

Разработка методик и технологий для обеспечения надежности морских гидротехнических сооружений (разведочных и промысловых платформ) при освоении арктического и тихоокеанского шельфа

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное
учреждение высшего образования
«Дальневосточный федеральный университет»
(ФГАОУ ВО «ДВФУ»)

Авторский коллектив:

1. **Беккер Александр Тевьевич**, член-корреспондент РААСН, д.т.н., профессор, директор Инженерной школы ДВФУ. Руководитель работы;
2. **Помников Егор Евгеньевич**, к.т.н., профессор, заместитель директора по учебной и воспитательной работе Инженерной школы ДВФУ;
3. **Шмыков Алексей Александрович**, ассистент, с.н.с. Международного научно-образовательного центра «Арктика» Инженерной школы ДВФУ;
4. **Корнишин Константин Александрович**, менеджер Департамента технического регулирования и развития корпоративного научно-проектного комплекса, ПАО «НК «Роснефть»»;
5. **Ефимов Ярослав Олегович**, эксперт направления отдела инновационных проектов на шельфе, ООО «Арктический Научный Центр», ПАО «НК «Роснефть».

Одной из сложнейших проблем освоения месторождений углеводородов континентального шельфа ледовитых морей является проблема ледовых воздействий на объекты промысловой инфраструктуры различного назначения. В мире построено около десяти тысяч морских нефтегазовых сооружений, но практически все они расположены в незамерзающих морях; в ледовитых морях построено несколько десятков объектов, а в арктических условиях - всего около двух десятков. Очевидно, что традиционные технологии обеспечения надежности морских нефтегазовых сооружений в акваториях с тяжелым ледовым режимом неприменимы, необходимы новые инновационные подходы.

Взаимодействие льда с инженерным сооружением может привести не только к внезапной потере устойчивости всего сооружения или разрушению его опорных элементов («внезапный отказ»), но и к накоплению повреждений за длительный период эксплуатации («постепенный отказ»). Ледовые нагрузки носят случайный характер и погрешности, связанные с неправильной оценкой их вероятностных характеристик, во многих случаях могут значительно превышать погрешности моделей морского льда и его воздействий на сооружения. Проектирование таких уникальных объектов как морские нефтегазовые сооружения должно базироваться на методах теории надежности, обеспечивающих полный учет вероятностной природы параметров ледового режима морских акваторий.

Выполненные авторским коллективом за период 2010-2018 гг. полевые и лабораторные исследования свойств морского льда, испытания моделей сооружений в опытовом ледовом бассейне позволили получить новые знания о ледяном покрове, его воздействиях на морские гидротехнические сооружения. На этой основе разработаны новые методики и технологии увеличения продолжительности эксплуатации морских нефтегазовых сооружений в замерзающих морях и обоснованного сравнения в части предельных параметров ледовых условий буровых установок для геологоразведки на континентальном шельфе. Члены авторского коллектива

принимали ключевое участие в разработке программ исследований, проведении полевых работах, анализе результатов, созданию и внедрению новых методик и технологий.

Цель работы - разработка методик и технологий для обеспечения надежности морских гидротехнических сооружений (разведочных и промысловых платформ) в части взаимодействия со льдом при освоении арктического и тихоокеанского шельфа.

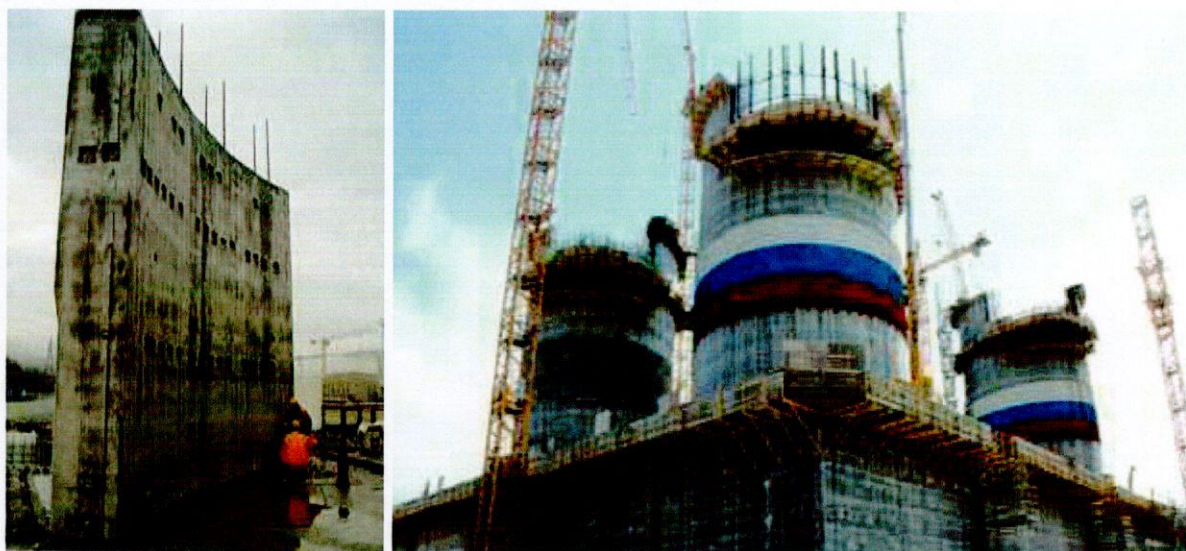
Основная научно-техническая идея - на основе экспериментальных исследований прочностных свойств льда и строительных материалов разработаны методики оценки надежности морских гидротехнических сооружений на внезапный/постепенный отказ и технологические решения по минимизации ледового воздействия на объекты промысловой инфраструктуры при освоении шельфа ледовитых морей. Данный комплекс обеспечения надежности морских нефтегазовых платформ в арктических и субарктических условиях разработан и внедрен впервые в мировой практике.

