

# Арктическая логистика — НОВЫЙ ВЗГЛЯД



**Г. Г. Малинецкий,**  
д. ф.-м. н., профессор,  
зав. отделом математического  
моделирования нелинейных процессов  
gmalin@keldysh.ru



**В. С. Смолин,**  
научный сотрудник,  
отдел робототехники  
smolin@keldysh.ru

**Институт прикладной математики им. М. В. Келдыша РАН**

*Эффективное решение задач логистики в акватории Северного Ледовитого океана может обеспечить экономические преимущества для России, сравнимые по значимости с эксплуатацией каналов между океанами — Суэцкого и Панамского. Экономически эффективная круглогодичная навигация на северном транспортном коридоре возможна при подводной схеме доставки грузов. Для снижения стоимости проекта предлагается построение подводных судов из армированного бетона и железобетона, значительно более дешевых и технологичных материалов по сравнению со сталью. Погрузку/разгрузку предлагается производить в лихтеры, надводные суда, а загрузку лихтеров в подводные транспортные суда осуществлять перед границей льдов. Открытие очень больших и тяжелых (более 10000 т) люков для погрузки лихтеров возможно в подводном положении транспортного судна, когда вес люков компенсируется силой Архимеда. Рассматриваются технические идеи построения флота подводных транспортных судов для решения задач логистики в Северном Ледовитом океане и оценивается его экономическая эффективность на примере захвата 5-10% рынка контейнерных перевозок на маршруте Юго-Восточная Азия — Европа.*

**Ключевые слова:** подводные транспортные суда, железобетон, армобетон.

## Введение

Включение развития Арктического региона в число приоритетных экономических задач РФ регулярно подчеркивается в выступлениях первых лиц государства (например, [1]). Одной из важнейших составляющих этой задачи является формирование новой логистики в акватории Северного Ледовитого океана.

Освоение круглогодичного использования акватории Северного Ледовитого океана в качестве транспортного коридора из Юго-Восточной Азии (ЮВА) в Западную Европу сулит немалые экономические преимущества для России, сравнимые по значимости с эксплуатацией каналов между океанами — Суэцкого и Панамского, поскольку обеспечит коммерческое использование короткого северного пути между Атлантическим и Тихим океанами.

Развитие международного разделения труда и все увеличивающийся товарооборот между странами создает надежную основу экономической перспектив-

ности вложения средств в исследования и разработку новых видов транспорта для повышения эффективности товарных перевозок между странами. В настоящее время только контейнерные перевозки между странами ЮВА и Западной Европой оцениваются в 10-20 млн TEU (twenty-foot equivalent unit, стандарт контейнера) в год. Доставка грузов через Северный Ледовитый океан в 1,5-2 раза короче южных маршрутов через Суэцкий и Панамский каналы или вокруг Африки (для судов, превосходящих габариты каналов).

Экономически эффективная круглогодичная навигация на северном транспортном коридоре возможна при подводной схеме доставки грузов. Идея неоднократно возникала с 1950-х гг., но реализовать ее пока не удалось. Основные причины — очень дорого и имеется ряд технических проблем с погрузкой/разгрузкой субмарин в портах, рассчитанных на механизированную обработку грузов на надводных судах.

В качестве пути снижения стоимости проекта рассматривается построение подводных судов из арми-

рованного бетона и железобетона, значительно более дешевых и технологичных материалов по сравнению со сталью.

Технические проблемы, связанные с погрузкой/разгрузкой подводных транспортных судов, предлагается решать путем использования лихтерной схемы перевозок, когда в порт заходят лихтеры — надводные суда, соответствующие стандартам погрузки/разгрузки в портах. Загрузка лихтеров в подводные транспортные суда осуществляется на специально оборудованных пунктах в акватории с глубиной не менее 35-40 метров. Открытие очень больших и тяжелых (10000 т и более) люков для погрузки лихтеров может быть осуществлено в подводном положении транспортного судна. За счет регулирования наполнения балластных цистерн люкам можно обеспечить нулевую плавучесть, что делает их невесомыми в воде и позволяет осуществлять их перемещения с относительно небольшими усилиями.

В работе [2] обсуждались конструкции бетонных подводных транспортных судов и схемы организации перевозок. Описана необходимая инфраструктура для круглогодичных бесперебойных перевозок подо льдами Северного Ледовитого океана на рабочих глубинах от 50 до 200 м. Проанализирован большой список других вопросов, связанных с этим инновационным проектом. Проведен экономический анализ затрат и сроков окупаемости проекта в целом.

