



Глава 5

Оценка рисков

Содержание

Стр.

5	Оценка рисков	253
5.1	Введение и определения	253
5.1.1	Опасности и риски	253
5.1.2	Оценка и контроль рисков	254
5.1.3	Управление рисками	254
5.1.4	Критерии допустимости рисков	255
5.1.5	Иерархия управления риском	261
5.2	Этапы проекта, сопряженные с опасностями и рисками	262
5.3	Методология оценки рисков	262
5.3.1	Качественная оценка – строительство трубопровода	263
5.3.2	Количественная оценка – строительство и эксплуатация трубопровода	265
5.4	Результаты оценки рисков	282
5.4.1	Риски, направленные на людей – строительство трубопровода	282
5.4.2	Риски, направленные на людей – эксплуатация трубопровода	284
5.4.3	Экологические риски - строительство трубопровода	298
5.4.4	Экологические риски - эксплуатация трубопровода	300
5.4.5	Вероятность глобального потепления	304
5.5	Обсуждение результатов рисков	308
5.5.1	Риски для человека	308
5.5.2	Риск для окружающей среды	315
5.6	Меры по минимизации рисков	317
5.6.1	Проектирование	317
5.6.2	Строительство	318
5.6.3	Эксплуатация	320
5.7	Итоги и выводы	321
5.8	Использованная литература	323

5 Оценка рисков

5.1 Введение и определения

Строительство и эксплуатация трубопровода Nord Stream могут быть связаны с опасностями, представляющими риски для общества, третьих лиц ⁽¹⁾, персонала и окружающей среды. В данной главе в первую очередь уделяется внимание оценке рисков, которая была проведена для анализа рисков в отношении третьих лиц и окружающей среды. Также затрагиваются риски в отношении рабочих-строителей, однако данные риски и необходимые меры по их снижению будут рассмотрены в рамках систем управления безопасностью Nord Stream и систем управления безопасностью строительных организаций/подрядчиков, участвующих в проекте, и, следовательно, не включены в оценку, приведенную в данной главе.

5.1.1 Опасности и риски

Несмотря на то, что термины «опасность» и «риск» в повседневной речи могут быть взаимозаменяемыми, целесообразно провести разграничение понятий «опасность» и «риск»:

- *Опасность* - вероятность причинения вреда как внутреннее свойство или предрасположенность к нанесению ущерба
- *Риск* - вероятность оказания отрицательного воздействия на кого-либо или что-либо, представляющее ценность, вследствие возникновения опасности

Альтернативным и упрощенным определением риска является «*возможность опасности*». Независимо от точности определения «*риск*» состоит из двух ключевых компонентов:

- **Вероятность или частотная составляющая** (отражает степень случайности или возможности)

(1) Понятия «общество» и «третьи лица» в данной главе являются взаимозаменяемыми и используются для обозначения лиц, не связанных с проектом, например, экипажей и пассажиров коммерческих судов в Балтийском море.

- **Последствие или составляющая серьезности** (отражает степень негативного воздействия или опасности).

Риск является следствием данных компонентов (которые можно привести для всех возможных сценариев аварий, связанных с системами, работами или процессами).

5.1.2 Оценка и контроль рисков

Нормативные базы, как правило, требуют определения опасностей, оценку возникающих в результате рисков и принятия необходимых контрольных мер для устранения таких рисков.

Оценка рисков представляет собой тщательное исследование работ по проекту, которые могут причинить вред людям или окружающей среде, определение вероятности причинения вреда и серьезности воздействия, что позволяет произвести оценку рисков. В рамках проекта оценка рисков была выполнена в соответствии с действующими нормами, стандартами и руководящими указаниями Det Norske Veritas (DNV).

Оценка рисков может быть качественной или количественной:

- *Качественная* (например, оценка вероятности и последствий с использованием шкалы от «очень низкой» до «очень высокой»)
- *Количественная* (например, оценка вероятности в плане ежегодной частоты появления и расчет последствий, исходя из определенного числа аварий)

Оценка рисков является прогнозирующей методикой, которая, как правило, подразумевает привлечение исторических данных, моделирование, предположения и экспертную оценку, и, в целом, в оценке рисков всегда сохраняется некоторая степень неопределенности. При наличии существенных пробелов в доступной информации оценка рисков и решения по управлению рисками должны приниматься как можно более осторожно, обеспечивая более высокий уровень защиты по мере роста значения и уровня неопределенности рисков.

5.1.3 Управление рисками

Управление рисками является целостным процессом оценки рисков, интерпретации результатов и принятия соответствующих мер. Управление рисками опирается на результаты оценки рисков с целью определить, были ли предприняты достаточные меры предосторожности, и нет ли необходимости в дополнительных мерах во избежание

причинения вреда. При этом часто используются результаты анализа экономической эффективности для определения эффективности затрат на альтернативные мероприятия по снижению рисков.

По существу, оценка рисков используется для определения мер, которые необходимо предпринять для контроля/управления или полного устранения рисков, возникающих как следствие опасностей. Подход к управлению рисками, принятый в проекте Nord Stream, изложен в соответствующей проектной документации ^{(1), (2)}.

5.1.4 Критерии допустимости рисков

Важным аспектом оценки рисков является разработка метода, посредством которого можно преобразовать результаты анализа рисков в рекомендации по допустимости комплексного системного риска, а также степень целесообразности принятия мер, необходимых для снижения данного риска. Критерии рисков являются основой данного метода.

Система допустимости рисков

Исполнительный комитет по здравоохранению и промышленной безопасности Великобритании (HSE) разработал систему допустимости рисков (ДР), которая была принята многими странами и надзорными органами, использующими подходы, основанные на оценке рисков ⁽³⁾. Согласно данной системе, основные испытания для принятия решений по действиям, которые необходимо предпринять, приближены к испытаниям, проводимым в реальной жизни. В реальной жизни существуют риски, которыми, как правило, пренебрегают, и прочие риски, которые люди не готовы учитывать. Но также существуют риски, которые можно допустить, достигнув компромисса между преимуществами и предосторожностями, необходимыми для снижения нежелательных воздействий. Данная система показана на **Рис. 5.1** ⁽⁴⁾.

(1) Nord Stream AG. August 2007. Introduction to Health, Safety and Environmental (HSE) Management in Nord Stream AG. Nord Stream Report No. G-GE-HSE-PRO-000-000604L1.

(2) Nord Stream AG and Snamprogetti. 03 January 2008. HSE Activities Management Plan. Nord Stream Report No. G-EN-HSE-REP-102-00085000.

(3) Например, ЮАР, Нидерланды, Гонконг, Австралия.

(4) UK Health and Safety Executive. 2001 г. Снижение рисков, Защита населения: Процесс принятия решений по ОТОСБ. ISBN 0 7176 2151 0.

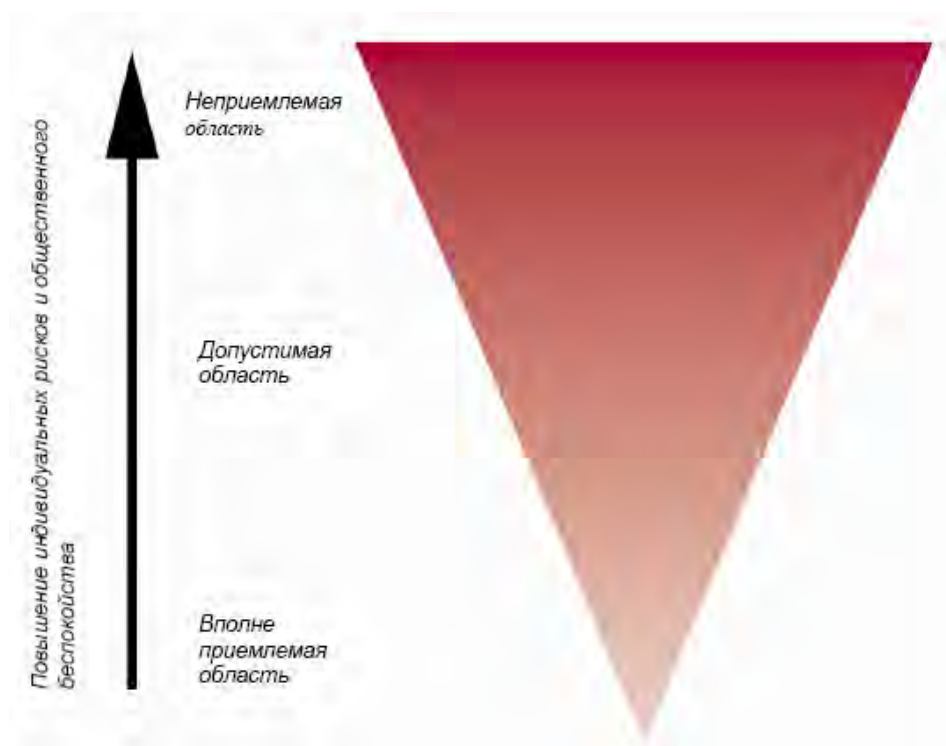


Рис. 5.1 Система допустимости рисков

В данной системе темная зона наверху отображает неприемлемую область, где уровень рисков считается неприемлемым независимо от преимуществ, связанных с данной деятельностью. Светлая зона внизу отображает широко приемлемую область, где риски обычно считаются незначительными и хорошо контролируются.

Между неприемлемой и широко приемлемой областями расположена допустимая область. В данном контексте «допустимая» относится к готовности общества *в целом* допустить риск в целях получения определенных преимуществ, сохраняя уверенность в том, что данный риск стоит того, чтобы рисковать, и надежно контролируется. Здесь не подразумевается, что риск будет одобрен всеми. Однако общее одобрение достигается чаще по мере приближения к приемлемой области.

Таким образом, в данной области риски допускаются для получения преимуществ, принимая во внимание, что:

- Природа и уровень рисков подверглись надлежащей оценке, и результаты были использованы для определения контрольных мер

- Остаточные риски не являются недопустимо высокими и сохраняются на минимальном практически приемлемом уровне риска (принцип МППУР)
- Риски периодически пересматриваются на предмет соответствия критериям МППУР

В принципе, систему ДР можно применить ко всем опасностям. Однако при определении практически целесообразных мер в отношении конкретной опасности, правильность выбранного варианта по управлению рисками частично зависит от того, где проведены границы между неприемлемой, допустимой и широко приемлемой областями.

Следует учитывать, что система допустимости рисков, описанная выше, является концептуальной моделью и ее применение не регулируется законодательством. Помимо этого, между различными областями не существует законодательно установленных границ, хотя различные нормативные базы содержат руководства по допустимым уровням рисков, которые были приняты в различных отраслях в качестве основы для определения практической целесообразности контрольных мер. Следует учитывать, что верхний (максимально допустимый) предел рисков (для индивидуальных и социальных рисков) установлен не в результате различного рода научных вычислений, а путем наблюдения за тем, что современное общество считает допустимым. Данный вопрос, следовательно, в большей степени относится к социально-политической сфере, нежели к научной.

Критерии частоты выхода трубопровода из строя для критических участков (в отношении данного проекта)

В отношении данного проекта вероятность повреждения и выхода трубопровода из строя в результате судоходства (например, от волочащихся по дну якорей, затонувших судов) была подробно исследована (как описано в нижеследующих разделах).

В отношении эксплуатации трубопровода критическими считаются участки, где частота пересечения трубопровода судами превышает нормативное значение 250 судов/км/год. Данное значение соответствует менее 1 судну/км/день и используется для выделения участков трубопровода с интенсивным судоходством. Для каждого выявленного участка с данным или повышенным уровнем судоходства оценивается частота взаимодействия и частота повреждений трубопровода.

Компания Nord Stream (при участии и в соответствии с применяемыми стандартами DNV) согласовала нормативное значение 10^{-4} случаев выхода из строя на критический участок

трубопровода в год ⁽¹⁾. Если можно продемонстрировать, что частота случаев выхода из строя (повреждения) участков трубопровода ниже данного значения, связанные с этим риски признаются широко приемлемыми, и дополнительный анализ не требуется. Тем не менее, компания Nord Stream также провела анализ последствий и расчеты рисков, чтобы предоставить возможность сравнить связанные риски с согласованными критериями допустимости рисков (см. материалы следующих разделов и описание методологии количественной оценки рисков в **Разделе 5.3.2**).

Индивидуальный риск

Индивидуальный риск – это риск для отдельных лиц (например, членов общества, экипажей других судов). Как правило, он является риском смерти и обычно выражается как годовой индивидуальный риск (ГИР) или частота несчастных случаев со смертельным исходом (ЧНССИ) на 100 млн. часов воздействия.

Критерии допустимости, которые обычно устанавливаются для индивидуального риска (или летального исхода) при реализации нефтегазовых проектов на шельфе и принятые для проекта, приведены ниже ⁽²⁾:

(1) Рассматриваются следующие механизмы повреждения трубопровода: отсутствие бетонного покрытия/внешнее воздействие на сталь, образование вмятин/выемок на трубах и отводах. Данные повреждения, в свою очередь, могут привести к таким механизмам выхода из строя, как потеря устойчивости на дне, невозможность внутренней очистки, локальному смятию/сплющиванию, разрыву/развитию пластических деформаций, усталости и разрыву.

(2) Нормализованное экспоненциальное представление

Нормализованное экспоненциальное представление – это простой способ работы с очень большими или очень малыми числами, который регулярно используют ученые, инженеры и математики. Без нормализованного экспоненциального представления расчеты очень больших или очень малых чисел являются громоздкими.

