



Н.В. Кубышкин, Ю.П. Гудошников, А.А. Скутин

**ОБЕСПЕЧЕНИЕ
ТРАНСПОРТНЫХ И ГРУЗОВЫХ ОПЕРАЦИЙ
НА ПРИПАЙНОМ ЛЬДУ**



ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА ПО ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИИ
И МОНИТОРИНГУ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

ГНЦ РФ АРКТИЧЕСКИЙ И АНТАРКТИЧЕСКИЙ
НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ

**ОБЕСПЕЧЕНИЕ
ТРАНСПОРТНЫХ И ГРУЗОВЫХ ОПЕРАЦИЙ
НА ПРИПАЙНОМ ЛЬДУ**

Методическое пособие

Санкт-Петербург
2020

Методическое пособие предназначено для специалистов, осуществляющих гидрометеорологическое обеспечение операций по разгрузке морских судов через лед берегового припая в Арктике. Пособие основано на положениях отраслевых руководящих документов, рекомендаций и правил по охране труда. При подготовке настоящего пособия использован многолетний опыт обеспечения припайных операций в различных пунктах арктического побережья России.

Настоящее пособие подготовлено в лаборатории Арктик-шельф им. Г.К. Зубакина в рамках ЦНТП Росгидромета.

СОДЕРЖАНИЕ

1. Введение	4
2. Задачи и место специального гидрометеорологического обеспечения в организации разгрузки морских судов через припайный лед	9
3. Возможность использования припая для осуществления грузовых и транспортных операций	11
3.1. Предварительные критерии	11
3.2. Косвенные критерии. Типы припайных льдов	13
3.3. Определяющие критерии. Толщина и прочность льда	15
4. Гидрометеорологическое обеспечение на этапе подготовки и планирования грузовых и транспортных операций	24
5. Научно-оперативная группа гидрометобеспечения в районе проведения грузовых и транспортных операций	26
5.1. Задачи, состав и техническое оснащение научно-оперативной группы	26
5.2. Определение состава припайной инфраструктуры, выбор грузовых ледовых площадок и маршрутов транспортировки грузов по льду	28
5.3. Регламент наблюдений за гидрометеорологическими характеристиками, мониторинг состояния ледяного покрова	32
5.4. Деятельность научно-оперативной группы в процессе инженерно-технической подготовки припайного льда	37
6. Деятельность научно-оперативной группы при постановке судов в припай и в процессе осуществления ТГО на льду	51
7. Обеспечение ТГО прогнозами	61
7.1. Долгосрочные метеорологические и ледовые прогнозы	61
7.2. Краткосрочные метеорологические прогнозы	62
7.3. Прогноз отрыва припая	62
7.4. Прогноз уровня моря	62
Заключение	63
Список литературы	65
Приложение 1. Формулы для расчета модуля упругости и предела прочности льда при изгибе	67
Приложение 2. Таблицы для оценки состояния ледяного покрова	68
Приложение 3. Условные обозначения для ледовых карт (национальная символика)	70
Приложение 4. Правила эксплуатации ледовой дороги (на примере ТГО на припае в северной части Обской губы)	72
Приложение 5. Типовая инструкция по охране труда для научно-оперативной группы гидрометеорологического обеспечения ТГО на припае	74

1. ВВЕДЕНИЕ

Ледяной покров морей, озер, рек всегда являлся препятствием для судоходства, а воздействие льда на берега, береговые и морские сооружения представляет собой угрозу, которую необходимо учитывать при выборе места расположения и проектировании гидротехнических объектов. Тем не менее люди, живущие в районах с замерзающими водоемами, издавна приспособились использовать ледяной покров для сокращения расстояний при передвижении и транспортировке грузов через водные объекты без использования плавсредств. С развитием техники и началом использования в транспортных целях с конца XIX — начала XX века тяжелых транспортных средств на рельсовом, колесном и гусеничном ходу, вес которых вместе с грузом составлял тонны и десятки тонн, возникла потребность в специализированном инженерном обеспечении ледовых переправ, которое объединяло знания гидрометеорологического режима водоемов и технические решения оборудования дорог на ледяном покрове.

В России в качестве примера инженерного обеспечения сложной ледовой переправы можно привести зимнюю железную дорогу по льду озера Байкал длиной 45 км, организованную еще в 1904 г. Еще одним интересным примером грамотной организации ледовых перевозок является история движения трамваев в Санкт-Петербурге по льду реки Невы с 1895 по 1910 г. Однако, несомненно, самым впечатляющим мероприятием в истории ледовых переправ была и останется ленинградская «Дорога жизни», в ходе эксплуатации которой за два зимних сезона 1941/42 и 1942/43 гг. по 85-километровой дороге, проложенной по льду Ладожского озера, было перевезено более 500 000 т грузов, не считая эвакуируемых из блокадного Ленинграда людей.

Во второй половине XX века с развитием сети гидрометеорологических станций в Арктике и открытием научных станций в Антарктиде морской припайный лед часто использовался для выгрузки судов и доставки грузов на берег [11, 21, 23]. Этот опыт был учтен в 1970—1980-х годах при разработке в Советском Союзе и в Российской Федерации целой серии нормативных документов и инструкций по вы-

грузке судов на припайный лед для морских судов, гидрографических и гидрометеорологических служб, экспедиций, подготовки ледовых дорог общего пользования. Эти документы практически без изменений широко используются и в настоящее время [17, 19, 20].

Для освоения открытых в 1960—1970-х годах на п-ове Ямал газовых месторождений (в том числе гигантского Бованенковского нефтегазоконденсатного месторождения, Харасавэйского газоконденсатного месторождения и др.) потребовалось организовать регулярную доставку строительных грузов и техники на полуостров, не имеющий железных и автомобильных дорог, где речная и прибрежная навигация из ближайшего речного порта Салехард, расположенного на реке Оби, ограничена 70—110 днями безледного сезона.

Существенно увеличить грузопоток на Ямал можно было с использованием морских судов по трассе Северного морского пути. Ледокольное обеспечение позволяло использовать трассу Архангельск/Мурманск — западное побережье п-ова Ямал практически круглогодично. Основным ограничением являлась организация выгрузки судов. В безледный период выгрузка осуществлялась на рейде с использованием барж. Однако из-за частых штормов, постоянного волнового наката у берега процесс выгрузки затягивался. Кроме того, эффективность летней выгрузки сильно снижалась по причине интенсивного замыыва значительной части груза песком в местах складирования в приурезовой зоне, поскольку в летний период отвоз грузов в глубь полуострова значительно затруднен.

В ледовый сезон выгрузка могла производиться на припайный лед, который уже в феврале в стадии однолетнего льда средней толщины достигал изобат 10—20 м. Это позволяло ставить морские суда с осадкой 9—12 м в припай и использовать технику для транспортировки грузов по льду от судна до берега.

Проведение зимне-весенних навигаций с выгрузкой на участке ямальского побережья, расположенного между мысом Харасавэй и отмелью у мыса Бурунный, получивших название «ямальские операции», началось еще в марте — апреле 1976 г. с экспериментального рейса дизель-электрохода «Павел Пономарев» под проводкой атомного ледокола «Ленин». 11 апреля 1976 г. судно «Павел Пономарев» подошло к рекомендованной точке выгрузки и приступило к разгрузке через припай на берег. Впервые в истории освоения Северного морского пути арктическая навигация в юго-западной части Карского моря была открыта в такие ранние сроки. Первый же рейс показал преимущество зимней выгрузки перед летней рейдовой выгрузкой, ускорив обычные нормы рейдовой выгрузки судов более чем в три раза [23].

С конца 1970-х до середины 1990-х годов грузовые операции с выгрузкой на припайный лед в районе мыса Харасавэй носили регулярный характер. На Ямал доставлялись строительные материалы, техника, оборудование, топливо. Обратно вывозились газовый конденсат, металлический лом. В период расцвета ямальских операций за одну зимнюю навигацию перевозилось до 100 тыс. т различных грузов.

Специализированное гидрометеорологическое обеспечение грузовых операций в то время выполняло Амдерминское управление гидрометслужбы с привлечением специалистов Арктического и антарктического научно-исследовательского института (ААНИИ), который к тому времени имел большой опыт ранней выгрузки на припай в различных арктических пунктах (Новая Земля, Земля Франца-Иосифа). Гидрометеорологическое обеспечение ямальских операций включало определение оптимальных сроков их проведения, осуществление постоянных наблюдений за ледовыми условиями по маршруту плавания в юго-западной части Карского моря и за состоянием припая непосредственно в районе мыса Харасавэй, составление долгосрочных и краткосрочных метеорологических и ледовых прогнозов, разработку рекомендаций по выбору мест выгрузки на лед (грузовых площадок) с учетом безопасных глубин и толщины льда, разработку рекомендаций по подготовке ледовых дорог, контроль состояния льда и ледовых дорог в период грузовых работ. Инженерную подготовку ледовых дорог на припаяе и транспортировку грузов по льду обеспечивала Карская нефтегазоразведочная экспедиция, располагавшая большой базой и техническим парком в поселке Харасавэй.

В середине 1990-х годов по экономическим причинам ямальские операции с выгрузкой на припай практически прекратились.

Возобновление зимней навигации на западном побережье Ямала было связано с планами «Газпрома» по скорейшему освоению месторождений полуострова, и в первую очередь Бованенковского. Эта задача вновь потребовала значительного увеличения грузоперевозок, что могло быть быстро достигнуто с возобновлением зимней навигации с выгрузкой на припайный лед. Заказчиками новых ямальских грузовых операций выступили строительные организации — подрядчики Ямальского газопромыслового управления ООО «Газпром добыча Надым». Инициатором зимней морской выгрузки 2007 г. было ЗАО «Трест Ямалстройгаздобыча». На следующий год грузополучателями выступали уже несколько компаний.

Доставка генеральных грузов осуществлялась судами Северного морского пароходства, топлива — танкерами Мурманского морского

пароходства. Ледовую проводку выполняли атомные ледоколы «50 лет Победы», «Вайгач» и «Таймыр». Постановку судов в припай для выгрузки обеспечивали мелкосидящие атомные ледоколы «Вайгач» (2007 г.), «Таймыр» (2009 г.) и дизель-электрический ледокол «Капитан Николаев» (2008 г.).

Специализированное гидрометеорологическое обеспечение зимне-весенних грузовых операций производилось специалистами ААНИИ. Инженерную подготовку ледовых дорог и грузовых площадок осуществляли подразделения береговой механизации компаний-грузополучателей.

В апреле — мае 2007 г. через ледовый припай в районе мыса Харасавэй были разгружены четыре сухогруза и танкер «Варзуга», в апреле — мае 2008 г. — пять сухогрузов и два танкера, в марте — мае 2009 г. — два сухогруза и три танкера. После 2009 г. зимне-весенние выгрузки на мысе Харасавэй прекратились и основной объем грузоперевозок для Бованенковского месторождения был перенесен на открывшуюся в 2010 г. железную дорогу Обская — Бованенково.

Начиная с 2010 г. на полуострове Ямал активизировалась деятельность ОАО «Новатэк» по строительству завода по сжижению природного газа, ориентированного в первую очередь на Южно-Тамбейское газоконденсатное месторождение. В качестве места строительства завода СПГ был выбран вахтовый поселок Сабетта, расположенный в северной части Обской губы. В результате деятельность научно-оперативной группы ААНИИ по обеспечению зимних навигаций была перенесена с западного побережья Ямала на северо-восточное — в Обскую губу. Заказчиком зимне-весенних навигаций выступает дочерняя компания «Новатэка» ОАО «Ямал СПГ» — оператор Южно-Тамбейского месторождения. В апреле 2011 г. на припай в районе Сабетты был разгружен сухогруз «Капитан Данилкин» типа СА-15 Супер Мурманского морского пароходства. Весной 2012 г. «Капитан Данилкин» снова доставил груз в Сабетту, однако грузовая площадка была перенесена на 30 км южнее, в район мыса Поруй, в связи с аномально мягкой зимой и отсутствием в районе Сабетты достаточно толстого льда на безопасных для подхода судна глубинах.

Зимне-весенние разгрузки судов через припай в Сабетте продолжались в 2013—2015 гг. до введения в строй стационарных причальных сооружений.

Переломным в новейшей истории России оказался 2015 г., начиная с которого число грузовых операций на припае в течение одного ледового сезона возросло с одной-двух до трех — семи. Такой прогресс потребовал подготовки большего числа специалистов-гидрологов для

обеспечения работ на льду и совершенствования методов гидрометеорологического обеспечения. Новые практические наработки с учетом многолетнего опыта гидрометобеспечения припайных операций представлены в настоящем пособии.

Пособие рассчитано на специалистов гидрометеорологического направления, а также на менеджеров и руководящих работников компаний, осуществляющих завоз грузов в труднодоступные районы арктического побережья.

В отношении проведения грузовых операций в Антарктиде настоящее пособие актуально для холодного периода антарктической весны, когда ледовые условия в Арктике и Антарктике сходны по температуре воздуха и прочности льда. В теплый весенний период, когда в Антарктике наблюдается весенне-летнее ослабление льда за счет термодинамических процессов и развития в толще льда органических включений (водорослей), рекомендуется использовать специальные руководства Российской антарктической экспедиции (РАЭ).

2. ЗАДАЧИ И МЕСТО СПЕЦИАЛЬНОГО ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ В ОРГАНИЗАЦИИ РАЗГРУЗКИ МОРСКИХ СУДОВ ЧЕРЕЗ ПРИПАЙНЫЙ ЛЕД

Специальное гидрометеорологическое обеспечение (СГМО) является важнейшей составляющей морских припайных операций в силу их сильной зависимости от меняющихся гидрометеорологических условий в районе. В ходе СГМО определяются и корректируются сроки и условия проведения работ, грузовые возможности ледяного покрова, вопросы ледовой безопасности.

Задачи, решаемые в ходе СГМО припайных операций, определены инструкцией ТРТИ 1.02.0, входящей в состав РД 31.41.21—90 [20]:

- определение возможности завоза грузов в выбранные районы в планируемые сроки;
- слежение за условиями формирования и состоянием припая;
- составление прогнозов сроков начала и конца производства грузовых операций, а также обеспечение текущей прогностической информацией в процессе выполнения погрузо-разгрузочных работ (ПРР), включая прогнозы температуры воздуха с особым выделением ее значительных перепадов;
- прогнозы колебания уровня моря, скорости и направления ветра, осадков, видимости и других явлений, оказывающих влияние на выполнение ПРР и плавание судов во льдах;
- авиационное и наземное обследование припая;
- выбор мест разгрузочных площадок, разметка дорог и контроль за их строительством;
- расчет прочностных характеристик ледяного покрова, определение возможного количества груза, единовременно находящегося у борта судна, предельной массы груза на ТС при перевозке по припаю;
- контроль за дорогами и грузовыми площадками в процессе проведения грузовых работ с целью выявления нарушений целостности припайной зоны и принятия мер по исключению аварийных ситуаций, которые могут возникнуть из-за ее разрушения;

– обеспечение руководства операциями всей необходимой гидрометеорологической и ледовой информацией с обязательным формулированием предложений по дальнейшему выполнению ПРР, обустройству дорог и грузовых площадок, плаванию и постановке под грузовые операции транспортных судов и ледоколов.

Пункт 3.17 инструкции ТРТИ 1.02.0 устанавливает обязательность указаний и инструкций научно-оперативной группы СГМО для перевозчика и грузополучателя в части соблюдения техники безопасности при работах на припае (подготовительных, ремонтных, ПРР), прекращения или продолжения операций на припае в связи с возможными возникновениями аварийных ситуаций.

3. ВОЗМОЖНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПРИПАЯ ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ГРУЗОВЫХ И ТРАНСПОРТНЫХ ОПЕРАЦИЙ

Следующие вопросы, связанные с особенностями ледового режима, поднимаются на самой первой стадии планирования грузовых и транспортных операций на припае:

- возможность и условия работ на припае в рассматриваемом районе;
- предельные и оптимальные сроки проведения операции;
- требуемая грузоподъемность льда для перевалки грузов.

В рекомендациях [21] определены предварительные, косвенные и определяющие критерии определения возможности использования припая для осуществления транспортных и грузовых операций (ТГО).

3.1. Предварительные критерии

По предварительным критериям определяется эксплуатационный период использования припая для осуществления грузовых и транспортных операций. Сформулируем эти критерии, основываясь на методических рекомендациях [21], обобщивших практику советского периода, и многолетнем опыте подготовки и проведения ТГО в XXI веке [10, 11]:

1) существование устойчивого припая требуемой грузоподъемности в районе навигационных глубин, позволяющих работать ледоколам и грузовым судам;

2) сроки достижения льдом толщины, достаточной для выгрузки на лед и транспортировки по льду на берег грузов;

3) сроки наступления разрушенности льда, при которой необходимо прекращать грузовые и транспортные работы на припае.

Для работы атомных ледоколов проекта 10521 («50 лет Победы», «Ямал») с осадкой 11 м требуется глубина не менее 15 м; для мелкосидящих атомных ледоколов проекта 10580 («Таймыр», «Вайгач») с осадкой 8,1 м, как и для дизельных ледоколов серии «Капитан Сорокин» и серии «Москва» с осадкой 8,5 м, необходима глубина не менее 10 м. Строящиеся в настоящее время двухосадочные атомные ледоколы проекта 22220 смогут выполнять проводку судов до глубины 10 м.

Максимальная осадка большинства грузовых судов, работающих в Арктике, не превышает 10 м, так что диапазон их рабочей глубины укладывается в ограничения по глубине для ледоколов. Осадка атомного лихтеровоза «Севморпуть» и судов класса СА-15 при полной загрузке составляет более 11 м, что необходимо учитывать при планировании грузовых операций.

Таким образом, на подготовительном этапе должен быть проведен совместный анализ ледовых и навигационно-гидрографических условий района планируемой грузовой операции. Многолетнее положение границы припая должно как минимум достигать, а лучше перекрывать диапазон рабочей глубины ледоколов и грузовых судов. При этом следует учитывать приливные и непериодические колебания уровня моря.

Толщина льда и его характеристики определяют грузоподъемность ледяного покрова. Для однолетнего морского арктического льда минимальная толщина, позволяющая начать подготовительные работы на льду с использованием спецтехники, составляет 70 см; для организации массового потока грузов по припайному льду требуется не менее 80 см. Для определения сроков начала проведения подготовительных мероприятий и непосредственно самой ТГО необходима информация о толщине льда в течение ледового сезона по данным многолетних наблюдений (обычно используются данные наблюдений ближайших береговых гидрометеорологических станций и гидрологических постов). Подробнее вопросы грузоподъемности льда в зависимости от его толщины и свойств с обеспечением необходимого запаса прочности рассмотрены ниже.

Инструкциями РД 31.41.21—90 [20] и методическими рекомендациями [21] предписывается завершать работы на припайном льду, когда его разрушенность достигнет двух баллов (см. приложение 2). Это связано с ослаблением льда под действием весенних процессов радиационного прогрева и повышения температуры воздуха. Кроме того, во многих районах при разрушенности снежно-ледяной поверхности, равной трем баллам, уже происходит взлом припая. Таким образом, при планировании сроков завершения ТГО следует опираться на данные многолетних наблюдений за весенне-летним таянием и разрушением льда. При отсутствии данных по оценке разрушенности рекомендуется ориентироваться на сроки устойчивого перехода температуры воздуха через 0 °С в сторону положительных значений. Практика показывает, что при сохранении положительных значений температуры воздуха в течение трех суток подряд поверхность ледяного покрова покрывается талой водой.

С учетом межгодовой изменчивости сроков ледовых фаз, ширины припая и толщины льда в методических рекомендациях [21] предлагается формула для расчета эксплуатационного периода припая:

$$T_p = T_{cp} + 2 \left[\sum (T_{\phi} - T_{cp})^2 / n(n-1) \right]^{1/2}, \quad (1)$$

где T_p — продолжительность эксплуатационного периода, соответствующего вероятности 0,9; T_{cp} — средняя продолжительность эксплуатационного периода за n лет; T_{ϕ} — фактическая продолжительность эксплуатационного периода.

3.2. Косвенные критерии. Типы припайных льдов

К косвенным критериям относятся типы припайных льдов, определяемые совокупностью физико-географических и гидрометеорологических условий. Основным показателем типизации является изменение степени устойчивости припая, что напрямую связано со степенью риска его преждевременного отрыва и разрушения. Типы припая приведем в том виде, в котором они описаны в [20, 21]. Всего различают пять типов припая.

К первому типу относится припай в закрытых бухтах, губах и проливах, размеры которых по основному направлению действия ветра не превышают 30 миль, со слабо развитой системой течений (например, архипелаг Седова, пролив Малыгина, ряд проливов и бухт архипелага Земля Франца-Иосифа и др.). Припай первого типа преимущественно ровный и формируется в относительно короткий срок; он наиболее устойчив и при прочих равных условиях является наиболее благоприятным для проведения ТГО. В весенне-летний период такой припай разрушается на месте за счет термодинамических процессов и воздействия солнечной радиации. Работы на припае первого типа можно продолжать до разрушенности снежно-ледяной поверхности, равной трем баллам.