Предварительные результаты экономического анализа (рассматривающего только вариант захвата 10% рынка контейнерных перевозок на маршруте ЮВА — Северная Европа) показывают, что при вложениях в 150-200 млрд руб. окупаемость проекта может составить 5-10 лет и в дальнейшем приносить прибыль на уровне 20-50 млрд руб. в год.

Если опыт реализации проекта окажется успешным, то захват большей доли рынка перевозок потребует в 1,5-2 раза меньших удельных вложений и затрат на эксплуатацию, что позволит в 2-3 раза сократить срок окупаемости и на 30-80% увеличит величину прибыли, получаемой на единицу вложений.

Россия получит не только непосредственную экономическую выгоду от реализации проекта, но и:

- выход на международный рынок транспортных услуг с перспективой расширения участия в нем от \$0,5 до \$5-10 млрд только на маршруте ЮВА — Западная Европа;
- формирование нового направления судостроения в незанятой нише международного разделения труда;
- создание инфраструктуры транспортных перевозок в Арктике, которая может быть использована также для внутренних линий доставки грузов;
- развитие служб спасения и медицинской помощи для обслуживания транзитного коридора, которые повысят привлекательность арктического региона для более мелких коммерческих проектов;
- разработку и получение приоритета на новые технологии, применение которых не будет ограничено рамками проекта;
- коммерческое использование ЯЭУ на транспортных судах.

Кроме России одним из главных бенефициаров от развития торговых путей в Арктике станет Китай, который получит быстрый и экономически эффективный путь доставки своих грузов в Западную Европу. Это позволяет рассчитывать на финансовое и научное участие Китая в работах по созданию новых видов транспорта для Арктики. Позитивная динамика российско-китайских отношений и наличие совместных проектов, в том числе транспортных (например, проект создания широкофюзеляжного самолета CR929, [3]), могут послужить основой для формирования российско-китайского проекта разработки и создания нового типа транспортных средств для доставки грузов в Арктике.

В России в реализации проекта может быть заинтересован не только МинТранс, но и Атомпром, который в случае успешной реализации проекта получит широкий рынок коммерческого применения судовых ЯЭУ.

## 1. Перевозка грузов в чистой воде подо льдами

Идея создания подводных транспортных судов не нова и развивается уже более 150 лет. Большинство ВМФ ведущих морских держав имеют на вооружении субмарины различных классов. Преимущества подводных судов проявляется в условиях затруднений судоходства по поверхности морей и океанов, которые появляются при наличии военного противодействия перемещению флота. Иначе надводные суда эффективнее подводных.

Затруднения судоходства в Северном Ледовитом океане (не зависящие от военной обстановки) связаны с наличием постоянного ледового покрова. Лед у берегов Сибири и Америки ненадолго тает в конце лета — начале осени, но в остальное время года сковывает всю поверхность Северного Ледовитого океана, не подверженную влиянию Гольфстрима. При этом в центральной части Северного Ледовитого океана толщина многолетних льдов может составлять 10-15 м.

В настоящее время относительно свободное плавание судов в Арктике осуществляется по Северному морскому пути (СМП) вдоль российского побережья в течение летней навигации — с июня по октябрь. Ледовая обстановка в остальное время требует дорогой ледокольной проводки с соответствующими ей низкими скоростями движения. Северный транзитный коридор в это время (большую часть года, 7-8 месяцев) проигрывает более длинным южным морским путям, как по срокам, так и по стоимости доставки.

В этих условиях подводные суда могут быть эффективнее надводных: отсутствие льда и стабильная температура (в районе 0°C) на глубинах 50-100 м позволяет осуществлять перевозки вне зависимости от климатических условий на поверхности. В то же время ледокольная проводка сильно зависит от сезона и текущих погодных условий и требует использования транспортных судов высоких ледовых классов (Arc6-Arc8).

Эксперименты с коммерческими перевозками грузов подо льдами Северного Ледовитого океана неоднократно проводились на военных субмаринах.

Эти эксперименты продемонстрировали как возможность таких перевозок, так и их экономическую неэффективность, обусловленную:

- низкой грузоподъемностью военных субмарин;
- сложностью процесса погрузки/разгрузки, отсутствием его механизации;
- непригодностью к заходу в мелководные порты.

Имеющиеся технические способы переоборудования военных субмарин в транспортные суда позволяют несколько уменьшить влияние этих факторов, но не обеспечивают экономической эффективности коммерческих перевозок.

