

## АРКТИЧЕСКИЙ ГАЗ СТАНЕТ БЛИЖЕ ДЛЯ НАС

проф., д.т.н. Кантаржи И.Г.  
асп. Аншаков А.С.

*Арктика богата газом,  
Но не решить проблему сразу:  
Нужно добыть его, сжигать  
Проблем с доставкой избежать.  
Изучить ветра и льды,  
Модель построить для среды.  
Чтоб танкеры бы бороздили  
Легко Арктические мили*

Арктика в истории России всегда играла большую роль. В настоящее время Арктическая зона России становится бурно развивающимся промышленным регионом, в котором в ближайшие 10 лет будут созданы крупные производственные и горнодобывающие центры. Крупнейшими субъектами, заинтересованными в промышленном освоении Арктики, являются ГК «Роскосмос», ГК «Росатом», «РЖД», «АлРОСА», «Газпром», «Роснефть», «НОВАТЭК». По данным Минэкономразвития России, запланирована реализация 152 проектов с общим объемом капитальных вложений 5 трлн руб.

Арктическая зона Российской Федерации рассматривается в качестве важного экономического района и может стать важным транзитным маршрутом, соединяющим Европу и Азию. Особенностью этого маршрута является то, что практически на всем его протяжении в долгосрочной перспективе возможна организация бункеровки судов природным газом береговых или шельфовых месторождений. Часть из них уже разрабатывается, реализуются проекты строительства мощностей СПГ, часть месторождений находится в эксплуатации и обеспечивает газом промышленных потребителей и население.

В Арктической зоне Российской Федерации действуют 17 портов (Рисунок 1). Основные порты в зоне Баренцева и Белого морей (Мурманск, Архангельск и Кандалакша) являются круглогодичными и самыми крупными по грузообороту. Порты далее на Восток работают сезонно и имеют меньший оборот. Развитие крупных портов ожидается в районе полуостровов Ямал, Гыдан и Таймыр.

