

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
Российской Федерации
РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ
(РГГМУ)

Допущен к защите
на кафедре
к.т.н., доцент

Кафедра гидрометрии

Д.И. Исаев

ДИПЛОМНЫЙ ПРОЕКТ

Гидрологическая оценка состояния Обской губы для транспортировки сжиженного газа из порта Сабетта в Карское море

Выполнил: А.Д. Прохоров
Г-64 ФЗО

Руководитель: к.т.н., доцент
Г.Н. Угренинов

Санкт-Петербург
2016

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
Российской Федерации
РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ
(РГГМУ)

Допущен к защите
Зав. кафедрой
к.г.н., доцент
Д.И. Исаев

Кафедра гидрометрии

ДИПЛОМНЫЙ ПРОЕКТ

**Гидрологическая оценка
состояния Обской губы
для транспортировки
сжиженного газа
из порта Сабетта
в Карское море**

Выполнил: А.Д. Прохоров
Г-64 ФЗО

Руководитель: к.т.н., доцент
Г.Н. Угренинов

Санкт-Петербург
2016

СОДЕРЖАНИЕ

Введение	4
1 Местоположение объекта проектирования	9
2 Природные характеристики Обской губы	10
2.1 Краткая климатическая характеристика региона проектирования	10
2.1.1 Общие сведения	10
2.1.2 Радиационный баланс	11
2.1.3 Температура воздуха	11
2.1.4 Температура почвы	13
2.1.5 Осадки	13
2.1.6 Влажность воздуха	14
2.1.7 Снежный покров	14
2.1.8 Ветровой режим	14
2.1.9 Атмосферные явления	16
2.2 Краткая гидрологическая характеристика Обской губы	18
2.2.1 Общие сведения	18
2.2.2 Приливо-отливные и сгонно-нагонные денивеляции водной поверхности	19
2.2.3 Обзор сведений о течениях при приливо-отливных и сгонно-нагонных денивеляциях	19
2.2.4 Ветровое волнение на акватории проектирования	20
2.2.5 Ледовый режим Обской губы	21
2.2.6 Температура воды Обской губы	23
2.2.7 Соленость воды Обской губы	23
2.2.8 Мутность воды Обской губы и деформации береговых откосов	24
2.2.9 Батиметрическая основа	25

3	Оценка заносимости трасс подходного канала	26
3.1	Факторы заносимости подходного канала	26
3.2	Расчет годового слоя осаждения взвешенных наносов	28
3.3	Расчет заносимости морского канала (по 4-м вариантам про- кладки)	29
3.3.1	Расчетная методика Л.А. Логачева по оценке заноси-мости мор- ских каналов	29
3.3.2	Обоснование расчетного коэффициента α	31
3.3.3	Глубина акватории по трассе канала	32
3.3.4	Гидрометеорологические исходные данные для определения вы- соты волны 1% обеспеченности при шторме повторяемостью «1 раз в 25 лет»	33
3.3.5	Расчет высоты волны 1% обеспеченности при шторме повторе- мостью «1 раз в 25 лет»	35
3.3.6	Расчет годового слоя отложений	36
3.3.7	Обобщение полученных результатов	39
3.4	Выводы	41
3.5	Предварительный состав дополнительных исследований, необ- ходимых для уточнения полученных показателей заносимости канала	42
	Заключение	43
	Список использованных источников	45

ВВЕДЕНИЕ

Заносимость подходного канала к Южно-Тамбейскому газоконденсатному месторождению – п. Сабетта (см. рис. 1.1 - 1.5) определяется ориентацией трассы, параметрами прорези, батиметрическими особенностями акватории и гидрометеорологическими условиями северной части Обской губы.

В Концепции обустройства газовых месторождений Обской и Тазовской губ [1] указаны природные условия, способные повлиять на проектные решения при гидротехническом строительстве. Прежде всего, это высокая изменчивость погоды, низкие температуры воздуха, сложный гидрологический режим.

Обская губа представляет собой водный объект, где проявляются факторы как морского, так и речного происхождения. Приливо-отливные и сгонно-нагонные денивеляции водной поверхности, наряду с сильным волнением, оказывают существенное влияние на навигационную обстановку в Обской губе. Длительное наличие ледяного покрова с грядами торосов (стамух), а также навалы льда на осушки и отмели существенно усложняют навигационную обстановку на акватории проектирования.

На решение поставленной задачи (оценка заносимости канала) влияет еще один важный фактор, а именно: высокая концентрация взвешенных наносов в воде Обской губы, связанная, в частности, с поступлением в воду продуктов обрушения отвесного берегового откоса (клифа).

Несмотря на сравнительно разреженную сеть гидрометеорологических наблюдений, имеется значительное количество опубликованных материалов (большой частью – статьи в технических журналах), позволяющих оценить и ранжировать значимость перечисленных выше факторов, определяющих судоходные условия и заносимость проектируемого канала.



Рис. 1.1 Карта региона Ямало-Ненецкого автономного округа



Рис. 1.2 Возможные пути транспортировки сжиженного газа из порта п. Сабетта.

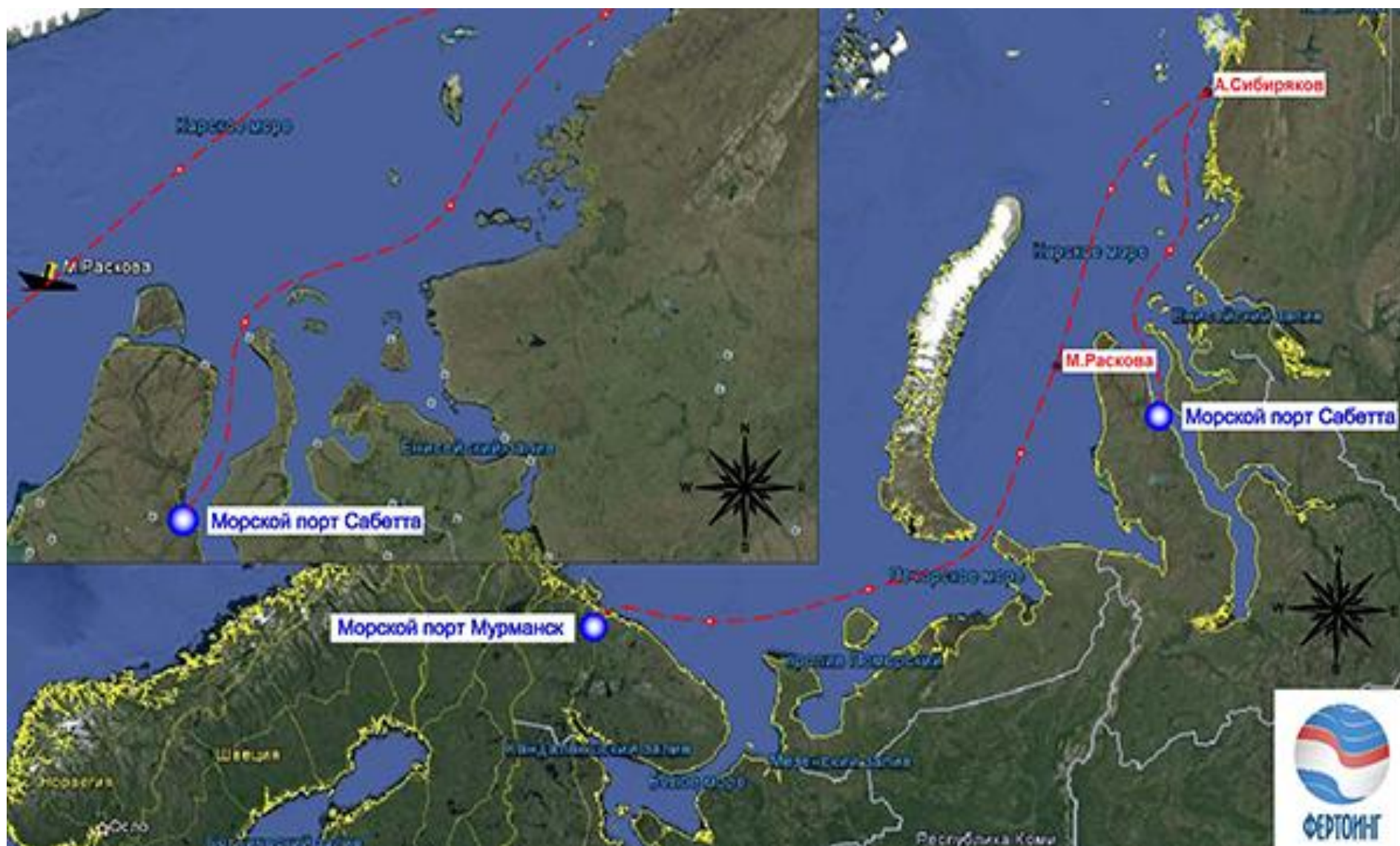


Рис. 1.3 Морские пути транспортировки сжиженного газа из порта п. Сабетта

1. МЕСТОПОЛОЖЕНИЕ ОБЪЕКТА ПРОЕКТИРОВАНИЯ

Северная часть Обской губы, являющаяся акваторией проектирования, расположена севернее $71^{\circ} 40'$ с.ш. и восточнее $72^{\circ} 30'$ в.д.