Однако ее достижение возможно при строительстве специализированных транспортных подводных судов. Окупаемость затрат на строительство флота таких судов затрат может быть обеспечена:

- использованием лихтерной схемы с перевозкой лихтеров под водой только на ледовом участке маршрута;
- выполнением корпусов подводных транспортных судов из армо- и железобетона;
- открытием/закрытием люков для загрузки лихтеров в подводном положении;
- формированием составов подводных транспортных судов.

Каждая из перечисленных идей описана далее, хотя для реализации проекта все они требуют дополнительных научных исследований и опытно-конструкторских работ. Но в случае успешного выполнения исследований и осуществления проекта позволят в полной мере использовать географические преимущества расположения России на берегу Северного Ледовитого океана, сравнимые по экономической значимости с эксплуатацией каналов между океанами — Суэцкого и Панамского.

## 2. Маршрут Роттердам – Шанхай

Длина маршрута Роттердам – Шанхай через Северный Ледовитый океан составляет около 13100 км, из них покрыто льдом, в зависимости от сезона, от 3500 до 7500 км (рис. 1).

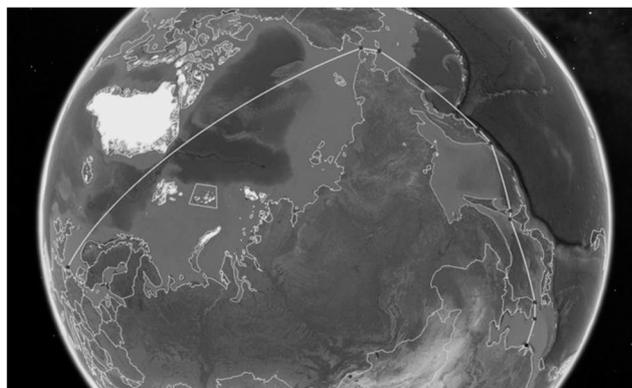


Рис. 1. Маршрут Роттердам – Шанхай. Часть маршрута (около 3500 км от Гренландии до Берингова пролива) круглый год покрыта льдом. Зимой – весной ледовый участок маршрута может достигать 7500 км

Это на 6,3 тыс. км короче маршрута через Суэцкий канал, на 11,6 тыс. км короче маршрута через Панамский канал и на 12 тыс. км короче маршрута вокруг Африки (которым вынуждены следовать крупные контейнеровозы, не проходящие по размерам через каналы). Но в случае ледокольной проводки скорость движения по ледовым участкам уменьшается, что не позволяет достичь выигрыша во времени перевозок более коротким северным маршрутом.

Поскольку лед в центральной части океана никогда не тает, сложилось несколько маршрутов вдоль его берегов, один из которых, вдоль побережья России, называется Северным морским путем (СМП). При возможности перевозок подо льдами естественно выбрать маршрут движения кратчайшим путем между Северной Европой и Беринговым проливом, по транзитному коридору в центральной части Северного Ледовитого океана.

Более короткий северный маршрут (не только транзитный коридор, но и СМП) дает возможность экономить на расходах на топливо. И в конце лета — начале осени такая возможность уже в настоящее время реализуется. В остальное время года движению мешают льды, которые могут быть преодолены только с использованием ледокольной проводки.

Если бы ледоколы осуществляли проводку торговых караванов бесплатно, то экономия топлива на более коротких маршрутах была бы круглогодичной. Но высокая стоимость ледокольной проводки превосходит величину экономии на сокращении потребления топлива, что не позволяет говорить о снижении расходов (по сравнению с южными маршрутами) большую часть года.

Даже более важным, чем стоимость, преимуществом перевозок более коротким северным маршрутом является сокращение времени доставки. И в период года, когда маршрут свободен ото льда, это преимущество используется уже сейчас. Но большую часть года необходима ледокольная проводка, имеющая высокую стоимость и низкие скорости движения ледоколов во льдах. Скорость движения крупных современных контейнеровозов составляет 45-50 км/ч (24-27 узлов) и превосходит скорость осуществления ледовой проводки в 3-5 и более раз.

Ведутся исследования по увеличению скорости ледовой проводки [4], но пока что в экспериментах удается достичь скоростей не выше 6-9 узлов, практические скорости движения еще ниже.

Учитывая, что протяженность ледового участка СМП в зимнее время составляет более 7000 км (что составляет более трети длины южных маршрутов), только на преодоление льдов уходит больше времени, чем на весь южный маршрут. Но для того, чтобы доплыть до границы льдов, тоже требуется время.