Например, 1 000 000 000 000 записывается как $1,0 \times 10^{12}$ или 1,0 E12, а 0,000000015 – как $1,5 \times 10^{-8}$ или 1,5 E-8. Данный формат используется для отображения результатов в данной главе, и его также можно использовать в Microsoft Excel®. Образцы числовых форматов приводятся ниже

Стандартное представление	десятичное	Нормализованное экспоненциальное представление	Представление E
1 000		$1,0 \times 10^3$	1,0 E3
0.00000000095		$9,5 \times 10^{-10}$	9,5 E-10
1 560 000 000 000		$1,56 \times 10^{12}$	1,56 E12
0.001		$1,0 \times 10^{-3}$	1 E-3
0.0001		$1,0 \times 10^{-4}$	1 E-4
0.000001		$1,0 \times 10^{-6}$	1 E-6

- Максимально допустимый риск для персонала 1×10^{-3} на чел. в год
- Максимально допустимый риск для общества 1×10^{-4} на чел. в год
- Широко приемлемый риск 1×10^{-6} на чел. в год

Более низкие значения для членов общества свидетельствуют о том, что члены общества не получают прямых преимуществ, подвергаясь риску, не контролируют риск и, как правило, не всегда добровольно принимают решение допустить его. К обществу также относятся особо уязвимые группы людей (например, дети и люди преклонного возраста).

Для того, чтобы сравнить данные критерии допустимости рисков с более привычными причинами смерти, в **Табл. 5.1** отмечены риски летального исхода для конкретных европейских стран (от рака, сердечно-сосудистых заболеваний и ДТП).

Табл. 5.1 Ежегодная вероятность смерти в разных странах

Страна	Вероятность смерти от рака (2002)	Вероятность смерти от сердечно-сосудистых заболеваний (2002)	Вероятность гибели в ДТП (2004)*
Дания	1,7 E-3	1,8 E-3	6,8 E-5
Эстония	1,5 E-3	4,4 E-3	1,3 E-4
Финляндия	1,2 E-3	2,0 E-3	7,2 E-5
Германия	1,4 E-3	2,1 E-3	7,1 E-5
Латвия	1,6 E-3	4,8 E-3	2,2 E-4
Литва	1,6 E-3	3,9 E-3	2,2 E-4
Российская Федерация	1,5 E-3	6,9 E-3	2,4 E-4
Швеция	1,2 E-3	1,8 E-3	5,3 E-5
Среднее	1,4 E-3	3,5 E-3	1,3 E-4

Источник: Данные статистической информационной системы Всемирной организации здравоохранения, кроме помеченных * (Экономической Комиссии ООН по Европе)

Социальный риск

Социальный риск (иногда именуемый *коллективным* или *групповым* риском) – это мера совокупного риска, связанного с системой или операцией. Он соответствует возможному воздействию всех случайных событий, причем не только на лиц определенного типа (как в случае индивидуального риска), а на всех лиц, которые могут подвергнуться риску, являются ли они персоналом или третьими лицами. Как правило, он также является

риском смерти и обычно выражается как среднее прогнозируемое число летальных исходов в год. Данный риск также иногда называется ежегодным коэффициентом смертности или потенциальной потерей жизни (ППЖ).

Для определения социального риска необходимо произвести расчеты (для каждого выявленного случайного события и его возможных исходов) частотности события в год (f) и соответствующего числа летальных исходов (N). Полученные в результате данные представляются в виде набора пар $f-N$, также принято рассматривать накопленную частоту (F) всех исходов события, приводящих к N или большему числу летальных исходов. Данные обычно отображаются в виде непрерывной кривой на логарифмических осях для F и N , что позволяет наглядно сравнить их с критериями недопустимого и широко приемлемого риска, которые отображаются в виде кривых $F-N$.

Стандартная диаграмма $F-N$ представлена на Рис. 5.2, которая (вместе с линиями критерия) принята для данного Проекта.

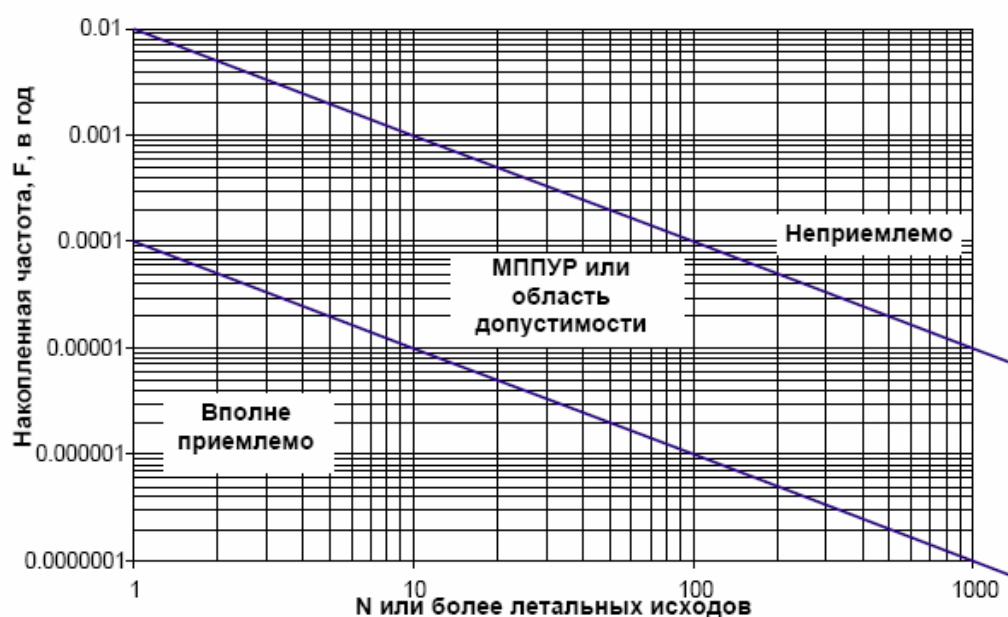


Рис. 5.2 Образец кривой $F-N$

Линии критериев $F-N$ изображают отношение частоты к серьезности происшествий в плане допустимости. Например, если накопленная частота происшествий, приводящих к 10 летальным исходам или более, выше 0,001 (или $1 \text{ E-}3$) в год (эквивалентно происшествиям, приводящим к 10 летальным исходам или более и происходящим чаще, чем раз в 1000 лет), риск считается неприемлемым. В том случае если накопленная

частота таких происшествий меньше 0,00001 (или 1 E-5) в год (т.е. происходит не чаще, чем раз в 100 000 лет), риск считается широко приемлемым.

5.1.5 Иерархия управления риском

Необходимо выполнить все практически целесообразные шаги для устранения или снижения всех рисков, выявленных во время оценки рисков. Приоритетность мер по снижению рисков устанавливается согласно *иерархии управления*. В ее основе лежит представление о том, что устранение или предотвращение опасности намного предпочтительнее, нежели сохранение риска путем управления или снижения. Ниже представлена типичная иерархия управления:

- *Устранение* – внедрение мер для полного устранения опасностей, например, путем удаления таких опасных объектов, как боеприпасы
- *Замещение* – внедрение мер для полного снижения опасностей, например, путем использования менее опасных материалов
- *Технический контроль* – внедрение мер для предотвращения или снижения опасностей благодаря интеграции технического контроля в проектирование процесса, например, путем применения отказоустойчивого оборудования, разработанного для снижения вероятности выхода из строя вследствие механических опасностей или опасностей технологических процессов. Технологический контроль может быть пассивным (например, большая толщина стенок), т.е. не требующим усилий для эксплуатации, или активным (например, контроль коррозии, устройства оповещения и т.д.), т.е. требующим реакции. В иерархии управления пассивный контроль выше активного
- *Изоляция/отделение* – внедрение мер для отделения опасности от людей или других опасностей, имущества и окружающей среды, например, увеличение расстояния между опасностью и трубопроводом путем изменения его маршрута или изоляции от объектов, которые могут вызвать аварийную ситуацию или оказаться под ее воздействием, например, соблюдение дистанции от судов, сохранение больших расстояний от других предприятий и зданий
- *Уменьшение воздействия* – уменьшение времени воздействия опасности, например, путем минимизации времени проведения строительных работ при неблагоприятных погодных условиях на море, снижения продолжительности деятельности в экологически уязвимых зонах и т.д.

- *Процедуры* – использование систем обеспечения безопасности работ (т.е. алгоритма, инструкций, контроля работ, надзора) для контроля над опасностями путем обеспечения безопасной эксплуатации персоналом
- *Средства индивидуальной защиты (СИЗ)* – защита рабочих с использованием СИЗ, например, перчаток, защитных шлемов, обуви, огнеупорных комбинезонов, защитных очков и т.д

Меры по снижению рисков для данного проекта, учитываемые в проекте, при строительстве и эксплуатации трубопровода, представлены в **Разделах 5.6.1, 5.6.2 и 5.6.3** соответственно.

5.2 Этапы проекта, сопряженные с опасностями и рисками

Как видно из описания проекта, представленного в **Главе 4**, в границах системы проекта находятся два ключевых этапа, на которых необходимо произвести оценку рисков (в отношении людей и окружающей среды):

- Строительство трубопровода
- Эксплуатация трубопровода

Благодаря изменениям, вносимым по мере разработки проекта, удалось снизить определенные риски. Например, на одной из стадий проекта предполагалось наличие морских платформ вдоль маршрута трубопровода, что порождало риски, связанные со столкновением судов и платформ (и потенциальным выбросом газа); однако данный риск был полностью устранен путем исключения морских платформ из проекта. В данной главе рассматриваются риски, исходя из последней версии проекта, а риски, устраненные в результате внесения изменений в проект, не обсуждаются.

5.3 Методология оценки рисков

Методология, принятая для оценки рисков, находится в соответствии с рекомендуемой практикой управления рисками DNV ⁽¹⁾, и согласуется с подходом и критериями, предложенными Международной морской организацией (ИМО), в формальных указаниях

(1) Det Norske Veritas (DNV). Январь 2003г. Управление рисками при выполнении морских и подводных работ. Руководящие указания. DNV-RP-H101.

по анализу безопасности при оценке рисков. При подготовке настоящей главы приводились ссылки на различные подробные отчеты по оценке рисков, подготовленные, в частности, Ramboll, Global Maritime и Snamprogetti.

5.3.1 Качественная оценка – строительство трубопровода

Рассматриваемые строительные работы/опасности

Оценка распространяется на весь этап строительства линии 1 (западной) и линии 2 (восточной), включая подготовку объектов в местах выхода на берег, работы до и после прокладки (работы/размещение грунта, в том числе погрузку судов), основные операции по прокладке труб (в том числе разгрузку и транспортировку труб) и пуско-наладочные работы. Строительные/монтажные работы можно разбить на ряд действий, в отношении которых можно выявить опасности и произвести оценку рисков. Решающая оценка этапа строительства была произведена Global Maritime ⁽¹⁾.

Табл. рисков

Для качественной оценки была использована таблица рисков, представленная на **Рис. 5.3** и основанная на рекомендуемой DNV методике ⁽²⁾. Как можно увидеть, использование таблицы подразумевает определение вероятности событий (в четырех категориях, от *низкой* до *высокой*) и последствий событий (в четырех категориях от *болезни/легкой травмы* до *летального исхода*). Решения принимали сотрудники, имеющие значительный опыт в данной области (в том числе капитаны морских судов, кораблестроители, инженеры по проектированию трубопроводов и инженеры по подводному оборудованию).

Данная таблица также включает критерии допустимости рисков (т.е. высокий – неприемлемые риски, низкий – широко приемлемые риски, а область между ними – МППУР или область допустимости).

(1) Global Maritime. September 2009. Nord Stream Pipeline Project Risk Assessment Construction Phase. Report No. GM-45190-0708-49203. Nord Stream Report No. G-GE-RSK-REP-126-GM-000049203.

(2) Det Norske Veritas (DNV). Det Norske Veritas (DNV). Январь 2003г. Управление рисками при выполнении морских и подводных работ. Руководящие указания. DNV-RP-H101.

Последствия			Вероятность (рост вероятности →)			
Описание	Люди	Окружающая среда	Низкая ($< 10^{-5}/г$)	Маловероятная ($10^{-5} - 10^{-3}/г$)	Вероятная ($10^{-3} - 10^{-2}/г$)	Высокая ($10^{-2} - 10^{-1}/г$)
1 Всесторонние	Летальные исходы	Глобальный или национальный масштаб. Время восстановления > 10 лет	A1	B1	C1	D1
2 Серьезные	Серьезное повреждение	Время восстановления > 1 г. Стоимость восстановления $> \$1$ млн.	A2	B2	C2	D2
3 Умеренные	Небольшое повреждение	Время восстановления > 1 месяца. Стоимость восстановления $> \$1$ тыс.	A3	B3	C3	D3
4 Незначительные	Болезнь или легкое повреждение	Время восстановления < 1 месяца. Стоимость восстановления $< \$1$ тыс.	A4	B4	C4	D4
ВЫСОКАЯ	Риск считается недопустимым и, таким образом, для достижения приемлемого уровня риска необходимо внедрить меры безопасности (в целях снижения предполагаемой частоты возникновения и/или уменьшения тяжести последствий). Проект не может считаться осуществимым без успешного внедрения мер безопасности					
СРЕДНЯЯ	Необходимо максимально снизить риск, если стоимость внедрения соразмерна эффекту от возможных мер безопасности					
НИЗКАЯ	Риск считается допустимым, и дополнительных шагов не требуется					

Рис. 5.3 Табл. рисков и критерии допустимости

Риски в связи с действиями или опасностями, отмеченными выше, первоначально были оценены с использованием таблицы (хотя некоторые из них были ранее отклонены, т.е. признаны несущественными на основании разумных доводов). Риски, признанные *средними* или *высокими*, были представлены для подробной, количественной оценки (включая определение возможных мер по снижению выявленных рисков).

