по ЛЭП. Перспективным также является использование постоянного тока для подводных ЛЭП, что позволяет избежать потерь реактивной мощности, возникающих из-за большой ёмкости кабеля при использовании переменного тока.



РИС. 8. Электроснабжение и управление ПДК с эксплуатационной платформы\*

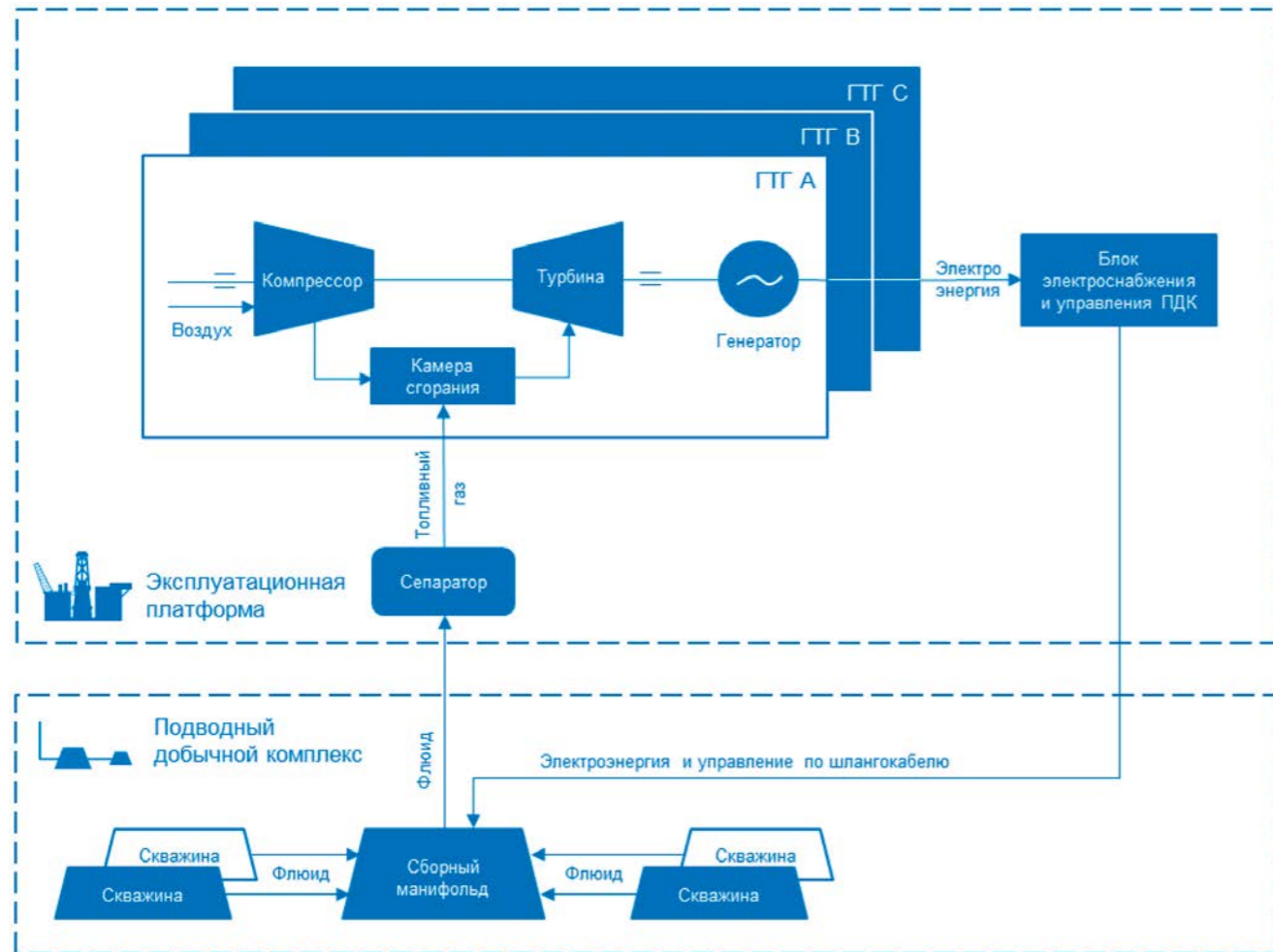


РИС. 9. Принципиальная схема электроснабжения и управления ПДК с морской эксплуатационной платформы