Высокая стоимость и низкая скорость движения при ледокольной проводке торговых караванов судов заставляют выбирать пути с минимальными затратами на ледокольную проводку. В конце лета — начале осени вдоль побережий много участков открытой воды, а в остальное время на этих участках образуется однолетний лед, который заметно тоньше многолетнего льда в центральной части Северного Ледовитого океана.

Это приводит к тому, что в район Северного полюса ходят только в спортивно-научных и туристических целях, а коммерческие перевозки осуществляют вдоль побережий.

Обеспечение возможности осуществления перевозок подо льдом позволит двигаться по транзитному коридору, который на 1,5-2 тыс. км короче СМП. Но на участках маршрута не покрытых льдом (а они будут значительны в любой сезон) выгоднее перевозить грузы по поверхности. Это должно определить наиболее выгодную схему движения:

Важным вопросом для использования подводных транспортных судов является погрузка/разгрузка в портах. Главными причинами нежелательности захода подводных транспортных судов в грузовые порты являются:

- подводное судно имеет примерно вдвое худшее соотношение дедвейт/водоизмещение, что вдвое повышает удельные портовые сборы на единицу груза;
- большие габариты и осадка (по сравнению с надводными судами с аналогичным дедвейтом) затрудняют швартование и погрузочные работы;
- ядерная энергетическая установка и средства обеспечения ее безопасности не соответствуют требованиям большинства грузовых портов.

### 3. Лихтерная схема движения

Основным способом решения проблемы погрузки/разгрузки в портах должно стать использование лихтерной схемы перевозок, когда на погрузку в порт заходят надводные лихтеры, а загрузка лихтеров в подводные суда осуществляется в открытом море (с применением свободноплавающих погрузчиков или подводных погрузочных станций).

Надводные лихтеры могут полностью соответствовать погрузочно-разгрузочным стандартам надводных судов.

В порты на загрузку/разгрузку заходят лихтеры на 1000-2000 контейнеров и по поверхности следуют в сторону зоны льдов.

До начала зоны льдов лихтеры загружаются в подводные транспортные суда и перевозятся подо льдами до свободной воды по другую сторону от зоны льдов (рис. 2).

Лихтеры проектируются и строятся согласно требованиям морских портов, предъявляемых к надводным судам для обеспечения возможности эффективной механизированной погрузки/разгрузки.

Основная техническая проблема использования лихтеров — их загрузка в подводное судно для преодоления ледового участка маршрута.

Требования к подводным судам состоят:

- 1) в обеспечении возможности подводной транспортировки лихтеров;
- 2) в создании системы эффективной погрузки/разгрузки лихтеров на подводные суда.

Выполнение этих требований, учитывая значительные размеры лихтеров, представляет собой сложные инженерные задачи. Но высказанные ранее новые идеи позволяют их решить.

Возможность изготовления корпусов подводных транспортных судов из армо- и железобетона и открытия/закрытия люков для загрузки лихтеров в подводном положении обоснованы в [2].

Отдельно необходимо отметить значительный прогресс в области создания композитных материалов на основе бетона, который произошел в последние 20-30 лет. Существенный вклад в общемировой процесс совершенствования технологий производства и использования бетона вносят отечественные исследования, например, [5-7].

Применение железобетона в судостроении имеет 150-летнюю историю, позволившую получить опыт и сформировать требования к железобетонным судам. В России эти требования закреплены в [8]. Лидером железобетонного судостроения в России является АО «Центральное конструкторское бюро «Монолит» [9]. Национальной особенностью развития практических работ в области железобетонного судостроения является учет возможности их применения в ледовой обстановке Северного Ледовитого океана (например, [10]).

Необходимость формирования составов подводных транспортных судов связана с требованиями достижения экономической эффективности перевозок, которая возможна только при перевозке больших партий грузов, порядка 10000 и более стандартных контейнеров.

Размеры подводных транспортных судов всегда будут уступать размерам надводных гигантов. Реальными можно считать следующие размеры подводного судна цилиндрической формы: длина 100-200 м, диаметр цилиндра 20-25 м. На других маршрутах диаметр может быть немного больше, но необходимость прохождения Берингова пролива, глубина фарватера которого составляет 35 м не позволяет рассчитывать на большие вертикальные размеры. В подводное судно приведенных выше размеров можно поместить порядка 1-2 тыс. стандартных контейнеров (TEU).

