

Строительство искусственных ледовых островов в условиях Арктики



Горгуца Р. Ю.
главный инженер ООО
«Морстройтехнология»



Курило Е. Ю.
Санкт-Петербургский
политехнический
университет
Петра Великого

Аннотация: В настоящее время происходит интенсивное освоение Арктики. Одной из важнейших задач при этом является строительство различных шельфовых сооружений с целью проведения разведочного бурения для поиска полезных ископаемых, таких как нефть и газ, а также с целью геологоразведки, сейсморазведки, метеорологических исследований. Примером таких сооружений являются искусственные ледовые острова, процесс строительства которых включает в себя множество операций, требующих расчетного обоснования. В данной работе произведен сравнительный анализ шельфовых сооружений и искусственных ледовых островов (ИЛО).

Ключевые слова:

Abstract: There is an intensive exploration of the Arctic nowadays. One of the most important tasks is the building of offshore structures for exploration drilling for searching of natural resources, such as oil and gas and for geological, seismic and meteorological studies also. Building of various structures is required for implementing of these operations. Artificial ice islands are an example of such structures. The process of building includes great number of operations, requiring computational reasoning. Comparative analysis of offshore structures are made in this investigation.

Keywords:



Рис. 1. Лицензионные участки добычи нефти и газа ПАО «НК «РОСНЕФТЬ» в западной части Арктики



Рис. 2. Остров фирмы Esso Canada's в Канадской части моря Бофорта

АКТУАЛЬНОСТЬ СТРОИТЕЛЬСТВА ИСКУССТВЕННЫХ ЛЕДОВЫХ ОСТРОВОВ В УСЛОВИЯХ АРКТИКИ

На сегодняшний день активно развивается нефте-, газодобывающая промышленность нашей страны: осваиваются различные месторождения в Арктике (район пос. Сабетта, Утреннее месторождение и т.д.), требующие развития портовой инфраструктуры [1]. В результате ретроспективного анализа правительственных программ по развитию российской экономики и промышленности было выявлено, что в настоящее время одной из приоритетных задач является улучшение социально-экономической сферы деятельности в арктических регионах [2]. О необходимости активизации геологоразведочных работ нефтегазовых компаний на шельфе Арктики для осуществления индустриального, экономического и инфраструктурного развития северных регионов заявляли как глава РФ В. В. Путин, так и министр природных ресурсов и экологии РФ С. Е. Донской на форуме «Арктика — территория диалога» в 2016–2017 годах.

Существующие в настоящее время методы и технологии добычи полезных ископаемых приводят к формированию техногенных ландшафтов [3]. Разработка и добыча полезных ископаемых в Арктике наносит существенный урон экосистеме в целом — помимо деформаций подводной поверхности Земли наносится существенный ущерб водным биоресурсам. Для решения этих проблем необходимо осуществить поиск биопозитивного исполнения сооружений, предназначенных для осуществления геологоразведки и добычи природных ресурсов. Строительство таких сооружений подразумевает собой также возможность рекультивации зоны застройки после завершения эксплуатации.

Анализ и выбор решения этой задачи требует определенных условий, среди которых: наличие залежей нефти, геология территории, климатические параметры. Для выявления перспективной локации были проанализированы лицензионные участки крупнейших компаний по добыче природных ресурсов на шельфе России. При этом было обнаружено, что большое скопление таких участков находится на шельфе Карского и Баренцева морей, основная масса которых принадлежит ПАО «НК «РОСНЕФТЬ» (рис. 1) [4].

Обозначенная местность имеет следующие климатические и геологические параметры [5]:

- Центральное Карское плато имеет глубины до 50 м;
- дно мелководья покрыто песчаным илом и песками с различными размерами фракций;
- льдообразование начинается в осенний период;
- соленость в мелководных районах составляет $\approx 34\text{‰}$;
- t воды зимой $\approx -1,8\text{ °C}$;
- t воды летом $\approx 6\text{ °C}$ (в северной области $\approx 2\text{ °C}$).