Обская губа на участке севернее Тазовской губы имеет практически меридиональное направление, что существенно влияет на водообмен между Карским морем и реками, впадающими в Обскую и Тазовскую губы (см. рис. 1.6).

Западный берег губы обрывистый, возвышающийся над водой на 15 и более метров. Подводный склон сформирован в результате обрушения берега. Глубины на акватории в среднем колеблются от 9 до 20 метров, имеется ряд банок, а на севере у п. Дровяного находится небольшая мелководная бухта Преображения.



Рис. 1.6. План северной части Обской губы.

2. ПРИРОДНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ОБСКОЙ ГУБЫ

2.1. Краткая климатическая характеристика региона проектирования

2.1.1. Общие сведения

Климатические условия полуострова Ямал обусловлены неравномерным поступлением в течение года солнечной радиации, особенностями атмосферной циркуляции и близостью холодного Карского моря [2].

Полуостров Ямал располагается в пределах субарктического и арктического поясов за пределами полярного круга. Арктическое влияние преобладает здесь в течение теплого периода года, его распространение в летнее время препятствует развитию лесной растительности и является основной причиной развития тундры, южная граница которой может служить климатической границей арктического пояса. Равнинность территории и расположение её на севере Западно-Сибирской низменности, открытой к северу, делают территорию легко доступной воздействию арктических воздушных масс, которые отличаются большой сухостью и низкими температурами во все сезоны года.

Климат тундры отличается весьма продолжительной и холодной зимой с сильными ветрами, коротким холодным и пасмурным летом с довольно частыми заморозками, а иногда и со снегом, но длительным световым днём. В течение всего года велика облачность и значительная относительная влажность.

Годовая величина испарения из-за низких температур и большой относительной влажности невелика. Величина испаряемости значительно меньше слоя осадков, поэтому данная территория характеризуется избыточно влажным климатом.

Холодная и длительная зима с малой высотой снежного покрова обуславливает глубокое и длительное промерзание почвы, что приводит к формированию в тундре многолетней мерзлоты.

2.1.2. Радиационный баланс

Климат полуострова Ямал складывается преимущественно под воздействием радиационных факторов. Воздействие Карского моря сказывается главным образом в понижении летних температур, зимой оно не оказывает заметного влияния на климат территории. Годовое количество суммарной радиации, поступающей за год, составляет 3250 МДж/м².

2.1.3. Температура воздуха

Термический режим рассматриваемой территории характеризуется следующим образом: суровая продолжительная зима, холодное лето, короткие переходные сезоны (весна и осень), поздние весенние и ранние осенние заморозки, короткий безморозный период (см. рис. 2.1).



Рис 2.1. Зимние условия в порту Сабетта

Суровость термического режима прежде всего определяется очень низкой среднегодовой температурой воздуха, которая составляет здесь минус 10,4°С. Самый холодный месяц – февраль, со средней месячной температурой, равной минус 25,9°, соответственно и среднегодовой минимум температуры воздуха также наблюдается в феврале и составляет минус 30,0°. Самый тёплый месяц – август, средняя температура которого составляет 6,4°; средний максимум температуры в этот месяц равен 9,4°. Абсолютный минимум температуры воздуха достигает минус 49,4°, абсолютный максимум – +30,0°. Подробные сведения о температуре воздуха приведены в табл.2.1.

Таблица 2.1

Температура воздуха, метеостанция п. Тамбей

Характеристика	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Год
Среднемесячная и годовая температура воздуха, С (с 1936 по 2005 гг.)	-24,7	-25,9	-23,6	-16,4	-7,1	0,8	5,4	6,4	2,7	-6,1	-15,4	-21,0	-10,4
Абсолютный максимум температуры воздуха, С (с 1936 по 2005 гг.)	0,7	0,3	0,2	3,0	10,0	26,2	30,0	26,4	19,9	10,0	2,9	1,0	30,0
Средний максимум температуры воздуха, С (с 1936 по 2005 гг.)	-20,3	-21,6	-18,9	-11,9	-4,1	3,1	9,4	9,4	4,9	-3,2	-11,7	-16,7	-6,9
Абсолютный минимум температуры воздуха, С (с 1936 по 2005 гг.)	-48,3	-49,4	-45,4	-41,4	-30,9	-13,0	-2,6	-3,2	-18,9	-33,1	-43,1	-48,0	-49,4
Средний минимум температуры воздуха, С (с 1936 по 2005 гг.)	-29,0	-30,0	-27,9	-21,3	-10,4	-1,2	2,7	3,8	0,6	-9,0	-19,4	-25,1	-14,0

2.1.4. Температура почвы

Рассматриваемая территория входит в зону развития сплошной многолетней мерзлоты. Мощность мерзлой толщи у полярного круга колеблется от 400 - 450 до 250 - 300 м. Распределение температуры поверхности почвы размещается по территории аналогично температуре воздуха. Средние месячные температуры поверхности почвы отличаются от соответствующих температур воздуха незначительно: зимой поверхность почвы холоднее воздуха на десятые доли градуса, летом теплее на 1-2°С. При наибольшем охлаждении (как правило, в феврале) температура поверхности почвы может достигать минус 55 - минус 59°С.

2.1.5. Осадки

Количество и распределение осадков в данном регионе определяется, главным образом, особенностями общей циркуляции атмосферы. В рассматриваемом районе выпадает всего 314 мм осадков в год. Общее число дней с осадками составляет 123. Такое сравнительно небольшое количество осадков связано с малым влагосодержанием преобладающего здесь арктического воздуха.

Из годового количества осадков на холодный период (с ноября по апрель) приходится лишь 42%. Таким образом, зимний сезон отличается относительной сухостью.

Годовой минимум осадков приходится на март-май. Основное количество осадков выпадает в летне-осенний период с максимумом в июле-августе (см. табл. 2.2).

Таблица 2.2

Месячные суммы осадков, метеостанция п. Тамбей

Месяц	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Год
Осадки, мм	26	22	19	19	19	26	37	37	36	27	21	25	314

Характерной особенностью осадков является их очень малая интенсивность. В летнее время и осенью, когда велико число

пасмурных дней (около 20 в месяц), преобладают низкие слоистые облака, из которых выпадают морозящие осадки. Ливневые осадки с грозами наблюдаются в среднем один раз за лето, максимум – два.

2.1.6. Влажность воздуха

Относительная влажность воздуха, характеризующая степень насыщения атмосферы водяным паром, очень высока в течение всего года (более 80%). В годовом ходе наиболее высокая относительная влажность отмечается в сентябре (90%), минимальная – в феврале-марте (81%) (см. табл. 2.3).

Таблица 2.3

Средняя месячная и годовая относительная влажность воздуха, метеостанция п. Тамбей

Месяц	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Год
Относительная влажность, %	82	81	81	82	87	89	88	89	90	88	87	85	86

2.1.7. Снежный покров

Устойчивый снежный покров на полуострове Ямал залегает в среднем с 10 октября до 13 июня, таким образом, число дней со снежным покровом составляет 247. В виде снега выпадает 46% от всего количества осадков. Благодаря малому количеству зимних осадков снежный покров невысокий и очень уплотнённый под влиянием сильных ветров.

Наибольшие средние декадные высоты снежного покрова (по постоянной рейке) накапливаются к концу апреля – началу мая и составляют 38-39см.

2.1.8. Ветровой режим

Характерной чертой для рассматриваемого района являются ярко выраженные муссонообразные ветры: зимой с охлаждённого материка на океан, летом – с океана на сушу. В зимнее время преобладают южные ветры (табл.2.4).

Таблица 2.4

Повторяемость направления ветра и штилей (%),
метеостанция п. Тамбей

Месяц	С	СВ	В	ЮВ	Ю	ЮЗ	З	СЗ	Штиль
I	11	8	11	18	20	12	10	9	2
II	9	9	8	10	18	18	13	13	1
III	11	7	8	12	16	15	16	14	1
IV	18	10	9	9	11	10	16	16	1
V	18	15	12	10	11	9	13	11	1
VI	18	18	11	9	7	8	13	13	2
VII	10	22	16	16	6	8	12	8	1
VIII	15	25	16	7	6	8	11	10	1
IX	15	12	11	10	19	13	12	8	1
X	14	7	10	8	16	17	13	13	2
XI	13	9	8	8	15	16	18	12	2
XII	9	8	8	14	23	14	12	11	2
Год	13	13	11	11	14	12	13	11	1

Летом, когда давление над Арктикой становится больше, чем на материке, господствуют ветры северных направлений. Наибольшую повторяемость имеют северо-восточные ветры, определяемые влиянием конфигурации береговой линии Обской губы.