Ко второму типу относится припай в заливах, губах и проливах размером более 30 миль, находящийся под влиянием приливо-отливных, стоковых течений, ветровых сгонов и нагонов (большая часть Обской губы, Енисейский залив, пролив Заря и др.). Припай второго типа торосистый (до трех баллов, а на отмелях до пяти баллов). Формирование припая может сопровождаться частичным его отрывом и последующим смерзанием оторванных фрагментов; в течение зимнего сезона возможны подвижки льда. Тем не менее припай этого типа достаточно устойчив, взлом происходит в весенний период при разрушенности, равной трем баллам.

К третьему типу относится припай межостровных акваторий моря, размер которых превышает 30 миль (например, от архипелага Норден-

шельда до пролива Вилькицкого). Формирование припая происходит в результате смерзания дрейфующих льдов, что обуславливает значительную торосистость льда. В случае активных динамических воздействий (ветер, течения) припай может быть взломан в любом из месяцев зимне-весеннего периода в районах кромок и выступающих в море ледяных мысов. В период весеннего-летнего таяния льда взлом припая третьего типа происходит при разрушенности, равной трем баллам.

К четвертому типу относится припай, образующийся вдоль берега при отсутствии островов и полуостровов, которые служили бы фактором закрепления пластины припая и повышения его устойчивости (например, западный берег п-ова Ямал, Чукотское побережье). Припай формируется примерзанием полей дрейфующего льда к коренному припаю, образуемому на мелководье (до глубины 5 м). Припай подвержен динамическим воздействиям ветра и течений. Процесс отрыв — смерзание коренного припая и дрейфующего льда может повторяться многократно, сопровождаясь торошением льда. В районе 10-метровой изобаты часто формируется основной барьер торосов, отделяющий основную, устойчивую часть припая от неустойчивой. Весной взлом основного припая происходит при разрушенности льда, равной трем баллам.

К пятому типу припая относятся льды, образование которых также происходит вдоль открытого берега при отсутствии островов и полуостровов, которые могут служить линией (точкой) закрепления пластины припая, находящейся под значительным влиянием преобладающих направлений ветра и течений (Амдерминское побережье, о-в Колгуев и т.п.). Припай пятого типа формируется в условиях отсутствия развитой прибрежной отмели, что обычно является причиной навала на берег дрейфующих ледяных полей и последующего примерзания к ним дрейфующих льдов. В условиях интенсивной циклонической деятельности припайная зона в течение ледового сезона может так и не сформироваться до навигационных глубин. Взлом припая пятого типа обычно происходит в результате воздействия динамических факторов до достижения им разрушенности, равной двум баллам.

Продолжительность и степень динамичности становления припая оказывают непосредственное влияние на его торосистость. В условиях 5-балльной торосистости практически невозможно выбрать площадку ровного льда для постановки судна под разгрузку. Торосистость усложняет процесс подготовки ледовых дорог; большие торосы заставляют отклонять маршруты транспортировки грузов от прямой, соответствующей кратчайшему расстоянию от судна до береговой линии. На рис. 1 и 2 показана преобладающая торосистость припая по данным работы [5].

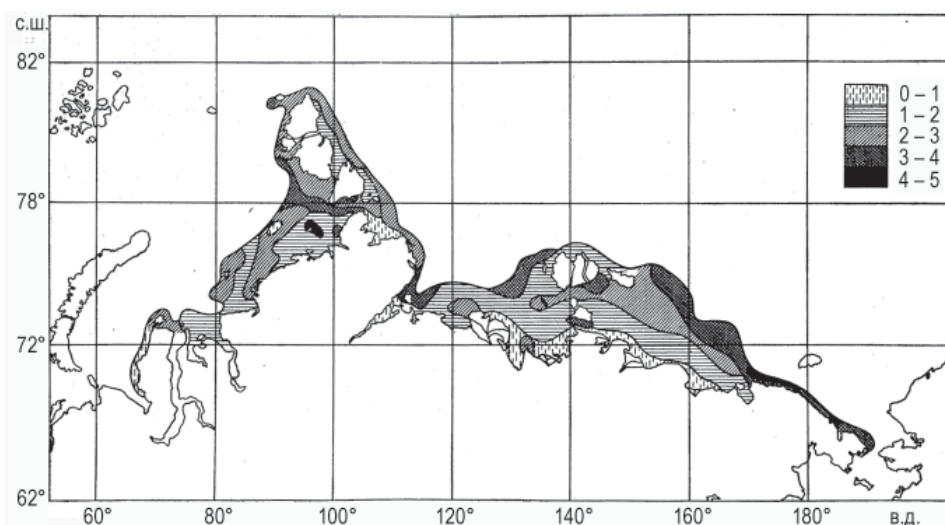


Рис. 1. Преобладающая торосистость припая (баллы) в марте по данным [5].

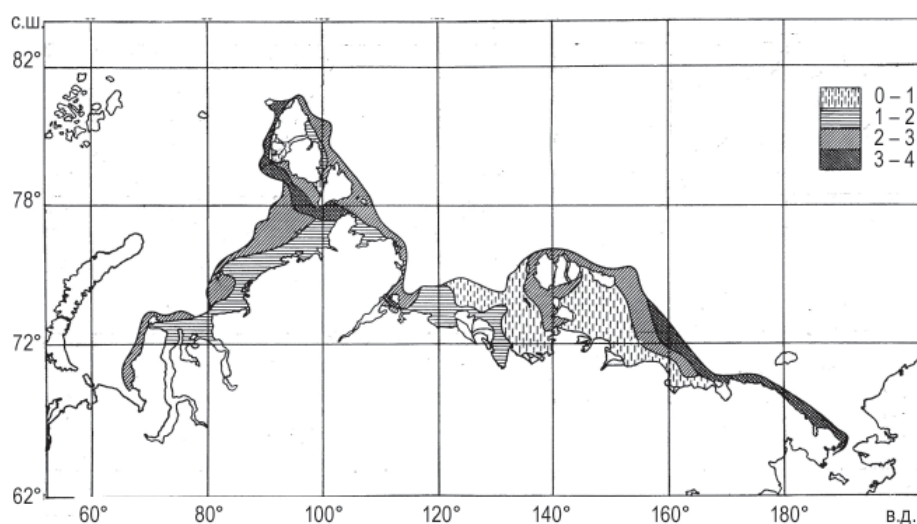


Рис. 2. Преобладающая торосистость припая (баллы) в мае по данным [5].

3.3. Определяющие критерии. Толщина и прочность льда

Возможность выгрузки на лед, устройства дорог на льду, использования припая в качестве ледового причала определяется толщиной и прочностью льда. В наиболее общем виде возможность нагружения льда без его разлома описывается формулой

$$P = Ah^2, \quad (2)$$

где P — грузоподъемность льда; h — толщина льда; A — коэффициент, определяемый свойствами льда и условиями его нагружения.

Толщина льда зависит от разницы потоков тепла на верхней и нижней границах ледяного покрова и времени, в течение которого отток тепла в атмосферу превышает приток тепла от подледной воды. На практике толщина льда на заданный момент времени для каждого конкретного района может быть оценена:

- решением уравнения теплового баланса на границе лед — вода при заданных внешних параметрах;

- эмпирическими выражениями по сумме градусо-дней мороза;
- по статистике многолетних рядов данных наблюдений за толщиной льда на ближайших береговых гидрометеорологических станциях.

Уравнение теплового баланса на границе раздела лед — вода с учетом всех факторов, определяющих потоки тепла, решается численными методами, требует отлаженной и верифицированной математической модели и редко используется для быстрой оперативной оценки нарастания льда. При использовании некоторых упрощений решение уравнения теплового баланса может быть представлено в виде [6]

$$h^2(t) = h_0^2 + 2 \int_0^t \left(\lambda \frac{\Theta - T_0}{L_p} - \frac{F_w}{L_p} \right) dt, \quad (3)$$

где h_0 — начальная толщина льда; $h(t)$ — толщина льда на некоторый момент времени t ; T_0 — температура на верхней границе льда; Θ — температура на нижней границе льда (температура замерзания воды); λ — коэффициент теплопроводности льда; L — эффективная теплота плавления льда; ρ — плотность льда; F_w — поток тепла к нижней границе льда от воды.

Поток тепла от воды оказывает существенное влияние на ограничение толщины льда в районах с приглубым берегом (например, во многих проливах и бухтах архипелага Земля Франца-Иосифа, в заливах антарктического побережья). На глубинах 10—15 м, ограничивающих распространение припая во многих районах арктического побережья, притоком тепла от подледной воды можно пренебречь. Также можно принять упрощение постоянства теплофизических характеристик льда. В этом случае уравнение (2) упрощается:

$$h(t) = h_0 \left(1 + 2\lambda / h_0^2 L_p \int_0^t (\Theta - T_0) dt \right)^{1/2}. \quad (4)$$

Интеграл в уравнении (3), называемый «суммой градусо-дней мороза», приближенно равен сумме значений разности температуры на верхней и нижней границах льда:

$$\int_0^t (\theta - T_0) dt \approx \sum (\theta - T_0) \Delta t, \quad (5)$$

где Δt — постоянный интервал времени изменения θ и T_0 .

При отсутствии снега на льду температуру поверхности льда можно принять равной температуре воздуха $T_0 \approx T_a$. Величина θ изменяется в сравнительно небольшом диапазоне значений: от 0 °С (пресная вода) до –1,8 °С (морская вода). В этом случае можно записать

$$\sum (\theta - T_0) \approx \sum T_a. \quad (6)$$

Теплофизические характеристики льда, входящие в уравнения (2) и (3), зависят от его фазового состава и температуры. Для пресного льда можно принять $\lambda = 2,2$ Вт/(м·К), $\rho = 900$ кг/м³, $L = 334\,000$ Дж/кг.

Для морского льда указанные параметры находятся в следующих пределах: $\lambda = 1,4 \dots 2,6$ Вт/(м·К); $\rho = 800 \dots 970$ кг/м³; $L = 240 \dots 390$ кДж/кг. Для точного расчета теплофизических характеристик морского льда предварительно определяется количественное соотношение его фазовых составляющих при заданных температуре, солёности, пористости [14, 15]. Однако с учетом большого числа упрощений, принятых в формулах (2) и (3), точные расчеты теплофизических характеристик льда для оперативного экспресс-расчета увеличения его толщины вряд ли целесообразны. Можно рекомендовать использовать для соленого льда коэффициенты для пресного льда, но при этом учитывать, что в случае высокой солёности льда (порядка 10 ‰) ошибка расчетной толщины льда может достигать 20 % в сторону более низких значений толщины [6].

Снежный покров является фактором, существенно снижающим нарастание льда. При наличии снега температуру поверхности льда уже нельзя отождествлять с температурой воздуха. Если принять вертикальные профили температуры в снегу и во льду линейными, T_0 рассчитывается следующим образом [14]:

$$T_0 = \frac{T_s + \lambda h_s \theta / \lambda_s h}{1 + \lambda h_s / \lambda_s h} \approx \frac{T_a}{1 + \lambda h_s / \lambda_s h}, \quad (7)$$

где T_s — температура поверхности снежного покрова, λ_s — теплопроводность снега, h_s — высота снежного покрова.

При плотности снега 200—300 кг/м³ его теплопроводность находится в пределах 0,1—0,3 Вт/(м·К). В приближенных расчетах можно принять $\lambda \lambda_s = 0,1$.

Для упрощенного расчета нарастания льда по сумме градусо-дней мороза используют эмпирические зависимости вида

$$h = a \left(\sum T_a \right)^n. \quad (8)$$

В этом случае теплофизические характеристики и снежный покров определяются эмпирическим коэффициентом a , который рассчитывается по многолетним (не менее 10 лет) данным наблюдениям за нарастанием льда в конкретном пункте наблюдений [22]. Существуют обобщенные эмпирические формулы, рекомендуемые для различных полярных районов. Наиболее известной из них является формула Н.Н. Зубова [8]:

$$h^2 + 50h = 8 \sum T_a \Delta t. \quad (9)$$

Вернемся к уравнению (2) для определения параметра A , связанного со свойствами льда и условиями его нагружения. Запись соотношения между нагрузкой на лед и толщиной льда в виде (2) распространена в зарубежной литературе, посвященной вопросам прокладки ледовых дорог. В канадском руководстве по безопасности ледовых сооружений [25] для дорог на пресном речном или озерном льду коэффициент A нормируется следующим образом:

- на этапе разведки и планирования дорог $A = 40$;
- на этапе строительства (расчистки от снега и торосов) $A = 40 \dots 50$;
- на этапе эксплуатации $A = 40 \dots 60$.

Значения $A = 40$ соответствуют использованию ледовых дорог в общем порядке с обычным уровнем контроля ледовых условий. Повышение значений A до 50—60 должно сопровождаться более строгой процедурой ледового контроля.

В отечественной практике, хотя и можно встретить уравнение зависимости допустимой нагрузки на лед от его толщины в записи (2) [1, 18], в практических руководствах, тем не менее, рекомендуются формулы с более развернутым представлением взаимосвязи P и h .

Самым распространенным способом определения грузоподъемности льда является эмпирическая формула Казанского — Шульмана [9]:

$$P = (B / N) h^2 K S, \quad (10)$$

где использованы следующие обозначения: P — допускаемая нагрузка на лед (т); B — коэффициент, равный 100 для колесных грузов, 125 для гусеничных грузов массой до 18 т, 115 — для гусеничных грузов массой больше 18 т; h — наименьшая толщина льда (м); K — температурный коэффициент, равный $K = (100 + T)/100$, где T — средняя температура воздуха за прошедшие трое суток, взятая со знаком плюс (при продолжительной положительной температуре воздуха $K = 1 - 0,05n$ (здесь n — число суток с момента появления воды на льду); S — коэффициент учета солёности:

для пресного льда $S = 1$, для устьевых участков северных рек $S = 0,7$, для морского льда $S = 0,5$; N — коэффициент запаса прочности и учета трещин.

Если сопоставить формулы (2) и (10) для пресного льда в условиях кратковременной оттепели (в формуле (10) $S = K = 1$), получим, что значение $A = 40$ в формуле (2) соответствует запасу прочности $N = 2,5$ в формуле (10); $A = 50$ соответствует $N = 2,0$; $A = 60$ соответствует $N = 1,67$. Это достаточно близко к уровню запаса прочности, принятому в отечественной практике (табл. 1).

Таблица 1

Значения коэффициента запаса прочности и учета трещин при организации движения по ледяному покрову (ЛП) [18]

Организация движения по ЛП	Ненарушенный ЛП постоянной толщины (однородный ровный лед)	ЛП неравномерной толщины (сморозь льда разного возраста, торосистые участки)	ЛП с сухими трещинами	ЛП, имеющий сквозные трещины
Единовременный или периодически действующий проезд автотранспорта на пределе прочности	1,00	1,20	1,25	1,60
Периодический проезд автотранспорта по ледовой дороге без верхнего строения	1,20	1,50	1,75	2,00
Постоянное движение автотранспорта по ледовой дороге без верхнего строения	1,50	1,50	1,75	—
Постоянное движение автотранспорта по ледовой дороге с верхним строением	1,30	1,30	1,50	—

Достоинством формулы Казанского — Шульмана является ее удобство в практическом использовании и хорошая надежность, благодаря чему она получила широкое распространение, в том числе в нормативной литературе. В связи с этим следует ее рекомендовать в качестве основной при расчетах грузоподъемности как пресноводного, так и морского ледяного покрова.

При использовании ледяного покрова для грузовых и транспортных операций учитываются следующие свойства льда: плавучесть, предел прочности (временное сопротивление) на срез (сдвиг, скалывание, продавливание), предел прочности при изгибе [21]. В общем виде поведение

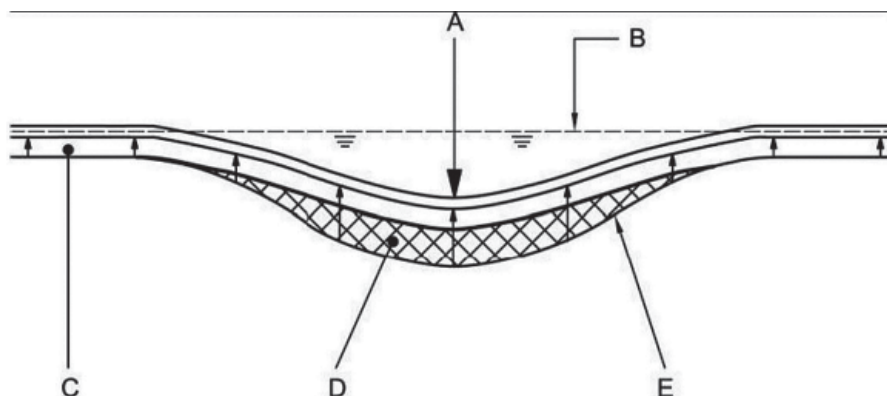


Рис. 3. Давление на ледяной покров, возникающее при его нагружении сверху (ISO 19906, приложение А).

льда как тонкой пластины на упругом основании под нагрузкой, приложенной к его поверхности, показано на рис. 3. Под действием приложенной нагрузки (А) лед прогибается по некоторой кривой, его поверхность смещается относительно уровня воды (В) и естественной ватерлинии ледяного покрова, определенной давлением поддержки пластины (С). Под чашей прогиба возникает дополнительная сила плавучести, увеличивающая давление воды на нижнюю поверхность ледяной пластины (D). Интеграл от увеличенного давления воды по площади изогнутой формы уравнивает величину приложенной нагрузки. При этом отклонение поверхности изогнутой льдины от ее поверхности в естественном состоянии (стрелка прогиба) определяется суммарным давлением (Е).

Приведенная схема работает при сохранении целостности ледяной пластины. С появлением сквозной трещины вода свободно выходит на поверхность ледяной пластины, дополнительное поддерживающее давление воды не образуется.

Участок ледяного покрова, не имеющий связи с окружающим льдом (полностью оконтуренный сквозными трещинами), представляет собой по сути отдельную льдину. Грузоподъемность такой льдины не может превышать значения ее плавучести. Коэффициент плавучести p_0 (масса груза, которая заставит тонуть 1 м³ льда) равен разности плотности воды и льда:

$$P_0 = \rho_w - \rho_i. \quad (11)$$

При значениях плотности воды 1000—1028 кг/м³ и плотности льда 800—920 кг/м³ p_0 находится в пределах 80—228 кг. Плавучесть P_0 льдины толщиной h и площадью S описывается формулой

$$P_0 = p_0 hS. \quad (12)$$

Сопротивление льда на срез (продавливание) зависит от температуры льда и продолжительности нагрузки. Пролом льда возникает при превышении нагрузкой значения, определяемого по формуле

$$P_{shear} = \sigma_{shear} \cdot h^2, \quad (13)$$

где σ_{shear} — предел прочности льда при сдвиге (срезе).

Значения предела прочности льда при сдвиге в диапазоне значений температуры льда $-2...-24$ °С и солёности $0—14$ ‰, а также методика расчета предела прочности в зависимости от условий нагружения и структуры льда представлены в работах [4, 13]. Руководствуясь этими данными, можно определить, что пролом пресного льда толщиной 1 м при температуре льда -2 °С произойдет при превышении нагрузкой на площади 1 м^2 значения 47 т. С понижением температуры сопротивление льда сдвигу увеличивается. Если принять глубину продавливаемого льда при температуре 0 °С за 100 %, то при -5 °С она уменьшится до 17 %, а при -30 °С составит всего 3 % [7, 21]. С повышением солёности льда от 0 до 10 ‰ значение σ_{shear} уменьшается примерно на 10 % через каждые 2 ‰ [4].

Потеря льдом несущей способности в результате пролома (среза) наиболее опасна в тёплый весенний период. Исследование пределов прочности при температуре льда, близкой к точке плавления, затруднено, особенно для солёного льда. Поэтому расчетные методики определения этой характеристики неэффективны в диапазоне температуры $-2...0$ °С. Приблизительные оценки величины предела прочности показывают, что в начале таяния он снижается до уровня 0,65 от своего значения при температуре -2 °С, а при развитии таяния, когда во льду формируются сквозные промоины, до 0,3 от этого значения [4, 12].

Для исключения продавливания льда (увеличения сопротивления на сдвиг (срез)) следует увеличивать площадь опоры груза.

В результате прогиба ненарушенного льда под нагрузкой (см. рис. 3) на границах чаши прогиба возникают напряжения на разрыв в верхних слоях ледяного покрова и на сжатие в нижних. В центре чаши прогиба наблюдается противоположная картина: сжатие испытывают верхние слои льда, разрыв — нижние. Лед является материалом, у которого прочность при сжатии значительно превышает прочность при растяжении (по данным В.В. Лаврова в девять раз, т.е. почти на порядок [12]). В зимних условиях, при низкой температуре верхних слоев ледяного покрова, наиболее слабыми являются теплые нижние слои, поэтому образование сквозных трещин наиболее вероятно в центре нагружения снизу вверх. Такие трещины нередко наблюдаются на поверхности ледяного покрова

при частом нагружении одного и того же участка льда (при расчистке от снега или при постоянном подходе транспорта к борту судна под загрузку). На дневной поверхности ледяного покрова эти трещины поджаты «в нить» сжимающими напряжениями в верхнем слое льда, вдоль трещины проявляются мокрые пятна от воды, просачивающейся через поджатую трещину. В период весеннего прогрева льда, когда температура льда во всей его толще примерно одинакова и близка к температуре таяния, образование сквозных трещин равновероятно как в центре, так и по границе чаши прогиба.

На практике для определения грузоподъемности льда при изгибающем действии нагрузки вместо характеристик сжатия — растяжения используют упругие и прочностные характеристики льда при изгибе: модуль упругости E и предел прочности при изгибе σ_f .