По результатам исследований опыта проектирования прошлых лет, анализа существующих программ по развитию шельфа, мониторинга современных проектов строительства шельфовых сооружений, оценки геологических и климатических параметров арктических зон было определено возможное решение поставленной проблемы — использование искусственных ледовых островов гравитационного типа (далее — ИЛО) (рис. 2) [6].

ОБЗОР КЛАССИЧЕСКИХ ШЕЛЬФОВЫХ СООРУЖЕНИЙ ДЛЯ ГЕОЛОГОРАЗВЕДКИ, ДОБЫЧИ НЕФТИ И ГАЗА

Для подтверждения рациональности выбранного решения необходимо выполнить анализ и компарирование классических шельфовых сооружений, предназначенных для геологоразведки и добычи природных ресурсов (рис. 3) [7].

Подвижная погружная буровая платформа является сооружением, состоящим из верхнего корпуса, нижнего корпуса (фундаментного блока), опирающегося непосредственно на морское дно, и опорных колонн, связывающих между собой верхний и нижний корпуса [8]. Плавучесть может обеспечиваться несколькими способами: за счет водоизмещающего нижнего корпуса или водоизмещающих (стабилизирующих) колонн, в некоторых случаях эти способы комбинируются. Высота колонн назначается такой, чтобы верхнее строение было недоступно для волн во всем диапазоне глубин, на которых предполагается использование установки [8].

Стационарные ледостойкие платформы представляют собой конструкцию, состоящую из опорного блока, выполненного из 4 колонн большого диаметра, соединенных раскосами и горизонтальными трубчатыми связями только в подводной части (ниже зоны, подверженной воздействию льда) [8]. Поверх колонны связаны верхним строением [8]. Через колонны в грунт погружено по 8 свай. Межтрубное пространство в колоннах заполнено бетоном, а сами колонны имеют защитный кожух [8]. Благодаря большому диаметру колонн опорный блок облада-

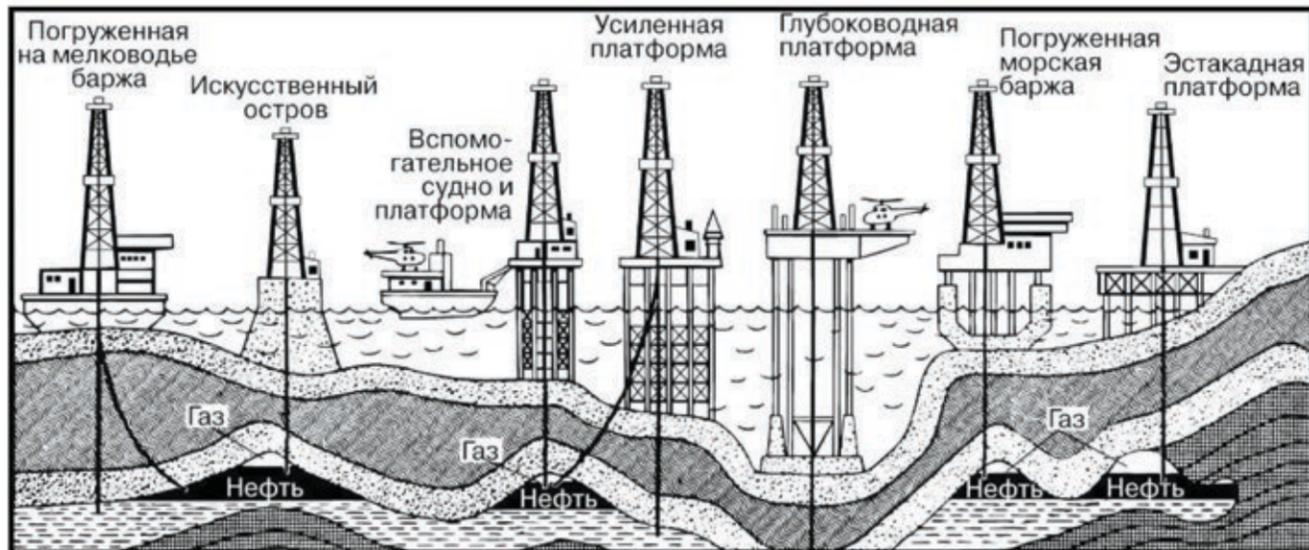


Рис. 3. Типы классических сооружений для геологоразведки и добычи природных ресурсов

ет собственной плавучестью и доставляется к месту установки от береговой базы с помощью буксировщиков [8].