5.3.2 Количественная оценка – строительство и эксплуатация трубопровода

В целом, количественная оценка рисков включает следующие стадии:

- *Определение опасности* - определение сценариев развития аварийных ситуаций, опасностей и опасных событий, их причин и механизмов
- *Частотный анализ* - определение частоты появления опасных событий и различных исходов (например, применяя анализ методом дерева событий)
- *Анализ последствий* - определение масштабов выявленных опасных исходов
- *Суммирование рисков* - определение уровня рисков
- *Оценка рисков* - определение допустимости/недопустимости риска и возможных мер по его снижению, а также установление их приоритетности, используя такие методики, как классификация рисков и анализ рентабельности

Данные элементы изображены на блок-схеме на **Рис. 5.4**.

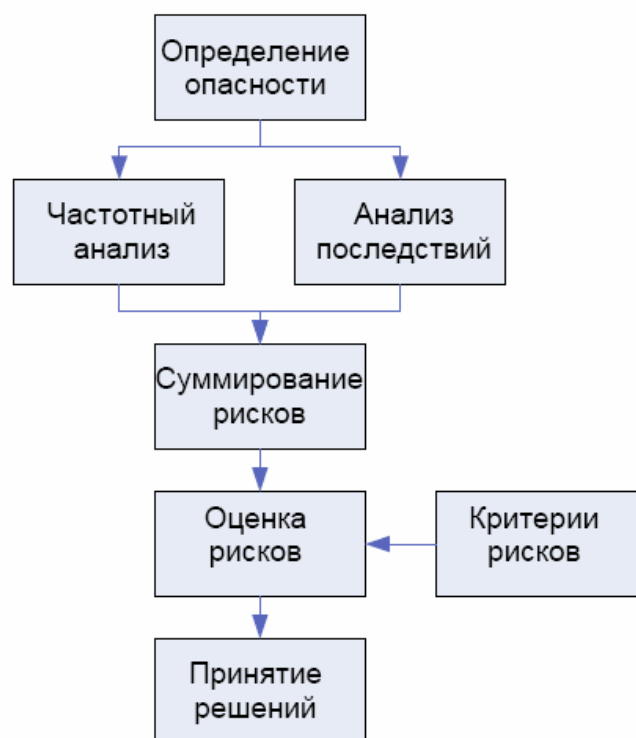


Рис. 5.4 Методология количественной оценки рисков

В отношении проекта и этапа эксплуатации трубопровода были проведены отдельные технические исследования для всех исключительных экономических зон (ИЭЗ), через которые пролегает трубопровод: России, Финляндии, Швеции, Дании и Германии. Был подготовлен специальный комплект документации, в котором рассматривались риски для каждой из стран, и учитывались характеристики участков трубопровода, специфические для данных стран.

Данный комплект включает следующее:

- Оценка частоты сценария взаимодействия
- Оценка повреждения трубопровода
- Отчет об оценке рисков

Определение опасности

Как отмечалось выше, в отношении строительства трубопровода, подробной количественной оценке подлежат опасности, определенные в результате качественной оценки как средние и высокие (см. методологию в **Разделе 5.3.1**).

Для эксплуатации трубопровода были рассмотрены следующие возможные причины выхода из строя:

- Коррозия (внутренняя и внешняя)
- Дефекты материалов и механические дефекты
- Опасные природные явления, например, течения и волны, шторма
- Прочие/неизвестные явления (саботаж, случайное обнаружение мин)
- Внешнее воздействие (рыболовства, военно-морского и коммерческого судоходства и т.д.)

Данные причины были установлены при определении опасностей и рассмотрении материалов по аварийным ситуациям на газопроводах. Установление возможных причин возникновения аварийных ситуаций имеет большое значение, поскольку это может повлиять на развитие событий. Например, повреждение трубопровода, вызванное затонувшим судном, может привести к большим повреждениям (например, выбросу газа), чем при спуске якоря, принимая во внимание значительно превосходящую массу судна.

Все потенциальные причины выхода трубопровода из строя подробно рассмотрены ниже.

Коррозия

Считается, что повреждения вследствие внутренней и внешней коррозии незначительно сказываются на общей интенсивности отказов трубопроводов по следующим причинам:

- Газ является сухим (и таким образом снижается вероятность внутренней коррозии)
- Нанесение внутреннего покрытия на трубы (в первую очередь для снижения гидравлического трения и улучшения потока, но также для обеспечения защиты от внутренней коррозии)
- Внешняя антикоррозийная защита, состоящая из первичной (высококачественные антикоррозийные и бетонные покрытия) и вторичной системы (катодная защита расходуемыми анодами)
- Большая толщина стенок труб (что снижает вероятность коррозии, приводящей к аварии до ее обнаружения)
- Автоматизированная чистка трубопровода с целью периодических плановых обследований (позволяет выявить возможную коррозию до наступления критической ситуации)

Дефекты материалов и механические дефекты

В данную категорию входят как дефекты материалов стальных труб (производственные дефекты листов или дефекты продольного сварного шва), так и ошибки при строительстве (обычно критические дефекты кольцевых швов). Опыт показывает, что такие обстоятельства крайне редко являются причиной выхода трубопровода из строя ⁽¹⁾, особенно в случае с современными трубопроводами, где применяются передовые технологии изготовления труб, контроль качества, а также современные технологии сварки и процедуры контроля. Таким образом, частота выброса газа вследствие механических дефектов считается незначительной, т.к. приняты следующие условия:

- Все материалы, методы изготовления и процедуры будут соответствовать признанным стандартам, правилам производства и/или спецификациям покупателя
- Неразрушающий осмотр (НРО) на месте изготовления (трубопрокатных станах) будет осуществляться в соответствии со стандартами DNV
- Гидравлические испытания каждой отдельной секции труб проводятся на трубопрокатном стане
- Автоматическая ультразвуковая дефектоскопия (АУД) и приемка каждого шва на борту трубоукладочного судна до укладки труб на морском дне
- Постоянный мониторинг нагрузки на трубы в процессе работ по укладке для обеспечения целостности трубопровода
- Постоянный мониторинг точки касания дна при помощи аппарата с дистанционным управлением (АДУ) для визуального подтверждения целостности трубопровода на морском дне
- Работы (размещение грунта и подсыпка после прокладки) по обеспечению окончательной устойчивости трубопроводов на морском дне
- После монтажа морского участка системы трубопроводов будут проведены гидравлические испытания

Обследования различного уровня также проводятся инспекторами поставщика и монтажных организаций, инспекторами Nord Stream и DNV (в Германии также SGS-TÜV).

(1) Energy Institute. 2003г. PARLOC 2001: Редакция документа о герметичности морских трубопроводов. Отчет подготовлен Mott MacDonald Ltd для The Health and Safety Executive, The UK Offshore Operators Association и The Institute of Petroleum. ISBN 0 85293 404 1.

Опасные природные явления - Землетрясения

Были сопоставлены и оценены геологические данные и проведена крупномасштабная оценка сейсмических угроз ⁽¹⁾. На **Рис. 5.5** показаны исторические данные и распределение сейсмической активности с 14го века до 2006 г. Южная Финляндия, балтийское море и окружающие регионы (т.е., северная Германия, Польша, Литва, Латвия и Эстония) практически асейсмичны. На основе этих результатов было сделано заключение, что сейсмическая активность не является решающей расчетной нагрузкой для трубопровода (инженерные решения). Тем не менее, принимая во внимание надежность трубопровода, ожидается, что только сильное землетрясение вызовет значительные повреждения. В подобном случае основное воздействие на людей скорее будет связано не с выпуском газа из трубопроводов, а с возможным цунами.

(1) Snamprogetti. March 2008. Seismic Design Basis. Nord Stream Report No. G-EN-PIE-REP-102-00071738.

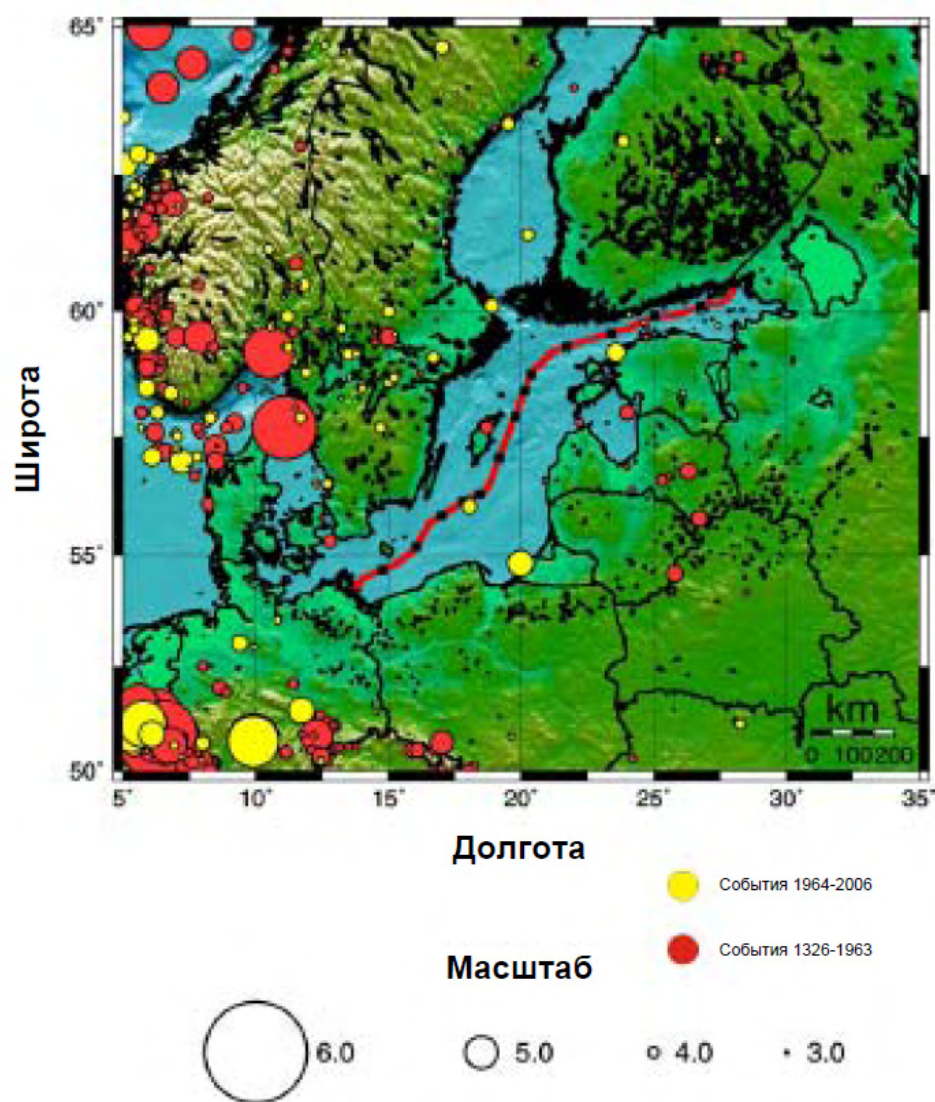


Рис. 5.5 Сейсмичность исследуемого района

Опасные природные явления - Обвалы

Образование обвалов, которые потенциально могли бы воздействовать на целостность трубопроводов, качественно оценено в самом начале проекта для всего маршрута трубопровода. Было сделано заключение, что обвалы не угрожают трубопроводам.

Обвалы возникают вследствие одновременного возникновения различных условий, таких как:

- 1) Толстые слои очень мягких отложений на крутых склонах
- 2) Углы наклона, способные приводить к неустойчивости почвы
- 3) Механизмы возникновения обвалов (сейсмические нагрузки, волновые нагрузки, быстрое накопление мягких отложений).

Подобных условий вдоль трассы трубопровода не найдено. Кроме того, предполагаемый маршрут трубопровода находится далеко от поперечных склонов.

Опасные природные явления - Сильнейший шторм

Для подробного проекта трубопроводов Nord Stream на период повторяемости 1, 10 и 100 лет использовались следующие гидрометеорологические условия.

- Сезонные и годовые максимумы направления ветра, волн и течений
- Высота направленных волн
- Волны и течения для анализа усталости
- Максимумы температуры воздуха и климат в местах выхода на берег
- Сопrotивляемость условиям шторма и штиля для работы на местах
- Изменчивость уровня моря
- Гидрологические параметры морской воды (температура, соленость и плотность)
- Образование и распространение ледового покрытия

На **Рис. 5.6** показан типичный пример экстремальной скорости ветра и данные о направлении ветра на период повторяемости 1, 10 и 100 лет на одном участке трубопровода.