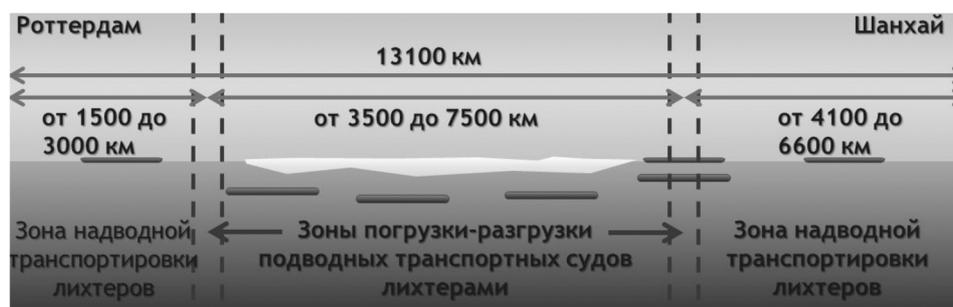


Рис. 2. Схема движения по маршруту

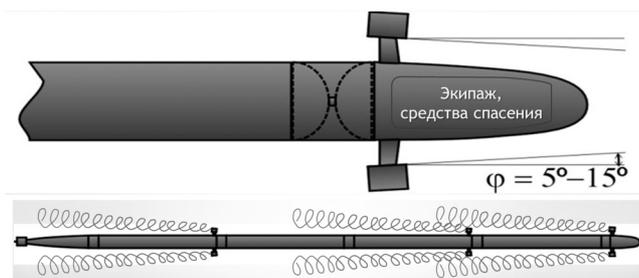


Рис. 3. Состав из нескольких подводных судов

Такой объем перевозимого груза недостаточен для конкуренции с крупными контейнеровозами на 15-19 тыс. TEU. Для обеспечения возможности перевозки большего количества контейнеров за один рейс необходимо формировать составы из нескольких подводных судов («вагонов»), управление движением которых осуществляет «локомотив» (рис. 3).

Следует также отметить, что состав может одним рейсом доставлять «вагоны» не в единственный порт назначения, а в несколько расположенных по соседству портов. Аналогично и формироваться состав может из нескольких терминалов.

Создание подводных составов — сложная техническая задача, но ее успешное решение позволит получить дополнительные преимущества при перевозках.

В первую очередь это распараллеливание погрузки/разгрузки относительно небольших «вагонов», что позволит осуществлять ее быстрее, чем сосредоточенную в одном месте обработку грузов огромных надводных судов. Более того, как это принято на ж/д транспорте, «вагоны» могут достигать своего назначения передвигаясь последовательно в нескольких составах.

Кроме перечисленных логистических преимуществ организация подводных судов в состав позволит заметно снизить лобовое сопротивление, что выльется в значительное повышение скорости движения и экономии топлива.

Управление движением подводных транспортных судов может осуществляться различными средствами. Это и регулировка плавучести, и управляющие поверхности, и силовые приводы сочленений.

Технические проблемы, связанные с особенностями движения и навигации подводных транспортных судов, и необходимые для их решения высокотехнологичные решения подробно рассматриваются в [2].

#### 4. Оценки экономической эффективности реализации проекта строительства и эксплуатации подводного транспортного флота

В качестве примера рассматриваются оценки возможных затрат при строительстве флота подводных судов для решения конкретной задачи коммерческих перевозок: захват 5-10% рынка евро-азиатских контейнерных перевозок. По разным оценкам за год по маршруту ЮВА – Европа ежегодно перевозится порядка 10-20 млн TEU. Соответственно для захвата 5-10% рынка необходимо иметь флот, способный по данному маршруту за год перевезти 1 млн TEU — круглая цифра, удобная для проведения оценочных расчетов.

#### 4.1. Оценка состава флота

10 составов по 10 «вагонов» на 1000 контейнеров: Время в пути по транзитному коридору — порядка 2 недель, оборачиваемость — 1 месяц (путь туда-обратно). Будем считать (для простоты!), что 1 состав за год успеет сделать 10 рейсов туда-сюда.

Если планировать регулярные перевозки (для захвата устойчивой доли рынка), то необходимо хотя бы раз в три дня отправлять очередной состав. В месяц — 10 разных составов, потом вернется первый отправленный.

Чтобы за год (10 месяцев!) перевезти 1 млн TEU, каждый месяц необходимо перевозить 100 тыс. контейнеров и каждые три дня отправлять по 10000 контейнеров с одним составом. Это может быть 5 лихтеров на 2000 TEU или 10 лихтеров на 1000 TEU. Второй вариант удобнее для проведения оценочных расчетов.