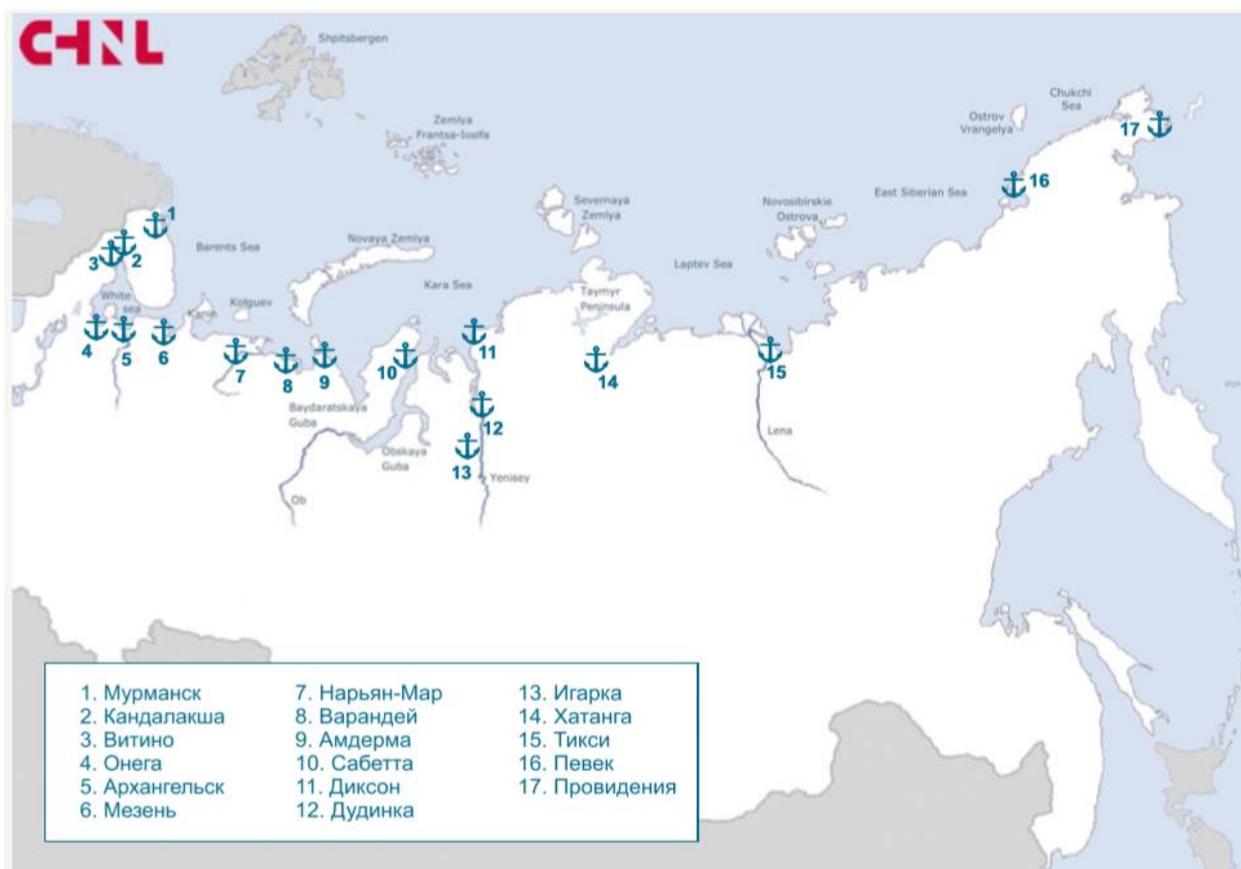


Рисунок 1 - Карта портов Арктической зоны Российской Федерации

Все порты Арктического бассейна (кроме незамерзающего Мурманска) большую часть года работают в условиях экстремально низких температур и покрытой льдом акватории. Еще одной особенностью арктических портов являются их функции по обслуживанию Северного морского пути, которые существенно осложнятся при намечаемом росте перевозок грузов международного транзита по СМП как по международному транспортному коридору. Порты вынуждены будут расширить свои функции по обслуживанию судов (бункеровке, снабжению, аварийному ремонту и др.). В последние 10 лет в арктических портах растут объемы перевалки топливно-энергетических ресурсов (сырой нефти, нефтепродуктов, угля). При этом нефть и газовый конденсат поступают в порты с проектов освоения шельфа и прибрежных месторождений углеводородов. Для их перевалки построены терминалы «Варандей», «Ворота Арктики», отгрузка производится с платформы «Приразломная», порта Дудинка и пр.

Для обеспечения перевалки углеводородного сырья Южно-Тамбейского газоконденсатного месторождения на Ямале и поставок природного газа, нефти и газового конденсата морским транспортом в страны западной Европы, Северной и Южной Америки и АТР в соответствии с распоряжением правительства России от 13.07.2012 № 1259-р. на Ямале на западном берегу Обской губы осуществлено строительство морского порта Сабетта. Определенную роль в осуществлении этого проекта сыграли сотрудники кафедры Гидравлики и гидротехнического строительства НИУ МГСУ, которые принимали непосредственное участие в исследованиях и техническом аудите портовых сооружений. Проект «НОВАТЭК» — «Ямал СПГ» предусматривает строительство завода по производству СПГ мощностью 16,5 млн т/год на ресурсной базе Южно-Тамбейского

месторождения на полуострове Ямал. Завод будет включать три технологические линии по 5,5 млн т/год каждая. Первая линия введена в декабре 2017 г., пуск второй линии запланирован на 2018 г., третьей на 2019 г.