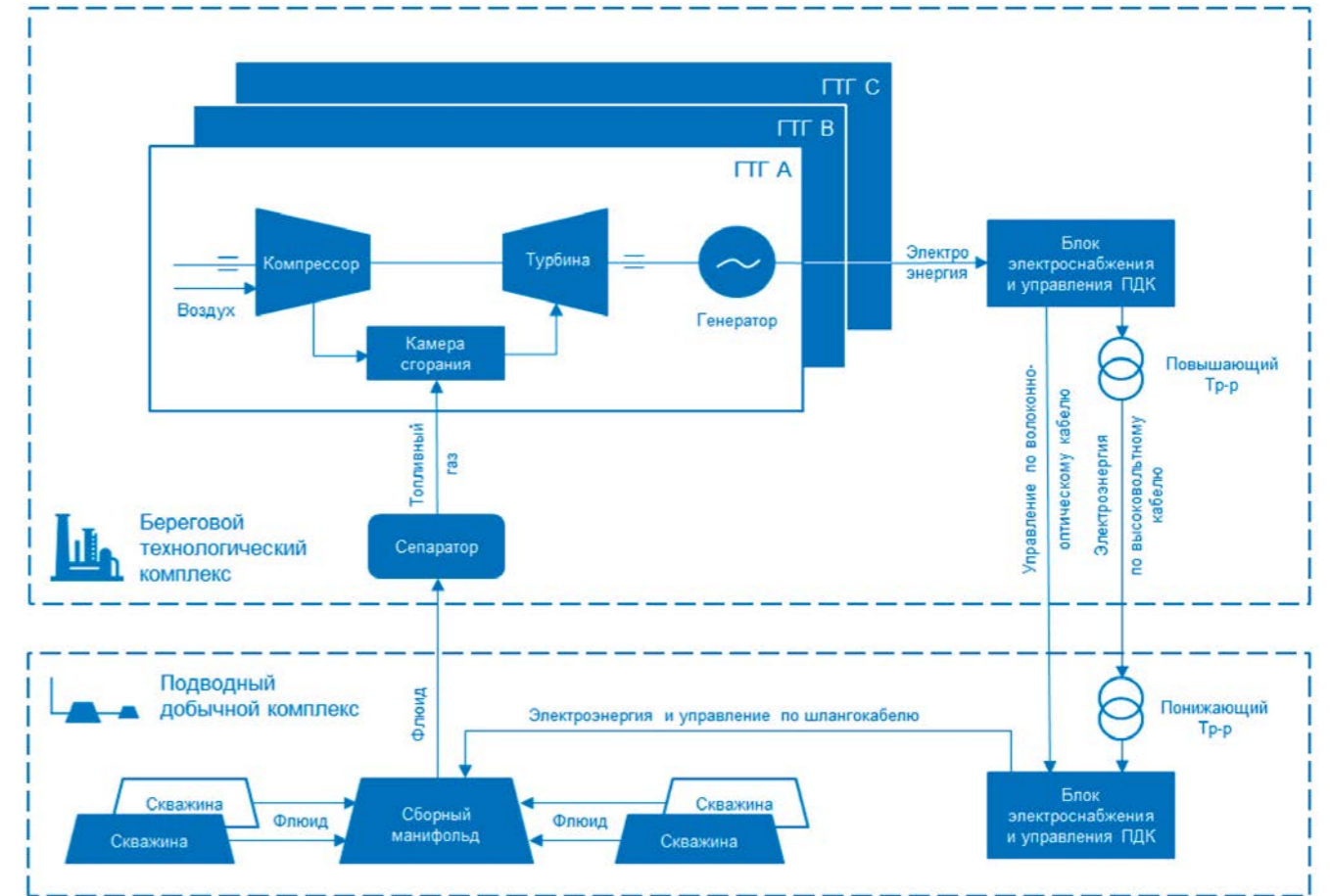


РИС. 10. Принципиальная схема электроснабжения и управления ПДК с берегового технологического комплекса

Одним из перспективных вариантов развития электроснабжения ПДК является создание автономных источников электроснабжения, работа которых не будет зависеть от наличия ресурсной базы или погодных условий.

Применение подводного энергетического комплекса на основе атомной энергетической установки (АЭУ) позволяет решить задачу автономного энергообеспечения ПДК без присутствия обслуживающего персонала.