Хорошо известна методика определения грузоподъемности льда И.С. Песчанского [18], основанная на положениях теории упругости. Теория упругости дает точное теоретическое решение задачи об упругой деформации ледяного покрова как упругой тонкой плиты бесконечных размеров, покоящейся на упругом основании для двух основных схем статических нагрузок: равномерно распределенной нагрузки по площади круга некоторого радиуса (*центральный изгиб*) и по бесконечно длинной полосе (*цилиндрический изгиб*). Расчет грузоподъемности льда сводится к одной из двух схем в зависимости от соотношения длины a и ширины b опоры груза.

Для определения условий изгиба (центральный или цилиндрический) рассчитывается вспомогательная величина A :

$$A = 2,35 \cdot b^{1/2} + 1,18 \cdot (h^{3/4} \cdot b^{-1/2}) \dots \quad (14)$$

Если $a < A$, дальнейший расчет ведется по формулам для центрального изгиба, в противном случае — для цилиндрического.

Для случая центрального изгиба предварительно определяется радиус распределения нагрузки:

$$r_0 = (ab)^{1/2} / 2 \dots \quad (15)$$

Затем рассчитывается допустимая нагрузка:

$$P = \frac{\pi r_0^2 \sigma_f h^2}{3(1+n)l^2 C_2}, \quad (16)$$

где σ_f — предел прочности льда при изгибе (т/м²); $n = 0,33$ — коэффициент Пуассона; $l = (Eh^3 / 12(1-n^2))^{1/4}$; $C_2 = 0,4 r_0 / l - 0,0353$; E — модуль упругости льда (т/м²).

Для случая цилиндрического изгиба предварительно рассчитываются вспомогательные аргументы a_1 и β : $a_1 = 1,73 \cdot E^{1/2}$; $\beta = d/(2 \cdot ((Eh^3)/3)^{1/4})$, где d — ширина нагруженной полосы ($d = b$).

Предельная нагрузка g_1 (т/м), приходящаяся на единицу длины нагруженной полосы льда шириной d , рассчитывается следующим образом:

$$g_1 = \frac{d \sigma_f h^{1/2}}{a_1 \sin \beta \cdot (ch\beta - sh\beta)}. \quad (17)$$

Полный вес P (т) допустимого груза на длину a описывается выражением

$$P = a g_1. \quad (18)$$

Для расчета грузоподъемности льда по методике Песчанского необходимо знать текущие значения E и значение σ_f , которые зависят в первую очередь от температуры и солености льда, а также еще от целого набора характеристик (строения льда, его пористости, скорости и условий приложения нагрузки). Определение E и σ_f в натуральных условиях требует проведения специальных экспериментов. В качестве альтернативы существуют расчетные способы определения этих характеристик (см. приложение 1).

4. ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ НА ЭТАПЕ ПОДГОТОВКИ И ПЛАНИРОВАНИЯ ГРУЗОВЫХ И ТРАНСПОРТНЫХ ОПЕРАЦИЙ

Подготовительным этапом считается комплекс работ, осуществляемый до мобилизации в район планируемой операции научно-полевой группы гидрометеорологического обеспечения. На этом этапе осуществляется дистанционный мониторинг метеорологических и ледовых условий по данным спутниковой информации, наблюдений на ближайших береговых гидрометеорологических станциях, сведениям, поступающим от находящихся в пункте выгрузки сотрудников береговых служб и организаций.

На подготовительном этапе определяются:

- расстояние от берега до места, где глубина позволяет работать ледоколу и грузовым судам (по навигационным картам);
- многолетние сроки перехода температуры воздуха через 0 °С, сроки основных ледовых явлений (начала ледообразования, становления припая, нарастания льда, максимальной годовой толщины льда, начала таяния льда и взлома припая);
- фактические сроки начала ледообразования и становления припая.

После того как припай установился до рабочих навигационных глубин, рекомендуется выполнить спутниковую съемку района с высоким разрешением. Наиболее информативными в данном случае являются снимки радиолокационного диапазона, поскольку они не зависят от освещенности и облачности, показывают участки торосистого льда, гряды.

Совмещение спутникового снимка высокого разрешения с навигационной картой позволяет заранее спланировать оптимальный маршрут ледовой разведки для поиска участков припая, подходящих для обустройства грузовых ледовых площадок и выбора маршрутов будущих ледовых дорог (рис. 4).

На подготовительном этапе готовится фоновый долгосрочный метеорологический и ледовый прогноз на весь период планируемой грузовой операции.

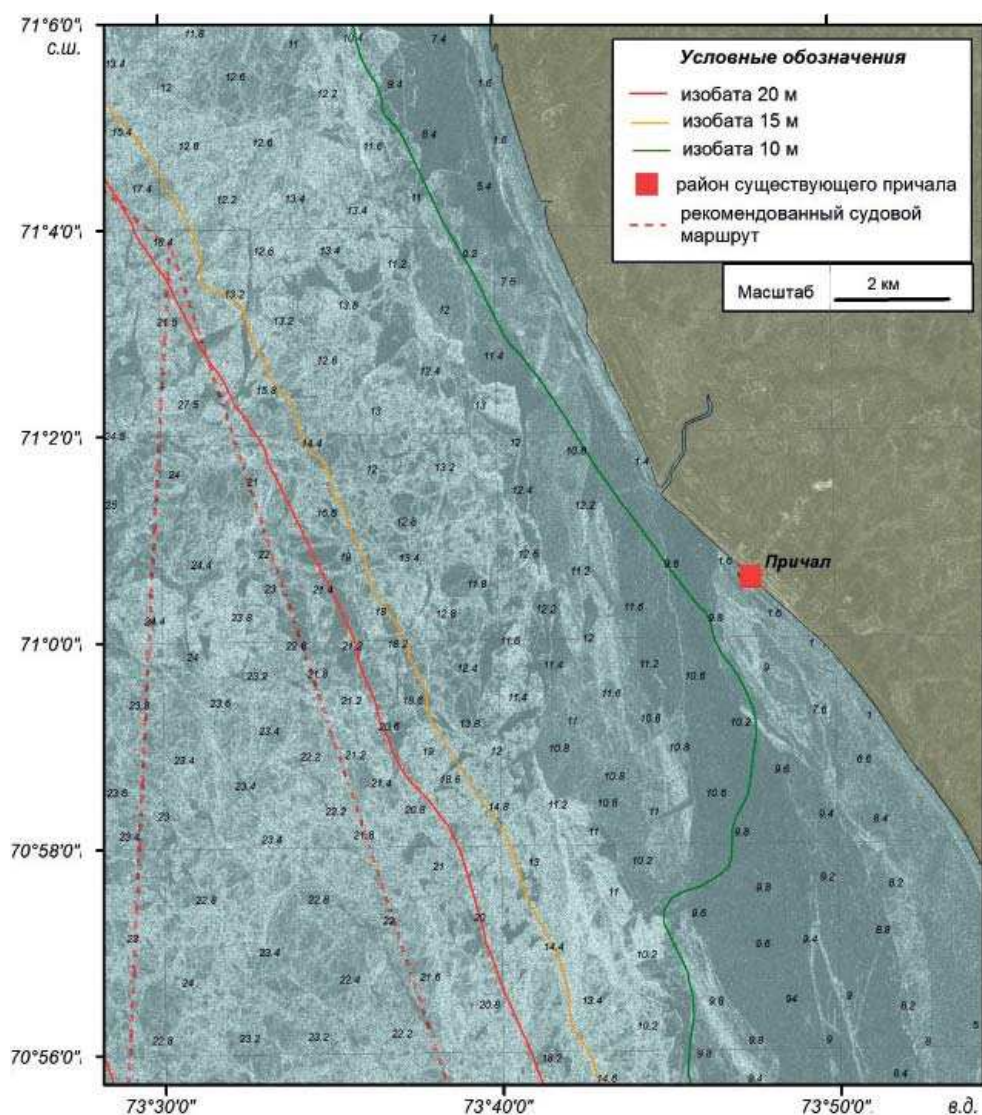


Рис. 4. Совмещение спутникового снимка (RADARSAT-2, режим «fine») с навигационной информацией.

Результаты мониторинга оформляются в виде официального заключения и передаются заказчику работ. Рекомендуемая заблаговременность подготовки заключения и фонового долгосрочного прогноза составляет 3—4 месяца до начала грузовых операций.

5. НАУЧНО-ОПЕРАТИВНАЯ ГРУППА ГИДРО-МЕТОБЕСПЕЧЕНИЯ В РАЙОНЕ ПРОВЕДЕНИЯ ГРУЗОВЫХ И ТРАНСПОРТНЫХ ОПЕРАЦИЙ

5.1. Задачи, состав и техническое оснащение научно-оперативной группы

Научно-оперативная группа гидрометеорологического обеспечения осуществляет свою деятельность непосредственно в районе планируемой грузовой операции. Группа должна обеспечивать необходимой гидрометеорологической информацией всех участников операции (грузополучателей, береговую механизацию, ледоколы и грузовые суда). По сути научно-оперативная группа, взаимодействуя на месте с представителями всех сторон, участвующих в операции, является связующим звеном, координирующим действия между ними.

В общем виде состав задач, решаемых научно-оперативной группой гидрометеорологического обеспечения, выглядит следующим образом:

- метеорологические, гидрологические и ледовые наблюдения, взаимодействие с центром гидрометеорологических прогнозов;
- выбор грузовых ледовых площадок для постановки судов под разгрузку;
- разведка и выбор маршрутов ледовых дорог от грузовых площадок к берегу;
- определение грузоподъемности ледяного покрова (включая сопутствующие характеристики: время безопасной стоянки на льду, минимальную дистанцию и максимальную скорость движения по льду);
- рекомендации по подготовке и обустройству ледовых площадок и дорог, организации движения;
- мониторинг ледовой обстановки, контроль ледовой безопасности при проведении ледотехнических работ, грузовых и транспортных операций;
- взаимодействие с ледоколом и судами при постановке, разгрузке и выводе грузовых судов.

В состав научно-оперативной группы должны входить специалисты-гидрологи с навыками выполнения ледовой разведки, ледовых наблю-

дений, использования гидрометеорологического и геодезического оборудования, средств связи, имеющие представление о специфике ледового плавания в припайных льдах. При отсутствии у гидрологов прав и навыков вождения вездеходной техники в состав группы должны входить механики-водители. В зависимости от условий берегового базирования может потребоваться дополнительный инженерно-технический персонал для жизнеобеспечения. Численность сотрудников должна быть такой, чтобы они могли обеспечить круглосуточную работу на всех объектах ледовой инфраструктуры.

В распоряжении научно-оперативной группы гидрометеорологического обеспечения должна иметься следующие приборы и оборудование:

- приборы для измерения атмосферного давления, температуры воздуха, скорости и направления ветра;
- GPS/ГЛОНАСС-приемник;
- оборудование для бурения льда (ручные буры, бензиновые мото-буры, аккумуляторные буры и т.д.);
- оборудование для отбора ледяных кернов (кольцевой бур или керноотборник);
- оборудование для измерения толщины льда (ледомерная рейка, ледомерная рулетка, ледомер);
- приборы для измерения физических свойств льда (температуры, солености, плотности);
- бинокль;
- оборудование для измерения глубины (ручной лот, эхолот);
- инструменты для работ на льду (лопата, пешня, топор и т.д.);
- средства связи (спутниковая или сотовая связь, УКВ-связь);
- вездеходные средства передвижения (колесные или гусеничные вездеходы, снегоходы);
- приборы для точного измерения прогибов льда (нивелир, тахеометр и т.п.);
- материалы для разметки ледовых площадок и дорог, ограждения опасных участков.

Дополнительно рекомендуется оснащать группу легким беспилотным летательным аппаратом (БПЛА) с камерой, адаптированным к зимним условиям. Воздушная съемка с БПЛА существенно повышает эффективность работы группы в части выполнения ледовой разведки.

К дополнительному рекомендуемому оснащению научно-оперативной группы следует добавить автоматическую метеостанцию (АМС), оборудование для определения кристаллической структуры льда, прочности льда при изгибе, измерения деформаций ледяного покрова, мареограф.

Группа должна располагать климатической одеждой для многочасовой работы на льду в условиях мороза и ветра, спасательными средствами, применяемыми при работах на льду (веревки, шесты, багры), а также на границе льда и открытой воды (спасательные жилеты или костюмы с положительной плавучестью). Следует предусматривать возможность организации пунктов обогрева на льду.

При работах в районах обитания белых медведей сотрудники научно-оперативной группы должны иметь средства, позволяющие отогнать зверя или безопасно укрыться от него.

Группа должны располагать минимально необходимым количеством пиломатериалов (брус, толстые доски) и инструментом для быстрого обустройства переходов, переездов через сквозные трещины, ремонта и восстановления поврежденных участков льда.

Базирование научно-оперативной группы должно давать возможность быстрого выезда на лед в случае оперативной необходимости.

5.2. Определение состава припайной инфраструктуры, выбор грузовых ледовых площадок и маршрутов транспортировки грузов по льду

При планировании ледовой инфраструктуры отправными точками являются наличие удобных съездов с берега на лед в районе береговых площадок временного хранения грузов (ПВХ) грузополучателя и наличие относительно ровного льда в районе рабочих навигационных глубин для обустройства ледовых грузовых площадок для постановки судов под разгрузку. Выбранные ледовые площадки и съезды с берега на лед соединяются ледовыми дорогами, прокладываемыми, насколько возможно, по кратчайшему расстоянию между ними с учетом пространственного распределения толщины льда, торосистости льда, наличия стамух, трещин. В соответствии с РД 31.41.21—90 [20] (инструкция ТРТИ 1.03.0, п. 1.12) транспортировку грузов по целине (без предварительной подготовки ледовых площадок и дорог) допускается осуществлять на припае I и II типов при общей массе грузов до 100 т. Во всех других случаях предварительная подготовка площадок и дорог необходима.

Выезды на лед выбираются на пологих участках берега с небольшим уклоном. Продольный уклон не должен превышать 10° для колесных машин и 20—30° для гусеничных. При больших уклонах потребуются сооружать искусственный съезд, укатывая и проливая водой снег. Дополнительно может потребоваться обустройство верхнего строения для увеличения несущей способности снежного въезда. Выезды из уплотненного и подмороженного снега иногда приходится



Рис. 5. Примеры обустройства верхнего строения поверх уплотненных снежных выездов с берега на лед.

Слева — сглаживание берегового уклона с верхним строением из стальных плит (Антарктида, станция Jang Bogo); справа — подсыпка снегом выезда на лед, залитого водой при сильном штормовом нагоне, с верхним строением из деревянных щитов (Обская губа).

обустраивать и на пологом берегу с небольшими уклонами в случае выхода через приливную трещину большого количества воды. Незамерзшая или частично замерзшая вода на поверхности ледовых дорог затрудняет движение, приводит к обмерзанию элементов ходовой части машины. Примеры снежных выездов на берег с верхним строением приведены на рис. 5.

Грузовые ледовые площадки устраиваются на ровных участках льда. Площадки должны располагаться в зоне устойчивого припая; в условиях открытого рейда они должны находиться с внутренней стороны застамушенных гряд или барьеров торосов.

В ходе выбора площадок следует определиться с курсом прокладки канала к площадке, от которого будет зависеть положение на ней судна. Канал должен проходить по наименее толстому и наименее востороненному льду, быть по преимуществу прямолинейным (на последнем участке подхода к площадке длиной не менее 0,5 мили — строго прямолинейным, если не планируется специальный подворот канала с целью прижать судно к одной из его кромок при разгрузке в широком канале через один борт).

Канал к площадке должен располагаться перпендикулярно береговой линии или под небольшим углом к ней для предотвращения его сжатия под напором дрейфующего льда на границу припая при сильных нажимных ветрах. В бухтах, закрытых от воздействия на припай полей дрейфующего льда, выполнение требования перпендикулярности ледового канала к береговой линии не обязательно.

Длина грузовой площадки должна обеспечить возможность последовательной разгрузки всех судов, планируемых на эту площадку,

с учетом того что каждое следующее судно рекомендуется продвигать на $\frac{3}{4}$ длины корпуса вперед относительно места стоянки предыдущего судна из-за возможных повреждений льда, возникающих при интенсивной разгрузке или при выводе разгруженного судна ледоколом. Ширина грузовой площадки должна обеспечивать достаточное место для маневров автотранспорта при подъезде к борту под загрузку и при отъезде от борта. При планировании одновременной разгрузки судна с двух бортов ширина площадки должна учитывать ширину корпуса судна плюс 60—70 м свободного пространства со стороны каждого борта.

При планировании одновременной разгрузки судов на двух площадках расстояние между ними должно быть не менее двух-трех миль. Если планируется одновременно использовать три площадки, расстояние следует увеличить до четырех миль. При отсутствии застамушенных гряд торосов в условиях открытого рейда это расстояние следует увеличить еще в 1,5 раза. В закрытых заливах и проливах (Обская губа, архипелаг Седова, проливы архипелага Земля Франца-Иосифа) допускается располагать площадки на расстоянии 0,5—1,0 мили.

При планировании грузовых ледовых площадок гидролог (начальник научно-оперативной группы) должен отчетливо понимать, какое число судов планируется принять на каждой площадке, иметь представление об их размерах, очередности и способе постановки на площадку, особенностях расположения судовых грузовых устройств. Способы и приемы постановки грузовых судов в припай рассмотрены ниже.

Маршруты ледовых дорог следует прокладывать по кратчайшему расстоянию от грузовой площадки к выезду на берег, насколько это позволяет ледовая обстановка. По возможности дороги прокладываются по наиболее ровному льду с обходом участков пониженной толщины льда, трещин, больших торосов. При выборе обходов сложных участков следует учитывать, что любой поворот дороги сильнее заносится снегом при поземке и метелях по сравнению с прямолинейными участками. Поэтому обход участка льда оправдан только в случае, если он действительно создает затруднение или представляет опасность для имеющейся в распоряжении спецтехники.

При трассировке дорог необходимо учитывать расположение стамух и айсбергов на припае. Стамухи, с одной стороны, повышают устойчивость припая, но, с другой стороны, представляют определенную опасность как генераторы приливных трещин. При этом в зависимости от особенностей рельефа дна, размеров и формы стамух и айсбергов, сидящих на грунте, трещины образуются не только по контуру ледяных образований — могут возникать и радиальные трещины, расходящиеся лучами на достаточно большое расстояние.



Рис. 6. Примеры ледовых дорог на припае.

Слева — одна широкая дорога; справа — система из трех узких дорог с техническими проездами между ними.

При планировании дорожной инфраструктуры расстояние между полосами встречного движения должно составлять не менее 100 м. Выбор обустройства одной широкой дороги с разнесенным встречным движением или нескольких узких дорог с достаточным расстоянием между ними определяется длиной дорог, торосистостью льда и возможностями береговой механизации. Широкая дорога более устойчива к снежным заносам, обеспечивает более интенсивное нарастание льда после его расчистки от снега, но требует больше времени и техники для первичной расчистки. Узкие дороги нуждаются в постоянной расчистке или укатке свежевыпавшего или нанесенного снега, но требуют меньших ресурсов для их прокладки по торосистому и заснеженному припаю (рис. 6).

Дороги и площадки для работы колесного транспорта должны полностью расчищаться от снега и торосов до поверхности льда. После первичной расчистки тонкий слой снега может уплотняться буксируемой гладилкой для создания эластичного защитного покрытия толщиной 10—15 см и повышения отражающей способности (альбедо) ледяной поверхности. Для работы гусеничной техники полной расчистки поверхности льда не требуется, но следует учитывать, что при большой высоте снежного покрова в торосах гусеничная техника, буксирующая сани или пену с грузом, может застревать, особенно при наличии на поверхности льда под снегом слоя воды.

При одновременном использовании колесной и гусеничной техники рекомендуется прокладывать для нее отдельные дороги с различной подготовкой снежно-ледяной поверхности.

При продолжительной интенсивной грузовой операции рекомендуется использовать дублирующие дороги для того, чтобы дать возможность льду «отдохнуть»: сутки используется основная дорога, следующие сутки — дорога-дублер. «Отдых» льда позволяет восстановить образовавшиеся прогибы на дорогах [18], смерзнуться небольшим трещинам техногенного происхождения. Особенно это актуально для дорог, по которым движется груженная техника (как правило, от судна к берегу).

Между расчищенными дорогами для колесного транспорта следует обустроить аварийно-технические проезды для спецтехники, выполняющей обслуживание ледовых дорог.

В РД 31.41.21—90 [20] (инструкция ТРТИ 1.03.0) при небольших объемах перевозок допускается обустройство одной ледовой дороги для порожнего и груженого транспорта по ровному устойчивому припаю с толщиной льда более 1 м при стабильно отрицательной температуре воздуха. Ширина такой дороги должна быть не менее чем на четыре колеи активно работающего транспорта.

При упрощенной схеме ледовой инфраструктуры (одна грузовая площадка с одной-двумя ледовыми дорогами) следует предусматривать запасные варианты (площадки и маршруты дорог), на которые может быть перенесена операция при негативных критических изменениях ледовой обстановки.

Выбранные научно-оперативной группой грузовые ледовые площадки следует согласовывать с оператором ледокольного обеспечения (например, со Штабом морских операций ФГУП «Атомфлот»). Вся ледовая инфраструктура, планируемая организация движения, способы инженерно-технической подготовки ледовых дорог и грузовых площадок согласуются с грузополучателем и ответственным представителем береговой механизации, привлекаемой к работам на льду.

