

Казанский Федеральный Университет
Кафедра высоковязких нефтей и природных битумов
Kazan Federal University,
Department of high-viscosity oils and natural bitumen

Гимаева Алина Рашитовна, Gimaeva Alina Rashitovna

Шобик Никита Андреевич, Shobik Nikita Andreevich

argimaeva@yandex.ru

**Выбор способа транспортировки углеводородов, добываемых с шельфа
арктических морей**

(Choosing a method for transporting hydrocarbons produced from the shelf of the
Arctic seas)

Аннотация.

Освоение Арктики играет огромную роль в развитии промышленности, направленной на добычу полезных ископаемых. Климат Арктики крайне суров и имеет свои особенности для каждого конкретного месторождения. Поэтому при разработке проекта по его освоению необходимо учитывать все существующие особенности, чтобы в дальнейшем произвести верные прочностные расчеты, выбрать наиболее рациональный способ транспортировки сырья, а также произвести подбор необходимого оборудования. Правильный учет неблагоприятных факторов способствует повышению уровня надежности сооружения, а также снижению вероятности возникновения аварии на эксплуатирующемся объекте.

В ходе работы были выявлены необходимые для этого критерии и разработана блок-схема для выбора оптимального метода транспортировки добываемой продукции с Арктических месторождений на примере Долгинского месторождения.

Ключевые слова: арктическое месторождение, транспортировка, шельф, Долгинское месторождение, трубопровод, танкер.

1 Введение

Российский континентальный шельф был и остается одним из наиболее перспективных нефтегазоносных районов. Большая его часть расположена вдоль северной и восточной границ России.

Почти половина запасов углеводородного сырья шельфа Мирового океана сосредоточена в России, а именно на территории Арктики. Штокмановское, Русановское, Ленинградское, Приразломное, Варандей-море – все это уникальнейшие и крупные по запасам газоконденсатные, газовые и нефтяные месторождения, расположенные в недрах арктических морей. При сравнении начальных суммарных ресурсов по акватории России следует отметить, что в Карском, Баренцевом и Печорском морях находятся две трети ресурсов, имеющихся на сегодняшний день на российском арктическом шельфе (рисунок 1).

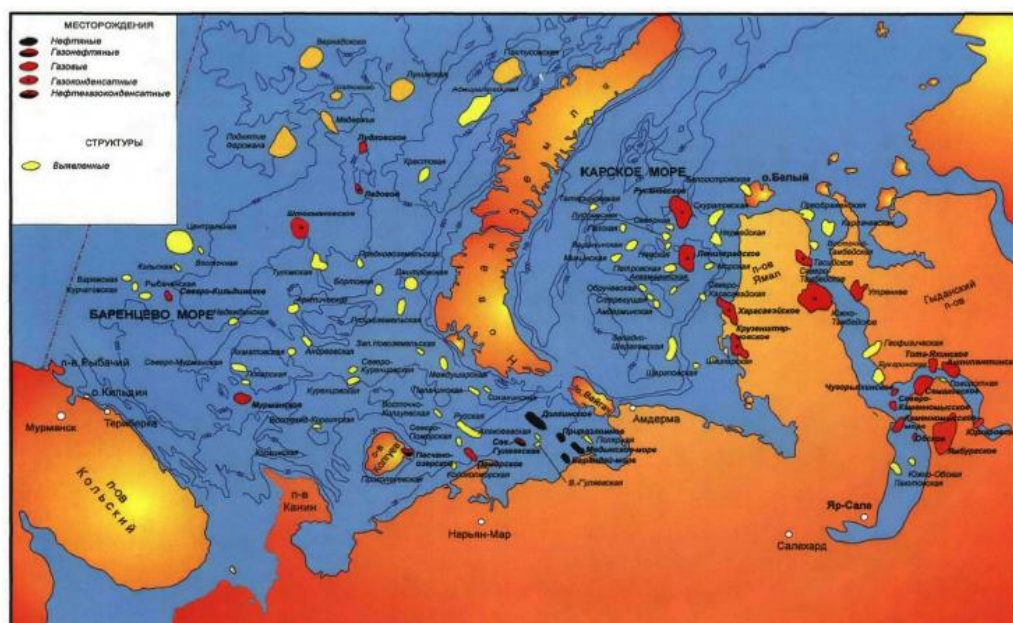


Рисунок 1 – Карта месторождений Арктического шельфа России

Около 80% потенциальных углеводородных запасов России приходится на месторождения арктического шельфа. Ресурсы нефти и газа, расположенные в Арктике, являются ключевыми в системе топливно-