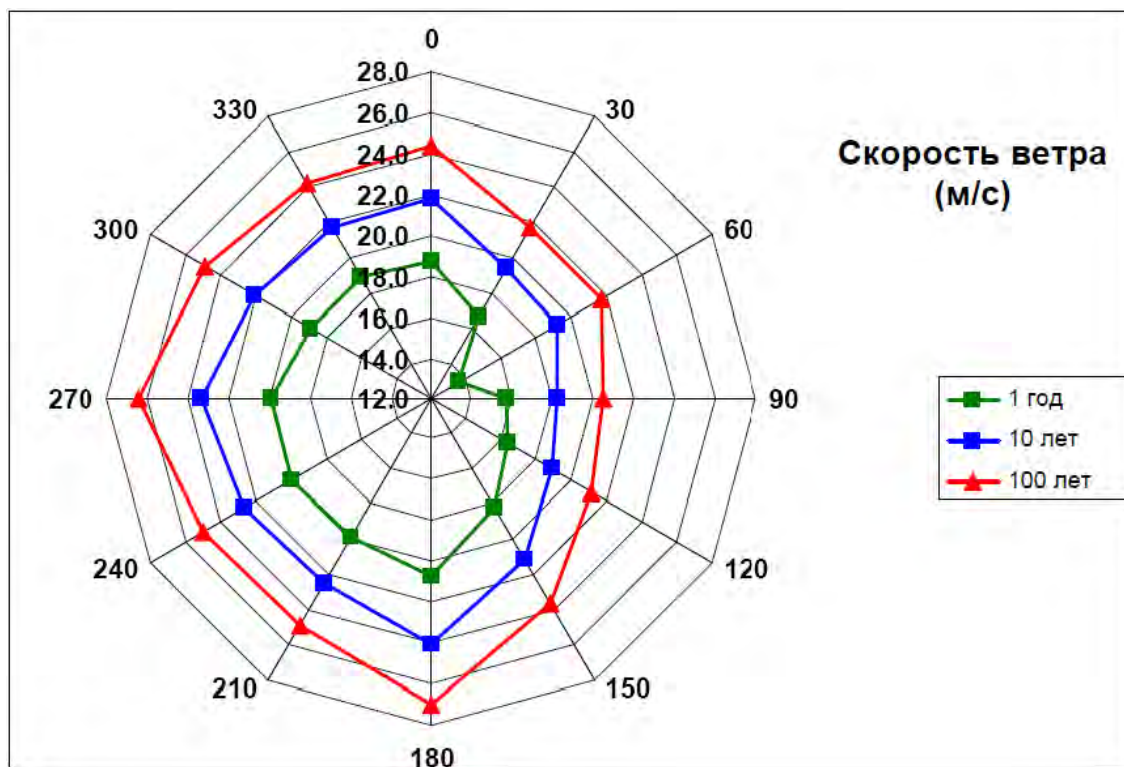


Рис. 5.6 Максимумы скорости направленного ветра на периоды повторяемости 1, 10 и 100 лет

В качестве проектных были выбраны условия, обеспечивающие наибольшую нагрузку на различные точки по маршруту трубопровода. Трубопровод рассчитан выдерживать максимальное силовое воздействие, оказываемое самым сильным штормом за 100 лет (требования кодекса DNV).

Опасные природные явления никогда не приводили к разгерметизации (выбросу газа) из стальных трубопроводов ⁽¹⁾ и, следовательно, рассматриваются как незначительные.

Следует также отметить, что в случае экстремальных погодных условий во время строительства трубоперевозочные, грунтоукладочные и вспомогательные суда будут укрываться в ближайшей отведенной зоне безопасности, например, в гавани или в порту. Трубоукладочные баржи гораздо крупнее и могут, как правило, выдерживать шторм, не уходя в укрытие, хотя, возможно, потребуется уложить трубы до наступления суровой

(1) Energy Institute. 2003. PARLOC 2001: Редакция документа о герметичности морских трубопроводов. Отчет подготовлен Mott MacDonald Ltd для The Health and Safety Executive, The UK Offshore Operators Association и The Institute of Petroleum. ISBN 0 85293 404 1

погоды. В экстремальных условиях трубоукладочные баржи могут также уходить на период шторма в защищенное место. Случаи затонувших или опрокинувшихся трубоукладочных барж неизвестны.

Опасные природные явления – исторический опыт

База данных PARLOC 2001 содержит случаи аварийных ситуаций и связанных с ними выбросов содержимого из морских трубопроводов, действующих в Северном море. Она насчитывает 13 аварийных ситуаций вследствие опасных природных явлений – 10 вследствие действия волн и течения, 1 в результате повреждения от шторма, 1 вследствие размывания и 1 вследствие оседания. В то же время ни один из этих случаев не привел к потере содержимого (выбросу) из стальных трубопроводов, и лишь 3 линии были повреждены (но только до покрытия). Трубопроводы Nord Stream выдерживают опасные природные явления – действия волн и течений – в соответствии с DNV RP F109.

В целом вклад опасных природных явлений в повреждение трубопровода считается незначительным.

Прочие/неизвестные

К прочим/неизвестным причинам относятся все аварийные ситуации, для которых не выявлены конкретные причины, хотя для действующих стальных трубопроводов большого диаметра утечек зафиксировано не было. В отношении настоящего проекта количество проектных систематических отказов будет снижено до незначительного уровня после проведения процедур по обеспечению и контролю качества, совещаний по результатам проектирования и подготовки специальных отчетов и исследований по вопросам охраны труда, окружающей среды и техники безопасности.

К прочим/неизвестным причинам относятся только саботаж и/или случайное обнаружение мин, однако такие события крайне маловероятны. Угроза саботажа будет сведена к минимуму путем создания надежной системы безопасности.

Внешнее воздействие

В отношении данного Проекта только внешнее воздействие аварийных ситуаций, связанных с судами, может сыграть значительную роль в возможном выходе трубопровода из строя. Таким образом, это воздействие стало предметом внимательного изучения и тщательного анализа с рассмотрением следующих факторов:

- Сбрасываемые объекты
- Сбрасываемые якоря

- Волочащиеся по дну якоря
- Затонувшие суда
- Суда, севшие на мель (где применимо)

Частотный анализ

Оценка частоты включает расчет частоты исходных событий (например, тонущее судно) и моделирование сценариев с целью определить частоту опасных исходов (например, воздействия выброса воспламененного газа на экипаж).

При оценке рисков применялся анализ методом дерева событий с целью показать, каким образом конкретное нежелательное событие может привести к ряду различных исходов в зависимости от привходящих факторов (например, хороших погодных условий), успешности или неудачи различных мер, предпринимаемых людьми (например, эвакуации), и работы соответствующих систем безопасности (например, пожаротушения).

В качестве «*защитных барьеров*» для предотвращения развития аварийной ситуации (т.е. для ограничения ее последствий) можно предложить различные защитные средства, системы безопасности или процедуры. В областях, где имеется несколько защитных барьеров, можно начертить дерево событий, на котором успешность действия каждого соответствующего защитного барьера будет отображена точкой разветвления. Путем присвоения вероятностей каждому ответвлению дерева событий можно установить окончательную частоту каждого исхода: частота каждого исхода является продуктом частоты возникновения исходного события и вероятностей того, что данное событие достигнет такого последствия.

Образец дерева событий для оценки восстановительных мер после недосмотра при несении вахты показан на **Рис. 5.7**

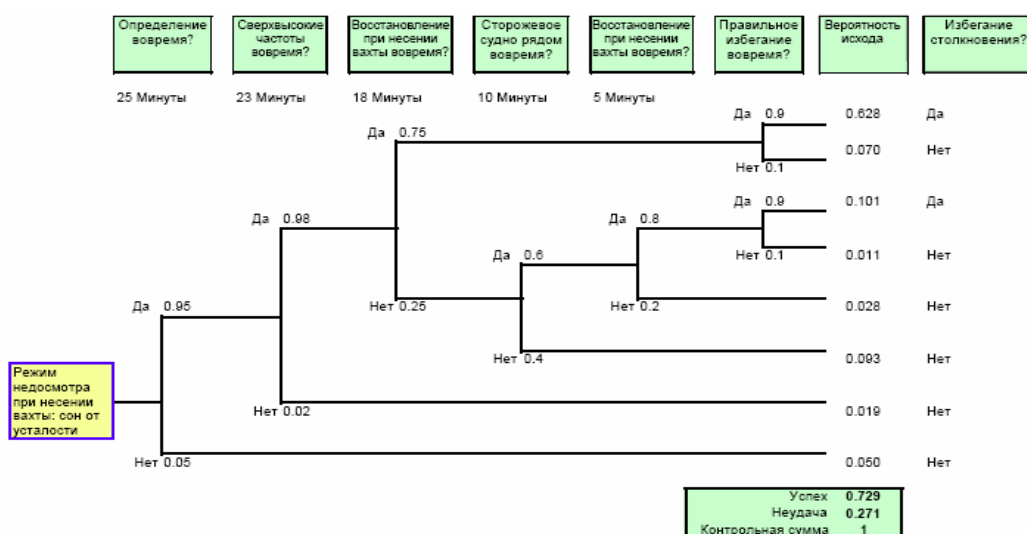


Рис. 5.7 Образец дерева событий

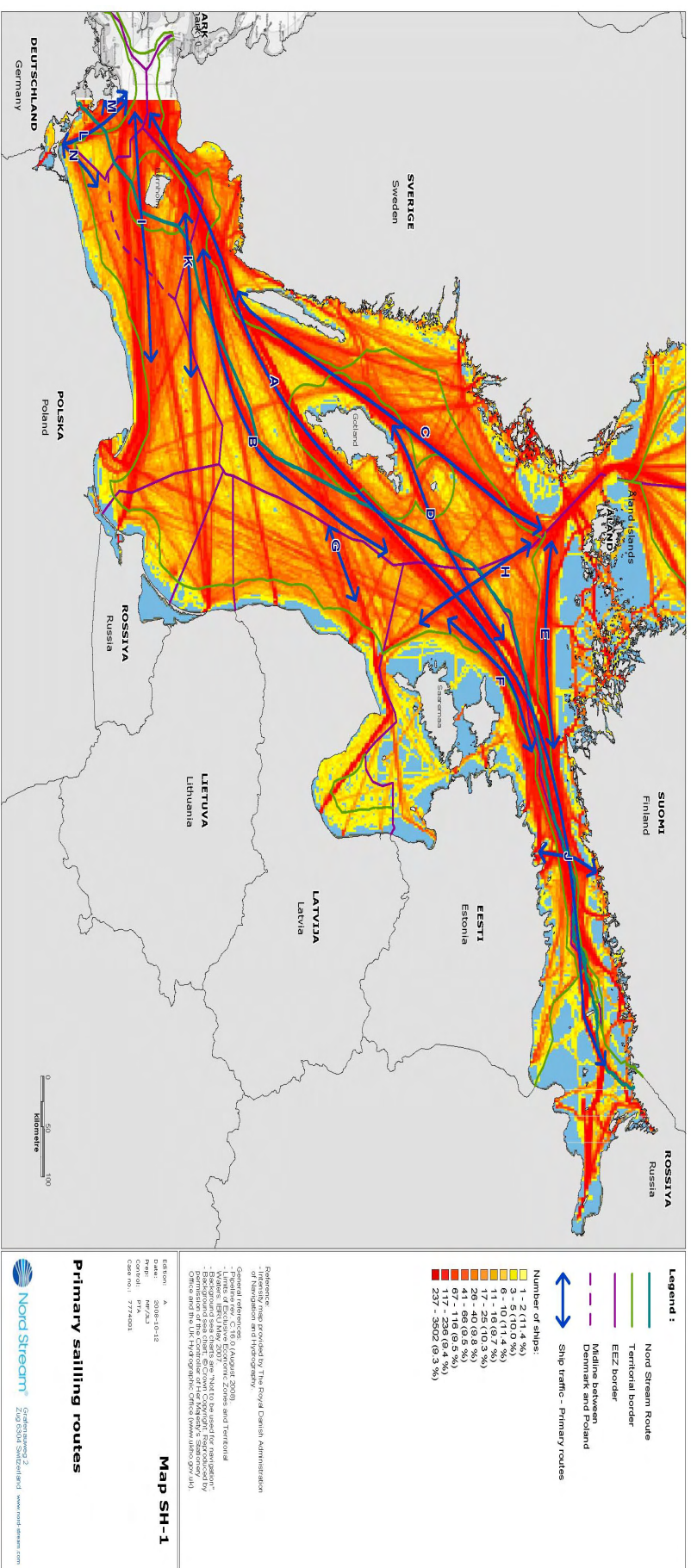
Оценка частоты сценария взаимодействия

Частота взаимодействия является частотой, с которой происходит контакт с трубопроводом (например, волочащегося по дну якоря или затонувшего судна), независимо от повреждения трубопровода, которое может являться результатом (оценивается отдельно при оценке повреждений трубопровода).

При такой оценке частоты взаимодействия учитывается следующее:

- Размер и расположение трубопровода
- Расположение и ширина морских путей
- Интенсивность судоходства, углы пересечения и распределение судов по классу и типу на основании данных системы автоматической идентификации (AIS)
- Характеристики судов (например, длина, ширина, вес, скорость, масса якоря)
- Размеры и вес контейнеров грузовых судов
- Данные по авариям и происшествиям на судах (например, частота столкновений, отказов оборудования и ошибок управления, которые могут привести к аварийной постановке на якорь)
- Различные условные вероятности (например, что кораблекрушение произошло вблизи трубопровода)

Основные маршруты судоходства представлены на **Рис. 5.8**.