5.3. Регламент наблюдений за гидрометеорологическими характеристиками, мониторинг состояния ледяного покрова

В процессе деятельности научно-оперативной группы осуществляются обязательные и дополнительные наблюдения за различными гидрометеорологическими характеристиками. Обязательные наблюдения выполняются для обеспечения всех видов работ на льду. Эти наблюдения прямо или косвенно прописаны в РД 31.41.21—90 [20] и других документах по проведению работ на ледяном покрове водоемов. К ним относятся следующие виды наблюдений:

- рекогносцировка местности;
- картирование ледовой обстановки;

- измерения температуры воздуха;
- измерения скорости и направления ветра;
- измерения толщины льда и попутных параметров (высоты снежного покрова, уровня воды в лунке, глубины моря) по маршрутам ледовых дорог и на грузовых ледовых площадках;
- определение строения льда (выделение текстурно однородных слоев);
- измерение солёности льда и подледной воды.

Рекогносцировка местности предваряет все виды наблюдений. В ходе рекогносцировки на месте определяются координаты положения базового лагеря, основных береговых объектов (природных, хозяйственных, навигационных, геодезических), уточняются береговая линия и крутизна берега, расположение опасных участков (обрывов, распадков и т.п.), рек, ручьев. Наиболее важные точки сохраняются в рабочих GPS/Глонасс-навигаторах для обеспечения возможности возвращения сотрудников научно-оперативной группы в базовый лагерь или пункт-укрытие в случае потери ориентации или ухудшения видимости.

Картирование ледовой обстановки осуществляется в ходе ледовой разведки сразу по прибытии научно-оперативной группы в район работ (после рекогносцировки). Наиболее информативной является вертолетная авиаразведка с посадками на лед для измерения толщины льда и глубины моря. При такой организации ледовой разведки за один облет можно построить подробную ледовую карту, охватывающую несколько десятков километров береговой линии на всю ширину припая с определением положения всех перспективных участков для организации грузовых ледовых площадок. Вертолетная авиаразведка наиболее эффективна на торосистом припаяе, когда наземный поиск ровных участков льда затруднен. При этом существует возможность свободы выбора выездов с берега на лед на протяжении нескольких километров береговой линии с целью использования наиболее удачного сочетания грузовой площадки и маршрутов дорог между ней и берегом.

В случае преимущественно ровного припая, небольшой акватории бухты, в которой планируется грузовая операция, жесткой привязки выездов с берега на лед, обусловленной производственной необходимостью, границами землеотвода лицензионных участков и другими факторами, ограничивающими выбор, полоса ледовой разведки оказывается настолько узкой, что аренда вертолета может стать нецелесообразной. В таком случае ледовая разведка выполняется в наземном варианте. Маршруты наземной разведки определяются с учетом спутниковых снимков высокого разрешения (см. рис. 4). Наземная ледовая разведка может продолжаться несколько дней, особенно при ограниченной продолжительности

светлого времени суток. Эффективность наземной ледовой разведки существенно повышается при использовании легких беспилотных летательных аппаратов (БПЛА) с камерой для фото- и видеосъемки, встроенной системой позиционирования. БПЛА должны быть адаптированы для полетов в условиях низких температур.

В руководствах и публикациях [3, 20, 21] для оптимизации выбора ледовых площадок и маршрутов ледовых дорог рекомендуется совместная аэрофотосъемка и воздушная радиолокационная толщиномерная съемка припая с составлением совмещенного планшета пространственного распределения ледяного покрова и толщины льда. При наличии технической и финансовой возможности выполнения такой съемки с оперативной обработкой данных в виде планшетов данный метод следует считать приоритетным для картирования ледовой обстановки.

Повторное картирование осуществляется в случае изменения ледовой обстановки (отрыва части припая, подвижек, появления новых трещин и т.п.). По мере осуществления ледотехнических работ (расчистки грузовых площадок и ледовых дорог, прокладки по льду шланголинии, прокладки ледовых каналов к ледовым площадкам) все результаты технико-хозяйственной деятельности должны также наноситься на ледовую карту.

Измерения температуры воздуха, скорости и направления ветра. Температура воздуха и ветер оказывают влияние на условия проведения и безопасность работ на льду. Измерения температуры воздуха следует выполнять регулярно с заданной дискретностью для корректного суточного осреднения, поскольку осредненная за трое суток температура воздуха входит в расчетную формулу грузоподъемности льда (10). Также необходимо регистрировать резкие перепады температуры воздуха, которые могут сопровождаться появлением термических трещин (особенно на пресном льду). Рекомендуемая дискретность измерений температуры воздуха при обеспечении работ на припая составляет 6 часов (четырёхсрочные наблюдения).

Измерение скорости и направления ветра необходимо выполнять при его усилении для контроля безопасности работ на льду. Правилами охраны труда запрещается выход на припайный лед при скорости ветра 20 м/с и более и видимости менее 500 м. Грузоподъемные операции имеют более строгие ограничения по ветру. Для многих типов автокранов работа останавливается уже при скорости ветра 17 м/с. В связи с возможностью отрыва припая или его части при отжимных ветрах в условиях открытого рейда выход на лед запрещается при средней скорости ветра 8 — 11 м/с (свежий ветер) (п. 3.20 ТРТИ 1.03.0 РД 31.41.21—90 [20]).

При передаче данных в центр прогнозов рекомендуется выполнять восьмисрочные наблюдения с дискретностью 3 часа. В срок наблюдения измеряются атмосферное давление, температура воздуха, скорость и направление ветра (с 10-минутным осреднением и порывы). Метеоинформация передается прогнозистам 1—2 раза в сутки. При использовании АМС дискретность наблюдений рекомендуется уменьшить до 1 часа.

Измерения толщины льда (ледомерные работы). Ледомерные работы выполняются в комплексе в районе ледовой грузовой площадки и по маршрутам ледовых дорог от площадки к берегу. РД 31.41.21—90 [20] определяет пространственную дискретность ледомерных работ следующим образом: на ровном льду и при торосистости 1—2 балла толщина льда измеряется через 200—500 м, при более высокой торосистости — через 50—100 м. В настоящих рекомендациях предлагается следующая схема промеров толщины льда: на ледовой грузовой площадке выполняются два-три измерения по оси планируемой заделки судна (равномерно по длине корпуса) и по два-три измерения с каждого борта (на расстоянии не менее половины ширины корпуса от оси заделки*). Измерения по маршрутам транспортировки грузов выполняются через каждые 100 м. Дополнительные измерения осуществляются в местах вероятного прогиба льда (поверхность льда ниже уровня воды), у гряд торосов, в торосистом льду при большом накоплении снега, а также на трещинах.

Измерения выполняются ледомерной рейкой или ледомерной рулеткой в лунках, пробуренных во льду строго перпендикулярно уровню воды с точностью до 1 см. В торосах в качестве толщины льда принимается толщина консолидированного слоя в точке промера. Отсчет толщины льда по виткам шнека без использования ледомерной рейки допускается только в случае, если она превышает 1 м. Одновременно с толщиной льда фиксируются высота снежного покрова и глубина погруженности льда. При первичных промерах толщины льда в каждой точке (кроме дополнительных) измеряется глубина моря ручным лотом или эхолотом. В пределах грузовой ледовой площадки измерения глубины выполняются при каждом промере. Глубина измеряется с точностью до 0,1 м.

Промеры толщины льда у берега производятся от глубоких участков до зоны полного промерзания до дна. Во избежание повреждения режущих кромок ножей ледового бура промер может быть закончен при расстоянии между нижней границей льда и дном не более 10 см.

Измерения толщины льда выполняются по методике, изложенной в [16], с небольшими изменениями, нацеленными на повышение ледовой

* Под осью заделки в данном случае понимается линия пересечения планируемого положения диаметральной плоскости корпуса судна и плоскости поверхности ледяного покрова.

безопасности. После измерения высоты снежного покрова участок льда перед бурением очищается от снега. Ледомерная рейка опускается в пробуренную лунку таким образом, чтобы зацеп рейки уперся в нижнюю поверхность льда. Не вынимая рейки, ее поворачивают по периметру отверстия лунки три-четыре раза, каждый раз снимая отсчет. За толщину льда в лунке принимается наименьший из отсчетов. Измерение повторяют в лунке, пробуренной рядом с первой. При незначительном расхождении отсчетов по ледомерной рейке достаточно двух пробуренных лунок. В качестве толщины льда в точке принимается минимальный отсчет в обеих лунках. При больших различиях полученных значений толщины бурится третья лунка. Если значение толщины льда в одной из трех лунок сильно отличается в меньшую сторону от двух остальных, необходимо продолжить бурение для определения размеров участка с пониженной толщиной льда и установления минимального значения толщины льда на данном участке. В измеренное значение толщины льда не следует включать верхний слой уплотненного снега.

Глубина погружения льда определяется как расстояние от нижней поверхности льда до уровня воды. Иногда для определения погруженности льда в воду удобнее использовать значение уровня воды в лунке. При возвышении ледяной поверхности над водой уровень в лунке принимают положительным, при отметке поверхности льда ниже воды (лед притоплен) — отрицательным. Нередко на поверхность притопленного льда под толстым слоем снега выступает вода, которая может долго не замерзать из-за теплоизолирующего эффекта снежного покрова. Вода выступает через трещины, продыхи морских млекопитающих; причиной распространения воды под снегом на достаточно большой площади притопленного льда может оказаться и лунка от бурения. Во избежание этого рекомендуется после бурения и измерений плотно забить лунку снегом до прекращения выхода воды на поверхность.

Для определения строения льда в некоторых точках промера следует выполнять отбор кернов с описанием текстуры льда. По меньшей мере в одном керне определяется соленость льда, а в лунке отбирается проба для измерения солености подледной воды. Отбор кернов по маршруту ледовых дорог и на площадках целесообразно выполнить до начала ледотехнических работ, поскольку информация о строении льда и солености нужна для определения грузоподъемности льда.

При использовании неконтактных измерителей толщины льда (радиоледомер, георадар) интервалы между точками бурения можно увеличивать, но не более чем определено вышеуказанным требованием РД 31.41.21—90 [20].

Рекомендуется следующая периодичность промеров: при толщине льда до 50 см — через сутки; от 50 до 80 см — один раз в пять суток; более 80 см — один раз в декаду. Внеочередные промеры следует выполнить перед началом работы спецтехники по подготовке ледовых дорог и площадок и перед приходом судна, в грузовом списке которого есть тяжеловесные грузы.

Дополнительные наблюдения не являются обязательными для грузовых и транспортных операций. Они выполняются для повышения качества гидрометеорологического обеспечения: для уточнения локальных гидрометеорологических характеристик с их регулярной передачей в центр прогнозов, для получения более полной информации о свойствах льда, влиянии гидрологических процессов на ледяной покров; для накопления массива данных для планирования операций в будущем. В состав дополнительных наблюдений рекомендуется включать:

- наблюдения за толщиной и другими характеристиками льда в точке постоянных наблюдений (ТПН), выбранной на целине (в стороне от ледовых дорог и площадок, подвергающихся ускоренному намораживанию льда и другим техногенным воздействиям);
- наблюдения за уровнем моря;
- измерения деформаций льда на ледовых дорогах и площадках;
- определение механических свойств льда.

Объем дополнительных наблюдений зависит от возможностей и технического оснащения научно-оперативной группы. Желательно состав и периодичность дополнительных наблюдений заранее, при подготовке технического задания, согласовывать с заказчиком работ. Дополнительные наблюдения следует выполнять по стандартным методикам, принятым для каждого вида наблюдений, однако не исключаются и экспериментальные исследования, направленные на повышение качества гидрометобеспечения припайных операций.

5.4. Деятельность научно-оперативной группы в процессе инженерно-технической подготовки припайного льда

Перед началом инженерно-технической подготовки припайного льда научно-оперативная группа готовит заключение о состоянии льда для подразделений береговой механизации, в котором должна быть представлена следующая информация:

- общая характеристика ледовой обстановки (ширина припая; пространственная структура припая (распределение зон разного возраста и степени устойчивости); наличие и расположение трещин, торосистых участков, гряд и барьеров, стамух, айсбергов);

- расположение планируемых грузовых ледовых площадок и дорог;
- результаты промеров толщины льда, высоты снега, глубины моря;
- расчет грузоподъемности ледяного покрова;
- рекомендации по обработке льда (расчистка, укатка, необходимость намораживания, меры предосторожности при работах на трещинах и других участках повышенной опасности);
- правила движения и работ на льду (при отсутствии или недостаточности у береговой механизации собственных внутренних нормативов и руководств по работам на льду).

Грузоподъемность ледяного покрова рассчитывается по формуле (10), где в качестве величины h используется минимальное значение толщины льда на маршрутах ледовых дорог и в районе грузовых площадок. Дополнительно могут быть выполнены расчеты грузоподъемности льда при упругом изгибе (формулы (14) — (18)) и при проломе (формула (13)). В этом случае в качестве расчетной грузоподъемности льда следует принять наименьшее значение. Не допускается повышать грузоподъемность льда, если формулы (13) и (14) — (18) дают более высокое значение по сравнению с формулой (10). Рассчитываются предельная грузоподъемность (при $N = 1$) и рекомендуемая грузоподъемность ($N \geq 1,6$). При первичной расчистке льда спецтехникой коэффициент запаса прочности должен быть не ниже 2,0.

Вместе с грузоподъемностью льда рассчитываются: время безопасной стоянки на льду, безопасные интервал и скорость движения. Время безопасной стоянки на льду определяется по следующей формуле [9]:

$$t = 20 \left[\frac{(P_{max} - P)^2}{(P_{max} P)} (m + 1) \right]^3, \quad (19)$$

где t — время стоянки (ч); P_{max} — предельная масса груза в тоннах, определяемая по формуле (10); P — масса груза, для которого рассчитывается время стоянки (т); m — параметр, учитывающий температуру воздуха (T) и снежный покров (табл. 2).

Быстрое движение по льду со скоростью 25—30 км/ч и более сопровождается волнообразными колебаниями ледяного покрова, возникающими вследствие образования под льдом водяной волны, которая распространяется со скоростью

$$C = (gH)^{1/2}, \quad (20)$$

где g — ускорение свободного падения, H — глубина водоема. Скорость движения автотранспорта, равная скорости распространения свободной волны, является критической, так как в этом случае имеют место резонансы.

Таблица 2

Значения параметра m при разных условиях стоянки

m	Условия стоянки
0	Стоянка на нерасчищенном от снега льду при любой температуре воздуха или при наличии воды на льду Долговременные сооружения, настилы и пр. Стоянка на расчищенном льду при T , равной $-5\text{ }^{\circ}\text{C}$
1	Стоянка на расчищенном от снега льду при T ниже $-5\text{ }^{\circ}\text{C}$ или на частично расчищенном льду при T ниже $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$
2	Стоянка на расчищенном от снега льду при T ниже $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$ или на частично расчищенном льду при T ниже $-15\text{ }^{\circ}\text{C}$
3	Стоянка на расчищенном от снега льду при T ниже $-15\text{ }^{\circ}\text{C}$

нансные явления, которые могут привести к пролому льда. Поэтому скорость движения по льду должна быть значительно меньше критической.

Интервал при движении находится по формуле

$$D = 300h, \quad (21)$$

где h — предельная толщина льда, соответствующая массе движущейся по льду единицы техники (определяется из соотношения (10) при заданном значении P). Если фактическая толщина льда больше h , то интервал может быть уменьшен до $200h$.

По запросу грузополучателя или руководителя подразделения береговой механизации гидролог научно-оперативной группы участвует в проведении инструктажа ИТР, механизаторов и рабочих, привлеченных для работ на льду, разъясняет особенности ледовой обстановки, влияющие на условия и безопасность работ.

Поскольку вся ледовая инфраструктура планируется гидрологами НОГ, им следует контролировать состояние разметки объектов на льду и соответствие выполняемых работ плану. При грамотной обработке льда его грузоподъемность повышается за счет охлаждения и ускоренного нарастания толщины на расчищенных участках, смерзания трещин. Однако нарушения правил работ на льду могут привести к негативным изменениям, которые в дальнейшем трудно исправить. При нагромождении больших объемов снега по краям дорог и по периметру грузовой площадки перегруженные участки прогибаются, происходит развитие пластических деформаций, образование трещин, через которые выступает вода, не замерзающая под толстым слоем снега. Нарушения скоростного режима, установленных дистанции и запаса прочности льда, времени безопасной стоянки на льду приводят к образованию трещин техногенного происхождения. Серьезным нарушением является фор-

сирование графика подготовки припайного льда за счет сокращения времени «отдыха» участков льда, подвергшихся нагрузкам, близким к предельным, и игнорирование требуемого времени для промерзания и выхолаживания искусственно намораживаемых слоев льда. Гидрологи должны отслеживать подобные нарушения, сообщать о них руководителю ледотехнических работ и требовать соблюдения правил работы на льду, поскольку расчетная грузоподъемность льда обеспечивается только при соблюдении установленных правил и ограничений.

Контроль ледовой обстановки может производиться двумя способами. Первый способ осуществляется путем периодических контрольных объездов системы ледовых дорог и площадок. Данный способ используется при большой толщине льда с достаточным запасом прочности по грузоподъемности льда, малой протяженности ледовых дорог, отсутствию в пределах района работ участков с повышенной опасностью, а также в периоды, когда интенсивные работы на льду не проводятся.

Второй способ предполагает постоянное дежурство гидрологов на льду. Дежурства устанавливаются во время первичной расчистки ледовых дорог и площадок спецтехникой, в ожидании подхода ледокола, а также во время интенсивной фазы грузовых работ, когда выгружаются тяжелые грузы, и выгрузка идет одновременно не менее, чем на два хода.

В период инженерной подготовки льда особое внимание должно уделяться организации безопасной работы в районе трещин. Трещины на припае бывают различного происхождения. Вдоль береговой линии, вдоль застамушенных гряд и барьеров, по периметру сидящих на грунте



Рис. 7. Приливные трещины.

Слева — типичная приливная трещина при амплитуде приливных колебаний уровня 20—30 см (Харасавэй); справа — «оживление» приливной трещины при сильном ветровом нагоне (северная часть Обской губы).



Рис. 8. Результаты подвижек льда.

Слева — трещина, раскрывшаяся на значительном удалении от берега; справа — торос взлома на вдольбереговой приливной трещине (северная часть Обской губы).

стамух и айсбергов образуются приливные трещины, обусловленные колебаниями уровня моря. На многих участках арктического побережья России ширина приливных трещин редко превышает несколько сантиметров, но при значительных перепадах уровня их ширина может достигать нескольких десятков сантиметров и более (рис. 7).

Трещины на припае могут возникать при подвижках льда под влиянием сильного ветра и под действием волн зыби. Примеры таких трещин показаны на рис. 8.

При сильных перепадах температуры воздуха и после снятия с поверхности льда толстого слоя снега в толще льда образуются термические трещины. В пресном льду такими трещинами может быть испещрена вся поверхность ледяного покрова. В соленом морском льду при низкой температуре эффект расширения слабее из-за рассола и фазовых переходов, но при температуре льда $-4...-2\text{ }^{\circ}\text{C}$ проявляется термическое сжатие льда — результат внутреннего вытаивания льда в более плотную жидкую фазу. Примеры термических трещин представлены на рис. 9.

При обследовании трещин природного происхождения гидрологи должны убедиться в отсутствии «козырьков» на краях трещины, которые могут скрывать ее фактическую ширину. Пример такой трещины показан на профиле бурения льда, выполненном поперек трещины, видимая ширина которой на дневной поверхности ледяного покрова не превышала 0,5 м (рис. 10). Трещина выглядела сухой (смерзшейся). Промер трещины показал, что значения толщины льда, соответствующие нормальной толщине окружающего припая, наблюдаются не далее 5 м по обе стороны от оси трещины.



Рис. 9. Термические трещины.

Слева — трещины на малозаснеженном пресном льду (февраль, северная часть Обской губы); справа — трещина, открывшаяся на расчищенной ледовой дороге на морском льду (май, припай в проливе Заря между о-вами Котельный и Бельковский, арх. Новосибирские острова).

Гидрологи должны определить следующие характеристики каждой природной трещины: ее ширину, толщину льда по обоим краям трещины, координаты трещины для отображения на схеме ледовой инфраструктуры. Для каждой сквозной трещины должна быть оценена грузоподъемность льда на трещине независимо от общего расчета грузоподъемности льда на ледовой дороге. Грузоподъемность льда на трещине определяется по формуле (10), в которой в качестве толщины льда подставляется наименьшее ее значение, измеренное на краю трещины с использованием дополнительного понижающего коэффициента. Понижающий коэффициент назначается из следующих соображений [18, 24]. При нагружении только одного края сквозной трещины или края льдины ее несущая способность составляет 43 % несущей способности ненарушенного льда той же толщины. При распределении нагрузки на оба края трещины несущая способность составляет 85 % грузоподъемности ненарушенного льда.