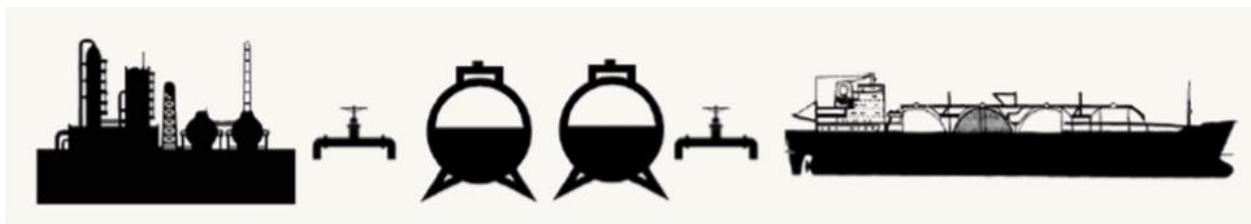


Рисунок 2 - Схема загрузки газозавозов проекта «Ямал СПГ»

Еще один арктический проект «НОВАТЭК» — «Арктик СПГ-2» — находится на стадии проектирования. «Арктик СПГ-2» владеет лицензией на Салмановский (Утренний) участок с доказанными запасами 235 млрд м<sup>3</sup> газа и 9 млн т жидких углеводородов. На базе этого месторождения в северной части полуострова Гыдан планируется построить второй в регионе СПГ-завод. В отличие от проекта «Ямал СПГ», мощности по сжижению будут располагаться не на суше, а на бетонном основании гравитационного типа (ОГТ) в акватории Обской губы, что позволит защитить конструкции от последствий деградации многолетнемерзлых грунтов. Планируемый объем производства около 16,5 млн т в три очереди по 5,5 млн т /год каждая.

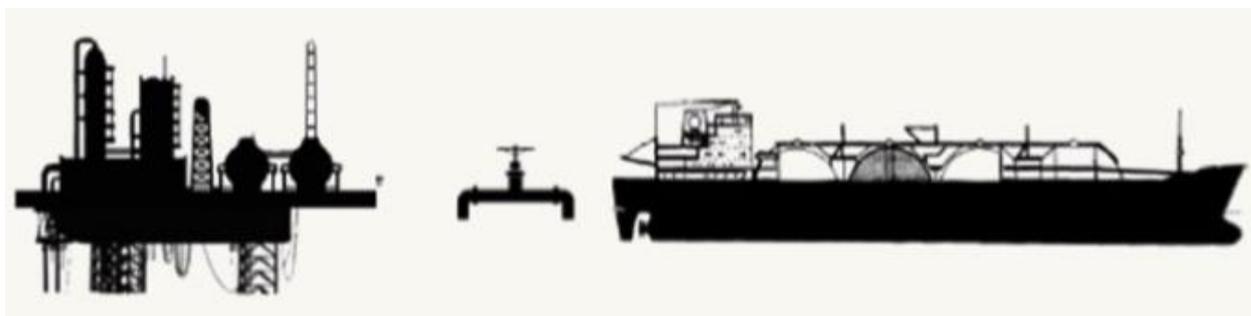


Рисунок 3 - Схема загрузки газозавозов проекта «Арктик СПГ-2»

Для реализации этого проекта осуществляется создание на западном берегу Кольского залива, в районе села Белокаменка «Центра строительства крупнотоннажных морских сооружений (ЦСКМС)». Это крупная специализированная верфь для строительства ОГТ и модулей верхних строений. Первоначально продукцией верфи в рамках проекта «Арктик СПГ-2» будут являться 3 железобетонные морские платформы с установленными на них верхними строениями - технологическими линиями по сжижению газа. Фактически это 3 автономных завода мощностью по 5,5 млн. тонн в год сжиженного природного газа каждый (рис.4). Группой сотрудников и аспирантов кафедры ГиГС под руководством проф. И.Г. Кантаржи, была выполнена научно-исследовательская работа «Математическое и физическое моделирование волновых процессов, для обеспечения разработки проектной документации по объекту «Центр строительства крупнотоннажных морских сооружений (ЦСКМС)». В рамках НИР был выполнен расчет режима волнения

на акватории объекта для волн различной повторяемости и обеспеченности. А также – расчет взаимодействия волн с гидротехническими сооружениями ЦСКМС. По сложившейся в настоящее время технологии современного математического моделирования в задачах морской гидротехники и гидравлики (проектирования портов и берегозащитных сооружений) применяются специализированные моделирующие комплексы, такие как WaveWatch III, SWAN, MIKE 21 и ARTEMIS. Общая концепция исследования разрабатывалась на основе современных методов моделирования прибрежных волновых гидродинамических и литодинамических процессов для решения задач береговой гидротехники.