энергетического комплекса, обеспечивающего энергетическую защищенность нынешнего столетия [1]. Это обуславливает актуальность проведения исследований на арктическом шельфе. Однако, существует ряд неблагоприятных факторов, усложняющих процесс проведения геологоразведочных исследований и реализации проектов в арктическом регионе. Среди факторов, усложняющих освоение арктических шельфовых месторождений выделяется 5 основных групп [2]:

- природные факторы: пониженная температура, ледовые условия, сильные ветра и повышенная сейсмичность района;

- инфраструктурные факторы: необходимость создания новой транспортной инфраструктуры на побережье и инфраструктуры материально-технического снабжения;

- геологические факторы: многолетнемерзлые грунты, наличие неглубоких придонных залежей свободного газа, повышенное пластовое давление, эмиссия газов с преимущественным содержанием метана, слабая изученность региона;

- экологические факторы: сложность ликвидации при разгерметизации оборудования, необходимость разработки новых технологий при ликвидации аварий;

- технологические факторы: необходимость в создании нового оборудования, специализированного под арктические условия, очистка морского дна от захоронений ядерных отходов (в особенности Карского моря).

Основной особенностью при освоении шельфовых месторождений является многовариантность технологий бурения и обустройства месторождения, выбор которой, в свою очередь, зависит от таких параметров как удаленность от берега, глубина моря, его волнение, сила ветра, а также объем запасов.

Освоение шельфовых месторождений Арктики предоставляется возможным лишь при решении целого ряда задач, начиная от создания специального оборудования, способного обеспечить заданную надежность в

заданных условиях, и заканчивая реализацией проекта, разработанного с учетом воздействия всех неблагоприятных факторов.

Целью работы является повышение ресурсосбережения при освоении Арктического шельфа России путем выбора наиболее рационального способа транспорта углеводородов, анализа ресурсов существующих месторождений.

Основным задачами исследования являются:

- систематизация возможных вариантов транспортировки углеводородных ресурсов с континентального шельфа и разработка алгоритма выбора наиболее рационального способа транспортировки;
- анализ существующих и возможных схем трубопроводного транспорта на примере Долгинского месторождения.

2 Дискуссия

Шельф северных морей Российской Федерации обладающий большими природными запасами углеводородных ресурсов создает предпосылки на долгосрочное промышленное освоение морской акватории Севера и Арктики. Шельф обладает свыше 60 % от общих ресурсов России. Из них 2/3 находится в Баренцевом и Карском море (Западно-Арктические моря) и около 20 % в морях Лаптевых, Чукотском, Восточно-Сибирском (моря Центральной и Восточной Арктики), почти 10% приходятся на Берингово и Охотское моря (Дальневосточные окраинные моря).

Рассматривая лишь шельф, 85 % составляет общая часть углеводородов, приходящаяся на дою морей Севера, включая больше 75 % нефти и конденсата, более 90% газа [2]. Перспективы выявления новых месторождений довольно велики, так как еще на 62 % площадей не одна скважина не была пробурена, включая Печерское, Баренцево, Карское моря. Зная, что огромная часть арктического шельфа еще не исследована уже обнаружено 16 месторождений, включая уникальные газоконденсатные и газовые (Штокмановское, Русановское, Ленинградское), запасы которых составляют 10-13 трлн. м³. Так же основным фактором, который может

повлиять на развитие Российской Арктики, вовлечение в эксплуатацию нефтегазовых ресурсов Западной Арктической зоны Российской Федерации. Большая часть, обладающая крупными запасами углеводородов (100-120 млрд.т), Арктического шельфа приходится на северные моря.

Акватория Баренцева и Карского морей обладает 2 853 млн. т. нефти (56% от общего количества извлекаемых ресурсов), 22 059 млрд. м³ газа (37%) [3].

К 2020 году добыча в этой части акватории может составить 25-40 млн.т нефти, в свое время газа около 160 млрд.м³. На период от 2006 до 2020 годов суммарный объем извлекаемых ресурсов составит 180-270 млн. т. нефти 890 млрд.м³ газа.