В целом за год повторяемость направлений ветра по различным румбам колеблется в небольших пределах – от 11 до 14%.

Скорости ветра значительны в течение всего года, поэтому повторяемость штилей невелика, всего 1-2%.

Средние месячные скорости ветра превышают 5 м/с, в целом за год средняя скорость составляет 5,8 м/с. Наибольшие средне-месячные скорости ветра относятся к осенне-зимнему периоду и

достигают в октябре 6,4 м/с. Минимальные среднемесячные скорости ветра отмечаются летом и составляют 5,2-5,6 м/с (см. табл. 2.5).

Таблица 2.5

Среднемесячная и годовая скорости ветра (м/с),
метеостанция п. Тамбей

Месяц	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Год
Скорость ветра	5,7	6,0	6,1	5,8	6,2	5,2	5,2	5,6	5,4	6,4	6,2	6,1	5,8

На рассматриваемой территории иногда возникают шквалы – это резкое усиление и изменение направления ветра в течение короткого времени. Скорость ветра при шквале нередко превышает 20-30 м/с, продолжительность явления обычно несколько минут. В большинстве случаев шквалы наблюдаются при грозе. Наименьшее число дней со шквалом на данной территории наблюдается в октябре и ноябре.

В табл. 2.6 приведены данные о наибольшей скорости ветра различной повторяемости.

Таблица 2.6

Наибольшие скорости ветра (м/с) различной повторяемости,
метеостанция п. Тамбей

Характеристика	Скорости ветра (м/с), возможные один раз за указанное число лет:			
	1	5	10	20
Скорость ветра	29	34	36	38

2.1.9. Атмосферные явления

В табл. 2.7 приведены среднее и наибольшее число дней с различными атмосферными явлениями (туманы, грозы, метели).

Таблица 2.7

Облачность и атмосферные явления (по 2005 г.), метеостанция п. Тамбей

Характеристика	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Год
ОБЛАЧНОСТЬ (1936-1965) [1]													
Общая облачность (баллы)	6.4	5.6	5.7	6.6	8.1	8.4	7.7	8.4	8.8	8.8	7.4	6.2	7.3
Нижняя облачность (баллы)	3.4	2.7	2.4	3.8	6.2	6.8	5.9	6.6	7.6	7.3	5.0	3.5	5.1
ТУМАН													
Среднее число дней с туманом	1	0,8	2	2	4	9	9	7	5	4	2	2	50
Наибольшее число дней с туманом	5	3	6	8	11	16	18	14	13	11	9	6	72
ГРОЗА													
Среднее число дней с грозой	-	-	-	-	-	0,09	0,2	0,09	-	-	-	-	0,4
Наибольшее число дней с грозой	-	-	-	-	-	2	1	1	-	-	-	-	2
МЕТЕЛЬ													
Среднее число дней с метелью	11	10	10	9	6	1	0,04	-	0,2	5	12	13	78
Наибольшее число дней с метелью	26	19	20	15	13	4	1	-	2	12	19	19	104

Туманы. Высокая влажность и близость холодного моря с плавающими льдами способствует в летнее время частому образованию туманов, которые имеют здесь адвективное происхождение, они приносятся к берегам моря от кромки льдов. Среднее число дней с туманом в летние месяцы составляет 7-9, в зимние – 1-2, в целом за год наблюдается 50 дней с туманом (табл. 2.7).

Максимальное число дней с туманом за год достигало 72. Максимальная продолжительность туманов наблюдается в июле и составляет 69 часов, минимум продолжительности (3 часа) - в феврале. В отдельных случаях продолжительность туманов может достигать 2-4 суток. Туманы больше чем в 50% случаев летом образуются ночью или в первой половине дня, зимой – днём или в предвечерние часы.

Грозы. Рассматриваемая территория отличается слабо развитой грозовой деятельностью. Годовое число дней с грозой незначительно и в среднем составляет 0,4 дня, т.е. из 10 лет бывает 4 года с грозой (табл. 2.7). Максимальное число дней с грозой (2 дня) наблюдалось в 1985 году.

Метели. Суровость зимы в рассматриваемом районе увеличивается благодаря большим скоростям ветра и частым метелям, которые нередко возникают внезапно и часто переходят в пургу. В среднем за год наблюдается 78 дней с метелью (табл. 2.7).

2.2. Краткая гидрологическая характеристика Обской губы

2.2.1. Общие сведения

Отметки уровней воды Обской губы изменяются в большом диапазоне. Максимальные отметки связаны с прохождением экстремального по высоте половодья на реках, впадающих в Обскую губу.

По данным подрядных организаций Новатэк, один раз в 100 лет возможно достижение отметки уровня 4,73 м БС. При совпадении фаз экстремальных сгонов и отлива отметки поверхности могут понижаться до минус 1,41 м БС (P=97%) и даже ниже.

Средний многолетний уровень воды в бухте Новый Порт составляет около минус 0,38 м БС, а у Тамбея - минус 0,36 м БС.

Эти данные заслуживают доверия и подтверждаются, в частности, наблюдениями за уровнями воды на мысу Каменном (минус 0,38 м БС), тем более что в Новом Порту наблюдения ведутся с 1944 года.

Принятая отметка **наинизшего теоретического уровня** (НТУ) составляет минус 1,20 м БС. Расчетная отметка **наинизшего судоходного уровня** (НСУ) принята равной минус 1,35 м БС (один раз в 20 лет).

2.2.2. Приливо-отливные и сгонно-нагонные денивеляции водной поверхности

Для акватории проектирования характерны полусуточные приливо-отливные явления.

Максимальное изменение уровня во время приливов и отливов колеблется от 1,3 м (п. Сабетта) до 1,6 м (м. Поелово).

Нагонные подъемы уровня превышают приливные максимумы.

По ряду сведений допустимо принять диапазон суммарных приливо-отливных и сгонно-нагонных денивеляций водной поверхности равным 3,0 м.

2.2.3. Обзор сведений о течениях при приливо-отливных и сгонно-нагонных денивеляциях

При северных ветрах сизигийные приливы вызывают в Обской губе течения, направленные к югу со скоростью до 1,0 м/с, а квадратурные приливы сопровождаются течениями в южном направлении со скоростью до 0,5 м/с.

Сизигийный отлив при северном ветре приводит к возникновению течений в северном направлении со скоростью до 0,75 м/с, а при квадратуре – также в северном направлении со скоростью до 0,35 м/с.

При южных ветрах и сизигийном приливе течение направлено на юг, но с меньшей скоростью ($V \leq 0,5$ м/с); при квадратурном приливе и южном ветре скорость течения на акватории проектирования близка к нулю.

При южном ветре и сизигийном отливе течение направлено на север и имеет скорость до 1 м/с, а в квадратуру – также на север со скоростью до 0,75 м/с.

В штиль и при сизигийном приливе течение направлено на юг со скоростью до 0,77 м/с, а при квадратурном приливе – также на юг со скоростью до 0,36 м/с.

Сизигийный отлив в штиль приводит к возникновению течений в северном направлении со скоростью до 1,0 м/с, а в квадратуру – также на север со скоростью до 0,50 м/с.

Следует отметить, что повторяемость штилевых периодов в Обской губе очень мала.

Ветра западного и восточного направлений оказывают сравнительно незначительное воздействие на водную поверхность. При таких ветрах основными факторами, вызывающими подъем и спад уровней, являются речной сток и приливо-отливы.

Анализ разнородной информации позволяет установить, что на акватории проектирования в течение суток наблюдается 4 периода (примерно первый и шестой-седьмой часы водного времени), каждый продолжительностью около получаса, когда скорости течения не превышают 0,10 м/с. Эти периоды некоторыми авторами именуется как время «кроткой воды». Учитывая направленность выполняемой работы, периоды «кроткой воды» приобретают особое значение, поскольку в это время возможно интенсивное осаждение взвешенных наносов, которыми, как будет показано ниже, изобилуют воды Обской губы.

2.2.4. Ветровое волнение на акватории проектирования

Согласно сведениям, представленным в Лоции Карского моря (ч.2) Обь-Енисейский район, 2001 г. (корректурa 2010 г) [4], наиболее сильное ветровое волнение в Обской губе – при устойчивых северных и южных ветрах. В течение всего безледного периода повторяемость волн высотой до 1 м составляет 50-60%.

На участке мыс Дровяной-мыс Хонарасаля при северном ветре:

- при скорости ветра 8 м/с – средняя высота волны – 0,8 м.
- при скорости ветра 10 м/с – средняя высота волны – 1.1 м.
- при скорости ветра 15 м/с – средняя высота волны – 1.5 м.
- при скорости ветра 20 м/с – средняя высота волны – 1.8 м.