Экспериментальные исследования выполнялись в лаборатории ГС НИУ МГСУ под руководством зав. лабораторий Н.В. Шунько.



Рисунок 4 – Завод СПГ на основании гравитационного типа, макет

В настоящее время МГСУ принимает активное участие в проекте «Арктик СПГ-2». Под руководством проф. И.Г. Кантаржи разработана интерактивная математическая модель ветрового волнения и течений (ИММВВТ) в районе предполагаемого строительства Объекта: «Комплекса по производству, хранению, отгрузке сжиженного природного газа и стабильного газового конденсата на Салмановском (Утреннем) нефтегазоконденсатном месторождении. Удаленный терминал «Утренний» морского порта Сабетта».

Разработанная ИММВВТ включает следующие модули:

- спектральная свободно распространяемая модель расчета трансформации полей ветровых волн SWAN, (расчет от границ ледового покрова до входной зоны к акватории объекта);

- рефракционно-дифракционная модель волновых полей в портах и вблизи морских гидротехнических сооружений ARTEMIS (входом в модель является волновое поле во входной зоне порта, рассчитанное моделью SWAN);

- двумерная модель течений COASTOX\_UN, основанная на численном решении нелинейных уравнений мелкой воды на неструктурированной треугольной сетке.

ИММВВТ решает задачи достоверного прогноза режима волн и течений при проектировании портовых сооружений в Обской губе. Для этого выполнена верификация отдельных модулей с помощью сравнения с данными натурных измерений, архивных и современных, в районе Объекта. Проведенный корреляционный анализ показал высокую предсказательную способность модели. Особенностью разработанной модели является способность работать в двух режимах:

А) Режим расчета статистических характеристик волн и течений. Модель позволяет рассчитывать статистических характеристик волн и течений по полям ветра за выбранный архивный период. Интерактивность модели для пользователя в этом режиме обеспечивается:

А.1) Возможностью изменения входной информации по полям ветра (другой период расчета, например большее число прошлых лет или добавления последних лет в расчетный временной ряд) или использования другого источника данных о граничных условиях – характеристиках приливов на внешней границе расчетной области;

А.2) Возможностью изменить конфигурацию порта и батиметрию при появлении новых уточненных данных.

Б) Режим прогностических расчетов характеристик волн и течений. Интерактивность модели для пользователя я в этом режиме обеспечивается:

Б.1 Возможностью изменения входной информации по полям ветра за прогностический период и данных о граничных условий – характеристиках приливов на внешней границе расчетной области за этот период;

Б.2) Возможностью изменить конфигурацию порта и батиметрию при появлении новых уточненных данных.

Важно отметить, что модули интерактивной модели не противоречат методам расчета волн на открытых и огражденных акваториях, согласно СП 38.13330.2012, а развивают эти методы, в соответствии с современным уровнем развития волновой теории и портовой гидравлики и гидротехники. Такой подход обеспечивает выполнение исследований в НИУ МГСУ на современном научном уровне, что, в свою очередь, позволяет получить безопасные проектные решения.

В настоящее время планируется выполнение в МГСУ комплексной работы по исследованию гидродинамических и аэродинамических условий швартовки ОГТ у достроечной набережной ЦСКМС. В этой работе, кроме кафедры ГиГС, примут участие лаборатория ГС и Учебно-научно-производственная лаборатория по аэродинамическим и аэроакустическим испытаниям строительных конструкций (ААИСК).

Подводя итоги можно заключить, что наш университет активно участвует в освоении российской Арктики, что является в среднесрочной перспективе приоритетным направлением для страны.