Оценка повреждения трубопровода

Обзор стадий анализа представлен на **Рис. 5.9**. Оценка повреждения трубопровода преследует следующие цели:

- Определить интенсивность случаев повреждения трубопровода и связанных с ними отказов в критических точках, выявленных при оценке частоты сценария взаимодействия
- Определить меры по защите трубопровода (если необходимо) в критических точках, где интенсивность отказов превышает критерии приемлемости для проекта Nord Stream (10^{-4} отказов на критический участок трубопровода в год, как описано выше в **Разделе 5.1.4**)

Интенсивность отказов трубопровода в критических точках вычисляется путем сложения интенсивности отказов, связанных с различными механизмами воздействия, с учетом сценариев взаимодействия (сбрасываемые объекты и якоря, волочащиеся по дну якоря, затонувшие и севшие на мель суда), и конфигураций трубопровода (открытые, заглубленные или защищенные). Данная интенсивность отказов фактически является предполагаемой интенсивностью повреждения трубопровода; лишь некоторая доля повреждений, как ожидается, приведет к выбросу газа (например, повреждением может являться вмятина на трубопроводе, мешающая внутренней чистке трубопровода скребками до проведения ремонтных работ).

Данный анализ включает вычисление кинетической энергии падающего объекта (судна, контейнера, якоря), механической характеристики грунта при нагрузках на поверхность и давления, направленного на трубопровод, вычисление сопротивляемости труб ударным силам, энергии удара, локальным силам и глобальным изгибающим моментам, повреждений и оценки вероятности возникновения повреждения труб.

Исходя из данных анализов, в случае падения объектов и якорей выбросы газа не ожидаются. При контакте с волочащимися по дну якорями допускается 30% случаев повреждения, приводящих к выбросу газа (все – полные разрывы). В случае с затонувшими или севшими на мель судами допускается, что все повреждения будут приводить к выбросу газа (большая часть которых – полные разрывы).

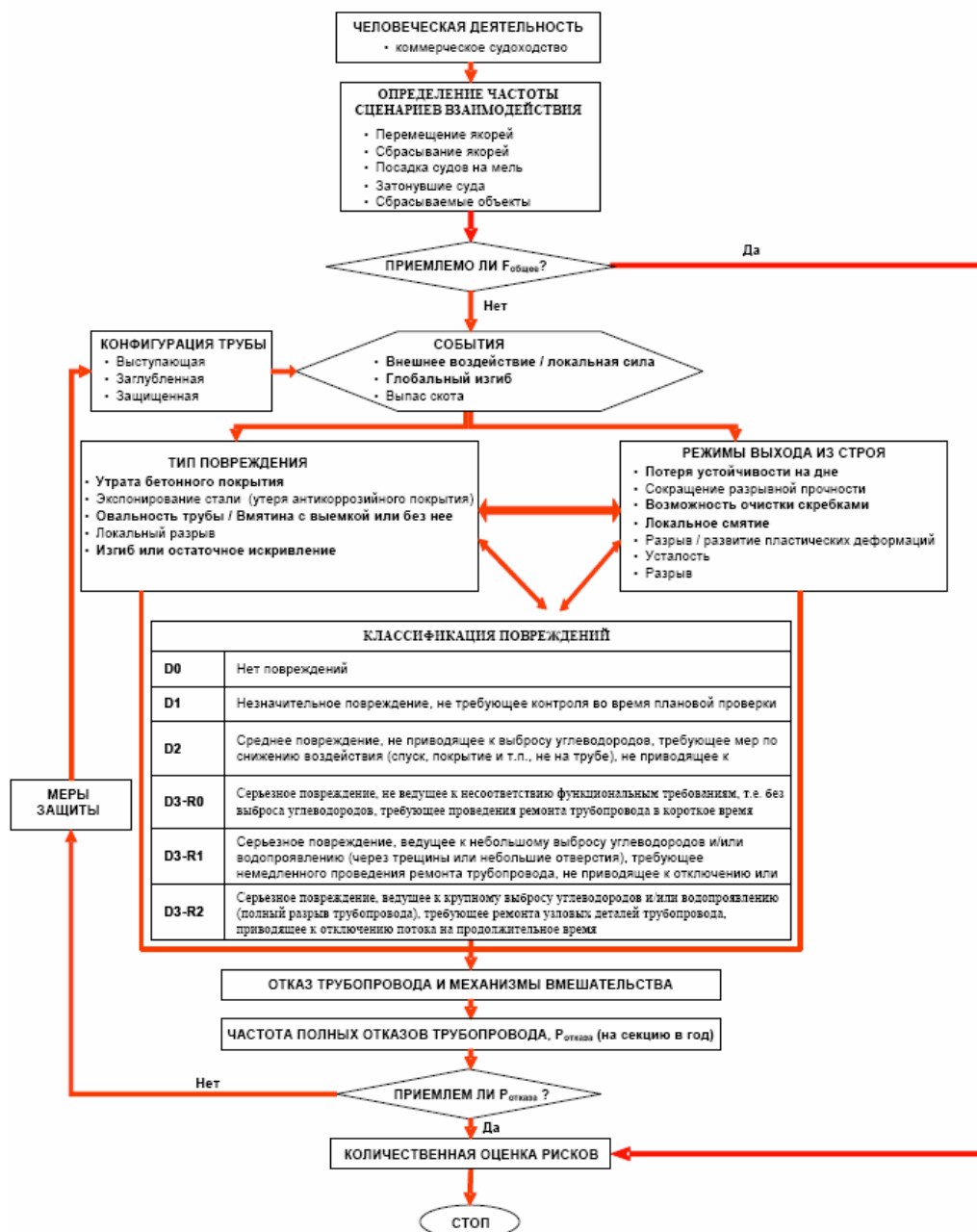


Рис. 5.9 Обзор оценки повреждения трубопровода

Анализ последствий

В отношении эксплуатации трубопровода анализ ориентируется на последствия выброса газа под водой. Он выполняется в несколько этапов: расчет мощности выброса под водой и разгерметизации, воздействие на поверхность моря и атмосферное моделирование дисперсии газа, оценка физических воздействий окончательного сценария исходов.

Необходимо рассмотреть несколько возможных исходов (например, струйное горение, пожар облака газовой смеси, взрыв, неопасная дисперсия) в зависимости от наличия воспламенения (немедленного или позднего) и степени локализации.

Эти факторы, в свою очередь, заставляют обратить внимание на следующее:

- Масштаб разрыва (пора, отверстие или полный разрыв)
- Тип выбрасываемого материала (т.е. природный газ)
- Параметры процесса (т.е. давление и температура, определяющие скорость выпуска)
- Глубина
- Атмосферные условия (т.е. устойчивость атмосферы и скорость ветра)
- Вероятность воспламенения

Окончательный расчет возможного ущерба в случае выброса воспламененного газа устанавливается, исходя из доли населения, подвергшегося воздействию, учитывая обычную численность экипажа на различных судах (грузовом, пассажирском судне, танкере и т.д.) и их уязвимость (к примеру, ожидается, что в случае мгновенного воспламенения погибнут только те, кто будет на открытой палубе).

Суммирование рисков

На данной стадии сводится информация о частоте и последствиях для всех исходов событий, и производится измерение рисков для обоснованного принятия решений. В отношении количественной оценки производится расчет индивидуальных и социальных рисков, которые можно сравнить с ранее определенными критериями допустимости рисков.

Траловый промысел и риск для рыболовных судов

Nord Stream ведет постоянный диалог с рыбопромысловыми организациями и органами власти стран Балтийского моря с целью обсуждения и согласования действий по координации рыболовства и строительства.

Для решения проблем рыболовства во всех заинтересованных странах в рамках Nord Stream была образована Рабочая группа по рыболовству (РГР), организующая и координирующая всю связанную с рыболовством деятельность. РГР также определяет и внедряет общие принципы для усиления национальных задач в странах происхождения

и других затронутых странах. Принципы будут основаны на исследованиях, тестах и оценках рисков, предпринятых FOGA, SINTEF, Rambøll и DNV.

Опыт эксплуатации ряда морских трубопроводов в Северном море показывает, что рыболовство и морские трубопроводы могут безопасно сосуществовать. В то же время ситуация в Балтийском море может отличаться с точки зрения типов снастей для трала, размера судов и двигателей и условий морского дна. Трубопроводы Nord Stream также имеют больший диаметр чем те, которые обычно используются в Северном море. Поэтому необходимо внимательно оценить взаимодействие снастей для трала и трубопровода на этапе строительства.

Во время строительства рыболовство в пределах зоны безопасности вокруг трубоукладочной баржи и вспомогательных судов может быть временно приостановлено. Обычной практикой является присутствие Представителей организаций рыболовов на одном из строительных судов для координации действий в случае необходимости и для предоставления информации рыбакам до запуска и во время эксплуатации.

В нормальном режиме эксплуатации трубопровода траловый промысел будет осуществляться в районах вокруг трубопровода. В районах, где трубопровод погружен в траншею или производилось размещение грунта поверх трубопровода, траловый лов может осуществляться без риска контакта снастей с трубопроводом. Однако если трубопровод не заглублен, траловые доски или грузы для стабилизации оттяжек трала могут оказать воздействие на трубопровод во время осуществления донного тралового лова.

В большинстве случаев трал будет тянуться поверх трубопровода, однако существует вероятность зацепления тралового оборудования на трубопроводе, особенно в местах свободных пролетов или с малым углом подхода к трубопроводу. Это может привести к повреждению тралового оборудования или к сильному натяжению тралового каната, что может привести к его разрыву и, следовательно, к утере снастей. На вероятность защемления также влияет тип отложений, воздействуя на размер оседания трубопровода и на глубину погружения траловой доски в морское дно при ее перемещении вдоль трубопровода.

В исключительных случаях в результате неправильной эксплуатации оборудования защемление может привести к потере рыболовного судна и его команды, как это произошло в 1997 г. в водах Великобритании. В то же время окончательное опрокидывание судна происходит во время высвобождения зацепившейся снасти, а не в результате фактического защемления. Это подчеркивает важность предоставления информации и обучения рыбаков тому, что делать и чего не делать в случае защемления или зацепления снастей для трала.

Nord Stream продолжает детальное изучение данных вопросов. Оно включает в себя следующее:

- Идентификация применяемых в Балтийском море технологий рыболовства, рыболовецких судов и траловых снастей (FOGA)
- Изучение взаимодействия траловых снастей и трубопровода (Snamprogetti) с концентрацией на целостности трубопровода. Рассматриваются следующие этапы взаимодействия траловых снастей и трубопровода:
 - Воздействие, включая оценку энергии удара (оценка способности неизолированных стальных труб выдерживать силу удара и, отдельно, способность бетона рассеивать кинетическую энергию траловых снастей)
 - Переворот, включая расчет силы взаимодействия и анализ реакции трубы во время воздействия траловых снастей и после него. Для анализа реакции трубы рассматривается нагрузка взаимодействия от самого крупного из возможных тралового оборудования
 - Зацепление или защемление, включая анализ реакции трубы после поднятия с морского дна
- Была проведена оценка рисков повреждения снастей и трубопровода (Rambøll). Были учтены время лова на выборку, скорость трала и количество тралов в день для расчета количества тралов, пересекающих трубопровод, и связанные с этим риски.
- Тест масштабной модели возможностей траления со свободными пролетами высотой до 2 метров проведен SINTEF в Хиртсхальсе, Дания, с 16 по 19 декабря 2008 г. Принимали участие рыболовецкие организации из Германии, Дании, Финляндии, Швеции, Польши, Нидерландов и представители BS-RAC, FOGA и DNV.

5.4 Результаты оценки рисков

5.4.1 Риски, направленные на людей – строительство трубопровода

Качественная оценка не выявила «высоких» рисков для третьих лиц или окружающей среды. Однако, были выявлены следующие категории «средних» рисков, которые были направлены на прохождение дополнительной качественной оценки ⁽¹⁾:

- Столкновение проходящих судов со строительными судами
- Разливы нефти во время заправки
- Сбрасываемые объекты.

Результаты количественной оценки индивидуальных рисков для экипажей проходящих судов приведены ниже (все данные представлены для одного человека в год) ⁽²⁾:

- Грузовое судно $4,0 \times 10^{-6}$
- Танкер $8,2 \times 10^{-7}$
- Пассажирское судно $1,7 \times 10^{-8}$

Как можно увидеть, риски для экипажей посторонних судов значительно ниже нормативного значения, установленного в целях Проекта по рискам для членов общества (1×10^{-4}).

Распределение по странам показано в **Табл. 5.2**.

(1) Также было выявлено несколько «средних» рисков, воздействующих только на рабочих-строителей и подлежащих оценке для определения частотности, включая пожары на строительных судах, посадку на мель, кораблекрушения или опрокидывания, аварии вертолетов, неустойчивость мостов Бейли, отказ механизмов натяжения, поломку монтажной лебедки или разрыв троса, потерю позиции судном (на якоре и с динамическим позиционированием) и водолазные работы.

(2) Следует отметить, что эти данные добавлять не следует, так как они отражают риск для конкретных людей, учитывая их подверженность риску (например, для постоянного члена экипажа грузового судна). Никто на судах всех трех типов не подвергается ежегодному риску.

Табл. 5.2 **Индивидуальные риски для экипажей проходящих судов по стране и типу судов**

Страна	Длина трубопровода (км)	Индивидуальный риск для экипажа на		
		Грузовом судне	Танкере	Пассажирском судне
Россия	123	6,4 E-8	1,3 E-8	2,7 E-10
Финляндия	370	5,6 E-7	1,1 E-7	2,3 E-9
Швеция	506	2,7 E-6	5,5 E-7	1,1 E-8
Дания	136	2,6 E-7	5,3 E-8	1,1 E-9
Германия	85	4,2 E-7	8,6 E-8	1,8 E-9
Всего	1220	4,0 E-6	8,2 E-7	1,7 E-8

Риски, связанные с боеприпасами, военными учениями и химическими отравляющими веществами, также были отнесены к средним рискам, хотя данные риски сложнее просчитать ввиду недостатка данных. Тем не менее, данные риски учитываются, и производится их качественная оценка, включающая соответствующие меры по снижению воздействий в **Разделе 5.5.1**.