На участке мыс Дровяной - мыс Хонарасаля при южном ветре:

- при скорости ветра 8 м/с – средняя высота волны – 0,7 м.
- при скорости ветра 10 м/с – средняя высота волны – 1.0 м.
- при скорости ветра 15 м/с – средняя высота волны – 1.4 м.
- при скорости ветра 20 м/с – средняя высота волны – 1.7 м.

Максимальная возможная высота волны на этом участке – 4.9 м

Максимальная возможная длина волны на этом участке – 53 м

В соответствии с рекомендациями Руководства по методам исследования и расчетов перемещения наносов и динамики берегов при инженерных изысканиях [3], по участкам проектируемых трасс подходного канала рассчитаны высоты волн (1% в системе) при ветровом случае повторяемостью 1 раз в 25 лет и уровне воды обеспеченностью 5%. Результаты расчетов представлены ниже в п. 3.3.5.

2.2.5. Ледовый режим Обской губы

Описание ледового режима Обской губы базируется в основном на архивных материалах МорГЕО.

В конце мая, когда лед достигает максимальной толщины, начинается разрушение ледяного покрова в южной части Обской губы. В начале июня под действием ветра и волнения взламывается припай в северной части губы и северная граница припая смещается до бухты Тамбей. В первой декаде июля взламывается ледяная перемычка в средней части Обской губы.

Последовательность очищения губы ото льда идентична последовательности процесса взлома припая: сначала (конец июня)

очищается южная часть губы, затем (первая половина июля) – северная и в последнюю очередь (вторая половина июля) – средняя. При благоприятных условиях полное очищение губы ото льда наступает в первой декаде июля, при неблагоприятных – в третьей декаде августа. Как правило, в конце июля, в августе, сентябре и начале октября в Обской губе льда нет. В конце первой и начале второй декады октября в губе начинается устойчивое ледообразование. Наиболее раннее появление льда отмечается на прибрежном мелководье вблизи мыса Дровяной и бухты Новый Порт. У западного побережья Обской губы, изобилующего отмелями, молодой лед появляется через 2-3 суток после установления температуры воздуха ниже 0°C, а у восточного, более приглубого, берега – через 6-8 суток.

В годы с холодной осенью сало и шуга образуются уже во второй декаде сентября.

На установление припая оказывают большое воздействие соленость воды и ветровой режим. Неподвижный лед обычно устанавливается вдоль береговых отмелей при толщине молодого льда 20-30 см. Исключением является дельта реки Обь, где ледостав наступает при толщине льда 15 см.

Годовая толщина ровного льда достигает наибольшего значения в мае и колеблется от 1.6-1.8 м. В экстремальные зимы толщина ровного льда достигает 2.4 м.

Количество торосов в центральной части губы невелико – 1-3 тороса на километр. Дрейф льда в Обской губе имеет преобладающее направление – с юга на север. Скорость дрейфа – 0.1 - 0.15 м/с и максимальная скорость дрейфа льда – 0.8 м/с.

К ледовым условиям, существенным для инженерных сооружений, относятся:

- длительное наличие ледяного покрова и его временная изменчивость;
- существование припая с грядами торосов (стамух) и приливными трещинами, а также крупных ледяных образований: торосов и ледяных полей;

- навалы льда на берега, особенно на осушки и пляжи – прежде всего в осенний и весенний периоды, когда у берега нет устойчивого припая;

- лёд может быть выброшен на расстояние от десятков до сотен метров от уреза воды;

- экзарация дна ледяными образованиями, то есть пропахивание дна килями дрейфующих торосов на мелководных акваториях.

В среднем продолжительность ледового периода составляет 290 суток, а безледного – 75.

2.2.6. Температура воды Обской губы

Температура воды Обской губы приведена по данным Лоции Карского моря (ч.2) Обь-Енисейский район, 2001 г. (корректурa 2010 г) [4].

Среднемесячная температура воды за месяцы безледного периода такова:

- июль 2°C;
- август 5° C;
- сентябрь 2°C;
- октябрь – ниже 0°C.

2.2.7. Солёность воды Обской губы

В период половодья на реках, впадающих в Обскую губу, а также в осенние паводки солёность поверхностного слоя воды в губе резко уменьшается (в отдельных случаях до 1 – 2 ‰).

На глубине 3–4 метра в ряде случаев в тёплый период года наблюдается резкое возрастание солёности с 5 – 10‰ до 20‰.

На глубинах 8 м и более солёность, как правило, превышает 20‰

Резкое уменьшение солёности в поверхностном слое свидетельствует о возрастании речного притока, при этом течение в

верхних горизонтах направлено преимущественно в северном и северо-западном направлениях, а скорость значительна (порядка 1,0 м/с и более).

2.2.8. Мутность воды Обской губы и деформации береговых откосов

В энциклопедическом справочнике Брокгауза и Ефрона [5] отмечается значительная мутность воды Обской губы.

В работе [6] Д. Н. Айбулатов указывает на существенную мутность рек, стекающих с межбассейновых водосборных территорий (МБВТ) и впадающих, в частности, в Карское море. Средняя за год мутность воды рек Обско-, Пур - Тазовского бассейнов составляет 37,5 г/м³.

В сентябре-октябре 2007 года сотрудниками ИО РАН [7] были произведены в водах Карского моря и, в частности, в Обской губе отборы проб воды на мутность. Установлено, что мутность воды в Обском эстуарии в период производства этих работ колебалась в пределах 64–85 г/м³.

Возрастание мутности воды Обской губы по сравнению с речной водой объясняется поступлением твердого материала в результате обрушения береговых откосов. По данным авторов «Динамики берегов Карского моря» [8], происходит значимое отступление берегов Карского моря. Для побережья Обской губы характерен темп отступления берега «менее 1 м в год». Авторы указывают, что «главную роль в разрушении морских берегов играют волны высотой до 1 м. Разрушение берегов за счет штормов, как правило, не превышает 20%».

Еще более детальную информацию о состоянии клифа Обской губы сообщает Е.В. Коченов в статье «О проблемах укрепления берегов при проектировании объектов в устьях заполярных рек и на берегах Обской губы» [9]. Автор указывает, что в устье р. Нярямаха с 1987 по 2001 гг. берег регрессировал в среднем на 4,3 м в год. В среднем же для Обской губы Е.В. Коченов определяет скорость регрессии порядка 0,5 – 0,7 м в год. По мнению этого автора, сравнительно небольшой темп регрессии на открытых (не приустьевых) участках берега объясняется частичной

компенсацией твердого материала наносами, поступающими из устьев рек.

2.2.9. Батиметрическая основа

Навигационная карта северной части Обской губы (М 1:100000) составлена по результатам промерных работ 1969, 1973-1980 и 1976-1979 гг. Глубины на этой карте отсчитываются от отметки наинизшего теоретического уровня (НТУ), равной минус 1,20 м БС.

В 2010 году на акватории проектирования произведены промеры глубин. Совмещение продольника, соответствующего навигационной карте и промерам по трассе, приблизительно совпадающей с трассой судоходного канала.

В целом, допустимо утверждать о преобладании тенденции к аккумулятивному развитию процесса деформации рельефа дна. Однако, этот процесс протекает неравномерно по длине Обского эстуария и различается по ширине губы. Есть основания предположить, что в зоне пересечения губы параллелью 72° с.ш. в прибрежной зоне у западного берега эстуария поднятие отметок дна составляет около 3-5 см в год.

Заметен рост отметок дна на северном свале глубин ниже отметок минус 10,5 м БС. Здесь темп аккумуляции примерно 2-3 см в год.

3. ОЦЕНКА ЗАНОСИМОСТИ ТРАСС ПОДХОДНОГО КАНАЛА

3.1. Факторы заносимости подходного канала

Заносимость подходного канала – результат нестационарного и неравномерного по длине канала процесса движения и отложения влекомых (донных) наносов, а также осаждения взвешенных наносов (см. рис 3.1- 3.3). Аккумуляция твердого материала связана с прокладкой прорези и с общим накоплением наносов на дне акватории проектирования.