В настоящее время ЦКБ «Рубин» работает над проектом «Айсберг», в рамках которого предусматривается разработка подводной атомной энергетической установки. По заявлениям разработчиков, решения,

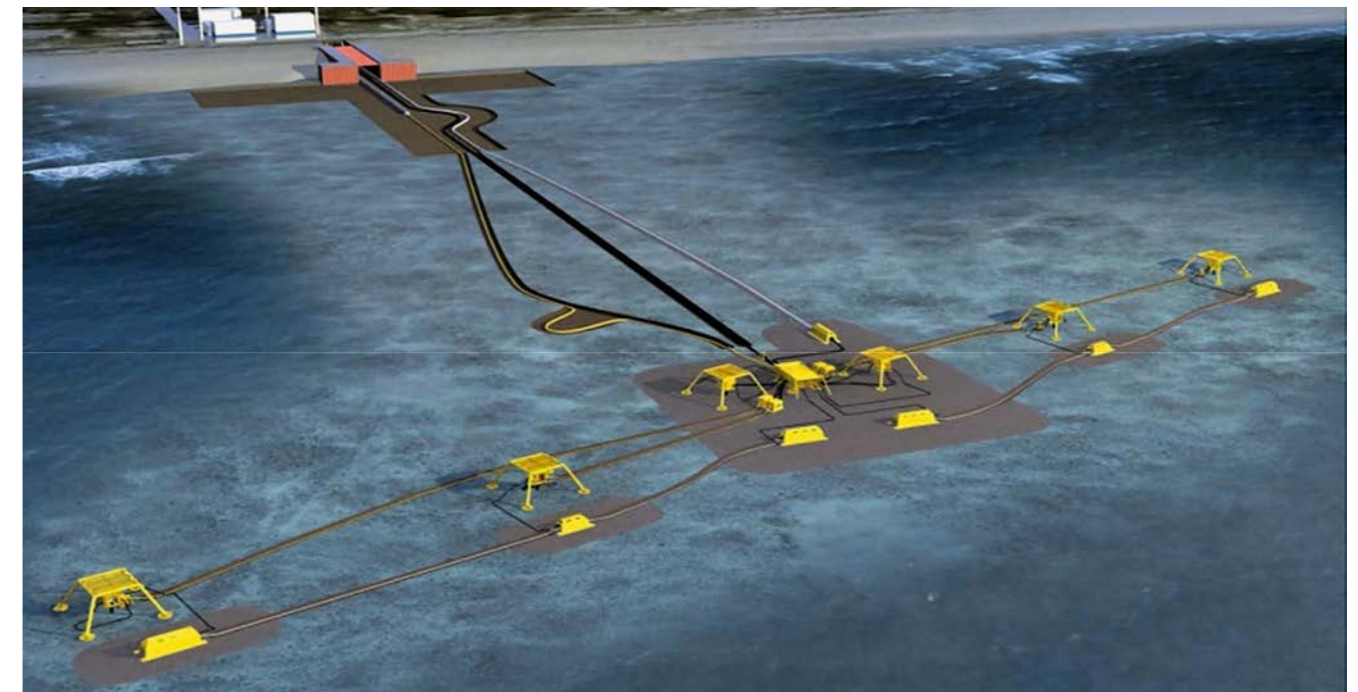


РИС. 11. Электроснабжение и управление ПДК с берега\*

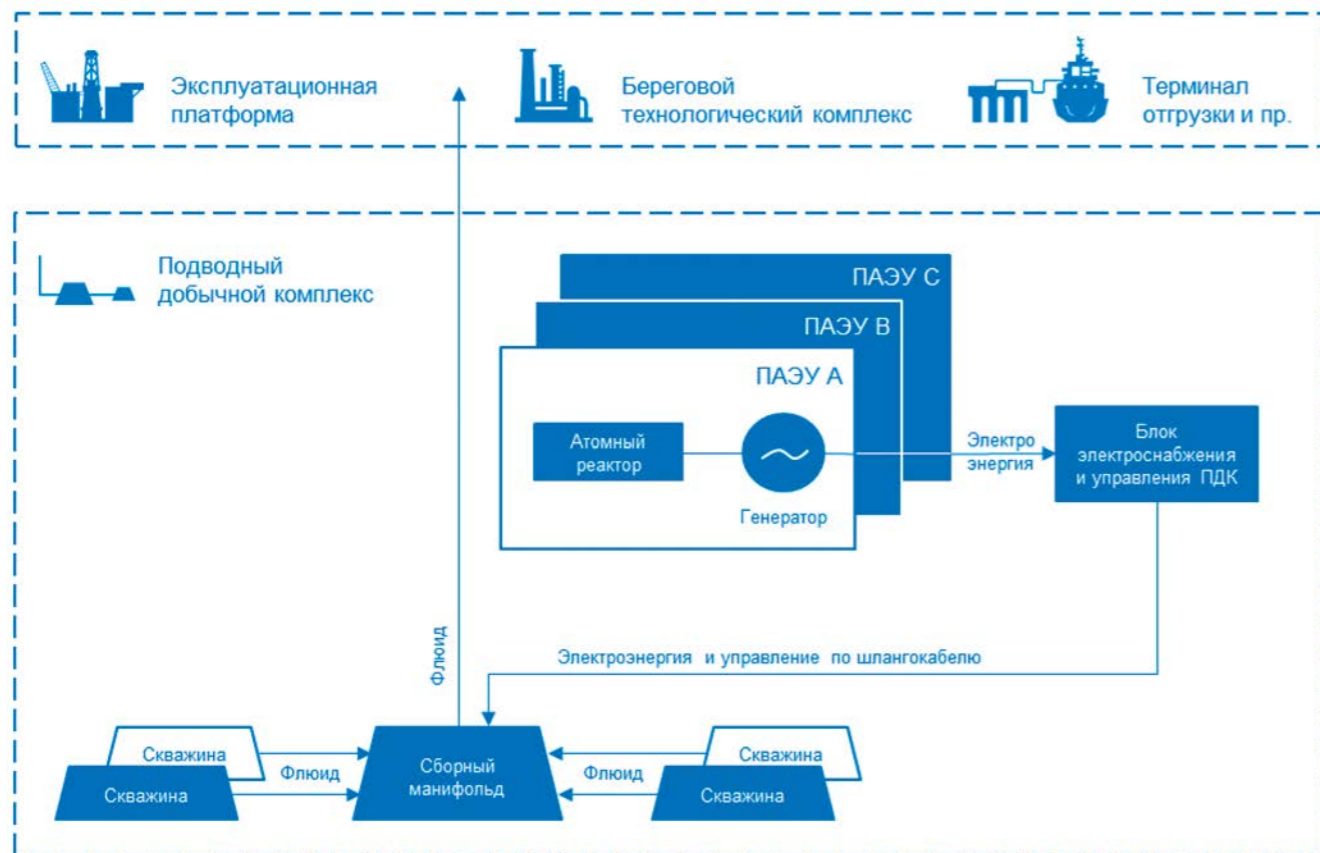


РИС. 12. Принципиальная схема электроснабжения и управления ПДК с подводной автономной АЭУ

заложенные в проект, обеспечат полностью подводное (подледное) освоение месторождений углеводородов в зоне круглогодичного ледового покрова.

### Заключение

Технологии подводной добычи надежны и позволяют осуществлять промышленную деятельность с минимальным негативным воздействием на экологическую систему региона. По заявлению замглавы Минпромторга Василия Осьмакова: «Потребность российских нефтегазовых компаний в элементах подводных добычных комплексов до 2035 года оценивается в 400 единиц, серийное производство такого оборудования в России может

быть начато в 2021 году». Но их применение в условиях Арктики сопряжено с необходимостью учета ряда факторов, ограничивающих их применение.

На настоящий момент лидером в области применения ПДК на северном шельфе является Норвегия. В стране была создана национальная инновационная система. Годовой бюджет Исследовательского совета превышает 4 млрд. норвежских крон.