В таблице 1 представлена характеристика основных месторождений Арктических морей [3,4].

Таблица 1 - Характеристика основных месторождений Арктических морей

Акватория	Название месторождения	Год открытия	Классификация по размеру	Глубина моря, м	Удаленность от береговой линии, км	Ледовые условия
Печорское море	Поморское (ГК)	1985	среднее	20-30	10	тяжелые
	СевГуляевское (НГК)	1986	крупное	10-30	65	тяжелые
	Приразломное (Н)	1989	крупное	17-19	60	тяжелые
	Варандей-море (Н)	1995	мелкое	14-18	10	тяжелые
	Медынское море (Н)	1997	крупное	12-22	30	тяжелые
	Долгинское (Н)	1999	крупное	15-42	90	тяжелые
Баренцево море	Мурманское (Г)	1983	крупное	68-123	250	легкие
	Северо-Кильдинское (Г)	1985	среднее	230-280	280	легкие

	Штокмановское (ГК)	1988	уникальное	279-380	550	легкие
	Лудловское (Г)	1990	крупное	200-240	670	средние
	Ледовое (ГК)	1992	крупное	200-280	620	средние
	Карское море	Русановское (ГК)	1989	уникальное	50-100	340
	Ленинградское (ГК)	1990	уникальное	80-160	320	средние
	Северо-Каменномысское (Г)	2000	крупное	11-14	10	тяжелые
	Каменномысское (Г)	2000	крупное	11-17	10	тяжелые

На рисунке 2 представлена карта со всеми существующими портами Арктических морей [5]. Так же ниже представлено описание крупных существующих портов для транспорта углеводородов с Арктического шельфа.

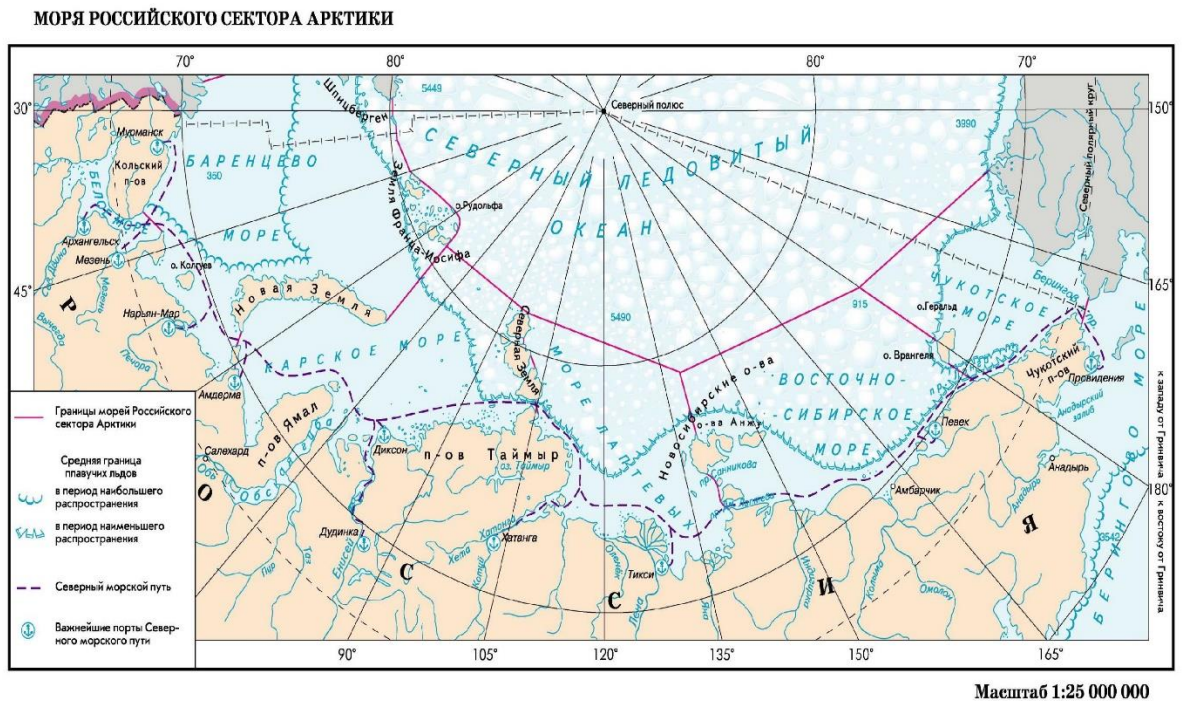


Рисунок 2 – Карта портов Арктических морей

Анализ перспективности освоения морских Арктических месторождений. Условиями эффективного использования технико-экономического потенциала и обеспечения его воспроизводства служит совокупность имеющихся в регионе природных, экономических, социальных, технологических и политических факторов.