10 лихтеров могут стоять в порту под загрузкой/разгрузкой. Не обязательно всем лихтерам все время находиться в акватории, можно разгрузиться, погрузиться и выйти на рейд в ожидании локомотива, который появится с прибытием очередного состава. Прибывший состав (из 10 лихтеров) уйдет на разгрузку/погрузку, а загруженные лихтеры можно отправлять в рейс. Поскольку локомотив с ДВС тоже требует время на заправку и обслуживание, возможно будет необходимо иметь для каждого состава свой локомотив.

Перед началом ледового участка маршрута лихтеры необходимо загрузить на подводные транспортные суда (по одному на судно) и подводный локомотив с ядерной энергетической установкой (ЯЭУ) осуществит их транспортировку на другую сторону от ледового участка маршрута.

Итого нужно иметь 100 лихтеров в движении, 20 лихтеров под загрузкой, 50 подводных транспортных судов и 12 локомотивов, 7 на двигателе внутреннего сгорания (ДВС) для движения по поверхности, и 5 с ЯЭУ для движения под водой.

И следует предусмотреть расходы на станции загрузки/разгрузки подводных транспортных судов (стационарные или плавучие) и организацию навигации и служб спасения вдоль транзитного коридора.

#### 4.2. Стоимость строительства флота

Все предполагаемые затраты на реализацию проекта сведены в табл. 1. Весь флот составляют 182 судна, из которых 55 являются подводными.

Кроме строительства флота в расчет расходов вошло создание подводных станций для обеспечения погрузки/разгрузки лихтеров и средства навигации и связи. Остальные связанные с проектом расходы, такие как НИР и ОКР, создание аварийной ремонтной службы, средств спасения, организация медицинского обслуживания экипажей и прочие, отнесены к непрямым расходам, на которые предполагается потратить более 15 млрд руб. Поскольку все цифры оценочные, правильнее говорить о порядке стоимости проекта, в пределах 100-200 млрд руб.

Таблица 1

	Сталь, млн руб.	Бетон, млн руб.	Работа, млн руб.	Оборудование, млн руб.	Силовая установка, млн руб.	Непрямые расходы, млн руб.	Цена, млн руб.	Шт.	Сумма, млрд руб.
Вагон	160	80	200	220	-	140	800	50	40
Лихтер	40	20	50	100	-	40	250	120	30
Локомотив ДВС	50	20	250	270	800	210	1600	7	11,2
Локомотив ЯЭУ	170	80	300	310	4000	140	5000	5	25
Всего, флот								182	106,2
Подводные станции	80	80	300	300	800	240	1800	6	10,8
Средства навигации									18
Итого	14480	7420	21050	28240	30400	15410		188	135

### 4.3. Оценка стоимости перевозок

Цена перевозки одного контейнера по маршруту ЮВА – Западная Европа в последние 2 года колеблется в пределах \$600-1000. В последние месяцы стоимость перевозки стандартного контейнера (TEU) Шанхай – Северная Европа находилась в пределах \$700-900 (рис. 4).

Поскольку сроки доставки грузов по транзитному коридору через Северный Ледовитый океан предполагаются на 15-20 суток короче южных маршрутов, то можно ожидать, что рыночная цена таких перевозок будет выше.

Насколько выше может быть цена более быстрой доставки?

Товар в пути омертвляется вместе с деньгами, затраченными на его производство. При ставке кредита в 3,65% годовых на его обслуживание расходуется 0,01% от его суммы ежедневно.

При средней стоимости товара в контейнере в \$150000, каждый день пребывания контейнера в пути обходится его владельцу в \$15 на обслуживание кредита.

За 15-20 дней набегает \$225-300 на 1 TEU.

Владельцу контейнера выгоднее заплатить дополнительные \$200 за более быструю доставку, чем тратить лишние \$225-300 на обслуживание кредита.

Кроме того, более быстрая доставка дает ряд конкурентных преимуществ на товарном рынке, например, уменьшается время (в 2 и более раз) оборачиваемости контейнеров (что позволяет обойтись меньшим парком TEU) и есть другие причины выгоды более быстрой доставки.

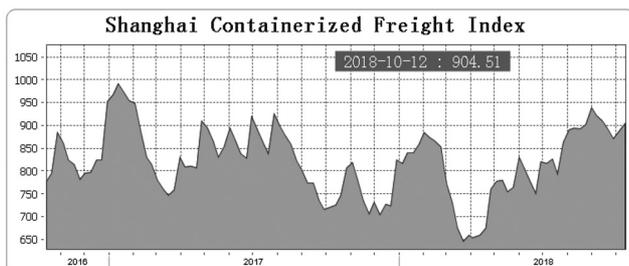


Рис. 4. График средней стоимости доставки стандартного контейнера из Шанхая в 2017-2018 гг. (Shanghai Containerized Freight Index) от 12 октября 2018 г.