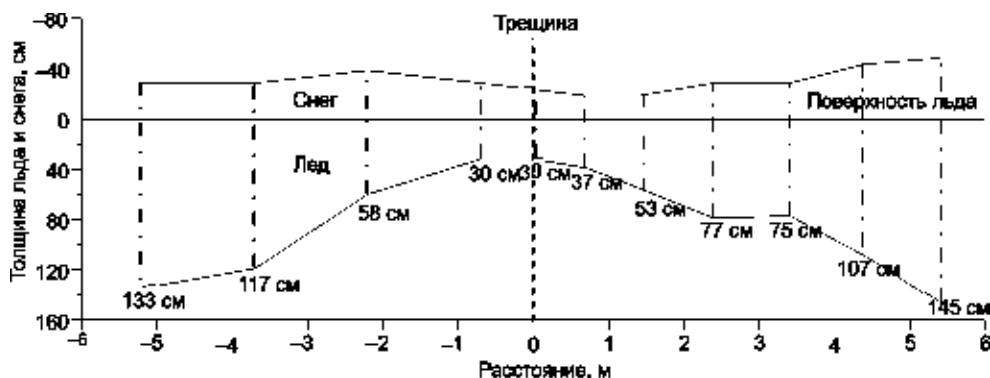


Рис. 10. Профиль бурения льда по нормали к трещине (припай о-ва Котельный).



Рис. 11. Установка временных колежных стальных мостов на приливных трещинах (припай о-ва Котельный).

Для распределения нагрузки трещины перекрываются настилами или мостами с достаточной длиной опоры на лед рабочей толщины на обоих краях трещины. С учетом Правил по охране труда Росгидромета, а также указаний, приведенных в работе [18], по устройству переправ по естественному льду при перекрытии трещин следует руководствоваться следующими положениями:

- настилами перекрываются сквозные трещины шириной 5 см и более;
- при ширине трещины до 20 см для ее перекрытия используются временные мостики или щиты (мостики под каждую колею могут быть изготовлены из стальных элементов (труб, плит и т. п.) — см. примеры на рис. 5 и 11; конструкция деревянного щита приведена ниже, на рис. 27) с длиной опоры на края трещины не менее 1 м с каждой стороны;
- при ширине трещины до 1 м временные мосты сооружаются из бревен, бруса толщиной 20 см (стальных труб такой же прочности) с опорой на края трещины не менее 3 м с каждой стороны; бревна укладываются перпендикулярно трещине, сверху обустраивается деревянный настил; пример последовательности обустройства моста из бруса через трещину шириной 50 см приведен на рис. 12;
- при ширине трещины более 1 м требуются специальные мостовые конструкции для ее преодоления; пример такой конструкции, сваренной из толстых стальных труб с опорой на каждый край трещины по 100 м², приведен на рис. 13; эта конструкция использовалась для перекрытия широкой трещины, показанной на рис. 10.



Рис. 12. Монтаж временного моста из бруса и досок через трещину шириной 50 см (припай о-ва Котельный).

В связи с подвижностью трещин, все перекрытия закрепляются на льду только с одного края трещины. В весенний период во избежание протаивания льда под опорными элементами перекрытий между ними и льдом следует прокладывать теплоизоляционный материал (дорнит).

Трещины, расположенные в нескольких метрах друг от друга, перекрываются одним длинным настилом, даже если их ширина меньше 5 см, поскольку



Рис. 13. Временный мост из сваренных стальных труб с деревянным верхним строением через широкую трещину (припай о-ва Котельный).

ку пролом участка льда между близко расположенными трещинами может случиться при нагрузках, меньших, чем дает расчет грузоподъемности льда.

Изготовление конструкций, представленных на рис. 5, 11 и 12, не входит в задачи группы гидрометобеспечения и является задачей грузополучателя (заказчика работ). Научно-оперативная группа определяет исходя из характеристик трещин, какие из них должны быть перекрыты и какая минимальная длина опоры на лед должна быть обеспечена.

Перед перекрытием трещины выполняются подготовительные мероприятия по расчистке снега и выравниванию ледяной поверхности на ее краях. При работах на неперекрытых сквозных трещинах следует предпринять дополнительные меры безопасности:

- не допускаются работы на сквозных трещинах в общем порядке расчистки ледовой дороги с принятым для всей дороги значением грузоподъемности льда: предельная грузоподъемность льда рассчитывается по минимальной толщине льда на краю трещины с запасом прочности $N = 1$ и понижающим коэффициентом, приведенным выше в этом разделе (0,43); для определения рабочей грузоподъемности льда на трещине назначается дополнительный запас прочности $N \geq 1,6$;

- не допускается работа техники вдоль трещины на расстоянии ближе 5 м от ее края; при обнаружении смещения нагружаемого края трещины относительно свободного края это расстояние следует увеличить;

- расчистка сквозной трещины выполняется одиночными проходами перпендикулярно трещине легкой техникой, соответствующей рабочей грузоподъемности льда на трещине;

- следует избегать повторных проходов через трещину по одной и той же колее; оставшиеся после прохода снежные бровки убираются средствами малой механизации или повторным проходом после продолжительного перерыва.

В процессе расчистки ледовых площадок и дорог образуются трещины техногенного происхождения. При прогибе льда под весом тяжелой техники по линии максимального прогиба может образоваться сквозная трещина (рис. 14). Характер изгиба ледяной пластины при этом заставляет трещину раскрываться в нижнем слое ледяной толщи и поджиматься «в ниточку» в верхнем слое. Такие трещины имеют сомкнутые края на поверхности льда. Обычно в результате прогиба поверхность льда опускается ниже уровня воды, из-за чего вдоль трещины появляются мокрые пятна (рис. 15): интенсивному выходу воды препятствует сжатие верхнего слоя льда. При появлении таких трещин следует приостановить на некоторое время (двое-трое суток) выход тяжелой техники на участок с трещиной, что позволит ей смерзнуться (при отрицательной температуре воздуха).

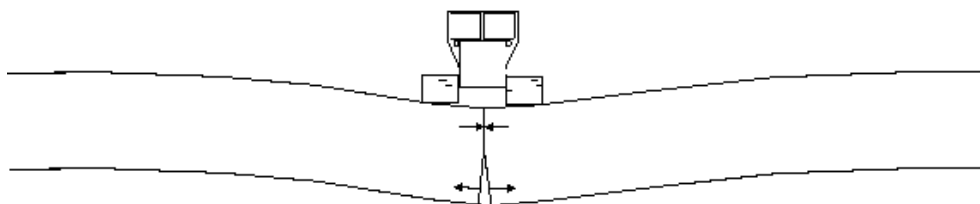


Рис. 14. Образование трещины под нагрузкой.

Совсем иначе выглядят трещины, образующиеся на выпуклой поверхности ледяного покрова, подвергнувшегося длительному изгибу. При расчистке ледовых дорог от снега с накоплением снежных сугробов по краям дороги по центральной оси расчищенной дороги возникают продольные трещины, механизм образования которых представлен на рис. 16. В процессе расчистки нарушается гидростатическое равновесие ледяного покрова, определяемое силой тяжести снежно-ледяного покрова и силой плавучести ледяной пластины. Лед, избавленный от веса снежного покрова, приподнимается относительно уровня воды. По краям дороги лед притапливается под дополнительной тяжестью снежных сугробов, образующихся при расчистке дороги. Через некоторое время по оси прогиба образуется продольная трещина, раскрытая в верхнем слое ледяного покрова и поджатая в нижнем в соответствии



Рис. 15. Поджатая сверху и раскрытая снизу сквозная трещина на расчищенном льду.

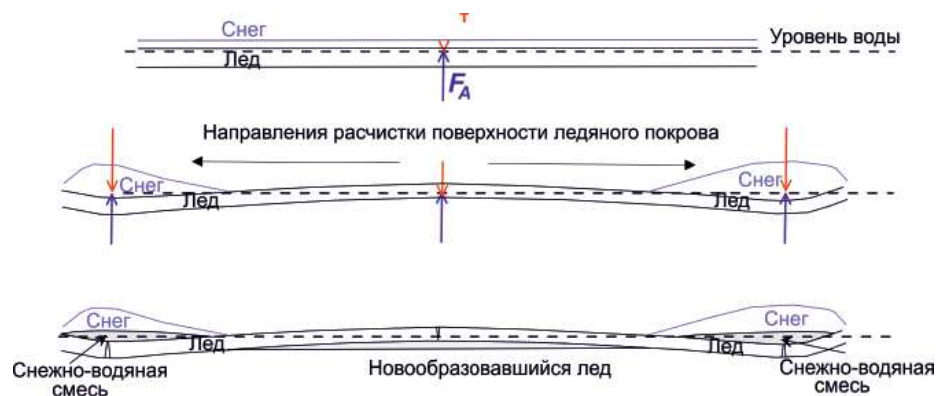


Рис. 16. Механизм образования трещин при расчистке поверхности льда от снега и торосов.

с характером изгиба. Такие продольные трещины быстро смерзаются в отсутствие теплоизолирующего влияния снежного покрова и особой опасности не представляют; исключение составляют участки пересечения с другими трещинами. При смерзании этих трещин наблюдается эффект расширения трещины на дневной поверхности ледяного покрова, обусловленный расширением замерзающей воды в нижнем и среднем слоях льда. На поверхности трещина становится все шире и шире, в то время как в толще льда она уже практически смерзлась (рис. 17). Даль-



Рис. 17. Продольная трещина, образовавшаяся в процессе расчистки ледовой дороги.



Рис. 18. Вода, выступившая из-под скопления снега на краю ледовой дороги.

нейшее нарастание льда по расчищенной дороге снижает эффект прогиба льда. Ускоренный естественный прирост льда на расчищенных от снега участках называется намораживанием льда снизу и является основным способом увеличения грузоподъемности ледяного покрова.

При расчистке ледовых дорог и площадок следует избегать компактного накопления больших сугробов по краям дороги. Сугробы следует максимально растягивать по площади в стороны от дороги или площадки (это может делать только гусеничная техника). При накоплении больших сугробов лед под тяжестью снега прогибается по краям дороги, под сугробами образуются сквозные трещины, через которые выступает



Рис. 19. Бульдозер, застрявший в снежно-водной «каше».

вода (рис. 18). В результате под сугробами образуется снежно-водная «каша», не замерзающая под толстым слоем снега даже при низких температурах воздуха (см. рис. 16). Приближение тяжелой техники к таким сугробам может усугубить ситуацию с продавливанием льда и выходом большего количества воды, а в некоторых случаях возможен подлом льда с провалом техники.

Ликвидация сугробов, под которыми образовался слой снежно-водной каши, сопряжена с дополнительными трудностями. Бульдозер может застрять в такой каше (рис. 19). По опыту эксплуатации техники на морском льду в этом случае водителю следует покинуть кабину, не пытаясь самостоятельно вывести ее из сугроба, поскольку такие попытки приводят к ослаблению и разрушению льда. Застрявшую технику вытаскивают на буксире с использованием длинного троса.

Если в ходе ошибочных действий или недостаточного технического обеспечения работ избежать накопления больших сугробов на льду не удалось и возникла необходимость их ликвидации, гидрологи должны убедиться в отсутствии воды под сугробом, после чего он может быть «раскатын» бульдозером-болотоходом. При наличии большого количества воды сугроб убирается с использованием техники, которая может снимать снег, находясь на безопасном расстоянии от сугроба (экскаватором или телескопическим погрузчиком) в несколько подходов. Интервалы между подходами составляют одни-два суток, необходимых для промерзания расчищенных участков льда.

При недостаточной толщине льда может быть использован метод искусственного намораживания льда сверху. В этом случае следует учитывать, что намороженный слой льда слабее естественного, а полученная путем намораживания толщина льда эквивалентна 0,5—0,6 толщины естественного слоя. Кроме того, намораживание осолоняет верхние слои льда и при повышении температуры происходит "отпотевание" ледовых дорог: поверхностный слой разрыхляется и разбивается.

При намораживании льда противопоказано применение мощных поливных устройств, поскольку скорость полива должна соответствовать скорости образования льда и наружной температуре воздуха.

На этапе окончательной подготовки ледовой инфраструктуры на льду должны быть установлены флажки или вешки для разметки ледовых дорог и площадок через каждые 50—100 м, предупреждающие транспаранты на выезде с берега на лед («Выезд на лед. Водитель, будь осторожен! Обгон категорически запрещен! Движение с открытой дверью и отстегнутыми ремнями безопасности») и при подъезде к грузовой ледовой площадке («Зона ожидания под погрузку»). При организации

движения на ледовых дорогах рекомендуется использовать дорожные знаки в соответствии с ПДД: знак 3.24 «Ограничение максимальной скорости»; знак 3.16 «Ограничение минимальной дистанции»; знак 3.1 «Въезд запрещен» и др.

Если на ледовые дороги планируется или возможен выезд лиц, не участвующих непосредственно в грузовых и транспортных операциях и не прошедших специальный инструктаж (представителей контролирующих организаций, погранслужбы, журналистов и пр.), перед выездом с берега на лед устанавливается транспарант с правилами пользования ледовой дорогой.

По готовности ледовой инфраструктуры НОГ готовит заключение о готовности припая для проведения транспортных и грузовых операций на льду, представляющее собой обновление заключения о состоянии льда перед подготовкой припая. Заключение о готовности включает:

- общую характеристику ледовой обстановки (ширину припая; пространственную структуру припая (распределение зон разного возраста и степени устойчивости); наличие и расположение трещин, торосистых участков, гряд и барьеров, стамух, айсбергов);
- расположение грузовых ледовых площадок и дорог, координаты планируемых точек постановки судов на площадки, рекомендуемые курсы подхода к грузовым ледовым площадкам;
- схему организации движения по льду;
- результаты промеров толщины льда и глубины моря (для накатанных по снегу дорог — высоты снега);
- расчет грузоподъемности ледяного покрова на ненарушенном льду, на переездах через трещины, у борта судна с использованием настилов;
- правила движения и работ на льду (приложение 4).

6. ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ НАУЧНО-ОПЕРАТИВНОЙ ГРУППЫ ПРИ ПОСТАНОВКЕ СУДОВ В ПРИПАЙ И В ПРОЦЕССЕ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ТГО НА ЛЬДУ

На основании заключения о готовности припая для проведения ТГО с оператором ледокольного обеспечения согласуется способ постановки судна на грузовую ледовую площадку.

Наиболее распространенным является способ, при котором ледокол прокладывает прямолинейный канал к площадке, не выходя на нее всей шириной корпуса. После прокладки канала ледокол отходит по нему от площадки задним ходом, попутно прочищая канал. Непосредственно перед постановкой ледокол уходит в сторону в заранее подготовленный «карман». Грузовое судно разгоняется в канале и самостоятельно закалывается в лед грузовой площадки на длину корпуса. В соответствии с [20] скорость движения в канале не должна превышать 8—10 узлов при толщине льда до 1 м и 10—12 узлов при толщине льда более 1 м. При заколке судна в лед грузовой площадки рекомендуемая скорость разгона в канале составляет 6—7 узлов [1].

Преимущество самостоятельной заделки судна в лед грузовой площадки заключается в возможности осуществлять выгрузку на оба борта. Самостоятельно заколовшееся судно надежно удерживается льдом в месте выгрузки, что важно при усилении ветра отжимных направлений. Недостатком такой постановки является высокая вероятность необходимости околки судна ледоколом для его вывода с площадки после разгрузки. В этом случае необходимо заранее готовить площадку большей протяженности, если на ней планируется разгружать более одного судна.

Самостоятельная заделка судна затрудняется при большой толщине и высокой прочности льда (в пресных и малосоленых льдах). Для облегчения заделки во льду готовятся пропилы под корпус судна. Лед пропиливается баровой пилой — траншеекопателем (рис. 20) на $\frac{2}{3}$ его толщины во избежание смерзания пропилов. Пропилы готовятся по оси заделки (центральный пропил) и по бортам (бортовые пропилы). Расстояние между бортовыми пропилами равно ширине корпуса судна по



Рис. 20. Некоторые образцы траншеекопателей.

миделю плюс одна-две толщины льда. Ледокол, прокладывая канал, носовой частью выходит на грузовую площадку и останавливается в тот момент, когда его скулы доходят до бортовых пропилов (рис. 21). Судно, разгоняясь в канале, закалывается в пропиленный лед с минимальными повреждениями льда на грузовой площадке (рис. 22).

Данный метод требует прокладки ровного канала с выходом форштевня ледокола точно на центральный пропил. Это требует установки на льду в створе центрального пропила четких ориентиров (в темное время суток — огней), а также высокого уровня взаимодействия между штурманским составом ледокола и гидрологами НОГ. Для повышения точности выхода ледокола в заданную точку требуемым курсом рекомендуется разметить линию подхода хорошо заметными флажками.

Менее требовательным по точности выхода ледокола и грузового судна в заданную точку является метод подготовки «ковша» под корпус

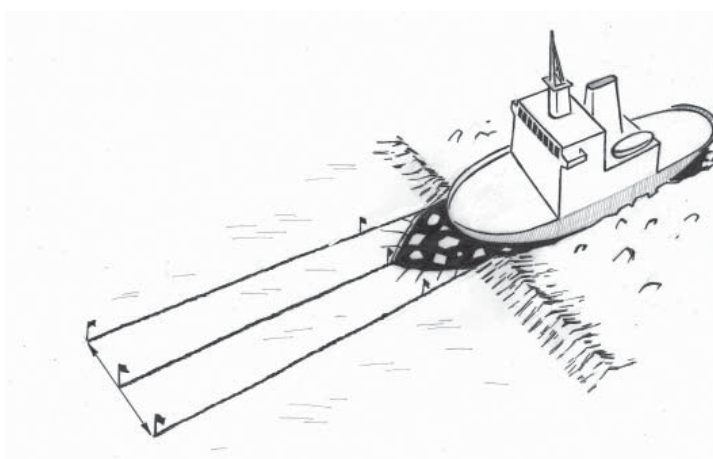


Рис. 21. Выход ледокола на пропилы.



Рис. 22. Состояние льда у борта судна после заделки в заранее подготовленные пропилы.

судна [20]. На грузовой площадке выполняется предварительная разметка: в районе конечной части будущего канала в виде прямоугольника с длиной одной стороны, превышающей в 1,5 раза длину корпуса транспортного судна, устанавливаемого под грузовые работы, и шириной длиной другой стороны превышающей на 4—5 метров по миделю корпус ледокола, осуществляющего постановку судна под выгрузку. Намечают продольную линию, делящую прямоугольник примерно на две равные части, и несколько поперечных линий на расстоянии 20—30 м одна от другой. Затем делают на $1/2$ — $2/3$ толщины ледяного покрова пропилы: сначала по продольной средней линии с одной стороны и затем с другой; последними прорезаются боковые стороны по всему периметру прямоугольника (рис. 23).

Ледоколом (на малом ходу) осуществляется взлом льда по длине разметки и заталкивание его двумя-тремя проходами под кромки канала. Затем ледокол выходит из концевой части канала, освобождая место для прохода транспортному судну, которое самостоятельно становится под грузовые операции в подготовленный «ковш». Для данного метода постановки судна под разгрузку судовые краны должны иметь достаточную

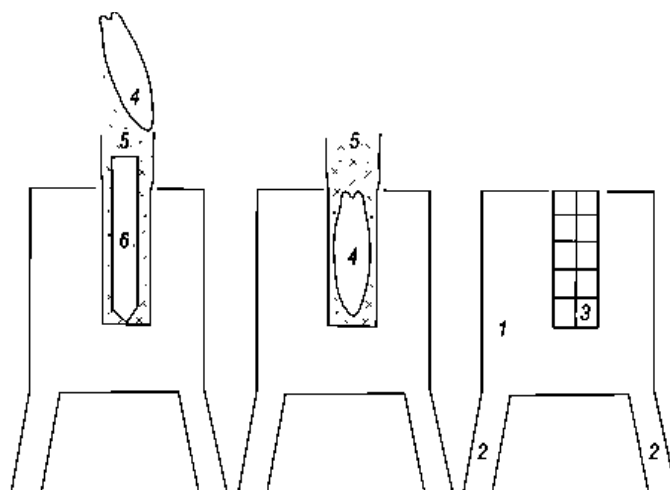


Рис. 23. Подготовка «ковша» для постановки судна на грузовую ледовую площадку.

1 — грузовая площадка; 2 — дороги на припае; 3 — разметка конечной части канала; 4 — ледокол; 5 — канал, подготовленный ледоколом; 6 — транспортное судно.

длину вылета стрел, поскольку в широком ковше подъезд наземного транспорта близко к борту невозможен.

В толстых льдах при невозможности самостоятельной заделки судна в лед грузовой площадки и отсутствия технических средств для пропиливания льда транспортное судно может разгружаться в ледокольном канале с постановкой методом швартовки к одному краю канала с последующей разгрузкой через один борт.

Ледокол прокладывает канал с поворотом в конечной точке на $15\text{--}20^\circ$ от оси основного канала (рис. 24). Затем канал на конечном отрезке протяженностью один-два корпуса по возможности очищается от битого льда, в частности, проходом кормой вперед. Ледокол подводит судно к подготовленному месту разворота и пропускает его вперед. Судно самостоятельно проходит канал до конечной точки, прижимаясь к кромке правым или левым бортом в зависимости от поворота канала.

После выгрузки судно, поставленное способом швартовки, можно вывести двумя способами: кормой вперед с последующим разворотом в месте поворота или носом вперед по круговому каналу.