Искусственные острова не имеют непосредственной сухопутной связи с берегом и возводятся на значительных расстояниях от берега [8]. Тело сооружения составляют, как правило, местные материалы, такие как песок, гравий, камень, лед. Эти материалы отсыпают (или намывают, а в случае со льдом — намораживают) непосредственно на обозначенную зону возведения.

Эстакадная платформа является стационарной и представляет собой протяженное сооружение, обеспечивающее непрерывную надводную связь буровых площадок с берегом. Буровые вышки и другое технологическое оборудование размещаются на приэстакадных площадках. Основной несущий элемент эстакады — сваи из металлических труб (могут также использоваться другие варианты свай). Опорный элемент эстакады состоит из

двух наклонно забитых свай, соединенных ригелем на отметке, превышающей гребень расчетной волны [8]. Сваи соединяются также раскосами для придания конструкции большей жесткости [8]. Поверх ригелей опорных элементов укладываются мостовые конструкции из прокатных профилей [8].

КОМПАРИРОВАНИЕ КЛАССИЧЕСКИХ ШЕЛЬФОВЫХ СООРУЖЕНИЙ С ИЛО

При решении поставленной задачи был воспроизведен сравнительный анализ классических апробированных шельфовых сооружений, использующихся для добычи природных ресурсов, таких как нефть и газ, на глубинах до 12 м. Он представлен в **таблице 1**, сформированной на основе [6, 8–13].

Как было изложено выше, одним из важнейших критериев при выборе типа сооружения является экологичность и возможность рекультивации. Из таблицы видно, что ИЛО (гравитационного типа) обладает такими достоинствами в отличие от стационарных буровых платформ и искусственных грунтовых островов. Такие качества, как низкая материалоемкость, технологичность и безопасность строительства, дают преимущество ИЛО перед подвижными буровыми платформами. Хотя последние могут эксплуатироваться в течение длительного срока и возводиться в любое время года, при этом возможны остановки работ в условиях сильных динамических воздействий. Бесперебойность работы ИЛО обеспечивает высокую конкуренцию плавучим буровым платформам, а низкая стоимость строительства и быстровозводимость делают такие сооружения наиболее перспективными с точки зрения экономической эффективности.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ И ВЫВОДЫ

По результатам исследования были сделаны следующие выводы:

1. Западная Арктика является одним из самых крупных участков, на которых располагаются залежи нефти и газа;
2. ИЛО гравитационного типа являются наиболее перспективными для использования с точки зрения экологичности, технологичности и экономичности;
3. Для проектирования, строительства и эксплуатации ИЛО существует такая проблема, как недостаток нормативного обоснования.

На основании выводов был намечен план мероприятий по разработке нормативной базы, формирующей новую задачу. Он включает в себя следующие разделы:

- Разработка эффективной технологии возведения для обозначенной территории;
- Разработка технологии обслуживания в заданный период эксплуатации;
- Оценка несущей способности, прогноз осадок;
- Решение проблемы стабилизации ИЛО на грунте при возведении;
- Разработка методики рекультивации по окончании срока эксплуатации.



Таблица 1. Сравнительный анализ шельфовых сооружений для работ по разведке и добыче нефти и газа в Арктическом регионе