Работа представлена в виде описания общим объемом 92 страницы и состоит из введения, трех разделов, заключения и приложения.

Первый раздел работы посвящён описанию полученных экспериментальных данных по свойствам льда и конструкционных материалов. Выполнены подекадные исследования свойств морского льда в течение одного года на четырех полигонах, два из которых были расположены на арктическом шельфе, а еще два – на тихоокеанском. В рамках данных исследований впервые в России собраны данные по сезонному изменению свойств льда различных типов, при этом на всех полигонах было использовано унифицированное оборудование, что позволило выполнить обоснованное сравнение результатов, а также использовать большой объем наблюдений на сахалинском шельфе для уточнения значений прочности льда в Арктике. Вторым важным вопросом раздела является определение износостойкости конструкционных материалов при взаимодействии со льдом; для решения этой задачи в лаборатории ФГАОУ ВО «ДФУ» была спроектирована и

изготовлена специальная установка. При испытаниях истирания образцов бетона льдом при различных условиях была получена эмпирическая зависимость интенсивности абразии от температуры и контактного давления.

Во втором разделе представлена технология обеспечения надежности морских гидротехнических сооружений на *постепенный отказ* на примере абразийного износа морских добычных платформ от действия льда. Разработан комплекс методик и технологий для обеспечения надежности морских гидротехнических сооружений на постепенный отказ, состоящий из научно-обоснованных и экспериментально проверенных методик расчета ледовых воздействий и технологий защиты морских нефтегазовых сооружений от ледовой абразии. Технология защиты конструкций от истирания посредством бетонного ледозащитного пояса была впервые в мире реализована членами авторского коллектива при строительстве гравитационного основания платформы "Беркут", введенной в эксплуатацию на месторождении «Аркутун-Даги» на шельфе Охотского моря в 2014 г.



Ледозащитные приспособления платформы «Беркут»

В третьем разделе представлена технология обеспечения надежности сооружений на внезапный отказ на примере взаимодействия со льдом платформ поисково-разведочного бурения. Научный коллектив разработал методику, которая позволяет провести сравнение различных типов конструкций и определения граничных параметров ледовых условий, в

которых эксплуатация сооружения невозможна (небезопасна) из-за внезапного отказа. Для обеспечения безопасности при производстве буровых работ на шельфе замерзающих морей была разработана комплексная методика проектирования морских операций, адаптации существующих и разработки перспективных технических средств с применением активных и пассивных методов защиты с учетом особенностей ледового режима конкретной акватории. Методика апробирована на перспективном для использования в Арктике проекте самоподъемной буровой установки Keppel FELS KFELS MOD V B Class "Bigfoot", адаптированной с помощью специально разработанной защиты райзера.

В заключении приводится информация о научной и социальной значимости полученных авторами результатов, а также использовании разработанных методик в деятельности компаний-недропользователей. Результаты работы используются в проектах ПАО «НК «Роснефть» на арктическом и дальневосточном шельфе (внедрение – проект «Сахалин-1»).

В приложении приведены полученные авторским коллективом документы по защите прав интеллектуальной собственности, относящиеся к выдвинутой на соискание Премии работе, а также предложения по модификации нормативных документов на основе проведенных исследований. За период 2010-2018 гг. авторами работы опубликовано более 50 научных публикаций в российских и зарубежных изданиях по тематике выдвигаемой работы, а также получено несколько патентных свидетельств.

Достигнутый экономический эффект от внедрения рассматриваемых в работе технологий и методик составил 2,1 млрд. рублей, а прогнозируемый экономический эффект до 2050 г. составит 65,1 млрд. рублей с учетом планов Минэнерго по освоению континентального шельфа Российской Федерации.

Резюмируя вышеизложенное, работа представляет собой завершенное научное исследование, ставшее важным начальным этапом освоения российского арктического и тихоокеанского шельфа, результаты которого внедрены в хозяйственную деятельность отечественных недропользователей.