Все вышеописанное относится к наиболее распространенному случаю, когда на грузовых площадках, к каждой из которых проложен отдельный ледовый канал, одновременно разгружается по одному судно. В методических рекомендациях [21] и в инструкции ТРТИ 1.04.0, входящей в состав [20], рассмотрены специальные варианты одновременной постановки нескольких судов на одной большой площадке с одним

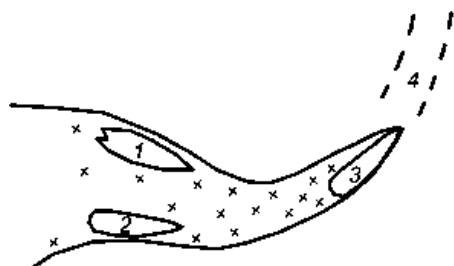


Рис. 24. Постановка судов под разгрузку в припаяе способом швартовки.
1 — ледокол, 2 — положение транспортного судна перед началом самостоятельного движения, 3 — положение транспортного судна в месте разгрузки, 4 — круговой канал для вывода судна.

основным ледовым каналом и небольшими конечными ответвлениями от него: схемы «елочки» (рис. 25) или «веера» (рис. 26). Эти схемы постановки предназначены для экономии времени при подготовке разнесенных грузовых площадок и дорог к ним, а также при прокладке основного канала через барьер торосов.

За несколько суток до прихода судна НОГ обновляет заключение о готовности припая, отражая в нем произошедшие изменения ледовой обстановки, последние результаты промеров и расчетов грузоподъемности льда.

При подходе каравана гидрологи НОГ устанавливают УКВ-связь с ледоколом и остаются на связи до завершения постановки судна в лед грузовой площадки. Для установления связи обычно используют 16-й канал, после чего согласованно переходят на выбранный рабочий канал. После установления связи гидролог и судоводитель уточняют условия

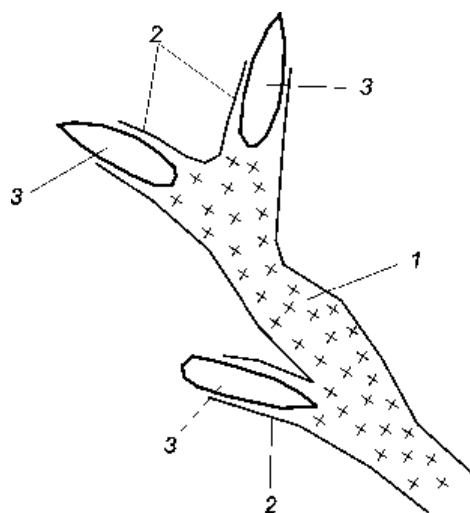


Рис. 25. Схема одновременной постановки нескольких судов для разгрузки на большую грузовую площадку елочкой.
1 — основной канал, 2 — каналы-ответвления, 3 — суда под грузовыми работами.

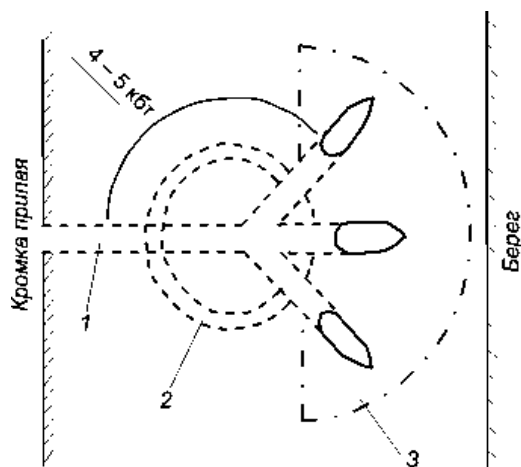


Рис. 26. Схема одновременной постановки нескольких судов для разгрузки на большую грузовую площадку веером.

1 — основной канал, 2 — разворотный канал, 3 — грузовая площадка.

постановки судна: сверяют координаты и курс подхода, метод постановки; гидролог информирует о выставленных на льду ориентирах.

После прокладки канала к грузовой площадке и постановки судна гидрологи должны убедиться в том, что состояние льда у борта после заделки позволяет осуществлять грузовые операции, и доложить об этом на ледокол и транспортное судно. Если судно не смогло заколоться на требуемую длину или разрушения льда у борта не позволяют подавать наземный транспорт под погрузку, может потребоваться повторная перезаколка. Завершением постановки судна на площадку является запись в судовых журналах ледокола и транспортного судна об окончании ледовой проводки.

Перед началом грузовых операций начальник НОГ предоставляет капитану судна и ответственному представителю грузополучателя обобщенное заключение о готовности припая.

После заделки судна гидрологи выставляют на льду ограждение рабочей зоны во избежание выезда техники и выхода людей на опасные участки у кормовой части судна и вдоль ледового канала. После согласования с судном последовательности разгрузки палубного груза и трюмов гидрологи консультируют персонал грузополучателя по монтажу настилов у борта судна. Различные конструкции аппарелей и настилов, в том числе с креплением тросами на палубе судна, рассмотрены в инструкции ТРТИ 1.03.0 РД 31.41.21—90 [20]. Наиболее простыми в изготовлении и использовании являются сборные настилы из деревянных модулей (тундроматов) с горизонтальными размерами 4×4 или 3×6 м. Модуль изготавливается из цельной обрезной доски толщиной 50 мм. Конструкция модуля представлена на рис. 27.

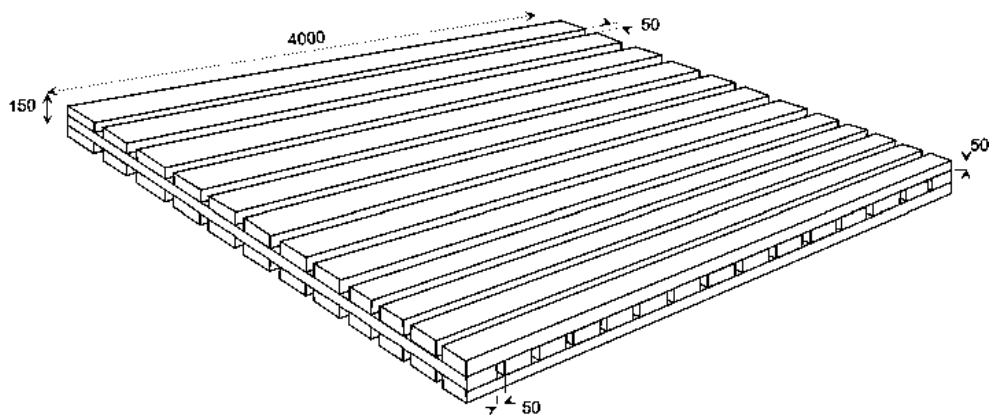


Рис. 27. Эскиз деревянного модуля для монтажа настилов на льду
(размеры указаны в миллиметрах)

Модули укладываются в один или два ряда в соответствии с габаритами транспортных средств, участвующих в перевозке грузов от судна на берег. Наиболее безопасным вариантом постановки транспортных средств под погрузку является подъезд задним ходом перпендикулярно борту. При таком варианте настила модули выкладываются так, чтобы длинная сторона всего настила была ориентирована по нормали к борту судна. При ограниченной длине вылета стрелы судового крана настил может быть ориентирован вдоль борта судна (рис. 28).

Основное назначение настилов у борта судна — увеличение грузоподъемности льда за счет распределения нагрузки и перекрытие трещин, образовавшихся при заделке судна и образующихся при интенсивных грузовых работах у борта (рис. 29).

Напомним, что непосредственно у борта судна грузоподъемность льда составляет 43 % грузоподъемности ненарушенного льда такой же толщины. За счет настилов величина грузоподъемности увеличивается в n раз. Коэффициент n рассчитывается по формуле

$$n = 1 + \frac{K_1}{2\pi} P_n + \frac{K_1^2}{2\pi} S_n, \quad (22)$$

20?

где P_n — периметр настила (м); $K_1 = (2\pi f_0 / m_0)^{1/2}$; S_n — площадь настила (м²); m_0 — масса сосредоточенного груза (т); f_0 — величина стрелки прогиба (м).

В соответствии с выводами И.С. Песчанского [18] на основании анализа работы ледяных переправ при значении прогиба менее 0,05 м ледяной покров работает нормально, без образования трещин; при прогибе $0,05 \text{ м} < f_0 < 0,09 \text{ м}$ лед работает очень напряженно с образованием трещин; при



Рис. 28. Настил из тундроматов у борта судна.

$0,09 \text{ м} < f_0 < 0,12 \text{ м}$ лед работает с исключительным напряжением с образованием сквозных трещин и просядок льда; при прогибе свыше $0,15 \text{ м}$ лед ломается. Приведенные данные относятся к пресному льду. Для морского льда таких данных нет, но, по опыту работ, величина стрелки прогиба должна составлять менее $0,12 \text{ м}$. Для предотвращения выхода воды на лед через трещины, образующиеся при интенсивном циклическом нагружении льда, стрелка прогиба не должна быть больше высоты превышения льда над уровнем воды в ненагруженном состоянии.

В процессе разгрузки судна НОГ контролирует состояние льда на грузовых площадках и дорогах, выявляет и обследует трещины, образующиеся при интенсивной грузовой операции, дает рекомендации по перестановке настилов по мере разгрузки судна и по установке дополнительных настилов на трещинах, требующих перекрытия.

При разгрузке тяжелых грузов гидрологи НОГ контролируют прогиб льда, дают рекомендации по маршруту отвода груза от борта, следят за ограничением времени безопасной стоянки тяжелого груза на льду. Под тяжелым грузом здесь понимается груз, масса которого вместе с транспортным средством выше расчетной грузоподъемности льда с запасом прочности $1,6$.

Прогиб льда контролируется при помощи геодезического оборудования (нивелира, теодолита) или по уровню воды в лунке, предварительно пробуренной в месте постановки тяжелого груза на лед. Отстроповка



Рис. 29. Трещины у борта после демонтажа настила по завершении выгрузки.

груза допускается только по команде гидролога, убедившегося в том, что прогиб льда под грузом стабилизировался и не увеличивается. Время стоянки тяжеловесного груза у борта судна не должно превышать 30 с. На время выгрузки тяжеловесов следует приостановить выгрузку остальных грузов, выпуск на лед техники и движение по льду.

При погрузке тяжеловеса на сани и буксировке несколькими тягачами тягачи устанавливаются на одной линии с санями на расстоянии не менее 20—25 м друг от друга и соединяются между собой буксирными тросами диаметром 28—32 мм (рис. 30). Число тягачей определяется руководителем дороги.

Все работы, связанные с маневрированием тягачей и вездехода, а также снятием и заведением буксировочных тросов (тросов лебедок тягачей), выполняются под непосредственным наблюдением и по команде сигнальщика. Водители осуществляют маневрирование только после получения соответствующего сигнала, лично убедившись в отсутствии людей в зоне маневрирования. Перед чем тронуться с места, водитель подает звуковой сигнал.

На переправе через приливо-отливную трещину перемещение саней с тяжелым грузом производится следующим образом. На береговом припае в ожидании буксируемого по ледовому припаю тяжеловеса следует расположить один за другим на коротких буксирах два-три трактора; ближний к трещине тягач должен быть снабжен буксирным тросом

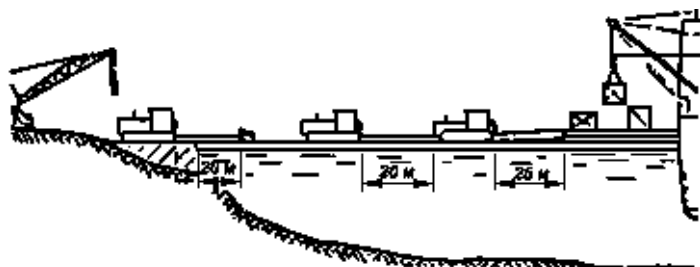


Рис. 30. Транспортирование по льду тяжелых грузов.

длиной 30—35 м. Два тягача, буксирующие сани с крупнотоннажным грузом по ледовому припаю, подходят к приливо-отливной трещине на расстояние не менее 20 м и, передав по команде помощника начальника дороги буксировку тракторам, находящимся на береговом припае, уходят по второй дороге обратно к судну.

При разгрузке на припай судов с ядерной энергетической установкой необходимо контролировать толщину льда у борта в районе выходов воды охлаждения реактора, поскольку при отсутствии морозов тепло, отводимое с циркулирующей водой внешнего контура, может привести к локальному таянию льда непосредственно на грузовой ледовой площадке. Участки льда, примыкающие к местам выхода теплой воды, должны регулярно промеряться и при обнаружении стаивания льда ограждаться в целях безопасности. Пример сквозного вытаивания льда у борта атомного ледокола «Севморпуть» в конце мая приведен на рис. 31.



Рис. 31. Вытаивание льда у борта в результате выхода тепла от системы охлаждения ядерного реактора.

7. ОБЕСПЕЧЕНИЕ ТГО ПРОГНОЗАМИ

Безопасность и успешность операций с разгрузкой судов на припай во многом зависят от метеорологических, ледовых и гидрологических прогнозов различной заблаговременности. Прогнозы предоставляются на договорной основе организациями Росгидромета: территориальными управлениями, НИУ Росгидромета (ФГБУ «ААНИИ»). Состав необходимых прогнозов зависит от района проведения операции и от типа припая. Для любых районов и типов припая готовятся долгосрочные метеорологические и ледовые прогнозы и краткосрочные метеопрогнозы на период полевых работ. Для районов, в которых грузовые операции проходят в условиях открытого рейда, актуален прогноз отрыва припая. Для приливных морей и районов, в которых возможны значительные сгонно-нагонные явления, следует готовить прогнозы уровня моря. Предложенный состав прогностической информации не является исчерпывающим. В процессе развития методов прогноза для повышения уровня ледовой безопасности и качества гидрометеорологического обеспечения прогностическая информация может быть дополнена прогнозами прочности и грузоподъемности ледяного покрова, прогнозами распространения под ледяным покровом волн зыби и др.

7.1. Долгосрочные метеорологические и ледовые прогнозы

Долгосрочные прогнозы готовятся и уточняются на всех этапах припайной операции. Долгосрочный ледовый прогноз основывается на прогнозе крупномасштабных атмосферных процессов и их влиянии на метеорологические и ледовые условия в локальном районе проведения ТГО. Перед началом полевой фазы ТГО готовится фоновый долгосрочный прогноз однородных циркуляционных метеорологических процессов по месяцам и декадам с ожидаемым ветровым переносом и температурным фоном, на основании чего прогнозируется нарастание льда. В процессе полевых работ ежемесячно готовятся уточнения долгосрочного прогноза с учетом фактического развития метеорологических и ледовых условий. При большой продолжительности операции примерно за месяц в долгосрочный прогноз включается прогнозируемая дата взлома припая.

Для планируемых операций актуальны сроки разрушения льда в соответствии с типом припая. Для большинства арктических пунктов отсутствуют необходимые наблюдения для установления прогностических связей сроков разрушения льда с метеорологическими данными. В этом случае для консервативной оценки сроков завершения полевых работ можно использовать прогнозируемые даты перехода температуры воздуха от отрицательных значений к положительным. Для пунктов, в которых предполагаются многолетние припайные операции, следует создавать локальные базы гидрометеорологических наблюдений для определения необходимых прогностических связей.

7.2. Краткосрочные метеорологические прогнозы

Краткосрочные метеорологические прогнозы необходимы для обеспечения безопасности работ на льду на всех этапах полевых наблюдений, ледотехнических и грузовых работ. Заблаговременность краткосрочных прогнозов составляет 3—5 суток. Специальные метеопрогнозы отличаются от обычных потребительских прогнозов тем, что при их разработке учитываются данные метеорологических наблюдений НОГ в районе работ, и составом информации. В частности, в краткосрочных прогнозах ФГБУ «ААНИИ» дается общее описание синоптической обстановки на прогнозируемый период, прогнозируются температура воздуха, скорость и направление ветра, метеорологическая дальность видимости, погодные явления (туман, дымка, метель, поземок).

7.3. Прогноз отрыва припая

Прогноз отрыва припая готовится в ФГБУ «ААНИИ» на основании метеорологического прогноза и оценки устойчивости припая по его типу и данным наблюдений НОГ (батиметрии, позициям стамух и застамушенных барьеров).

7.4. Прогноз уровня моря

Прогноз уровня моря складывается из двух составляющих: предвычисления приливных колебаний уровня с учетом ледовой обстановки и гидродинамического или статистического прогноза непериодических колебаний уровня на основе метеорологического прогноза ветра и атмосферного давления.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Развитие современных технологий закономерно повышает качество специализированного обеспечения морских ледовых операций. Спутниковые снимки с высоким разрешением упрощают планирование маршрутов облета с ледовой авиаразведкой, а в некоторых случаях позволяют полностью отказаться от использования авиации, что снижает затраты на проведение таких работ. Повышается качество метеорологических и ледовых прогнозов.

В последние годы в российской Арктике отмечается увеличение объемов морских перевозок в ледовый сезон с разгрузкой на припайный лед. В 2019 г. в ходе обеспечения работ на припае Салмановского (Утреннего) газоконденсатного месторождения в северной части Обской губы на трех грузовых ледовых площадках с февраля по май было разгружено 18 транспортных судов, доставивших более 70 тыс. тонн грузов. При этом в ходе той же ледовой навигации разгрузки через припай осуществлялись на Земле Франца-Иосифа, на Штормовом месторождении в Обской губе, на Енисее.

Приходится констатировать, что инженерное обеспечение работ на льду практически осталось на уровне 70—90-х годов прошлого века, а в использовании специальных технических средств наблюдается определенная деградация. Основная работа по расчистке льда выполняется тяжелой техникой, предназначенной для дорожных работ на суше: бульдозерами, фронтальными погрузчиками, грейдерами. Большая удача, если в пункте выгрузки оказывается шнекоротор. Использование сухопутной дорожной техники на льду природных водоемов, и особенно на морском льду, требует от машинистов особых навыков, которые приобретаются только на практике. Эта техника не оборудована для безопасной работы на льду (имеет большой вес, отрицательную плавучесть и т. п.). Бульдозерная расчистка сопровождается созданием по краям ледовых дорог отвалов из снега и ледяных обломков, которые вызывают дополнительные деформации льда и образование трещин. Специальные машины, разработанные для ледовых работ еще в советское время [2], можно увидеть только на иллюстрациях в публикациях тех лет.

Методики расчета грузоподъемности льда остаются на уровне расцета ледотехники времен СССР. На том же уровне остались нормативные документы, регламентирующие грузовые и транспортные операции на льду. Развитие в данном направлении происходит исключительно за счет накопления личного опыта специалистами, участвующими в работах на льду. В частности, в руководящих документах отсутствуют указания

на ограничения нагрузки на лед в районе приливных трещин в период сизигии и ветровых нагонов, так же как и критерии для оценки степени снижения грузоподъемности ледяного покрова при интенсивных циклических нагрузках, не рассматривается применение технологий искусственного ослабления льда, облегчающих заход судов и уменьшающих разрушение льда непосредственно у борта (пропилы во льду под корпус судна). Все эти и многие другие вопросы требуют изучения, развития и внедрения в практику для повышения безопасности и эффективности использования ледяного покрова при решении логистических задач в стране, которая имеет самое протяженное арктическое побережье. Практический опыт решения вышеперечисленных вопросов отражен в настоящем методическом пособии.

В подготовленном пособии собраны все имеющиеся на сегодняшний день наработки по безопасному проведению припайных операций в любом районе арктического побережья России с учетом современного уровня ледокольного обеспечения, характеристик транспортных судов и технических возможностей береговой механизации.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Арикайнен А.И., Чубаков К.Н.* Азбука ледового плавания. М.: Транспорт, 1987. 224 с.
2. *Богородский В.В., Гаврило В.П., Недошивин О.А.* Разрушение льда. Методы, технические средства. Л.: Гидрометеиздат, 1983. 120 с.
3. *Бородачев В.Е., Чилингаров А.Н.* Оптимизация выбора места выгрузки и прокладки транспортных трасс на припае // Труды ААНИИ. 1981. Т. 372. С.143—148.
4. *Гладков М.Г., Петров И.Г., Федоров Б.А.* Схема расчета предела прочности льда // Труды ААНИИ. 1983. Т. 379. С. 75—88.
5. *Гордиенко П.А.* Припайные льды арктических морей. Часть II. Устойчивость припайных льдов и их весенне-летнее разрушение. Л., 1971. 172 с.
6. *Доронин Ю.П., Кубышкин Н.В.* Рост и таяние морского льда. СПб: Гидрометеиздат, 2001. 42 с.
7. *Зубов Н.Н.* Основы устройства дорог на ледяном покрове. М.: Гидрометеиздат, 1942. 62 с.
8. *Зубов Н.Н.* Льды Арктики. М.: изд-во Главсевморпути, 1944. 360 с.
9. *Казанский М.М., Шульман А.Р.* Расчет формул и таблицы грузоподъемности ледяных переправ: Материал к вопросу о ледовых переправах. Свердловск: Гидрометеиздат, 1946.
10. *Кубышкин Н.В., Бузин И.В., Головин Н.В., Гудошников Ю.П., Замарин Г.А., Скутин А.А.* Ледотехнические аспекты создания объектов транспортной инфраструктуры и разведочного бурения в Арктике // Проблемы Арктики и Антарктики. 2018. Т. 64, № 4. С. 407—426.
11. *Кубышкин Н.В., Гудошников Ю.П.* Актуализация технологий перевалки грузов через припай // Проблемы Арктики и Антарктики. 2015. № 3 (105). С.90—98.
12. *Лавров В.В.* Деформация и прочность льда. — Л.: Гидрометеиздат, 1969. 208 с.
13. Методическое письмо по расчету пределов прочности льда / Под ред. В.В. Богородского. Л.: ротاپринт ААНИИ, 1983. — 50 с.
14. Морской лед. Сбор и анализ данных наблюдений, физические свойства и прогнозирование ледовых условий (справочное пособие). СПб: Гидрометеиздат, 1997. 402 с.
15. *Назинцев Ю.Л., Дмитраж Ж.А., Моисеев В.И.* Теплофизические свойства морского льда. Л.: изд-во ЛГУ, 1988. 260 с.