Уровень развития нефтегазовых месторождений, характеризуется двумя категориями:

- технический потенциал углеводородных месторождений (комплексная совокупность технических показателей);

- экономический потенциал углеводородных месторождений (комплексная совокупность экономических показателей).

Для того что бы оценить уровень возможного развития месторождений Арктики, были использованы следующие показатели, представленные в таблице 2 [4,5,6].

Таблица 2 – Показатели для оценки перспективности месторождений

Показатель	Технический потенциал месторождений (Т)	Показатель	Экономический потенциал месторождений (Е)
x1	удаленность от берега, км;	x7	возможный объем добычи углеводородов млрд. м ³ (млн.т.);
x2	глубина моря (месторождения), м	x8	наличие рынка сбыта;
x3	ледовые условия;	x9	объем капитальных вложений, млн. долл.;
x4	присутствие береговой инфраструктуры	x10	эксплуатационные затраты, млн. долл.;
x5	возможность использования технологий для добычи и разработки месторождений;	x11	доходность, млн. долл.;
x6	логистическая доступность;	x12	индекс доходности проекта, %.

Показатели, представленные в таблице, представляют собой различные факторы, некоторые из которых можно оценить качественно, а некоторые количественно. Для перевода качественных показателей в количественный используется шкала Харрингтона [7]. Некоторые значения представлены ниже в таблице 3 сокращенной шкалы Харрингтона.

Таблица 3 – Некоторые значения параметров шкалы Харрингтона

Показатель	Качественная оценка	Количественное значение
x3 - ледовые условия	легкие	0,71 - 1
	средние	0,46 - 0,70
	тяжелые	0 - 0,45
x4 - наличие развитой береговой сервисной инфраструктуры	существует	0,71 - 1
	слабо развита	0,46 - 0,70
	отсутствует	0 - 0,45
x5 - наличие технологий для освоения месторождений	существуют	0,71 - 1
	слабо развиты	0,46 - 0,70
	отсутствуют	0 - 0,45
x6 - логистическая доступность	легкая	0,71 - 1
	сложная	0,46 - 0,70
	экстремальная	0 - 0,45
x8 - наличие рынка сбыта	явный	0,51 - 1
	неявный	0 - 0,50

В качестве объектов для исследования были выбраны месторождения, расположенные на территории Арктического шельфа (Карского, Печорского и Баренцева морей). Месторождения были подобраны по критерию перспективы их разработки: 70% энергоресурсов локализованы в недрах указанных морей.

В качестве управления и упорядочивания исходных данных была составлена таблица, на основе которой было произведено сведение имеющихся данных к единому показателю при помощи методики интегрального анализа. Данный метод позволяет соотнести различные показатели путем их агрегирования в соответствующие величины, которые

являются равнодействующими для всех признаков при рассмотрении технико-экономического потенциала месторождений [7].

В конечном итоге в четыре этапа производится расчет интегрального показателя в соответствии с рисунком 3.

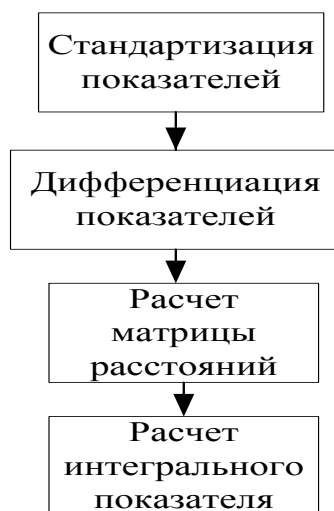


Рисунок 3 – Этапы расчета интегрального показателя в соответствии с методикой В. Плюты [8]

Оценка производится по значению, находящемуся в диапазоне 0-1, где 0 - это минимальное значение, 1 – максимальное значение. То есть чем ближе показатель к единице, тем благоприятнее условия для его освоения, соответственно, чем ниже, тем менее перспективным для освоения оно является. Для определения итога перспективы освоения по технико-экономическим показателям в расчете используется среднее значение между интегральными показателями технического и экономического потенциалов (СБОНМ) [4,5].