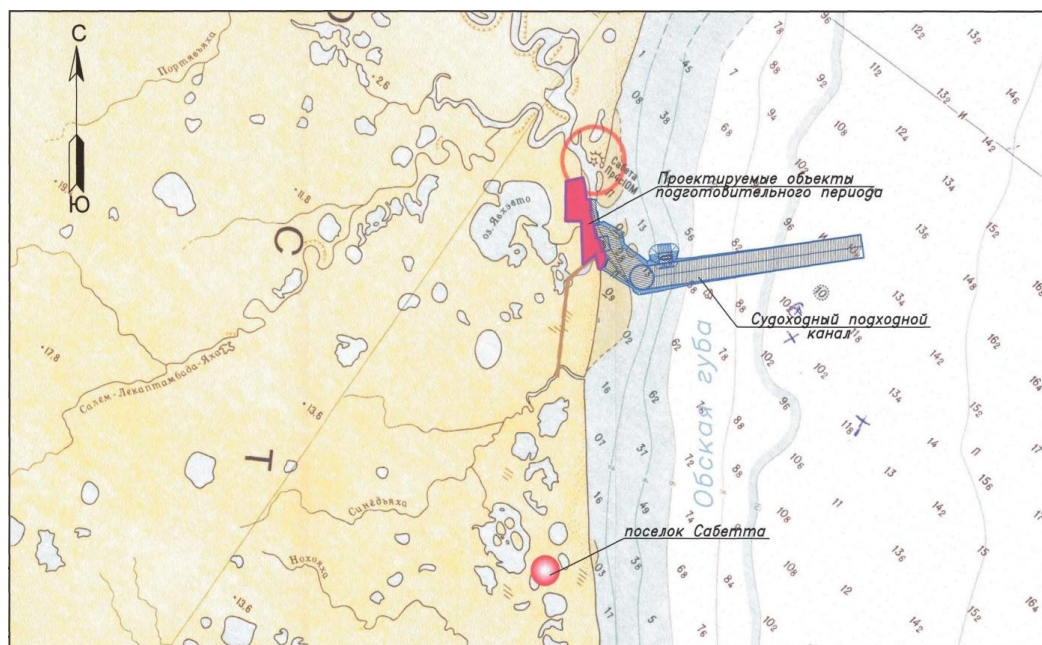


Рис.3.1. Подходной канал к порту Сабетта.

Интенсивность накопления грунта на дне канала зависит от ориентации трассы, от геометрических параметров прорези, от забровочных глубин, от скоростной структуры водной массы, от характеристик волнения. Важную роль играют физико-механические состав и свойства грунтов, слагающих дно и борта канала, а также концентрация взвешенных наносов.

Учет перечисленных факторов при оценке заносимости осуществляется прямо или косвенно в рамках методик, изложенных, в частности, в Руководстве [3].



Рис.3.2. Схема ледозащитных сооружений порта Сабетта.



Рис.3.3. Общий вид акватории порта Сабетта.

3.2. Расчет годового слоя осаднения взвешенных наносов

По прямым или косвенным свидетельствам авторов использованных источников [5-9], мутность воды Обской губы отличается повышенными показателями.

Учитывая особенности скоростной структуры водных масс Обской губы, осаднение взвешенных наносов происходит, прежде всего, в периоды «кроткой воды». Как было указано выше, в северной части Обской губы это примерно получасовые промежутки в 1 и 6-7 часы водного времени, когда скорость течения, прямого и обратного, менее 0,10 м/с.

Продолжительность периода осаднения взвешенных наносов (T_0) определена при следующих допущениях:

- Принято, что интенсивность осаднения значима при отсутствии льда.

- Средняя продолжительность безледного сезона $T_{\text{бл}}=75$ суток.

- При южных ветрах в квадратурный прилив течение отсутствует 2 часа (при этом общая за безледный сезон продолжительность отсутствия течения – 1,6 суток = 138272 с).

- Вероятность совпадения случаев южного ветра и сизигийного прилива принята незначимой.

- Продолжительность периода осаднения принята равной $T_0=7,05$ сут=609152 с, с учетом повторяемостью ветров 8 румбов и за вычетом периодов отлива при южных ветрах.

Расчет заносимости выполнен таким образом:

- Средняя крупность взвешенных наносов принята равной $d=0,05$ мм.

- Температура воды за безледный сезон составляет 2,5°C.

- Гидравлическая крупность $W=0,001$ м/с.

Принятая мутность воды $S=74,2$ г/м³.

Масса частиц взвеси, осевших на 1 м² дна (ω) за период T_0 , равна

$$m_0 = W \cdot \omega \cdot S \cdot T_0 \cdot 10^{-6} = 0,001 \cdot 1 \cdot 74,2 \cdot 609152 \cdot 10^{-6} = 0,045 \text{ (т)}.$$

- Плотность частиц взвешенных наносов $\gamma_{\text{ч}}=2,65 \text{ т/м}^3$.

- По рекомендациям СН 288-64 [10], пористость грунта из взвеси, осевшей на дно, принята равной $n=0,8$.

- Плотность скелета осевшего на дно материала составляет

$$\gamma_{\text{сух}} = \gamma_{\text{ч}} \cdot (1-n) = 2,65 \cdot (1-0,8) = 0,53 \text{ (т/м}^3\text{)}.$$

- Объем взвеси, осевшей на 1 м^2 дна за период T_0 , равен

$$V_0 = \frac{m_0}{\gamma_{\text{сух}}} = \frac{0,045}{0,53} \approx 0,085(\text{м}^3).$$

- Толщина слоя взвеси, осевшей на дно за безледный сезон, составляет $\Delta h_0 = 0,085 \text{ м}$.

В зависимости от ориентации и габаритов подходного канала часть этих отложений размывается и транспортируется течением в Карское море во время высоких половодий и паводков. По экспертной оценке, размыв происходит при максимальных речных расходах повторяемостью 1 раз в 10 лет и реже (это так называемые «руслоформирующие расходы» воды рек, впадающих в Обскую и Тазовскую губы).

3.3. Расчет заносимости морского канала (по 4-м вариантам прокладки)

3.3.1. Расчетная методика Л.А. Логачева [3, 11] по оценке заносимости морских каналов

3.3.1.1. Оценка заносимости морского канала определяется через так называемый коэффициент заносимости (p), представляющий отношение толщины годового слоя отложений наносов (δ) к глубине прорези (H):

$$p = \frac{\delta}{H}. \quad (3.1)$$

На основании исследований с учетом того, что в большинстве случаев главным фактором, вызывающим заносимость каналов, является волнение, Логачевым предложена следующая

формула для оценки коэффициента заносимости, отвечающего многолетней норме:

$$p = \frac{\alpha h_{1\%}}{\sqrt{d_0}} . \quad (3.2)$$

где: $h_{1\%}$ - высота волны 1% обеспеченности при расчетном шторме повторяемостью «1 раз в 20-25 лет»;

d_0 - глубина воды в канале-прорези;

α – коэффициент, значение которого (для линейных размеров в м) принимаются равным:

0,5 – для илов;

0,4 – для заиленных песков;

0,3 – для песков.

При дефиците наносов и для каналов, проложенных под острым углом к берегу, рекомендуется $\alpha = 0,15$.

На основании вышеприведенных формул получается следующее выражение для определения толщины годового слоя отложений:

$$\delta = \frac{\alpha h_{1\%}(d_0 - d_f)}{\sqrt{d_0}} , \quad (3.3)$$

здесь: $H = d_0 - d_f$ – глубина прорези, где d_f - забровочная глубина.

3.3.1.2. Согласно [3], описанный выше метод применим при глубинах канала до 13,0 м. При большей глубине применение метода возможно с использованием рекомендаций, изложенных в работе В.Г. Мирошниченко [15]. В соответствии с указанным источником метод Логачева может быть экстраполирован в область глубин, превышающих 13,0 м, при условии, что глубина прорези не превышает некоторого критического значения, определяемого формулой:

$$H_K = \operatorname{arsh} \left(\frac{5h_{1\%} \cdot k_w \cdot c_w}{D_{10\%}^{0,4}} \right) \cdot \frac{1}{k_w} - d_f , \quad (3.4)$$

где (в дополнение к введенным ранее обозначениям):

k_w – волновое число, м^{-1} ;

c_w – скорость распространения расчетной волны в месте выхода канала на естественные глубины, м/с ;

$D_{10\%}$ – диаметр фракций отложений на дне канала, соответствующий 10% обеспеченности, мм .

Проведенными расчетами установлено, что для рассматриваемого случая критическая глубина прорези существенно больше проектных значений, что позволяет корректно экстраполировать метод Логачева в область глубин, превышающих 13,0 м.

3.3.1.3. В [3, табл.29] на основании исследований Логачева показано, что вследствие изменения гидрометеорологических условий заносимость морских каналов колеблется от года к году в очень широких пределах; причем приблизительно одинаковых для всех каналов (табл.3.1).

Таблица 3.1

Соотношение годовых слоев отложений
разной обеспеченности

Обеспеченность, %	1	5	10	25	50	75	90	95	99
В долях от нормы	1,95	1,60	1,50	1,25	1,00	0,80	0,65	0,60	0,45

3.3.2. Обоснование расчетного коэффициента α

3.3.2.1. Грунт в северной части Обской губы в полосе наибольших глубин - песчанистый ил, а ближе к берегу – илистый песок [4].