Необходимо констатировать, что имеются достаточные предпосылки для использования ПДК в арктических условиях, однако необходимы исследования по разработке реальных схем обустройства морских арктических

месторождений углеводородов, основанных на применении ПДК с учетом конкретных особенностей этих месторождений. При этом, практически для каждого месторождения необходим индивидуальный подход.

АО «Морнефтегазпроект» – центр шельфовых компетенций ПАО «Газпром нефть», осуществляет работу по проведению комплекса научно-исследовательских, опытно-конструкторских работ с целью нахождения рациональных решений для обустройства лицензионных участков с использованием ПДК, в том числе по обеспечению электроснабжения в арктических условиях, что позволит сделать добычу в регионе не только возможной, но и экологически безопасной. ●

\*Изображения взяты из открытых источников

KEYWORDS: Arctic, subsea production system, power supply, equipment for oil production, offshore fields.

# V Международная конференция АРКТИКА-2020

Арктика: шельфовые проекты и устойчивое развитие регионов

19-20 Февраля 2020, Москва

## Стань участником

Специализированная выставка | Спонсорство

Тел.: +7 (495) 662-97-49 (многоканальный)

Организаторы:

Электронная почта: [arctic@s-kon.ru](mailto:arctic@s-kon.ru)  
[www.arctic.s-kon.ru](http://www.arctic.s-kon.ru)