ТИП	Плавучие буровые платформы	Стационарные буровые платформы	Искусственные грунтовые острова	Искусственные ледовые острова
Достоинства	<ul style="list-style-type: none"> • Длительный срок эксплуатации • Возможность после полной выработки месторождения перемещения платформы • Удобство швартовки судов • Возможность использования в любых климатических условиях • Возможность эксплуатации платформы вдали от берега • Экологичность 	<ul style="list-style-type: none"> • Длительный срок эксплуатации • Хорошая устойчивость сооружения • Удобство швартовки судов • Возможность использования в любых климатических условиях • Возможность эксплуатации платформы вдали от берега • Бесперебойность работы 	<ul style="list-style-type: none"> • Возможность использования в любых климатических условиях • Технологичность • Простота обслуживания • Безопасность строительства • Бесперебойность работы 	<ul style="list-style-type: none"> • Низкая стоимость строительства • Быстровозводимость • Технологичность • Низкая материалоемкость • Безопасность строительства • Экологичность • Бесперебойность работы • Рекультивация
Недостатки	<ul style="list-style-type: none"> • Сложность конструкции • Высокая стоимость строительства • Высокая стоимость эксплуатации • Возможность остановок в работе в условиях штормов 	<ul style="list-style-type: none"> • Сложность конструкции • Высокая стоимость строительства • Высокая стоимость эксплуатации • Зависимость монтажа конструкций от грунтовых условий • Существенный ущерб водным биоресурсам 	<ul style="list-style-type: none"> • Возможность возведения только на малых глубинах • Зависимость монтажа конструкций от грунтовых условий • Существенный ущерб водным биоресурсам • Высокая стоимость строительства 	<ul style="list-style-type: none"> • Сезонность возведения конструкции • Отсутствие нормативного обоснования для проектирования и строительства

ЛИТЕРАТУРА:

1. Горгуца Р. Ю., Окунев С. Н., Соколов А. В. Обеспечение устойчивости и прочности ГТС в условиях Крайнего Севера с применением сезонно действующих систем замораживания грунтов // ГТС водного транспорта. Проектирование, строительство, 2014 г., С. 54–57.
2. Постановление Правительства Российской Федерации №366 от 21.04.2014.
3. Рудский В. В. Экология и природопользование Российской Арктики: состояние, проблемы, перспективы // Северный регион: наука, образование, культура, 2015 г., №2, т. 2. С. 187–198.
4. Официальный сайт ПАО «НК «РОСНЕФТЬ» URL: <https://www.rosneft.ru/business/Upstream/offshore>.
5. Петров К. М. Принципы физико-географической дифференциации арктических морей: Карское море // Известия Российской академии наук. Серия географическая, 2008 г., №6. С. 19–30.
6. Курило Е. Ю., Павлов А. М., Иванов М. О., Шарапов Д. А. Целесообразность использования искусственных ледовых островов в арктических условиях для разведочного бурения // СИНЕРГИЯ НАУК, 2016 г., №6. С. 321–326.
7. Универсальная научно-популярная онлайн-энциклопедия «Кругосвет», Нефть и газ URL: <http://www.krugosvet.ru>.
8. Симаков Г. В., Шхинек К. Н., Смелов В. А., Марченко Д. В., Храпаты Н. Г. Морские гидротехнические сооружения на континентальном шельфе // 1989 г. С. 328.
9. Шхинек К. Н., Погорелова А. Ю. Влияние управления ледовой обстановкой на нагрузки на четырехопорное сооружение // XLII Неделя науки СПбГПУ. Материалы Научно-практической конференции с международным участием. Научно-образовательный центр «Возобновляемые виды энергии и установки на их основе», 2014 г. С. 105–107.
10. Шарапов Д. А., Шхинек К. Н., Большев А. С. Горизонтальные ледовые нагрузки на вмерзшие сооружения // Научно-технический сборник Российского морского регистра судоходства, 2012 г. С. 75–84.
11. Горгуца Р. Ю., Миронов М. Е. Расчет толщины льда на основе статистических данных о метеорологических условиях местности // ГИДРОТЕХНИКА. XXI ВЕК, №1(21), 2015.
12. Шарапов Д. А., Шхинек К. Н. Анализ рекомендаций по оценке ледовой нагрузки при вмерзании сооружений // XL Неделя науки СПбГПУ: материалы международной научно-практической конференции, 2011, 3–4.
13. Шарапов Д. А. Вмерзание в лед и ледовые нагрузки // XL Неделя науки СПбГПУ: материалы международной научно-практической конференции, 2011, 8–10.