3.3.2.2. Согласно [12] в Обскую губу ежегодно поступает около 20 млн. т наносов: из Оби (основной вклад), Тазовской губы, других рек и от абразии берегов.

В [9] отмечается, что скорость регрессии берегов Обской губы составляет от 0,5 до 4,3 м/год.

3.3.2.3. С учетом изложенного выше (пп.3.3.2.1, 3.3.2.2), оценка заносимости канала выполнена с использованием формулы (3.3), при $\alpha = 0,4$.

Поскольку, как уже отмечалось, в методе Логачева определяющим фактором при заносимости канала является волнение, а рассматриваемая акватория относится к числу замерзающих, расчетное значение коэффициента α уточнено путем введения понижающего множителя K .

При определении множителя K будем ориентироваться на мягкую зиму. Согласно [4], в районе Дровяного мыса (северная часть канала):

- дата устойчивого ледообразования (поздняя) - 30.X;
- дата окончательного очищения от льда (ранняя) – 28.VI.

Тогда период открытой воды на рассматриваемой акватории в мягкую зиму составит 124 дня. Поэтому расчетное значение коэффициента α было принято с учетом понижающего множителя:

$$K = 124/365 = 0,34$$

В результате чего имеем: $\alpha = 0,4 \cdot 0,34 = 0,136$.

При выполнении оценки заносимости морского канала в качестве расчетного значения было принято $\alpha = 0,14$.

3.3.3. Глубина акватории по трассе канала

Отметка дна прорези (канала) после проведения дноуглубительных работ – «минус» 15,2 м БС.

Подходной канал-прорезь проектируется на акватории с естественными отметками дна от «минус» 15,2 м БС.

Отметим, что профиль естественного дна в меридиональном направлении для 4-х вариантов отличается следующая качественная особенность: при движении с севера на юг вначале отмечается подъем дна, а затем следует участок плавного увеличения глубин. Уклоны дна не превышают 0,001, т.е. трасса каналов лежит в мелководной зоне акватории.

3.3.4. Гидрометеорологические исходные данные для определения высоты волны 1% обеспеченности при шторме повторяемостью «1 раз в 25 лет»

3.3.4.1. Исходные данные по гидрометеорологическим параметрам шторма повторяемостью «1 раз в 25 лет» для определения высоты волны 1% обеспеченности представлены в табл.3.2.

3.3.4.2. Оценка заносимости канала выполнена для ветров северных направлений, поскольку предварительными расчетами установлено, что для мелководной зоны отношение $h_{1\%} / d_0^{0,5}$ (3.3) увеличивается с ростом расчетной глубины. В Обской губе нагонные явления обусловлены действием ветров северных направлений.

3.3.4.3. В [4] отмечается, что максимальная величина суммарных колебаний уровня у мыса Дровяной составляет около 3,0 м. Наименьший теоретический уровень составляет «минус» 1,2 м БС, в качестве *расчетного значения уровня при шторме* (ветра северного направления) было принято значение *«плюс» 1,80 м БС.*

3.3.4.4. С учетом того, что в районе строительства береговая линия носит сложный характер (рис.3.4), и ввиду значительной протяженности каналов, разгон (для дальнейшего определения параметров волнения) был определен для двух створов:

- начало канала (северная часть) – участок мелководной акватории, достаточно открытый для ветров северного направления;
- трасса канала с понижающимися отметками естественного дна - мелководная зона, укрытая от северных ветров в гораздо большей степени.



Рис.3.4. Сложные очертания береговой линии Обской губы в районе строительства (к определению эквивалентного разгона).

Таблица 3.2

Гидрометеорологические характеристики
для расчета высоты волны 1% обеспеченности при шторме
повторяемостью «1 раз в 25 лет»

Направление ветра	Расчетная скорость ветра, U , м/с [2]	Уровень, Δ , м БС [4]	Разгон, F , км	Участок
С	38,0	«Плюс» 1,8	190	Северная часть канала с повышающимися отметками дна (с севера на юг)
			70	Участок канала с понижающимися отметками дна (с севера на юг)

Примечание. Эквивалентный разгон определялся следующим образом: средняя высота волны вычислялась в соответствии со СНиП 2.06.04-82 (п.14*), с учетом сложной береговой линии (рис.3.1); затем определялся эквивалентный разгон, соответствующий определенной средней высоте волны.*

Следует, однако, отметить, что при расчетных скорости ветра и глубинах по трассам канала, влияние разгона, при его значении 70 км и более, крайне незначительно (см. ниже табл. 3.3 – 3.6).

3.3.5. Расчет высоты волны 1% обеспеченности при шторме повторяемостью «1 раз в 25 лет»

3.3.5.1. Расчетные значения высоты волны 1% обеспеченности на рассматриваемом участке определялись в соответствии с Указаниями Р 31.3.07-01 (разд. «Элементы волн на мелководной акватории») [16]. Наряду с Указаниями при расчете параметров волнения использовались также материалы [13 , 14].

Расчетные значения высоты волны 1% обеспеченности по трассе канала при шторме повторяемостью «1 раз в 25 лет» приведены ниже в табл.3.3 – 3.6.

3.3.5.2. Следует отметить, что используемые при оценке заносимости значения расчетной высоты волны вполне удовлетворительно соотносятся с имеющимися данными о характере волнения на рассматриваемой акватории.

Так, в материалах [1] отмечается, что на акватории Обской губы при глубине воды относительно НТУ 10,3 – 12,0 м высота волны 1% обеспеченности при шторме повторяемостью «1 раз в 100 лет» составляет 4,17 м (высота волны 0,1% обеспеченности при этом – 4,94 м). Приведённые выше значения глубины соответствуют отметкам дна «минус» 11,5 – «минус» 13, 2 м БС. Применяемая расчетная методика для глубины 13,3 м (10,3 + 1,2 + 1,8), при скорости ветра 38 м/с и разгоне 70 км даёт такие же значения.

Согласно [4], на акватории о-в Шокальского – мыс Дровяной максимальная высота волны 6,2 м. По расчетной методике на северном участке трассы на входе в канал-прорезь (на траверзе мыса Дровяной) при расчетной глубине 17,0 м (15,2 + 1,8) высота волны 0,1% обеспеченности составляет 6,3 м.

Важно подчеркнуть, что проведенное выше сопоставление, по существу, охватывает весь диапазон изменения расчетных глубин по трассе канала-прорези.

3.3.6. Расчет годового слоя отложений

Для определения слоя наносов канал по длине разбит на участки; разница отметок дна (расчетных глубин) на концах участка составляет $\pm 1,0$ м. Расчетные параметры – глубина прорези и высота волны – определялись для осреднённой по длине участка глубине воды. Годовой слой отложений определен для каждого из участков, на основании чего вычислена также осредненная по длине канала толщина слоя отложений за год.

Отметим еще раз, что расчеты выполнялись при коэффициенте $\alpha = 0,14$ (п.3.3.2.3), для отметки дна канала «минус» 15,2 м БС.

Результаты расчетов для 4-х вариантов трасс каналов-прорезей представлены в табл. 3.3 - 3.6.

Для наглядности на рис.3.5 приведены гистограммы среднегодового слоя отложений для всех вариантов канала с разбивкой по участкам, а также с осредненными значениями.

Таблица 3.3

Определение годового слоя отложений для канала
по варианту 1

Пикетаж	Длина участка	Отметки дна	Средняя глубина при расчетном уровне “плюс” 1,8 м БС	Глубина прорези	Высота волны $h_{1\%}$	Коэффициент заносим ρ	Годовой слой наносов δ
км	км	м БС	м	м	м	-	см
22,6							
23,8	1,2	от -15,2 до -14	16,4	0,6	5,13	0,174	10,5
25,9	2,1	от -14 до -13	15,3	1,7	4,86	0,165	28,1
30,0	4,1	от -13 до -12	14,3	2,7	4,61	0,157	42,3
36,7	6,7	от -12 до -11	13,3	3,7	4,36	0,148	54,8
46,7	10,0	от -11 до -12	13,3	3,7	4,22	0,143	53,0
56,5	9,8	от -12 до -13	14,3	2,7	4,45	0,151	40,8
60,5	4,0	от -13 до -14	15,3	1,7	4,67	0,159	27,0
60,9	0,4	от -14 до -15,2	16,4	0,6	4,91	0,167	10,0
Осредненный по длине канала годовой слой отложений							43,2