16. Наставления гидрометеорологическим станциям и постам. Вып. 9. Гидрометеорологические наблюдения на морских станциях и постах. Часть 1. Гидрологические наблюдения на береговых станциях и постах. Л.: Гидрометеиздат, 1984. 312 с.
17. ОДН 218.010—98. Инструкция по проектированию, строительству и эксплуатации ледовых переправ, 1998.
18. *Песчанский И.С.* Ледоведение и ледотехника. Л.: Гидрометеиздат, 1967. 464 с.
19. РД 31.31.52—89 «Рекомендации по проектированию, строительству и эксплуатации ледяных причальных сооружений», 1989.
20. РД 31.41.21—90. Сборник рабочих технологических документов на производство погрузочно-разгрузочных работ, выполняемых при разгрузке судов в пунктах беспричалной обработки через лед берегового припая. М., 1990.
21. Рекомендации по проведению грузовых операций в припайных льдах Арктики. Методические рекомендации. М.: В/О «Мортехинформреклама», 1986. 40 с.
22. Руководство по расчету элементов гидрологического режима в прибрежной зоне морей и в устьях рек при инженерных изысканиях. М.: Гидрометеиздат, 1973. 538 с.
23. *Чилингаров А.Н.* Научно-оперативное гидрометеорологическое обеспечение зимне-весенних плаваний к п-ову Ямал. ВДНХ СССР. Павильон «Гидрометслужба СССР». Гидрометеиздат, 1979. 12 с.
24. Gold L.W., Black L.D., Trofimenkov F., Mat D. Deflections on plates on elastic foundation // Trans. Eng. Inst. Canada. 1958. V. 2, No. 3.
24. Guidelines for safe ice constructions. Department of Transportation, 2015. 46 p. (https://www.inf.gov.nt.ca/sites/inf/files/resources/0016—001_norex_ice_road_constr._web.pdf)

ПРИЛОЖЕНИЕ 1.

ФОРМУЛЫ ДЛЯ РАСЧЕТА МОДУЛЯ УПРУГОСТИ И ПРЕДЕЛА ПРОЧНОСТИ ЛЬДА ПРИ ИЗГИБЕ

Статический модуль упругости льда E рассчитывается по формуле

$$E = E_0(1 - v_b)^4. \quad (\text{П.1.1})$$

Здесь v_b — относительный объем рассола во льду, E_0 — статический модуль упругости пресного поликристаллического льда:

$$E_0 = 5,69 - 0,0648T_i, \quad (\text{П.1.2})$$

$$v_b = S_i \cdot 10^{-3} (0,532 - 49,185/T_i), \quad (\text{П.1.3})$$

где S_i — средняя по толщине льда соленость (‰), T_i — средняя по толщине льда температура (°C).

Предел прочности льда при изгибе рассчитывается по формуле

$$\sigma_f = 1,76 \cdot \exp(-5,88(v_b)^{1/2}). \quad (\text{П.1.4})$$

ПРИЛОЖЕНИЕ 2.

ТАБЛИЦЫ ДЛЯ ОЦЕНКИ СОСТОЯНИЯ ЛЕДЯНОГО ПОКРОВА

Таблица П.2.1.

Шкала торосистости льда

Баллы	Характер поверхности ледяного покрова	Площадь покрытия торосами, %
0	Ровный лед	0
1	Редкие торосы на ровном льду	0—20
2	Ровный, частично торосистый лед	20—40
3	Лед средней торосистости	40—60
4	Лед торосистый, местами ровный	60—80
5	Сплошная торосистость	80—100

Таблица П.2.2.

Шкала разрушенности льда

Баллы	Характеристика
0	Признаки таяния отсутствуют
1	Появление пятен мокрого снега и луж, начало распада сморозей
2	Появление озерков или участков затопленного льда, образование местами у берегов водяных заберегов, приустьевых полыней
3	Появление проталин, промоин и закраин, сглаживание торосов, возникновение трещин и отдельных каналов в припае, обсыхание льда
4	Распространение проталин по всей поверхности льда, взлом припая, появление льдин с таранами
5	Лед сильно пропитан водой и преимущественно измельчен. Поверхность крупных льдин покрыта сплошными проталинами и имеет кружевообразный вид.

Таблица П.2.3.

Шкала загрязненности льда

Баллы	Характеристика
0	Лед чистый. Наблюдаются только следы загрязненности
1	Незначительная загрязненность. Площадь загрязненного льда составляет менее 1/3 всей площади льда
2	Средняя загрязненность. Загрязнено от 1/3 до 2/3 площади льда
3	Лед сплошь грязный, более 2/3 площади загрязнено

Таблица П.2.4.

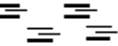
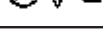
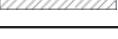
Шкала заснеженности льда

Баллы	Характеристика
0	Снега нет или наблюдаются отдельные его пятна
1	Тонкий равномерный снежный покров толщиной до 5 см или чередование равномерного снежного покрова с участками оголенного льда, занимающего от 30 до 70 % площади
2	Снежный покров толщиной от 5 до 20 см с небольшими застругами и наддувами без пятен оголенного льда или снежный покров с резко выраженными застругами, наддувами и участками оголенного льда, занимающими от 10 до 30 % площади; сугробы закрывают торосы высотой до 50 см
3	Значительный снежный покров средней высотой более 20 см без пятен оголенного льда с большими наддувами и сугробами, иногда закрывающими торосы высотой до 1,5 м

ПРИЛОЖЕНИЕ 3.

УСЛОВНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ ДЛЯ ЛЕДОВЫХ КАРТ (НАЦИОНАЛЬНАЯ СИМВОЛИКА)

Виды дрейфующего льда (линейные размеры)

Вид льда	Градации толщины, см	Дрейфующий лед	Припай	Раскраска цветом
Чистая вода	0			Голубой
Светлый нилас	5			Синий
Серый	10—15			Розовый
Серо-белый	15—30			Фиолетовый
Тонкий однолетний белый	30—70			Светло-зеленый
Однолетний средней толщины	70—120			Зеленый
Толстый однолетний	120			Темно-зеленый

Формы дрейфующего льда (линейные размеры)

Обозначения	Наименование	Линейные размеры
	Гигантские поля	10 км
	Обширные поля	2—10 км
	Сморози льдов	
	Большие поля	0,5—2 км
	Обломки ледяных полей	100—500 м
	Крупнобитый лед	20—100 м
	Мелкобитый лед	2—20 м
	Тертый лед, ледяная каша	< 2 м

Шкалы визуальной оценки состояния льда

Обозначение	Визуальная оценка
	Торосистость льда по 5-балльной шкале (20 % покрытия)
	Заснеженность льда в баллах по 3-балльной шкале
	Сжатие льда в баллах по 3-балльной шкале
	Наслоенность льда в баллах по 10-балльной шкале
	Разрушенность льда по 5-балльной шкале (в 3—5 точках)
	Измеренная толщина льда (см)
	Канал во льду
	Местонахождение судна

Позиционные символы

Обозначение	Объект	Обозначение	Объект
	Разводье		Ропак
	Трещина, ее положение на карте		Снежница, лужа на льду
	Лед на берегу		Пятно мокрого снега
	Гряда торосов		Гнилой снег
	Пояс торосов		Проталина
	Стамуха		Озерки
	Барьер торосов		Наледь
	Сплоченность льда в зоне (в десятых долях)		
	Общая сплоченность; парциальная (частная) сплоченность льдов разного возраста		

ПРИЛОЖЕНИЕ 4.

ПРАВИЛА ЭКСПЛУАТАЦИИ ЛЕДОВОЙ ДОРОГИ (НА ПРИМЕРЕ ТГО НА ПРИПАЕ В СЕВЕРНОЙ ЧАСТИ ОБСКОЙ ГУБЫ)

1. Система ледовых дорог для разгрузки судна через лед берегового припая состоит из общей дороги, соединяющей береговую дорожную инфраструктуру с выездами на лед, проходящей по пляжу в районе уреза воды (*вдольбереговая дорога*), и дороги для движения от берега до ледовой грузовой площадки № 2 (*ледовая дорога*). Ледовая дорога размечена флажками с интервалом 100 м.

2. Эксплуатируется ледовая дорога круглосуточно.

3. К выезду на ледовые дороги допускаются только водители (машинисты спецтехники), прошедшие целевой инструктаж в научно-оперативной группе гидрометеорологического обеспечения.

4. Рекомендованная безопасная грузоподъемность льда на всей дороге, включая площадку, составляет 54 т для колесной техники и 63 т для гусеничной.

5. Тяжеловесные грузы, вес которых превышает рекомендованные значения, обрабатываются в следующем порядке. Движение колесной техники весом более 54 т и менее 127 т (предельная грузоподъемность льда для колесной техники), гусеничной техники весом более 63 т и менее 146 т (предельная грузоподъемность льда для гусеничной техники) допускается по согласованию с дежурным гидрологом и в его сопровождении; при этом остальное движение на ледовой дороге должно быть остановлено. Выгрузка тяжеловесов на лед должна производиться на настилы или на пену (сани), если вынос стрелы крана не превышает 20 м от борта судна. Груз весом до 73 т может опускаться на один настил, весом до 83 т — с распределением нагрузки на два настила, весом до 93 т — на три-четыре настила. При выгрузке тяжеловесов гидрологи контролируют прогиб льда у борта. Отстроповка груза производится по сигналу гидролога, после того как он убедится, что прогиб стабилизировался и не увеличивается после полного нагружения льда. После отстроповки тяжелая техника незамедлительно отводится от борта (несамоходная с использованием длинного троса). Необходимо обеспечить безостановочное движение тяжеловесов по льду. При буксировке несамоходных тяжеловесов следует держать наготове запасной трос (для оперативной замены в случае разрыва). После прохождения тяжелой

техники дорога осматривается гидрологами, после чего принимается решение о возможности прохождения следующей единицы тяжелой техники или о возобновлении обычного порядка движения.

6. Максимальная допустимая скорость движения по ледовой дороге 15 км/ч.

7. Минимальный допустимый интервал между машинами 100 м (один интервал между флажками). Обгон на льду категорически запрещен!

8. Двери автотранспорта должны быть открыты.

9. При въезде на грузовую ледовую площадку делается остановка. Подъезд к борту судна производится по сигналу ответственного лица. На грузовой площадке порожние машины уступают дорогу груженным машинам, отъезжающим от борта судна.

10. Стоянка под погрузкой ближе 20 м от борта судна допускается только на деревянных настилах (дорожных матах). Наиболее безопасное расположение машины у судна — перпендикулярно борту.

11. На ледовых дорогах присутствуют трещины различного происхождения. Большинство трещин «сухие» (смерзшиеся), однако вдоль линии берега в полосе шириной около 200 м расположена сеть сквозных приливных трещин. При расширении или «оживлении» трещин они должны быть перекрыты настилами (по согласованию с гидрологами). Проезд через трещины в объезд настилов запрещен!

12. Следует избегать остановки на льду груженой техники. В случае вынужденной остановки необходимо каждые 20—30 мин менять место остановки (переезжать на расстояние 10 м в любую сторону). При невозможности смены места следует выйти из кабины.

13. Если при переезде через трещину, не оборудованную настилом, замечено, что ее края прогибаются, следует незамедлительно сообщить об этом гидрологам для обследования трещины и принятия решения о необходимости перекрытия ее настилом.

14. При усилении ветра до 20 м/с и ухудшении видимости до значений менее 500 м выгрузка приостанавливается, техника убирается со льда.

15. При достижении состояния разрушенности припая 1 балл (появление отдельных снежиц на льду) рекомендуется приостанавливать эксплуатацию ледовой дороги в дневное время. При разрушенности припая 2 балла (снежицы по всей поверхности льда, лед местами затоплен) следует прекратить выгрузку и все работы на ледовой дороге.

16. На льду необходимо соблюдать чистоту. Любой мусор, пятна масла, грязь и т. п. в весеннее время являются очагами таяния льда.

ПРИЛОЖЕНИЕ 5.

ТИПОВАЯ ИНСТРУКЦИЯ ПО ОХРАНЕ ТРУДА ДЛЯ НАУЧНО-ОПЕРАТИВНОЙ ГРУППЫ ГИ- ДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ТГО НА ПРИПАЕ

1. ОБЩИЕ ТРЕБОВАНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ

1.1. Инструкция по охране труда при проведении работ на припайном льду является нормативным документом, устанавливающим требования безопасности при производстве работ по выполнению гидрометеорологических и ледовых наблюдений, инженерной подготовке грузовых и других ледовых площадок и дорог, передвижениях по льду, действий, связанных с постановкой морских судов в припай под разгрузку.

1.2. Требования к безопасности работ вытекают из следующих отраслевых правил: «Правила по охране труда при производстве наблюдений и работ на сети Росгидромета» — в части гидрометеорологических и ледовых наблюдений, разведки и выбора ледовых площадок и трасс, общих вопросов безопасности всех видов деятельности на морском льду, передвижения по льду; «Правила по охране труда на судах морского и речного флота» (2014) и «Правила охраны труда в морских портах ПОТ Р 0—152—31.82.03—96» (1996) в части разгрузки судов во льдах берегового припая. В вопросах, касающихся использования транспортных средств (морские суда, авиация, автомобильный транспорт, строительная и другая спецтехника), погрузо-разгрузочных операций с использованием судового грузового оборудования и автокранов, эксплуатации электроустановок, работ на высоте действуют соответствующие межотраслевые и ведомственные правила и инструкции.

1.3. К опасным и вредным факторам, характерным для работ на припайном льду, относятся:

- недостаточная несущая способность ледяного покрова (малая толщина и прочность льда);
- напряженное состояние ледяного покрова, вызванное избыточным давлением ветра, мощного снежного покрова, колебаниями уровня моря, распространением подо льдом волн зыби и т.п.;
- наличие трещин, глубоких снежниц, проталин, промоин;
- быстрое изменение ледовой обстановки (взлом, отрыв припая, отколы айсбергов в районах выводных ледников, подвижки льда и т.п.);
- быстрое ухудшение погоды (усиление ветра до штормового, возникновение метели, тумана).

1.4. К работе на припайном льду допускаются лица, имеющие соответствующую выполняемым работам квалификацию, прошедшие вводный и первичный на рабочем месте инструктажи по охране труда, медицинский осмотр и не имеющие противопоказаний для работы в Арктике.

1.5. Эти лица должны знать:

1) правила передвижения по льду, выполнения соответствующих видов работ на льду;

2) действия при провалах под лед и способы оказания помощи провалившимся;

3) действия при быстрых изменениях ледовой обстановки и ухудшении погоды (появление трещин, отрыв припая и т.п.);

4) правила безопасности при эксплуатации автономных электростанций и при работе с электроинструментом, если таковые применяются в работах на льду;

5) меры предосторожности и правила поведения при появлении в районе работ (базирования) белых медведей;

6) меры первичной (доврачебной) помощи при ожогах, обморожении, утоплении, переохлаждении, кровотечении и при других несчастных случаях.

1.6. Работающие на льду в Арктике должны иметь оружие, чтобы в случае появления белых медведей отогнать их от лагеря, а в крайнем случае убить, если они ведут себя агрессивно. Погоня за медведем и применение оружия, если нет опасности нападения, запрещается. При отсутствии у организации (подразделения) возможности обеспечить работающих на льду в Арктике служебным оружием сотрудники имеют право на хранение, ношение и применение в целях самообороны охотничьего огнестрельного оружия в соответствии с Федеральным законом «О гидрометеорологической службе» и при строгом соблюдении Федерального закона «Об оружии» и «Правил оборота гражданского и служебного оружия и патронов к нему на территории Российской Федерации» в действующей редакции.

1.7. Работающие на льду должны быть обеспечены спецодеждой и спецобувью соответствующими условиям работы.

1.8. Группы, работающие на морском льду, должны иметь надежную связь с берегом: звуковую, световую или радиосвязь.

1.9. Каждый работник, заметивший опасность, угрожающую людям, технике и имуществу, обязан принять зависящие от него меры по устранению или предотвращению этой опасности и немедленно сообщить об этом своему непосредственному руководителю или другому старшему должностному лицу.

1.10. Ответственность за подготовку, организацию и контроль безопасного проведения работ на льду возлагается на следующие лица:

1) при выполнении ледовой разведки, гидрометеорологических и ледовых наблюдений — на ответственного представителя организации, выполняющей эти работы (начальник экспедиции, начальник научно-оперативной (полевой) группы);

2) при проведении инженерно-технических мероприятий по обустройству ледовых площадок и дорог на ответственного представителя организации, выполняющей эти работы (начальник участка, начальник полевой группы и т.д.);

3) при проведении погрузо-разгрузочных работ и перевозке грузов по льду силами грузополучателя: на капитана судна по всем операциям с использованием судового грузового оборудования; на ответственного представителя грузополучателя по всем операциям, начиная от установки груза на транспортное средство, находящееся на льду, или непосредственно на лед (самоходный или буксируемый груз) и до выхода груза на берег.

1.11. Лица, виновные в нарушении настоящей инструкции, несут дисциплинарную, материальную и уголовную ответственность в соответствии с законодательством Российской Федерации.

2. ТРЕБОВАНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ ПЕРЕД НАЧАЛОМ РАБОТЫ

2.1. Требования безопасной организации работ

2.1.1. Перед началом работ на припаяе руководитель работ должен собрать всю возможную информацию о состоянии льда и обследуемой акватории:

1) навигационные карты с указанием глубин;
2) спутниковые снимки среднего и высокого разрешения;
3) карты ледовой разведки, визуального осмотра льда с берега или судна;

4) другая доступная информация (лоции, наблюдения ближайших береговых полярных станций, сведения по ледовому и гидрологическому режиму и т.д.);

2.1.2. Группы, работающие на льду, должны иметь GPS- или ГЛОНАСС-приемник или компас, оружие, ракетницы, портативные радиостанции, НЗ продовольствия на один-два дня с термосом горячей воды (чая), походную аптечку с запасом 100 см³ спирта.

2.1.3. В GPS/ГЛОНАСС-приемнике до выхода на лед должны быть забиты координаты береговой базы, обеспечен запасной комплект элементов питания.

2.1.4. Выполнение гидрометеорологических наблюдений и работ со льда разрешается с неподвижного пресного льда толщиной не менее 10 см и морского льда толщиной не менее 15 см при отсутствии промоин, проталин, снежниц. Работы с использованием снегоходов разрешаются при толщине морского льда не менее 25 см. Работы с использованием более тяжелой техники разрешаются после полной разведки маршрута пешком или на снегоходе при достаточной грузоподъемности льда.

2.1.5. Допускаемая нагрузка на лед может быть определена по формуле Казанского — Шульмана:

$$P = (B/N)h_2KS,$$

где P — допускаемая нагрузка на лед (т); B — коэффициент, равный 100 для колесных грузов, 125 для гусеничных грузов массой до 18 т, 115 для гусеничных грузов массой больше 18 т; h — наименьшая толщина льда (м); K — температурный коэффициент: $K = (100 + T)/100$, где T — средняя температура воздуха за прошедшие трое суток, взятая со знаком плюс (при продолжительной положительной температуре воздуха $K = 1 - 0,05n$ (здесь n — число суток с момента появления воды на льду)); S — коэффициент учета солености ($S = 1$ для пресных водоемов, 0,7 для распресненных водоемов и устьевых участков, 0,5 для однолетнего морского льда, 0,3 для молодого морского льда); N — коэффициент запаса прочности и учета трещин.

Для ровного льда без трещин при единовременном или периодическом проходе грузов на пределе прочности допускается принимать $N = 1$, при наличии сквозных трещин $N = 1,6$. При постоянно организованном прохождении грузов по ровному льду без трещин $N = 1,5$, при наличии сквозных трещин $N = 2,0$.

2.2. Требования к ледовым грузовым площадкам и ледовым трассам

2.2.1. Перед началом ледовой разведки ответственный представитель грузополучателя определяет: места складирования грузов на берегу; маршруты подъездов от мест складирования к береговой линии; тип транспортных средств, которые планируется задействовать в грузовых и транспортных операциях на льду.

2.2.2. В ходе ледовой разведки специалисты-гидрологи (научно-оперативная (полевая) группа) выбирают участки припая для обустройства грузовых ледовых площадок для постановки судов под разгрузку и маршруты транспортировки грузов по льду к берегу.

2.2.3. Выбор рабочих участков на припайном льду должен производиться с обязательными измерениями толщины льда и снега, глубины моря.

2.2.4. Пространственная дискретность точек измерений толщины льда зависит от степени неоднородности ледяного покрова, но не должна превышать 100 м. При наличии трещин на грузовых площадках или по маршрутам ледовых трасс толщина льда измеряется на обоих краях трещины.

2.2.5. Промеренные маршруты ледовых трасс и границы грузовых ледовых площадок должны быть размечены флажками или вехами.