Группы рисков для экипажей посторонних судов представлены на кривой $F-N$ на **Рис. 5.10** вместе с критериями допустимости рисков. В **Разделе 5.1.4** выше описаны способы построения кривых $F-N$ и их интерпретация.

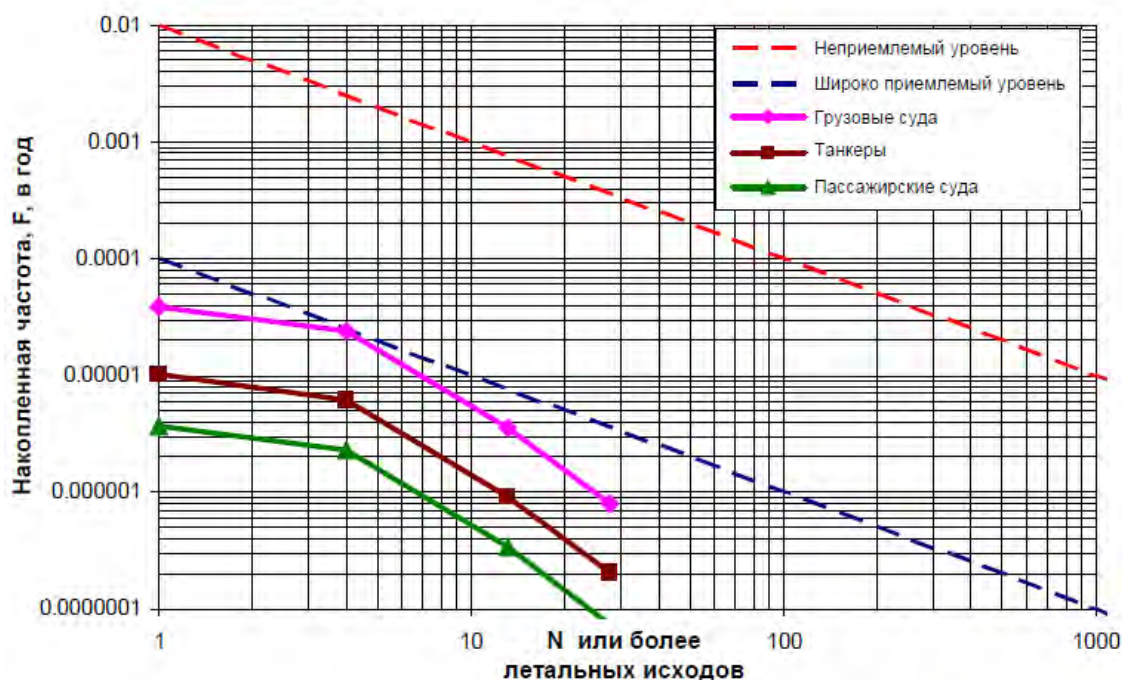


Рис. 5.10 Кривая F-N для рисков столкновения с проходящими судами во время строительства

Как можно увидеть, риски для всех экипажей судов находятся в широко приемлемой области, хотя риски для экипажей грузовых судов выше. В отношении рисков столкновения будут приниматься стандартные меры по снижению рисков столкновения в нефтегазовой отрасли на шельфе, такие как формирование зоны безопасности (запретной зоны), которые будут дополнять обычные навигационные средства, используемые в торговом судоходстве.

5.4.2 Риски, направленные на людей – эксплуатация трубопровода

Риск оценивался для ряда различных вариантов маршрута трубопровода (см. **Главу 6 – Альтернативные варианты**). Однако, после проведения недавних обсуждений с соответствующими национальными органами власти, компания Nord Stream считает предпочтительным маршрут к югу от о. Борнхольм, а также изменение маршрута в коридоре Кальбодатунд. Таким образом, в следующем разделе представлены результаты только для предпочтительного маршрута.

Как отмечалось выше, результаты подсчитаны и представлены отдельно для всех стран, через которые проходит трубопровод, а именно: России, Финляндии, Швеции, Дании и Германии.

Результаты для каждой страны представлены на иллюстрациях и таблицах ниже; они включают следующее:

- Частоту сценария взаимодействия для критических участков трубопровода
- Общую вероятность аварий на критических участках трубопровода (следует отметить, что термин *вероятность* используется здесь в широком смысле, поскольку представленные данные фактически отражают ежегодную частотность повреждения трубопровода)
- Частоту выброса газа для критических участков трубопровода
- Кривую $F-N$ для критических участков трубопровода, а также критерий приемлемости (в **Разделе 5.1.4** описаны способ построения кривых $F-N$ и их интерпретация)

Также приводятся комментарии к основным факторам, влияющим на частоту сценария взаимодействия и вероятность аварий трубопровода, а также поясняется, каким образом вероятность аварий трубопровода и данные $F-N$ можно сравнить с критериями допустимости/приемлемости, описанными выше.

Россия

Табл. 5.3 Частота сценария взаимодействия – Россия

Протяженность и местоположение участков интенсивного судоходства					Частота сценариев взаимодействия (событий на участок в год) на участках интенсивного судоходства (>250 судов на км в год)					
Идентификатор участка	От КО	до КО	Протяженность участка	Суда – общее число	Сброшенные объекты	Сброшенные якоря	Волочащиеся по дну якоря	Затонувшие суда	Суда, севшие на мель	Всего
[#]	[км]	[км]	[км]	[судов на участок в год]	[событий на участок в год]					
1	1	10	10	189	1.0 E-6	2.8 E-8	2.2 E-7	5.6 E-8	8.3 E-7	2.2 E-6
2	112	123	12	2042	9.4 E-6	3.5 E-7	3.6 E-6	1.6 E-7	-	1.4 E-5

Как можно увидеть, падающие объекты занимают основное место в общей частоте взаимодействия (48% для участка 1 и 70% для участка 2), причем посадка судов на мель соответствует 38% для участка 1, а волочение якорей по дну – 10% и 27% для участков 1 и 2 соответственно.

Табл. 5.4 Общая вероятность повреждения трубопровода и частота выбросов газа – Россия

Идентификатор участка	От КО	До КО	Протяженность участка	Сброшенные объекты	Сброшенные якоря	Волочащиеся по дну якоря	Затонувшие суда	Суда, севшие на мель	Общая вероятность повреждения	Частота выбросов газа
[#]	[км]	[км]	[км]	[повреждений на участок в год]					[повреждений на участок в год]	
1	1	10	10	1.0 E-10	2.8 E-13	3.0 E-15	2.1 E-8	8.3 E-7	8.5 E-7	8.5 E-7
2	112	123	12	9.4 E-10	3.5 E-12	3.4 E-6	5.9 E-8	-	3.5 E-6	1.1 E-6

Общая вероятность повреждения трубопровода обусловлена в первую очередь севшими на мель судами (98%) на участке 1 и волочащимися по дну якорями (98%) на участке 2. Очевидно, что на всех участках соблюдается соответствие критерию допустимости, соответствующему 10^{-4} повреждений на участок в год.

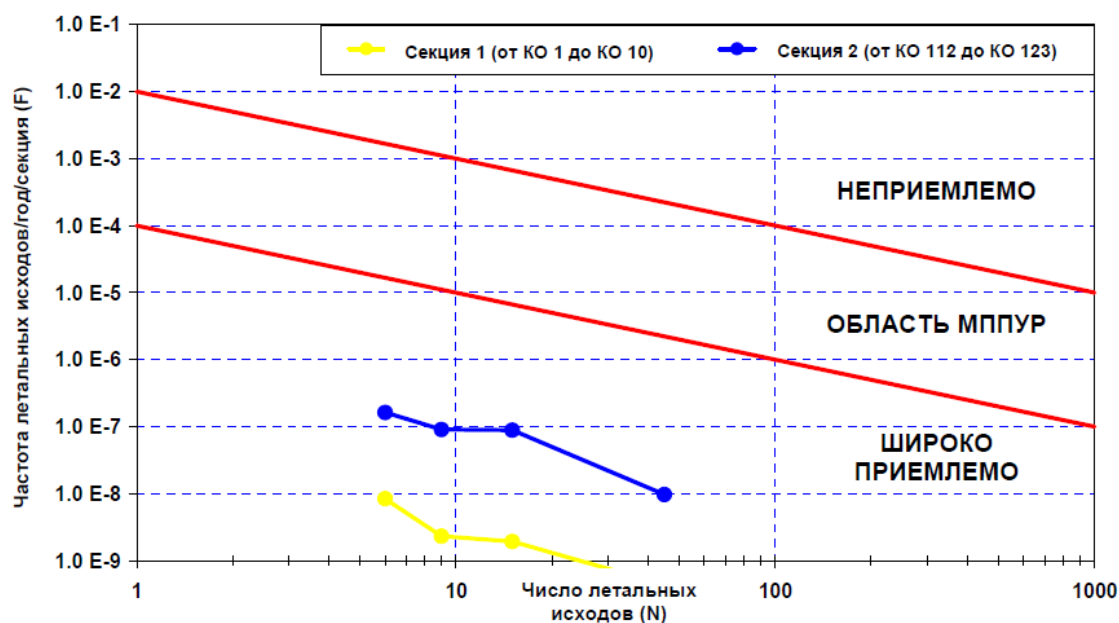


Рис. 5.11 Кривая F-N – Россия

Результаты $F-N$, дающие частоту несчастных случаев с летальным исходом, являются широко приемлемыми для всех участков.

Финляндия

Табл. 5.5 Частота сценариев взаимодействия – Финляндия

Протяженность и местоположение участков интенсивного судоходства					Частота сценариев взаимодействия (событий на участок в год) на участках интенсивного судоходства (>250 судов на км в год)				
Идентификатор участка	От КО	до КО	Протяженность участка	Суда – общее число	Сброшенные объекты	Сброшенные якоря	Волочащиеся по дну якоря	Затонувшие суда	Всего
[#]	[км]	[км]	[км]	[судов на участок в год]	[событий на участок в год]				
1	129	198	70	41493	6.2 E-4	3.0 E-6	8.6 E-5	4.8 E-6	7.2 E-4
2	211	241	31	26056	3.3 E-4	6.0 E-6	5.8 E-5	3.6 E-6	4.0 E-4
3	251	284	34	23745	5.3 E-4	3.7 E-6	2.0 E-6	2.7 E-6	5.4 E-4
4	293	310	18	4033	7.4 E-5	5.3 E-7	1.5 E-6	3.9 E-7	7.7 E-5
5	316	325	10	1590	1.3 E-5	1.1 E-7	2.0 E-6	1.9 E-7	1.6 E-5
6	336	345	10	1474	2.2 E-5	1.1 E-7	1.2 E-6	1.3 E-7	2.3 E-5
7	364	384	21	14634	2.1 E-4	9.7 E-7	1.4 E-5	1.5 E-6	2.3 E-4

Общая частота взаимодействия в основном определяется падающими предметами (между 83% и 98%) на всех участках, а также волочащимися по дну якорями, доля которых для участков 2, 5 и 1 составляет 14%, 13% и 12% соответственно.

Табл. 5.6 Общая вероятность повреждения трубопровода и частота выбросов газа – Финляндия

Идентификатор участка	От КО	до КО	Протяженность участка	Сброшенные объекты	Сброшенные якоря	Волочащиеся по дну якоря	Затонувшие суда	Общая вероятность повреждения	Частота выбросов газа
[#]	[км]	[км]	[км]	[повреждений на участок в год]				[повреждений на участок в год]	
1	129	198	70	6.2 E-8	3.0 E-11	5.2 E-5	1.8 E-6	5.4 E-5	1.7 E-5
2	211	241	31	3.3 E-8	6.0 E-11	3.4 E-5	1.3 E-6	3.6 E-5	1.2 E-5
3	251	284	34	5.3 E-8	3.7 E-11	1.3 E-6	1.0 E-6	2.4 E-6	1.4 E-6
4	293	310	18	7.4 E-9	5.4 E-12	1.1 E-6	1.4 E-7	1.3 E-6	4.9 E-7
5	316	325	10	1.3 E-9	1.3 E-12	1.0 E-6	7.1 E-8	1.1 E-6	3.7 E-7
6	336	345	10	2.2 E-9	1.3 E-12	9.7 E-7	4.7 E-8	1.0 E-6	3.4 E-7
7	364	384	21	2.1 E-8	1.0 E-11	1.0 E-5	5.6 E-7	1.1 E-5	3.7 E-6

Волочащиеся по дну якоря преобладают в общей вероятности повреждения трубопровода (>88%) для всех участков, кроме участка 3, где, несмотря на то, что волочащиеся по дну якоря сохраняют определяющее значение (55%), большая доля (43%) приходится на затонувшие суда. Очевидно, что на всех участках соблюдается соответствие критерию допустимости, составляющему 10^{-4} повреждений на участок в год.