Таблица 3.4

Определение годового слоя отложений для канала по варианту 2

Пикетаж	Длина участка	Отметки дна	Средняя глубина при расчетном уровне "плюс" 1,8 м БС	Глубина пролези	Высота волны $h_{1\%}$	Коэффициент заносим ρ	Годовой слой наносов δ
км	км	м БС	м	м	м	-	см
25,1							
27,5	2,4	от -15,2 до -14	16,4	0,6	5,13	0,174	10,5
29,2	1,7	от -14 до -13	15,3	1,7	4,86	0,165	28,1
34,5	5,3	от -13 до -12	14,3	2,7	4,61	0,157	42,3
47,0	12,5	от -12 до -11,4	13,5	3,5	4,41	0,150	52,4
51,3	4,3	от -11,4 до -12	13,5	3,5	4,26	0,145	50,6
62,2	10,9	от -12 до -13	14,3	2,7	4,45	0,151	40,8
67,7	5,5	от -13 до -14	15,3	1,7	4,67	0,159	27,0
72,9	5,2	от -14 до -15,2	16,4	0,6	4,91	0,167	10,0
Осредненный по длине канала годовой слой отложений							38,0

Таблица 3.5

Определение годового слоя отложений для канала по варианту 3

Пикетаж	Длина участка	Отметки дна	Средняя глубина при расчетном уровне "плюс" 1,8 м БС	Глубина пролези	Высота волны $h_{1\%}$	Коэффициент заносим. ρ	Годовой слой наносов δ
км	км	м БС	м	м	м	-	см
24,0							
26,5	2,5	от -15,2 до -14	16,4	0,6	5,13	0,174	10,5
29,1	2,6	от -14 до -13	15,3	1,7	4,86	0,165	28,1
35,2	6,1	от -13 до -12	14,3	2,7	4,61	0,157	42,3
42,3	7,1	от -12 до -11,6	13,6	3,4	4,43	0,150	51,1
57,8	15,5	от -11,6 до -12	13,6	3,4	4,29	0,146	49,5
73,7	15,9	от -12 до -13	14,3	2,7	4,45	0,151	40,8
76,8	3,1	от -13 до -14	15,3	1,7	4,67	0,159	27,0
81,9	5,1	от -14 до -15,2	16,4	0,6	4,91	0,167	10,0
Осредненный по длине канала годовой слой отложений							39,2

Таблица 3.6

Определение годового слоя отложений для канала по варианту 4

Пикетаж	Длина участка	Отметки дна	Средняя глубина при расчетном уровне "плюс" 1,8 м БС	Глубина прорези,	Высота волны $h_{1\%}$	Коэффициент заносим ρ	Годовой слой наносов δ
км	км	м БС	м	м	м	-	см
34,0							
35,1	1,1	от -15,2 до -14	16,4	0,6	5,13	0,174	10,5
40,6	5,5	от -14 до -13	15,3	1,7	4,86	0,165	28,1
45,6	5,0	от -13 до -12	14,3	2,7	4,61	0,157	42,3
52,0	6,4	от -12 до -11,5	13,55	3,45	4,42	0,150	51,8
65,4	13,4	от -11,5 до -12	13,55	3,45	4,28	0,145	50,1
74,9	9,5	от -12 до -13	14,3	2,7	4,45	0,151	40,8
78,6	3,7	от -13 до -14	15,3	1,7	4,67	0,159	27,0
83,6	5,0	от -14 до -15,2	16,4	0,6	4,91	0,167	10,0
Осредненный по длине канала годовой слой отложений							38,7

По оси ординат указан годовой слой наносов (см);

По оси абсцисс – расстояние (км) по длине канала-прорези (с севера на юг).

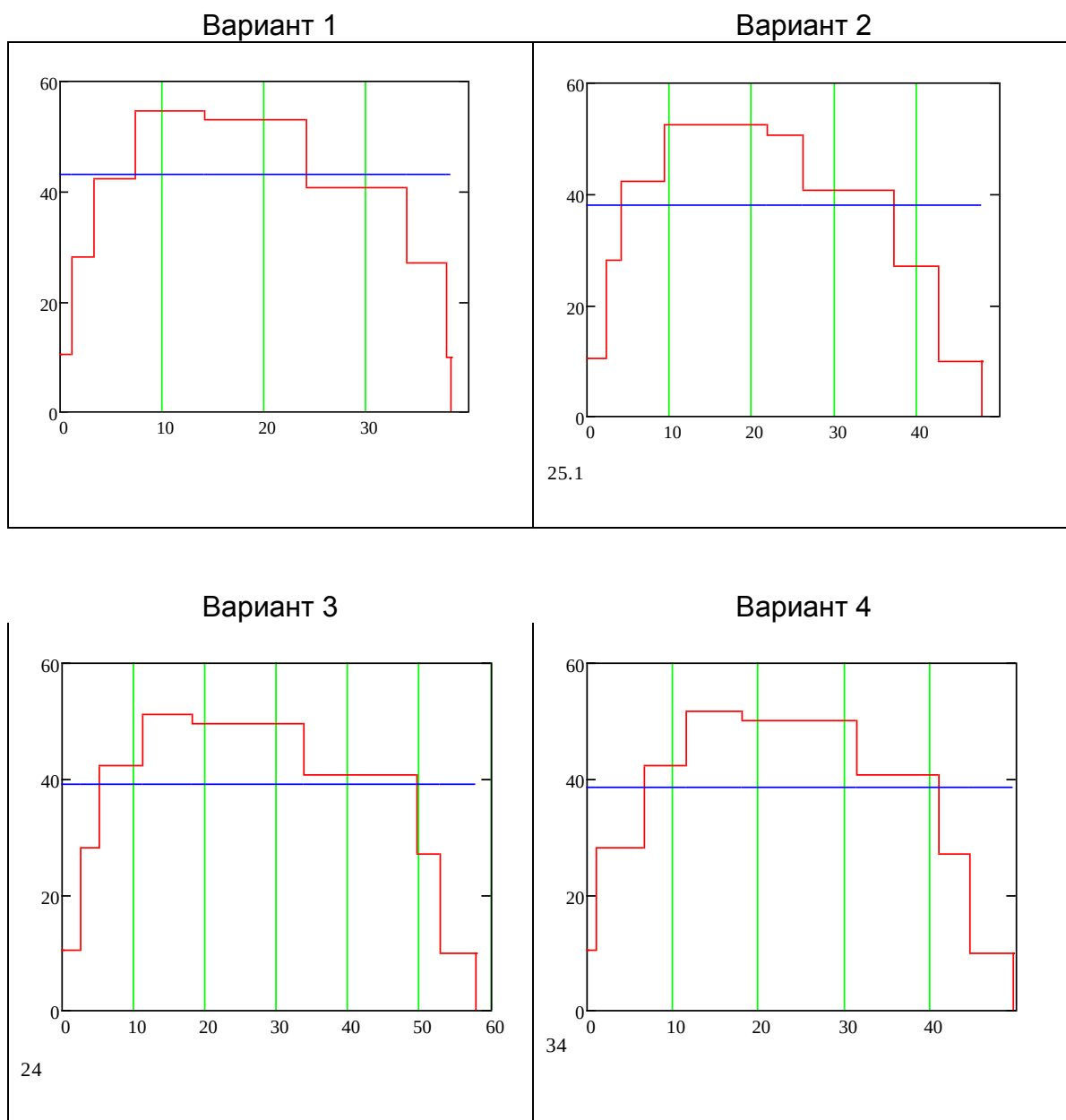


Рис.3.5. Гистограммы распределения годового слоя отложений по длине канала-прорези и его осредненное значение.

3.3.7. Обобщение полученных результатов

3.3.7.1. На основании выполненных расчетов установлено, что годовой слой отложений составил (осредненный по длине канала) от 38,0 см (вариант 2) до 43,2 см (вариант 1). При этом на отдельных участках трассы локальная заносимость может достигать 54,8 см (см. выше табл. 3.3 – 3.6 и рис. 3.5).

Результаты расчета по 4-м вариантам прокладки трассы канала-прорези обобщены в табл. 3.7.

Таблица 3.7

Обобщение результатов по заносимости канала
по 4-м вариантам трассы

Вариант прокладки трассы	Протяженность прорези, км	Осредненная (по длине канала) толщина годового слоя отложений, см; при обеспеченности, %:						
		1	5	10	50	90	95	99
Вариант 1	38,3	84,2	69,1	64,8	43,2	28,1	25,9	19,4
Вариант 2	47,8	74,0	60,7	56,9	38,0	24,7	22,8	17,1
Вариант 3	57,9	76,5	62,8	58,8	39,2	25,5	23,5	17,6
Вариант 4	49,6	75,4	61,9	58,0	38,7	25,1	23,2	17,4

Примечание: в вышеприведенной таблице дана протяженность каналов-прорезей.

3.3.7.2. Близкие значения годового отложения наносов по каждому из вариантов обусловлены следующими обстоятельствами. Трасса каналов-прорезей лежит исключительно в мелководной зоне и, следовательно, отсутствуют рефракция и трансформация волнения. Степень защищенности каждой трассы от ветров северных направлений, если и отличается, то весьма незначительно.