В результате расчетов полученные параметры были сведены в таблицу 4.

Так же на основании расчетов составлен рейтинг месторождений, по рациональности их освоения.

Таблица 4 – Результаты расчетов перспективности освоения месторождений

Месторождение	Условные обозначение	Рассчитанные значения интегральных показателей			Ранговые позиции в совокупном рейтинге
		Технический потенциал	Экономический потенциал	СБОИМ	
1	2	3	4	5	6
Мурманское (Г)	A7	0,83	0,21	0,52	1
Варандей-море (Н)	A4	0,90	0,03	0,47	2
Северо-Кильдинское (Г)	A8	0,59	0,25	0,42	3
Штокмановское (ГК)	A9	0,41	0,34	0,33	4
Северо-Каменномысское(Г)	A14	0,33	0,30	0,32	5
Каменномысское-море(Г)	A15	0,42	0,22	0,32	6
Русановское (ГК)	A12	0,16	0,45	0,31	7
Поморское (ГК)	A1	0,34	0,27	0,31	7
Медынское-море (Н)	A5	0,35	0,24	0,3	8
Ленинградское (ГК)	A13	0,10	0,49	0,3	8
Северо-Гуляевское (НГК)	A2	0,45	0,10	0,23	9
Долгинское (Н)	A6	0,25	0,27	0,26	10
Приразломное (Н)	A3	0,33	0,17	0,25	11
Ледовое (ГК)	A11	0,24	0,08	0,16	12
Лудловское (Г)	A10	0,22	0,11	0,17	13

На основании полученных расчетов лидерами по перспективности освоения являются Варандей-море и Мурманское газовое месторождение, показатели технического потенциала которых, соответственно составляют 0,9 и 0,83. Благодаря низким значениям некоторых показателей (дестимуляторов), а именно удаленности от берега и глубины моря, данные месторождения обладают достаточно благоприятными условиями разработки. Сравнительно легкие ледовые условия, наличие береговой инфраструктуры и возможности использовать технологии для освоения месторождений выступают показателями-стимуляторами (позитивно влияющими на уровень технического потенциала) для Мурманского месторождения. Русановское и Ленинградское месторождения в то же время, имеют наименьший технический потенциал соответственно 0,16 и 0,1, обусловлено это глубиной Карского моря, а также отсутствием развитой береговой инфраструктуры [4,5].

Так же шесть месторождений из рассматриваемых (Варандей-море, Северо-Гуляевское, Мурманское, Каменномысское, Северо-Кильдинское, Штокмановское) имеют показатель освоения месторождений, выше среднего.

Наибольший уровень развития экономического потенциала имеют Ленинградское, Русановское и Штокмановское месторождения, показатели которых составляют соответственно 0,49, 0,45 и 0,34.

Проведенные исследования показывают, что в этой методике существуют противоречия [4,5].

К примеру, месторождения занимающие лидирующие позиции по экономическим показателям, занимают далеко не первые позиции в сравнительном анализе. Так Русановское, Ленинградское, Штокмановское месторождения, которые являются перспективными за счет своего объема углеводородов, географического расположения (возможного экспорта). В то же время климат Арктического шельфа в районе этих месторождений делают их труднодоступными, что осложняет условия их освоения и являются главной причиной такой позиции в рейтинге.

Для дальнейшего рассмотрения было выбрано Долгинское месторождение, несмотря на занимаемую позицию в составленном рейтинге, так как это месторождение находится на небольшом расстоянии от уже эксплуатируемого Приразломного месторождения, это позволяет повысить эффективность возможного трубопроводного транспорта нефти.

Месторождение было открыто в 1999 году. Запасы составляют более 200 млн. тонн нефти. Локализовано месторождение в 110 км от материка и 120 км от Новой земли. Глубина его достигает 35-50 м. Месторождение принадлежит компании «Газпромнефть-Сахалин» [9]. На данный момент на территории месторождения пробурены четыре разведочных скважины, три из которых локализованы на севере, а одна в южной части. Также уже произведены сейсморазведочные работы.