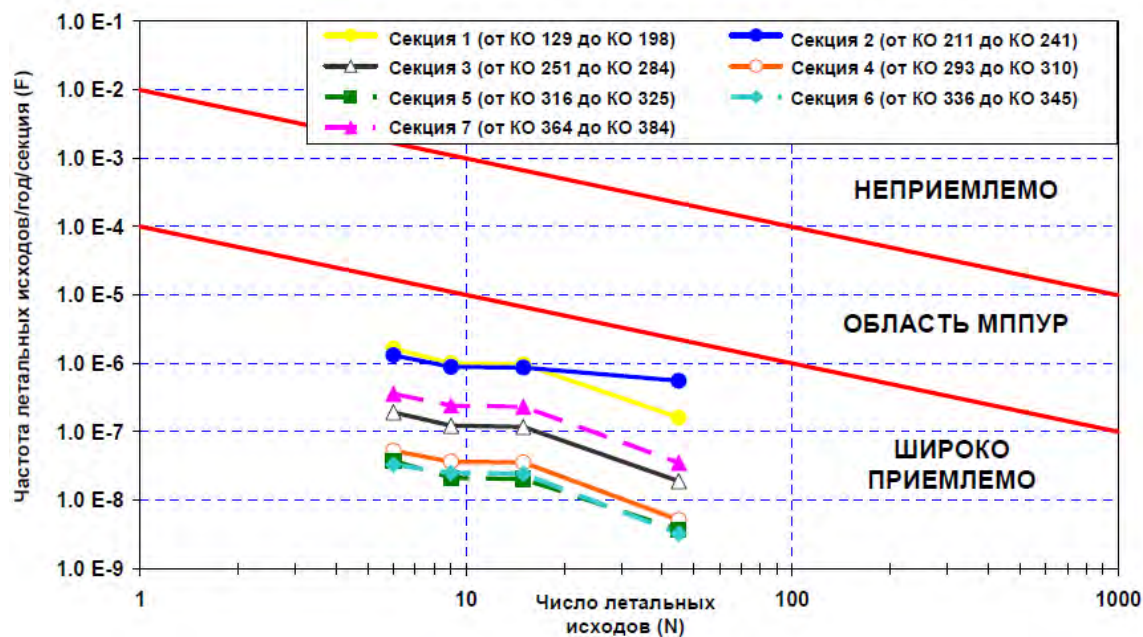


Рис. 5.12 Кривая F-N – Финляндия

Результаты $F-N$, дающие частоту несчастных случаев с летальным исходом, являются широко приемлемыми для всех участков.

Швеция

Табл. 5.7 Частота сценариев взаимодействия – Швеция

Протяженность и местоположение участков интенсивного судоходства					Частота сценариев взаимодействия (событий на участок в год) на участках интенсивного судоходства (>250 судов на км в год)				
Идентификатор участка	От КО	до КО	Протяженность участка	Суда - общее число	Сброшенные объекты	Сброшенные якоря	Волочащиеся по дну якоря	Затонувшие суда	Всего
[]	[км]	[км]	[км]	[судов на участок в год]	[событий на участок в год]				
1	521	546	26	4573	6.5 E-5	1.3 E-7	4.7 E-6	1.7 E-7	7.0 E-5
2	593	602	10	822	4.2 E-6	2.0 E-8	1.0 E-6	2.8 E-8	5.3 E-6
3	625	636	12	6691	1.1 E-4	2.6 E-7	1.2 E-7	3.0 E-7	1.1 E-4
4	650	667	18	7523	1.4 E-4	3.6 E-7	2.4 E-7	3.0 E-7	1.4 E-4
5	706	725	20	4672	6.2 E-5	1.1 E-7	4.7 E-6	2.3 E-7	6.8 E-5
6	909	918	10	2176	1.5 E-5	8.0 E-8	1.1 E-6	6.7 E-8	1.7 E-5
7	950	959	10	1646	4.4 E-6	4.5 E-8	2.4 E-6	4.6 E-8	6.9 E-6

Падающие предметы занимают верхнюю строчку в общей частоте взаимодействия на всех участках (свыше 90% в большинстве случаев), хотя для участков 7 и 2 доля волочащихся по дну якорей составляет 35% и 19% соответственно.

Табл. 5.8 Общая вероятность повреждения трубопровода и частота выбросов газа – Швеция

Идентификатор участка	От КО	до КО	Протяженность участка	Сброшенные объекты	Сброшенные якоря	Волочащиеся по дну якоря	Затонувшие суда	Общая вероятность повреждения	Частота выбросов газа
[#]	[км]	[км]	[км]	[повреждений на участок в год]				[повреждений на участок в год]	
1	521	546	26	6.5 E-9	1.4 E-12	3.3 E-6	6.1 E-8	3.4 E-6	1.1 E-6
2	593	602	10	4.2 E-10	2.0 E-13	8.2 E-7	1.0 E-8	8.4 E-7	2.6 E-7
3	625	636	12	1.1 E-8	2.7 E-12	5.9 E-8	1.1 E-7	1.8 E-7	1.3 E-7
4	650	667	18	1.4 E-8	3.8 E-12	1.6 E-7	1.1 E-7	2.8 E-7	1.6 E-7
5	706	725	20	6.2 E-8	1.1 E-12	2.3 E-6	8.4 E-8	2.4 E-6	7.7 E-7
6	909	918	10	1.5 E-8	8.6 E-13	1.0 E-6	2.5 E-8	1.1 E-6	3.3 E-7
7	950	959	10	4.4 E-9	5.0 E-13	2.3 E-6	1.7 E-8	2.3 E-6	7.0 E-7

Волочащиеся по дну якоря занимают верхнюю строчку в общей вероятности повреждения для участков с 1 по 2 и с 5 по 7 (94% или выше); на участке 4 волочащиеся по дну якоря по прежнему доминируют, но значительную долю также составляют затонувшие суда (40%). На участке 3 преобладают затонувшие суда (61%), а волочащиеся по дну якоря составляют 33%. Очевидно, что на всех участках соблюдается соответствие критерию допустимости, составляющему 10^{-4} повреждений на участок в год.

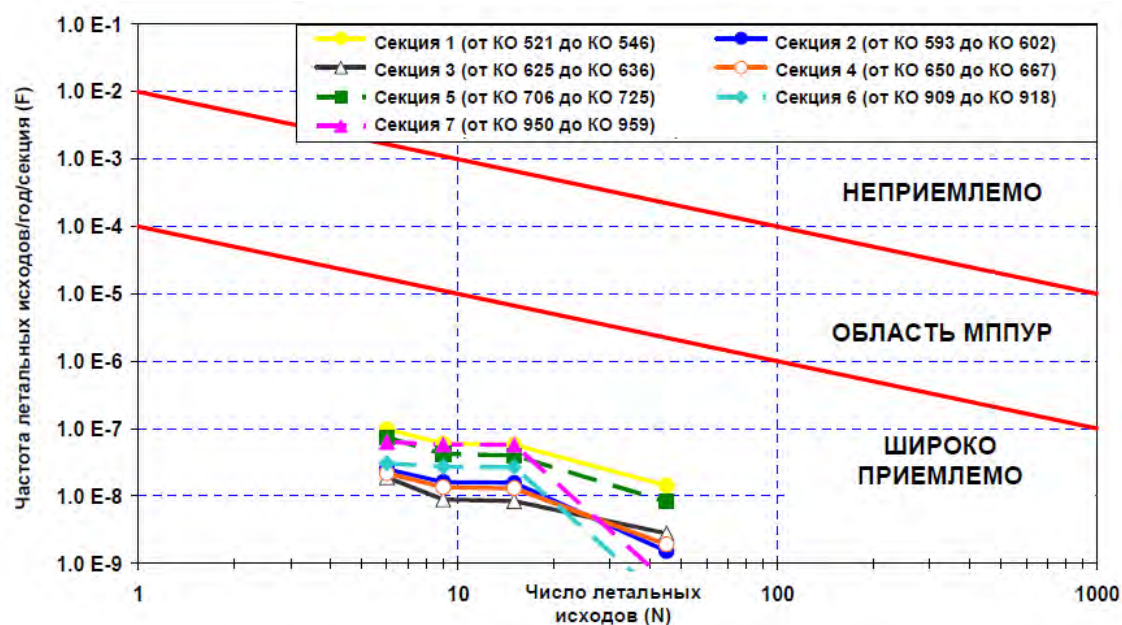


Рис. 5.13 Кривая F-N – Швеция

Результаты $F-N$, дающие частоту несчастных случаев с летальным исходом, являются широко приемлемыми для всех участков.

Дания

Табл. 5.9 Частота сценариев взаимодействия – Дания

Протяженность и местоположение участков интенсивного судоходства					Частота сценариев взаимодействия (событий на участок в год) на участках интенсивного судоходства (>250 судов на км в год)				
Идентификатор участка	От КО	до КО	Протяженность участка	Суда – общее число	Сброшенные объекты	Сброшенные якоря	Волочащиеся по дну якоря	Затонувшие суда	Всего
[–]	[км]	[км]	[км]	[судов на участок в год]	[событий на участок в год]				
1	1014	1023	10	1991	2.6 E-5	8.8 E-8	4.3 E-6	4.2 E-7	3.1 E-5
2	1072	1086	15	4151	5.2 E-5	1.9 E-7	4.6 E-6	1.1 E-6	5.8 E-5
3	1124	1133	10	4681	6.6 E-5	2.0 E-7	9.0 E-6	9.8 E-7	7.6 E-5

Падающие предметы преобладают в общей частоте взаимодействия на всех участках (между 85% и 90%), а доля волочащихся по дну якорей для участков 1 и 3 составляет 14% и 12 % соответственно.

Табл. 5.10 Общая вероятность повреждения трубопровода и частота выбросов газа – Дания

Идентификатор участка	От КО	До КО	Протяженность участка	Сброшенные объекты	Сброшенные якоря	Волочащиеся по дну якоря	Затонувшие суда	Общая вероятность повреждения	Частота выбросов газа
[#]	[км]	[км]	[км]	[повреждений на участок в год]				[повреждений на участок в год]	
1	1014	1023	10	2.6 E-8	1.0 E-12	2.9 E-6	1.5 E-7	3.0 E-6	1.0 E-6
2	1072	1086	15	5.2 E-8	1.9 E-12	2.3 E-6	3.9 E-7	2.8 E-6	1.1 E-6
3	1124	1133	10	6.6 E-8	2.0 E-12	4.4 E-6	3.6 E-7	4.8 E-6	1.7 E-6

Волочащиеся по дну якоря являются определяющим фактором общей вероятности повреждения (>84%) на всех участках, хотя на участке 2 доля затонувших судов составляет 14%. Очевидно, что на всех участках соблюдается соответствие критерию допустимости, составляющему 10^{-4} повреждений на участок в год.

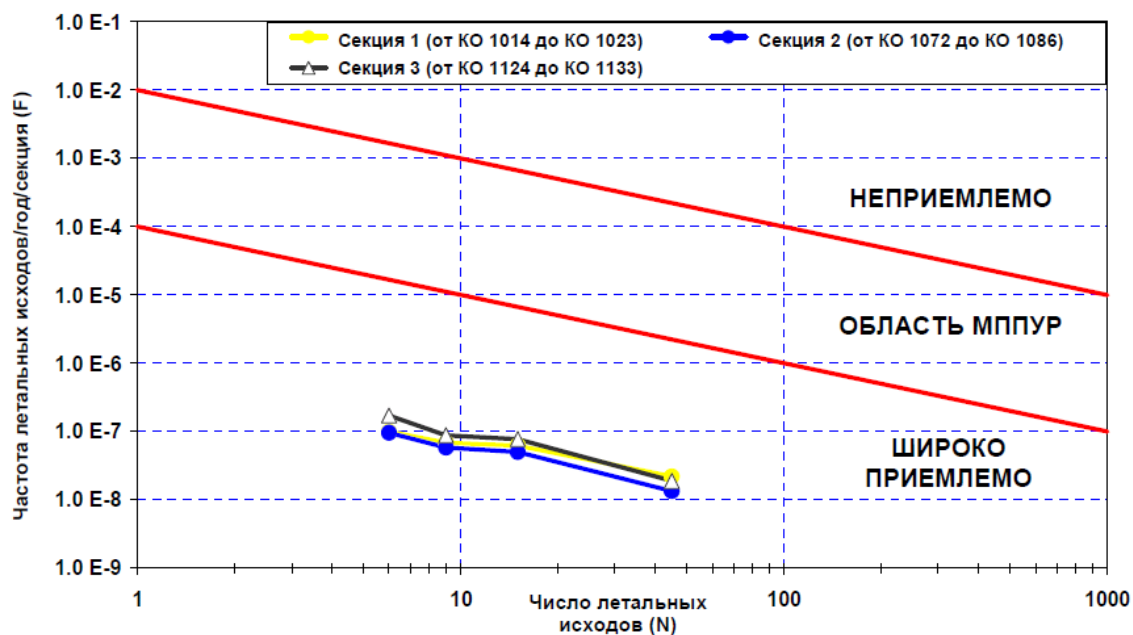


Рис. 5.14 Кривая F-N - Дания

Результаты $F-N$, дающие частоту несчастных случаев с летальным исходом, являются широко приемлемыми для всех участков.

Германия

Табл. 5.11 Частота сценариев взаимодействия – Германия

Протяженность и местоположение участков интенсивного судоходства					Частота сценариев взаимодействия (событий на участок в год) на участках интенсивного судоходства (>250 судов на км в год)					
Идентификатор участка	От КО	до КО	Протяженность участка	Суда – общее число	Сброшенные объекты	Сброшенные якоря	Волочащиеся по дну якоря	Затонувшие суда	Суда, севшие на мель	Всего
[-]	[км]	[км]	[км]	[судов на участок в год]	[событий на участок в год]					
1	1163	1172	10	3321	6.6 E-6	1.2 E-7	6.4 E-6	4.1 E-7	-	1.3 E-5
2	1180	1189	10	5625	7.9 E-5	1.5 E-7	7.0 E-6	1.3 E-6	-	8.7 E-5
3	1206	1215	10	3350	7.9 E-5	3.8 E-7	5.8 E-6	2.1 E-6	8.9 E-5	1.8 E-4

Падающие предметы составляют 49%, 90% и 45% общей частоты взаимодействия для разделов 1, 2 и 3 соответственно, волочащиеся по дну якоря составляют 47% на участке 1, а севшие на мель суда составляют 50% на участке 3. Однако, как отмечалось выше, сценарий посадки на мель актуален только для КР 1213 и 1214 (Эльзагруд) участка 3, где трубопровод будет заглублен, и поэтому повреждения трубопровода, вызванные посадкой на мель, не учитываются.