В такой ситуации заносимость канала определяется исключительно рельефом дна по трассе. Анализ же профилей естественного дна по каждому из вариантов трассы определенно указывает на их «топографическую схожесть».

3.3.7.3. В заключение уместно привести имеющиеся данные о заносимости морских каналов. Укрупненный среднегодовой показатель слоя наносов по отдельным бассейнам составляет [11]:

- Азовский – 1,06 м;
- Северный – 0,90 м;
- Каспийский – 0,65 м;
- Балтийский – 0,60 м;
- Черноморский – 0,55 м.

3.4. Выводы

Рассчитанный осредненный годовой слой отложений на дне подходного канала-прорези примерно одинаков для всех четырех вариантов трассы и изменяется в диапазоне от 38,0 до 43,2 см, достигая на отдельных участках значения 54,8 см (разд.3.3).

В то же время, следует отметить несколько повышенную заносимость канала по вариантам трасс 1 и 3, а также значительную, по сравнению с вариантом 4, контрастность прогнозной толщины слоя отложений при реализации вариантов 1 и 2, имея в виду под «контрастностью» распределение отложений по участкам трассы.

Есть некоторые основания отдать предпочтение, с точки зрения заносимости, варианту трассы 4. Эта трасса проложена таким образом, что не пересекает четко прослеживаемые отметки, где глубина прорези, а соответственно, и слой отложений грунта должны возрастать.

Как было показано в п. 3.2, интенсивность осаждения взвешенных наносов в Обской губе довольно значительна, а это является дополнительным источником твердого материала, способного аккумулироваться в прорези канала. В период высоких половодий на р. Оби и на других реках, впадающих в Обскую и Тазовскую губы, часть этих отложений размывается и выносится в Карское море. Трасса канала по варианту 4 пересекает наиболее протяженные приглубые участки Обского эстуария, где протекает основанная масса речной воды.

К показателям рассчитанного годового слоя отложений на дне прорези канала следует добавить 8,5 см - слой фонового заиления дна Обского эстуария в результате осаждения в воде взвешенных наносов (см. п. 3.2).

Вопрос о доле выноса осажденных тонкодисперсных фракций в Карское море с речным стоком в периоды высоких половодий и паводков требует дополнительной проработки. С использованием наличного на сегодня объема информации, при прохождении руслоформирующих расходов речной воды (повторяемость 1 раз в 10 лет и реже) в среднем в море транспортируется около 50% осажденного материала. Этот вывод полу-

чен путем сравнения глубин 1969-80 гг., результатов промера 2010 г., а также итога расчетов, представленных в п. 3.2.

Необходимо отметить, что наличие подходного канала существенно изменит долю выноса в море осажденных в прорезь взвешенных наносов. Количественная оценка значимости естественного промыва прорези возможна с применением метода математического моделирования условий протекания воды и переноса твердого материала в канале.

3.5. Предварительный состав дополнительных исследований, необходимых для уточнения полученных показателей заносимости канала

Для количественной оценки интенсивности возможного естественного промыва прорези подходного канала необходимо выполнить следующие исследования:

- Обобщить сведения об объемах и максимальных расходах половодья и паводка на реках, впадающих в Обскую и Тазовскую губы.
- Оценить степень синхронности наступления максимума водности в устьях рр. Оби, Таза и других рек.
- Произвести статистическую обработку сведений о максимальном притоке воды в Обскую и Тазовскую губы за половодье и паводок.
- Создать цифровую модель рельефа дна Обской и Тазовской губ в современном состоянии.
- Создать модель водного потока в северной части Обской губы.
- Встроить в цифровую модель рельефа дна северной части Обской губы проектную прорезь подходного канала.
- Обосновать расчетные гидрометеорологические сценарии.
- Моделировать перенос и аккумуляцию твердого материала в прорези подходного канала.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В ходе работ по оценке заносимости подходного канала к Южно-Тамбейскому газоконденсатному месторождению – п. Сабетта (Северная часть) произведены анализ и обобщение наличной информации о природных условиях Обской губы.

Выявлены основные климатические характеристики региона полуострова Ямал. Климат здесь отличается суровостью и крайней изменчивостью погодных условий.

Гидрологические условия Обской губы формируются в процессе взаимодействия речного стока и морского приливо-отливного движения водных масс. На этот процесс накладываются стонно-нагонные явления и продвижение галоклина, в зависимости от величины речного расхода, фазы приливо-отливного цикла, направления и скорости ветра, а также ледовых условий.

С учетом направленности работ (оценка заносимости проектируемого подходного канала), важным результатом исследований следует назвать количественную оценку концентрации взвешенных наносов в воде Обской губы. С привлечением опубликованных данных, установлено значительное замутнение воды. Источником взвешенных наносов является не только твердый сток рек, впадающих в Обскую и Тазовскую губы, но и продукты обрушения крутого откоса западного берега (клифа), отступление (регрессия) которого – однозначно установленный факт. Нет сомнения, что материал постоянно пополняемых прибрежных отмелей способен перемещаться и в форме влекомых

(донных) наносов, являясь важным фактором деформаций рельефа дна Обского эстуария.

С учетом наличного комплекса исходных данных, заносимость подходного канала оценена по методу Л.А. Логачёва. Применимость этого метода подтверждена расчетами по схеме В.Г. Мирошниченко.

Сравнение прогнозной заносимости по четырём вариантам трасс подходного канала свидетельствует о некоторой предпочтительности трассы по варианту 4. Кроме того, реализация этого варианта существенно уменьшает вероятность появления стамух на судоходной трассе.

К показателям рассчитанного годового слоя отложений на дне прорези следует добавить слой фонового заиления дна Обского эстуария в результате осаждения взвешенных наносов.

Приближенная оценка аккумуляции твердого материала на дне Обской губы в современном ее состоянии позволяет, с известной долей неопределенности, допустить, что в Карское море речной поток выносит при наступлении высоких половодий около 50% осажденного материала. Такое допущение не относится к условиям естественного промыва прорези подходного канала. Количественная оценка этих условий возможна в ходе проведения дополнительных исследований с применением метода математического моделирования протекания воды и переноса твердого материала в канале.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Мирзоев Д.А. , Мансуров М.Н., Глонти В.М., Ибрагимов И.Э., Ф.М. McAtamney. Концепция обустройства газовых месторождений Обской и Тазовской губ / Теория и практика в газовой промышленности, №4, 2007.
2. Справочник по климату СССР. Вып. 2-5 – Л. Гидрометеиздат, 1969
3. Руководство по методам исследований и расчетов перемещения наносов и динамики берегов при инженерных изысканиях - М.: Гидрометеиздат, 1975
4. Лоция Карского моря (ч.2.). Обь-Енисейский район. 2001 г (корректурa 2010 г)
5. Брокгауз и Ефрон. Энциклопедический словарь, 1890-1907
6. Айбулатов Д.Н.. Оценка стока взвешенных наносов неизученных рек впадающих в моря Российской Арктики. Геология рек и океанов. Материалы XVII международной научной конференции (Школы) по морской геологии. Том III. – М.: ГЕОС, 2007
7. Флинт М.В.. Отчет по работам НИС «Академик Мстислав Келдыш». – М.: ИО РАН, 2007
8. Васильев А.А. , Стрелецкая И.Д., Черкашев Г.А., Ванштейн Б.Г. Динамика берегов Карского моря / Научный журнал Криосфера Земли, т.х, №2, 2006

9. Коченов Е.В.. О проблемах укрепления берегов при проектировании объектов в устьях заполярных рек и на берегах Обской губы. – Трубопроводный транспорт. Теория и практика, №2 (14), 2009

10. СН 288-64. Указания по проектированию гидротехнических сооружений, подверженных волновым воздействиям. – М.: 1965

11. Лебедев В.В., Гарибин П.А., Беляев Н.Д. Инженерная геология. Заносимость морских гидротехнических сооружений. – СПб: Изд. СПбГТУ, 1996.

12. Жигарев Л.А. и др. Комплексные исследования береговой зоны Обской губы. – II Всесоюзная конф. «Динамика и термика рек, водохранилищ и эстуриев». Тезисы докладов, Том.1. – М.: АН СССР, Инст. водных проблем. – 1984.

13. СНиП 2.06.04-82* «Нагрузки и воздействия на гидротехнические сооружения (волновые, ледовые и от судов)».

14. Лаппо Д.Д., Стрекалов С.С. Завьялов В.К. Нагрузки и воздействия ветровых волн на гидротехнические сооружения. – Л.: ВНИИГ, 1990.

15. Мирошниченко В.Г. Эксплуатация морских каналов. – М.: 1982

16. Р 31.3.07-01. Указания по расчету нагрузок и воздействий от волн, судов и льда на морские гидротехнические сооружения. (Дополнение и уточнение СНиП 2.06.04-82*).