Итого: к стандартной цене доставки \$800 можно добавить \$200, что в сумме составит \$1000 за перевозку одного TEU по маршруту Шанхай – Северная Европа через транзитный коридор в Северном Ледовитом океане.

### 4.4. Статьи эксплуатационных расходов

Эксплуатационные расходы складываются из затрат на топливо, погрузку/разгрузку, портовых сборов, прочих издержек, куда входят техническое обслуживание, зарплата экипажу и службам, непредвиденных трат. Все расходы в табл. 2 приведены для состава из 10 вагонов грузоподъемностью по 1000 контейнеров каждый при одном заходе в порт и однократном прохождении транзитного коридора и прилегающих акваторий.

Затраты за 1 год на 10 составов по 10 рейсов в 2 стороны составят  $10 \times 10 \times 2 = 200$  стоимостей расходов на рейс одного состава в одну сторону, что выразится в сумме от 10 до 30 млрд руб. в год на эксплуатационные расходы по проекту в целом.

### 4.5. Оценка времени окупаемости проекта

При цене за перевозку 1 TEU в \$1000 за доставку 1 млн TEU можно получить \$1млрд, или 60 млрд руб. В таком случае

$$\text{«Доходы»} = \text{«Выручка»} - \text{«Затраты»}$$

могут составить от 30 до 50 млрд руб. в год.

При годовых доходах от 30 до 50 млрд руб. в год время окупаемости проекта общей стоимостью в 135

Таблица 2

Источник затрат	Ед. измерен.	Цена min, млн руб.	Цена max, млн руб.
Топливо ДВС	7,5 дней	15	30
Топливо ЯЭУ	7,5 дней	3,	7,5
Погрузка/разгрузка TEU	10000 шт. TEU	2	10
Портовые сборы	—	10	40
Прочие расходы	—	10	40
Непредвиденные расходы	—	9,5	22,5
Сумма		50	150

млрд руб. составит от 3 до 5 лет. Если расходы на реализацию проекта сильно возрастут (например, до 300 млрд руб), то сроки окупаемости составят от 6 до 10 лет, что для транспортного проекта является вполне приемлемыми цифрами.

#### 4.6. Потери от задержки с началом проекта

Проект может начать приносить прибыль только после его реализации. Задержка с началом проекта приводит к потере прибыли, которую можно оценить по прогнозируемым доходам. Если взять годовые доходы в диапазоне от 30 до 50 млрд руб. в год, пусть для определенности 31,5 млрд руб., то, учитывая, что в году 31,5 млн секунд, каждая секунда задержки с началом проекта приводит к потере 1 тыс. руб. Или 3,6 млн руб в час, 86,4 млн руб. в день и порядка 2,5 млрд руб. в месяц.

Конечно, реализация проекта потребует затрат. Но они будут создавать новые рабочие места, укреплять авторитет России и ее суверенитет над северными территориями и акваториями экономической зоны. Затраты окупятся меньше, чем за 10 лет, а созданный флот будет приносить прибыль и дальше, поскольку оборудование судов рассчитано на срок эксплуатации 30-40 лет, а железобетонные корпуса судов могут служить 100 и более лет. Учет всех этих параметров может уточнить приведенные в предыдущем абзаце цифры, но порядок величины потерь от задержки с реализацией проекта не изменит.

При этом следует отметить, что данные потери относятся только к выбранной для примера задаче захвата 5-10% рынка евро-азиатских контейнерных перевозок. При успешной реализации первого этапа проекта и процент на данном направлении может быть увеличен, и это направление — не единственное для перевозок подо льдом Северного Ледовитого океана. Охват более широкого рынка перевозок позволит в разы повысить доходы от освоения транспортного коридора, аналогичного по значимости в мировой логистике с Суэцким и Панамским каналами.

#### 5. Перспективы развития проекта

Наиболее сложным является вопрос запуска проекта. В настоящее время рассматривается заявка на грант для проведения предварительных исследований. Также осуществляются контакты с профильными организациями для вовлечения их в развитие проекта и подачи совместных грантов. На проведение начального этапа НИР необходимо 100-150 млн руб.