2.2.6. По результатам ледовой разведки и промеров начальник научно-оперативной (полевой) группы (начальник отряда, специалист-гидролог) готовит письменное заключение о ледовых условиях в районе работ с приложением карты ледовой обстановки с нанесенными планируемыми объектами ледовой инфраструктуры и рекомендованным курсом подхода судна, профилем толщины ледяного покрова в графическом виде или таблицей толщин льда с указанием координат или расстояний от берега для каждой точки измерений, расчетной грузоподъемностью ледяного покрова. При необходимости к заключению прилагаются рекомендации по организации и проведению подготовительных инженерно-технических мероприятий по подготовке грузовых площадок и ледовых трасс к эксплуатации. Заключение о ледовых условиях согласуется с ответственными представителями грузополучателя и организации, осуществляющей инженерную подготовку ледовых площадок и трасс.

2.2.7. Выбор способов обустройства ледовых площадок и трасс (укатка снега, расчистка льда от снега и торосов, намораживание льда, устройство верхнего строения) осуществляет ответственный представитель грузополучателя в зависимости от сроков проведения грузовых и транспортных операций, ледовых условий, состава спецтехники и транспортных средств, задействованных в работах на льду. Поверхность ледяного покрова должна обеспечивать равномерное движение транспортных средств, перевозящих грузы от судна к берегу, без застревания в снегу и пробуксовок.

2.2.8. Размеры грузовых ледовых площадок должны обеспечивать возможность выгрузки грузов из всех трюмов судна и безопасное маневрирование транспортных средств при подаче под загрузку и отъезде от борта.

2.2.9. Количество и ширина ледовых трасс определяются числом задействованных в выгрузке транспортных средств, ледовыми условиями, техническими возможностями организации проведения мероприятий по борьбе со снежными заносами на трассах. Ледовые трассы должны исключать одновременное встречное движение транспортных средств, предусматривать возможность безопасных разъездов транспортных средств в случае вынужденной остановки техники на льду во избежание образования пробок, заторов.

2.2.10. При выборе маршрутов транспортировки грузов по льду следует максимально избегать пересечения трещин. При отсутствии возможности проложить маршрут в обход трещины (например, при вдольбереговых приливных трещинах) следует принять следующие дополнительные меры безопасности:

- необходимо убедиться, что по краям трещины отсутствуют «козырьки» с пониженной толщиной льда;
- при наличии сквозной трещины шириной более 5 см она должна быть перекрыта прочным настилом с опорой на каждый край трещины не менее 1 м;
- при ширине трещины от 20 см до 1 м длина опоры настила на каждый край трещины должна быть увеличена до 3—4 м;
- близко расположенные параллельные трещины должны быть перекрыты одним длинным настилом;
- заезды и съезды настилов не должны иметь ступенек во избежание ударной нагрузки на лед от проезжающих транспортных средств;
- по сравнению с ненарушенным льдом для перекрытой настилом трещины грузоподъемность льда снижается на 15 %, для не перекрытой настилом сквозной трещины грузоподъемность снижается на 57 %.

3. ТРЕБОВАНИЯ ОХРАНЫ ТРУДА ВО ВРЕМЯ РАБОТЫ

3.1. Ледовая разведка, гидрометеорологические и ледовые наблюдения с припайного льда

3.1.1. В зависимости от площади акватории и возрастной стадии (толщины) припайного льда ледовая разведка может выполняться пешим порядком, с использованием наземных транспортных средств (снегоходы, вездеходы) или с использованием авиации (вертолет, беспилотный летательный аппарат — БПЛА).

3.1.2. Маршрут ледовой разведки разрабатывается на основе картографических материалов, спутниковой информации, данных береговых или судовых ледовых наблюдений. Маршрут разведки утверждается ответственным представителем организации, выполняющей гидрометеорологическое обеспечение грузовых и транспортных операций непосредственно в районе работ.

3.1.3. При необходимости выполнения работ со льда неизвестной толщины и при наличии в нем промоин, проталин и снежниц должны быть приняты следующие меры предосторожности:

- а) в состав партии, выходящей на лед, должно входить не менее трех человек, которые следуют на лыжах или без них один за другим на расстоянии не ближе 3—4 м;

б) головной проверяет прочность льда пешней; в случае когда пешня пробивает лед с одного удара, следует вернуться и избрать другой путь;

в) впереди идущий должен быть обязан прочным шнуром, конец которого надежно держит идущий сзади. Остальные участники работ должны иметь багры на коротком древке (2—2,5 м) или шесты;

г) в состав оборудования партии должен входить прочный шнур длиной 25—30 м, который можно было бы бросить провалившемуся в воду участнику работ;

д) провалившемуся под лед участнику работ при отсутствии у него в руках длинномерного предмета следует широко раскинуть руки, чтобы не уйти под лед. Вылезать на лед следует, упираясь ногами в противоположный край льда. Выбравшись на лед, нужно ползти к берегу, если лед недостаточно прочный;

е) провалившемуся под лед нужно постараться передать какой-либо предмет (канат, доску, шест, багор, куртку и т.п.), который может помочь ему вылезти на лед.

3.1.4. В пургу и при скорости ветра более 20 м/с производство не экстренных работ на льду запрещается.

3.1.5. Сотрудники, работающие на льду, должны быть одеты в хорошо просушенную климатическую одежду, обувь, при низкой температуре воздуха иметь защитные маски.

3.1.6. В тех случаях, когда при производстве ледовых наблюдений появляется необходимость приблизиться к кромке припая, краю ледового канала, проталинам, промоинам, следует удостовериться в достаточной безопасности подхода к ним с принятием мер предосторожности, указанных в п.3.1.3.

3.1.7. Находясь на припайном льду, руководитель работ должен внимательно следить за погодными условиями. При появлении признаков тумана, сильного снегопада и метели, усилении ветра работы на припае следует прекратить, а участники работ должны выйти на берег, используя GPS/ГЛОНАСС-навигатор или компас. В случае потери ориентации следует прекратить движение по припайному льду, разбить временный лагерь и принять меры к установлению звуковой или радиосвязи с береговой базой или судном.

3.1.8. При выполнении ледовой разведки с использованием наземных транспортных средств (снегоход, вездеход) необходимо предварительно убедиться в том, что толщина льда на всем протяжении маршрута разведки обеспечивает достаточную грузоподъемность ледяного покрова в соответствии с п. 2.1.5. Двери кабины транспортного средства при движении по льду должны быть открыты. Скорость движения транс-

портного средства при выполнении ледовой разведки должна позволять водителю успеть остановиться в случае обнаружения на пути следования нарушения сплошности ледяного покрова (трещины, разводья, майны, канала и т. п.). Пересечение трещины транспортным средством допускается только после предварительного обследования ее специалистом-гидрологом и принятия необходимых мер по предотвращению подломов льда на краях трещин в соответствии с п. 2.2.10.

В случае ухудшения видимости или недостаточности обзора из кабины транспортного средства ледовый разведчик должен выйти из кабины и в пешем порядке следовать перед транспортным средством, указывая ему дорогу. При этом должен поддерживаться постоянный визуальный контакт между водителем и пешим ледовым разведчиком. Сигналы, подаваемые разведчиком водителю, должны быть понятны, однозначны и заранее оговорены. Если условия видимости не позволяют поддерживать визуальный контакт, движение должно быть прекращено. Если вынужденная остановка или стоянка превышают время безопасной стоянки на льду, определяемой в соответствии с п. 3.2.16, экипажу необходимо выйти из транспортного средства, взяв с собой средства связи, навигации, сигнализации (ракеты, фальшфейеры), продуктовый НЗ.

3.1.9. При выполнении ледовой авиаразведки ледовый наблюдатель согласовывает с командиром воздушного судна маршрут облета, высоту и скорость полета, необходимость выполнения посадок на лед. Бортнаблюдатели, участвующие в полетах, обязаны беспрекословно выполнять все указания командира воздушного судна в части правил поведения в самолете (вертолете) и аэропорту (на вертолетной площадке). О всех неполадках, создающих угрозу безопасности полету, заметивший их обязан немедленно доложить командиру экипажа. Каждый бортнаблюдатель обязан знать устройство имеющихся на борту спасательных средств и уметь ими пользоваться.

Выполнение инструментальных измерений с борта воздушного судна разрешается проводить только через специально приспособленные для этой цели люки и окна с соблюдением необходимых мер предосторожности. Выполнение указанных операций через не приспособленные для таких работ окна и двери воздушного судна запрещается. Работы, связанные с открыванием дверей, люков, окон, выполняются только с разрешения командира воздушного судна.

В момент взлета и посадки, а также по окончании производства авианаблюдений все бортнаблюдатели и служебные пассажиры, находящиеся в салоне воздушного судна, должны находиться в креслах с пристегнутыми привязными ремнями.

При выполнении ледовой авиаразведки с подсадками на лед (для измерения толщины льда и попутных наблюдений) выбор места подсадки должен производиться при высоте солнца не менее 5°.

Визуально толщина льда определяется:

- по размерам обломков льда в торосах;
- по превышению льда над урезом воды в свежих трещинах и каналах;
- по характеру гряд торошения и наслоения;
- по цвету в разломах;
- по общему виду поверхности льда;
- по состоянию снежного покрова (снег в виде плоских образований округлой формы — толщина льда 20—30 см; снег в виде наддувов и заструг одного направления — толщина льда 30—45; наличие наддувов и заструг во многих направлениях — лед толщиной 50—70 см).

Высадка людей на лед разрешается при толщине льда не менее 30 см и только в том случае, если на льду нет трещин.

Высадка людей на лед с вертолета должна производиться в режиме «висения». Вначале высаживается только один человек с надетым спасательным жилетом и страховочным поясом с обязательным соблюдением мер предосторожности при работах на морском льду (п. 3.1.3). Задачей этого сотрудника является определение толщины и состояния поверхности льда.

Измерения толщины льда и попутные наблюдения во время подсадки вертолета на лед выполняются в непосредственной близости от двери — в зоне наименьшего воздействия воздушного потока от винтов вертолета. Отход от вертолета производится только в безопасном секторе — вперед и право от двери. Категорически запрещен обход вертолета при вращающихся винтах и выход в район хвостовой балки (за исключением выгрузки через задние створки под контролем члена экипажа). Все предметы, используемые при наблюдениях в ходе подсадки с работающим двигателем, должны надежно удерживаться в руках или прижиматься ко льду ногами с давлением веса тела. Длинномерные предметы (шнеки, вехи, рейки, доски и т. п.) следует держать ориентированными горизонтально во избежание попадания их во вращающиеся лопасти.

3.2. Использование на льду спецтехники и автотранспорта

3.2.1. К выезду на лед допускаются транспортные средства, вес которых с учетом груза не превышает допустимую нагрузку на лед, определяемую в соответствии с п. 2.1.5. Коэффициент запаса прочности N определяется на основании табл. 1 (см. раздел 3.3).

3.2.2. Движение по льду на пределе прочности сопряжено с большим риском. Организация такого движения может быть разрешена только в экстренных случаях при непосредственном контроле состояния льда специалистами-гидрологами с принятиями всех мер, исключающих остановку транспортных средств на льду.

3.2.3. Быстрое движение по льду сопровождается волнообразными колебаниями ледяного покрова и образованием под льдом водной волны. Безопасная скорость движения по льду должна быть меньше скорости распространения подледной волны, определяемой по формуле $C=(g \cdot H)^{1/2}$, где g — ускорение свободного падения, H — глубина водоема. Скорость движения, равная скорости распространения подледной волны, является критической, так как в этом случае имеют место резонансные явления, которые ускоряют износ ледовой дороги за счет образования трещин, а в предельном случае могут привести к пролому льда.

3.2.4. На ледовой трассе должна сохраняться равномерная скорость движения. Резкие торможения и обгон впереди идущих машин запрещаются.

3.2.5. Интервал при движении определяется формулой $l = 300 \cdot h$, где h — толщина льда (м), вычисленная в соответствии с п. 2.1.5 для заданного веса транспортного средства. Если фактическая толщина льда на трассе больше h , то интервал может быть уменьшен до $l = 200 \cdot h$.

3.2.6. Встречное движение по одной полосе ледовой трассы запрещается.

3.2.7. При появлении на трассе заполненной водой колеи и выбоин она должна быть перенесена на новые участки ледяного покрова. В весеннее время после обсыхания льда от талой воды максимальное движение должно быть перенесено на время ночных и утренних заморозков.

3.2.8. При интенсивном движении грузов в ледяном покрове возникают необратимые деформации (явление «усталости» льда). Одновременно верхний слой подвергается сильному механическому разрушению. В связи с этим рекомендуется давать ледовой трассе отдых.

3.2.9. При эксплуатации ледовых трасс необходимо избегать загрязнения льда, так как оно вызывает ускорение таяния и уменьшение прочности льда.

3.2.10. Следует избегать заправки техники горючим на льду. Пролитый бензин и масло следует тщательно удалять со льда, а очищенные места засыпать снегом.

3.2.11. При резких изменениях уровня воды (сгонно-нагонные явления, сизигийные приливы) необходимо внимательно следить за состоянием льда, поскольку в это время могут оживать старые и образовываться

новые трещины. Рекомендуется на этот период снижать допустимую нагрузку на 20 %.

3.2.12. Все трещины на ледяном покрове в тех местах, где проходят грузовые и транспортные операции, должны быть отмечены на вычерченной схеме трассы. За трещинами должно быть установлено систематическое наблюдение. При появлении промоин и проталин работа техники на льду воспрещается.

3.2.13. Передвижение и работа на льду в туман и пургу воспрещается, транспортные средства на лед не выпускаются, а при наступлении этих явлений в пути движение приостанавливается. При этом техника должна быть рассредоточена на льду, а тяжелые машины должны быть установлены на доски для увеличения опорной площади.

3.2.14. При выходе на лед должна быть предусмотрена возможность быстро покинуть транспорт. Двери кабины у всех транспортных средств должны быть всегда открыты. В случае треска, подлома льда следует немедленно покинуть кабину.

3.2.15. При остановке транспорта на льду следует иметь в виду, что перевозить по льду можно груз большей массы, чем масса груза, которую можно положить на лед. Груз, оставленный на льду, вызывает пластическую деформацию льда, которая, постепенно нарастая, через некоторое время может привести к тому, что груз провалится под лед. Во избежание пластических деформаций не разрешается сосредотачивать транспорт и грузы в одном месте и на длительное время. По истечении допустимого времени стоянки груз следует переместить на другое место.

3.2.16. При необходимости длительной остановки для работ на льду время стоянки грузов определяется по формуле:

$$t = 20 \left[\frac{(P_{\max} - P)^2}{P_{\max}} (m + 1) \right]^3,$$

где t — время стоянки, ч; $P_{\max}$ — максимальная допустимая масса груза (в тоннах) в соответствии с п.2.1.5; P — масса груза, для которой подсчитывается допустимое время стоянки, т; m — определяется по табл. 2 раздел 5.4.).

3.2.17. На ледовых площадках и трассах должен быть предусмотрен аварийно-спасательный инвентарь по табелю, утвержденному руководителем грузовых и транспортных операций (доски, ваги, канаты, ледовые якоря, длинный буксирный трос и т.д.).

3.2.18. При образовании на ледовой трассе новой трещины переезд через нее разрешается только после обследования ее специалистом-ги-

дрологом с принятием дополнительных мер безопасности, указанных в п. 2.2.10. Подъезд к трещине ближе чем на 10 м запрещен.

3.2.19. При свежем отжимном ветре, когда возможен отрыв припая или его части, а также при сильном ветре скоростью более 20 м/с, сильном тумане, метели работа транспорта и спецтехники, нахождение людей на морском льду не разрешаются. При наступлении этих явлений допуск транспорта на лед прекращается и вся техника и люди убираются со льда.

3.2.20. При появлении сквозных промоин, проталин, кратковременных подвижек льда применение автотранспорта и спецтехники запрещается.

3.2.21. При распространении под льдом волн зыби, вызывающих изгибные колебания ледяного покрова, необходимо приостановить все работы на льду, вывести технику и людей на берег до прекращения этого явления.

3.3. Ледовая безопасность у борта судна

3.3.1. При работе ледокола по прокладке канала и заколке судна в припай на ледовой площадке должно находиться минимально необходимое количество специалистов и технических средств. Расположение технических средств, имущества и личного состава на льду определяется руководителем работ на льду и специалистом-гидрологом, осуществляющим координацию действий с капитанами ледокола и грузового судна. Запрещается размещать технические средства и имущество, а также находиться кому-либо на льду по курсу движения судов.

3.3.2. После заделки судна в припай для разгрузки состояние льда на ледовой площадке должно быть обследовано специалистом-гидрологом. При организации выгрузки одним бортом в широком канале следует завести ледовые якоря для предотвращения отжима судна от края канала.

3.3.3. При организации подъезда и отъезда транспорта к борту судна под погрузку и маневрировании в пределах ледовой площадки должна быть исключена возможность подъезда к каналу за кормой судна и к участкам льда, подвергшимся разрушению при заделке судна в лед. Эти участки должны быть размечены и ограждены.

3.3.4. На льду у борта судна против подлежащего разгрузке трюма под грузовой стрелой должна быть оборудована площадка (настил) площадью не менее 12 м² из бревен, бруса или толстых досок.

3.3.5. Наиболее безопасным способом подачи техники под погрузку является подъезд и стоянка перпендикулярно борту. Если вынос грузовых стрел не позволяет загружать транспорт, стоящий перпендикулярно борту, площадь настилов должна быть увеличена таким образом, чтобы

исключить маневрирование техники у борта по льду, не оборудованному настилами.

3.3.6. При отсутствии настилов у борта подход техники к борту судна ближе чем на 15 м запрещается, а отвод саней от борта должен производиться при помощи удлиненного троса.

3.3.7. Не допускается накапливание груза у борта судна на припайном льду. С борта судна груз должен быть перемещен сразу на транспортные средства (кузов, сани, пена). В крайних случаях допускается временное складирование небольших партий груза в местах, указанных руководителем работ и согласованных со специалистом-гидрологом.

3.3.8. Не допускается скопление транспортных средств у борта судна. Транспортные средства на припайном льду необходимо рассредоточивать в местах, указанных руководителем работ и согласованных со специалистом-гидрологом. При продолжительных грузовых операциях зона стоянки транспортных средств в ожидании погрузки должна быть обозначена указателем или знаком остановки.

3.3.9. Подъезд транспортного средства к борту судна под погрузку производится по сигналу стропальщика из состава бригады, принимающей груз на льду.

3.3.10. При погрузке груза на несамоходную буксируемую технику (прицеп, сани, пена) подход буксировщика (трактор, транспортер, автомобиль) к борту судна ближе чем на 15 метров запрещается, а отвод груженой буксируемой техники от борта осуществляется на удлиненном тросе.

3.3.11. Категорически запрещается производить разворот гусеничных транспортных средств на расстоянии ближе 50 м от борта судна.

3.3.12. При ухудшении метеорологической или ледовой обстановки груз, опущенный на лед, должен быть поднят на борт судна, а транспортные средства должны быть выведены на берег или рассредоточены на льду.

4. ТРЕБОВАНИЯ ОХРАНЫ ТРУДА В АВАРИЙНЫХ СИТУАЦИЯХ

4.1. При возникновении ситуации, угрожающей здоровью или жизни людей, а также сохранности груза и техники, грузовые операции должны быть остановлены.

4.2. Участник работ на льду, обнаруживший признаки аварийной или опасной ситуации (подвижка льдов, образование или расширение трещины, взлом припая, дорожно-транспортное происшествие, возгорание, появление белого медведя и т. д.), должен немедленно доложить об этом любым доступным способом своему руководителю, а при его отсутствии — вышестоящему руководству.

4.3. Руководитель работ совместно с начальником научно-оперативной (полевой) группы гидрометеорологического обеспечения и капитаном судна (во время разгрузки) при получении сигнала о возникновении аварийной или опасной ситуации оценивают степень опасности и принимают решение о принятии необходимых мер, дают указания участникам работ по рации, через посыльных или заранее установленными сигналами.

4.4. Если аварийную ситуацию создает ухудшение ледовой обстановки, вся техника выводится на берег, поднимается на борт судна или рассредоточивается в зависимости от уровня угрозы.

4.5. При подломе льда под транспортным средством, при ДТП или аварийной остановке на льду пассажиры и водитель (машинист) должны немедленно выйти на лед. Попытки самостоятельно выехать с места подлома льда опасны для жизни.

4.6. При несчастном случае на любом участке требуется остановить работы, вызвать врача, приступить к оказанию первой помощи, доложить о случившемся руководителю работ, принять меры к сохранению обстановки, при которой произошел несчастный случай, если это не угрожает жизни и здоровью окружающих.

4.7. По сигналу аварийной остановки должна выполняться остановка средств и механизмов независимо от того, каким способом и кем был подан сигнал.

5. ТРЕБОВАНИЯ ОХРАНЫ ТРУДА ПО ОКОНЧАНИИ РАБОТ

5.1. Техника выводится со льда на берег или поднимается на судно (в зависимости от принадлежности).

5.2. Бригадиры погрузо-разгрузочных бригад проводят мероприятия по завершению грузовых операций.

5.3. Настилы убираются от борта судна с учетом мер безопасности, указанных в п. 3.3, и распределяются на льду в случае продолжения разгрузки следующих судов или убираются со льда (на берег или на борт судна) при полном завершении грузовой операции. Место складирования настилов отмечается вехами на случай снежных заносов.

5.4. Проверяется наличие личного состава — участников работ на льду.

5.5. Руководители подразделений, бригадиры докладывают руководству о завершении грузовых операций.

5.6. Руководитель работ объявляет личному составу об окончании работ на льду