В качестве разведочного комплекса была использована самоподъемная платформа GSP Saturn.

При освоении морского месторождения одним из важнейших факторов является выбор транспортировки добытой продукции на береговые терминалы, сегодня используются танкерные варианты, либо трубопроводные. Преимущественно выбирается трубопроводный транспорт по ряду причин: бесперебойная поставка, не такие масштабные экологические катастрофы в случае аварии, независимость от погодных условий.

На основе анализа и проработки действующей научно-технической литературы и документации, а также с учетом цен на фрахт танкеров и тарифов на сооружения морского участка трубопровода, в данной работе была разработана блок - схема для выбора наиболее эффективного и рационального способа транспорта добываемых углеводородов (рисунок 4).

Из полученной блок-схемы видно, что даже не смотря на уникальность конкретного месторождения, основную роль при его разработке играет совокупность имеющихся в регионе природных, экономических, социальных, технологических и политических факторов. Что касается Долгинского месторождения, то были рассмотрены все возможные схемы транспортировки, их преимущества и недостатки. Проанализировав все критерии и факторы, был сделан вывод, что наиболее предпочтительным способом является трубопроводный транспорт добытого сырья.

3 Заключение

Разработка ресурсосберегающих технологий на сегодняшний день является приоритетной задачей, так как она подразумевает не только наиболее полную отдачу, но и оказывает существенное влияние на экологию окружающей среды. Поэтому важен выбор не только способа транспортировки, но и направления транспорта энергоресурсов. Балтийское и Северное направления являются оптимальными для транспортировки нефти с месторождений ТПНГП.