Если предварительные исследования состоятся и будут успешными, то на первом этапе необходимо проведение опытно-конструкторских работ с разработкой и изготовлением прототипов подводных транспортных судов, реализующих полную схему транспортных перевозок. Вероятно, на этом этапе целесообразно изготовление и испытание комплекта моделей в масштабе от 1:5 до 1:2 от предполагаемой величины полноразмерных судов. Стоимость ОКР составит (в зависимости от масштаба испытаний) 200-500 млн руб.

Если и этот этап будет преодолен, то можно будет приступить к строительству коммерческого флота со-

гласно выработанным рекомендациям. Предварительная цена строительства флота приведена в таблице 1 и будет уточняться в процессе НИР и ОКР.

В зависимости от коммерческого успеха перевозок по транзитному коридору по Северному Ледовитому океану можно будет планировать дальнейшее развитие численности флота. Которое, после отработки основных вопросов, будет значительно дешевле строительства первоначального состава флота для решения одной задачи коммерческих перевозок, которая была использована как пример для проведения предварительных расчетов.

#### Список использованных источников

1. В. В. Путин. Перед нами стоят масштабные задачи по освоению Арктики. <https://mir24.tv/news/16281465/putin-pered-nami-stoyat-masshtabnye-zadachi-po-osvoeniyu-arktiki>. 2017
2. Г. Г. Малинецкий, В. С. Смолин. Подводные транспортные суда для транзитного коридора ЮВА – Европа в Северном Ледовитом океане // Препринты ИПМ им. М. В. Келдыша. 2018. № 242. 46 с. <http://library.keldysh.ru/preprint.asp?id=2018-242>.
3. Российско-китайский проект CR929 – пример кооперации в мировом авиастроении. <https://ria.ru/20181109/1532442430.html>.
4. А. А. Добродеев, К. Е. Сазонов. Проводка крупнотоннажных судов ледоколами с увеличенной скоростью: исследования в ледовом бассейне // Арктика: экология и экономика. № 3 (31). М.: ИБРАЭ РАН, 2018. С. 76-82.
5. А. Н. Пономарев. Нанобетон – концепции и проблемы // Строительные материалы, № 7, 2007. С. 2-4.
6. А. Н. Пономарев. Высококачественные бетоны. Анализ возможностей и практика использования методов нанотехнологий // Инженерно-строительный журнал, № 6, 2009. С. 25-33.
7. A. Ponomarev, T. Plavnik. Clever House Made by Using a New Kind of the Nanocomposites Advanced in Civil Engineering, Hundai Publishing Corporation, article ID 8760549, 2016, 5 p.
8. Правила постройки корпусов морских судов и плавучих сооружений с применением железобетона // Российский морской регистр судоходства, 2000, 84 с.
9. ЦКБ «Монолит». <https://monolit-kb.ru>.
10. Разработка технологии создания морской ледостойкой стационарной платформы с опорным основанием из дисперсно-армированного бетона. [http://www.monolit-kb.ru/ru/design/sudostroyeniye/sredstva\\_osvoeniya\\_kontinentalnogo\\_shelfa/raboty\\_po\\_ftcp\\_rgmt/?nid=92&a=entry.show](http://www.monolit-kb.ru/ru/design/sudostroyeniye/sredstva_osvoeniya_kontinentalnogo_shelfa/raboty_po_ftcp_rgmt/?nid=92&a=entry.show).

#### Arctic logistics – a new look

**G. G. Malinetskiy**, dr. of science in phis. and math, professor, leader of department of mathematical modeling of nonlinear processes.

**V. S. Smolin**, researcher, department of robotics. (Keldysh institute of applied mathematics (Russian academy of sciences))

Effective solution of logistics problems in the Arctic Ocean can provide economic benefits for Russia, comparable in importance to the operation of channels between the oceans — Suez and Panama. Economically efficient year-round navigation along the northern transport corridor is possible with an underwater delivery of goods scheme. To reduce the cost of the project, it is proposed to build transport submarine from fiber and armature concrete, much more cheap and technological materials in comparison to steel. Load-unloading is proposed to be made in lighters, and loading of lighters into underwater transport ships is carried out before the ice border. Opening very large and heavy (more than 10,000 tons) hatches for lighters loading is possible in the underwater position of the transport ship, when the weight of the hatches is compensated by Archimedes' force. The possibility of building a fleet of underwater transport ships to solve logistics problems in the Arctic Ocean is being considered, and its economic efficiency is estimated using the example of capturing 5-10% of the container traffic market on the Southeast Asia – Europe route.

**Keywords:** underwater transport vessels, reinforced concrete.