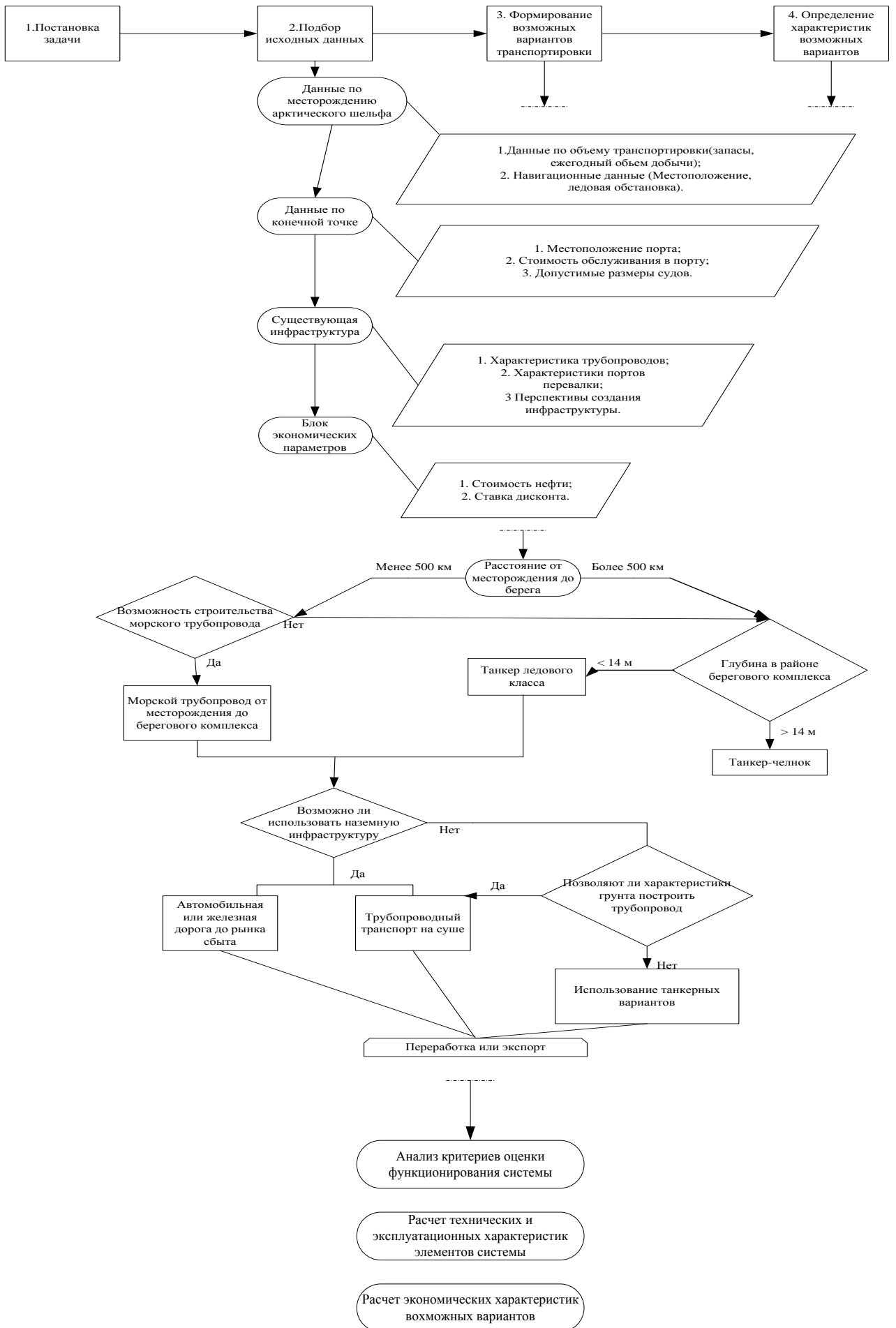


Рисунок 4 – Выбор способа транспортировки [5,7]

В Балтийском направлении лучшим вариантом является порт Приморск, который способен обслуживать танкера с максимальными размерами, способными заходить на воды Балтийского моря. Также порт обладает необходимой инфраструктурой и резервами для расширения, которые позволяют принимать дополнительные объемы нефти (40 млн. тонн).

В Северном направлении наиболее целесообразно использовать порт Мурманск, способный обслуживать танкеры дедвейтом до 300 тыс. тонн. Преимущество этого порта в том, что оно не подвержено суровым условиям, то есть порт не замерзает. Но, следует отметить, что при увеличении добычи на 30-40 млн. тонн в год возникнет необходимость строительства дополнительного стационарного нефтяного терминала в районе Мурманска.

Конфликт интересов

Авторы подтверждают, что представленные данные не содержат конфликта интересов.

Список использованной литературы

- 1) Котомин, А.Б. Оценка изученности шельфа российских северных морей / А.Б. Котомин. – Апатиты, 2012. - №30. - 111-116 с.
- 2) Додин, Д.А. Минерально-сырьевые ресурсы российской Арктики: состояние, перспективы, направления исследований/ Д.А. Додин. - СПб : Наука, 2007 - 767 с.
- 3) Гимаева А.Р., Хасанов И.И., Шобик Н.А. К вопросу выбора схемы транспортировки углеводородов, добываемых с шельфа арктических морей. Нефтегазовое дело. – 2018. – Том 16. - №3. – С. 62-69.

4) Шобик Н.А., Гимаева А.Р. О Проблемы освоения континентального шельфа России. - 68-я научно-техническая конференция студентов, аспирантов и молодых ученых: сб.матер.конф.-Кн.2 / редкол.: Ю.Г.Матвеев и др.-Уфа: Изд-во УГНТУ, 2017.- С.611-613.

5) Богатырева, Е.В. Анализ систем и технических средств транспорта углеводородов с морских месторождений / Е.В. Богатырева //Вестн. Ассоциации буровых подрядчиков. - 2013.- № 3. - 26–30с.

6) Касаткин, Р.Г. Перспективы развития шельфовых месторождений нефти и газа в мире / Р.Г. Касаткин // Российский внешнеэкономический вестник. - 2008.- № 1. - 57-61с.

7) Гудместад, О.Т. Аспекты освоения арктических шельфовых месторождений нефти и газа/ О.Т. Гудместад. – М.: ГУП Изд-во «Нефть и газ» РГУ нефти и газа имени И.М.Губкина, 2008. – 56с.

8) Мочалов, Р.А Экономическая оценка схем транспортировки углеводородов при освоении континентального шельфа: дис. канд. техн. наук/ ИНГГ им. А. А. Трофимчука. Новосибирск, 2014. - 160 с.

9) Официальный сайт ОАО «Газпром». Материалы о проекте «Долгинское ме-сторождение». URL:<http://www.gazprom.ru/about/production/projects/deposits/pnm/> (Дата обращения: 20.06.2021).