Табл. 5.12 Общая вероятность повреждения трубопровода и частота выбросов газа - Германия

Идентификатор участка	От КО	до КО	Протяженность участка	Сброшенные объекты	Сброшенные якоря	Волочащиеся по дну якоря	Затонувшие суда	Общая вероятность повреждения	Частота выбросов газа
[-]	[км]	[км]	[км]	[повреждений на участок в год]				[повреждений на участок в год]	
1	1163	1172	10	6.6 E-9	1.2 E-12	5.4 E-6	1.5 E-7	5.6 E-6	1.8 E-6
2	1180	1189	10	7.9 E-8	1.5 E-12	3.6 E-6	4.7 E-7	4.2 E-6	1.6 E-6
3	1206	1215	10	7.9 E-8	3.8 E-12	1.6 E-7	7.9 E-7	1.0 E-6	8.3 E-7

Волочащиеся по дну якоря доминируют в общей вероятности нанесения повреждений на участках 1 и 2 (97% и 86% соответственно). На участке 3 преобладают затонувшие суда (77%), волочащиеся по дну якоря составляют 16%, а падающие предметы - 8%. Очевидно, что на всех участках соблюдается соответствие критерию допустимости, составляющему 10^{-4} повреждений на участок в год.

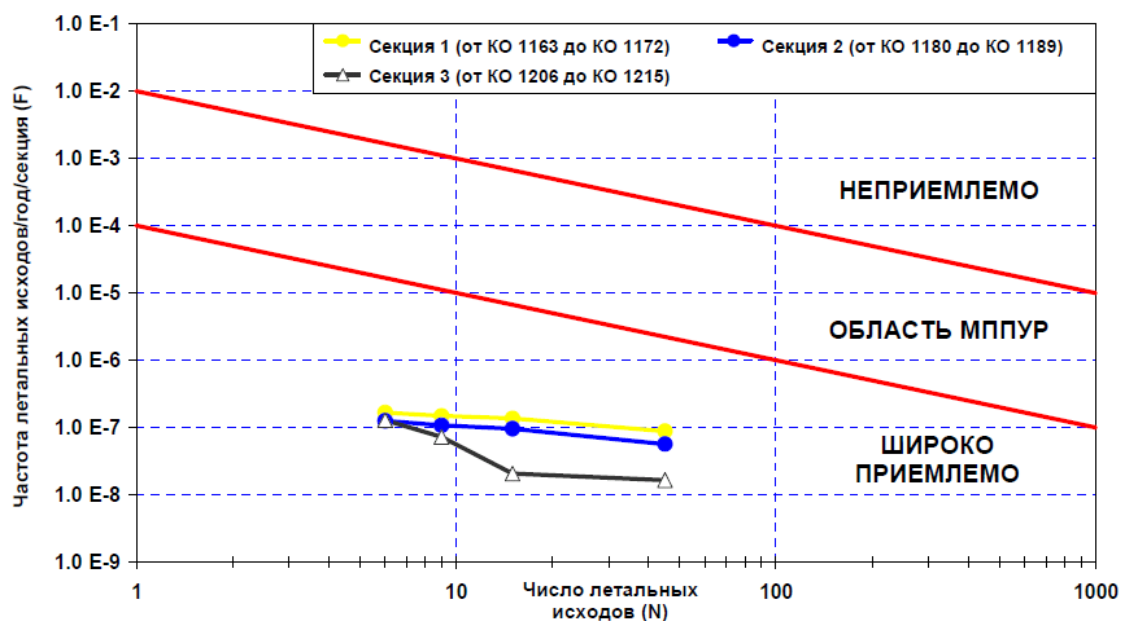


Рис. 5.15 Кривая F-N - Германия

Результаты $F-N$, дающие частоту несчастных случаев с летальным исходом, являются широко приемлемыми для всех участков.

Общая частота сценария взаимодействия, вероятность выхода трубопровода из строя (повреждения) и частота выброса газов - сводка

Годовая частота взаимодействия, повреждения трубопровода и частота выброса газов, представленные в предыдущих разделах, приведены в **Табл. 5.13**.

Табл. 5.13 Общая частота сценария взаимодействия, вероятность выхода трубопровода из строя (повреждения) и частота выброса газов

Страна	Номер участка	От КО (km)	До КО (km)	Протяженность участка (km)	Число судов	Частота сценариев взаимодействия (случаев в год)	Вероятность повреждения трубопровода (повреждений в год)	Соблюдаемые критерии (✓/х)	Частота выбросов газа (в год)	% общей частоты выбросов газа
Россия	1	1	10	10	189	2,2 E-6	8,5 E-7	✓	8,5 E-7	4.0%
	2	112	123	12	2,042	1,4 E-5	3,5 E-6	✓	1,1 E-6	
	Всего			22	2,232	1,6 E-5	4,3 E-6		1,9 E-6	
Финляндия	1	129	198	70	41,493	7,2 E-4	5,4 E-5	✓	1,7 E-5	72.7%
	2	211	241	31	26,056	4,0 E-4	3,6 E-5	✓	1,2 E-5	
	3	251	284	34	23,745	5,4 E-4	2,4 E-6	✓	1,4 E-6	
	4	293	310	18	4,033	7,7 E-5	1,3 E-6	✓	4,9 E-7	
	5	316	325	10	1,590	1,6 E-5	1,1 E-6	✓	3,7 E-7	
	6	336	345	10	1,474	2,3 E-5	1,0 E-6	✓	3,4 E-7	
	7	364	384	21	14,634	2,3 E-4	1,1 E-5	✓	3,7 E-6	
	Всего			194	113,025	2,0 E-3	1,1 E-4		3,5 E-5	
Швеция	1	521	546	26	4,573	7,0 E-5	3,4 E-6	✓	1,1 E-6	7.0%
	2	593	602	10	822	5,3 E-6	8,4 E-7	✓	2,6 E-7	
	3	625	636	12	6,691	1,1 E-4	1,8 E-7	✓	1,3 E-7	
	4	650	667	18	7,523	1,4 E-4	2,8 E-7	✓	1,6 E-7	
	5	706	725	20	4,672	6,8 E-5	2,4 E-6	✓	7,7 E-7	
	6	909	918	10	2,176	1,7 E-5	1,1 E-6	✓	3,3 E-7	
	7	950	959	10	1,646	6,9 E-6	2,3 E-6	✓	7,0 E-7	
	Всего			106	28,103	4,2 E-4	1,1 E-5		3,4 E-6	
Дания	1	1014	1023	10	1,991	3,1 E-5	3,0 E-6	✓	1,0 E-6	7.8%
	2	1072	1086	15	4,151	5,8 E-5	2,8 E-6	✓	1,1 E-6	
	3	1124	1133	10	4,681	7,6 E-5	4,8 E-6	✓	1,7 E-6	
	Всего			35	10,822	1,6 E-4	1,1 E-5		3,8 E-6	
Германия	1	1163	1172	10	3,321	1,3 E-5	5,6 E-6	✓	1,8 E-6	8.6%
	2	1180	1189	10	5,625	8,7 E-5	4,2 E-6	✓	1,6 E-6	
	3	1206	1215	10	3,350	1,8 E-4	1,0 E-6	✓	8,3 E-7	
	Всего			30	12,296	2,8 E-4	1,1 E-5		4,2 E-6	
Всего				387	166,478	2,9 E-3	1,4 E-4		4,9 E-5	100.0%

Очевидно, что вероятность выхода трубопровода из строя (повреждения) на каждом критическом участке находится ниже значения критерия, составляющего 10^{-4} повреждений на критический участок трубопровода в год.

Общие цифры по всем критическим участкам трубопровода следующие:

- Частота взаимодействия: $2,9 \text{ E-3}$ в год, что приблизительно соответствует одному взаимодействию в 350 лет
- Частота выхода трубопровода из строя (повреждения): $1,4 \text{ E-4}$ в год, что приблизительно соответствует одному случаю в 7 000 лет
- Частота выброса газов: $4,9 \text{ E-5}$ в год, что приблизительно соответствует одному случаю выброса газов в 20 000 лет

Очевидно, что по результатам лидирует Финляндия ввиду значительно более напряженного судоходства и соответственно, большей длины критических секций трубопровода.

Карта маршрута трубопровода с отмеченными критическими участками представлена на **Рис. 5.16.**

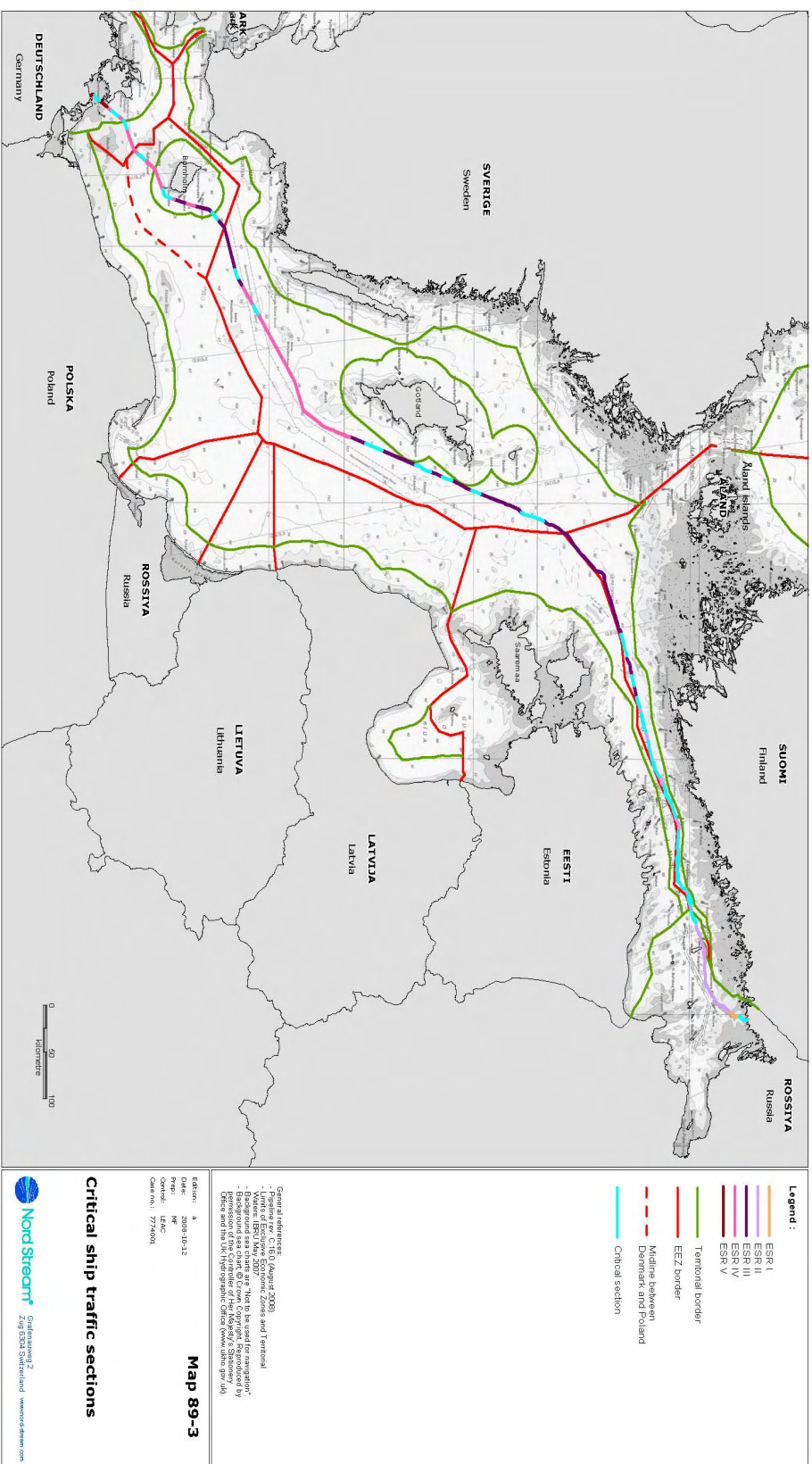


Рис. 5.16 Критические участки трубопровода

Критические участки трубопровода

Не существует точных критериев для оценки допустимости общей *частоты* выбросов газа, отмеченной выше (т.е. один случай выброса газа каждые 20 000 лет). В то же время следует отметить, что ни одно лицо или группа населения не будут подвержены риску по всей протяженности трубопровода. Отсюда, как отмечалось ранее, принятый Nord Stream, подход по соглашению с DNV и в соответствии с применимыми стандартами DNV должен показать, что частота отказов (повреждений) трубопровода ниже величины 10^{-4} отказов на критический участок трубопровода в год.

Поскольку данный критерий достигнут для всех критических участков трубопровода, соответствующие риски воспринимаются как допустимые и в дальнейшем анализе необходимости нет. Тем не менее, Nord Stream также провела оценку общественных рисков (и представила результаты в виде приведенных ранее кривых F-N) и показала, что уровень рисков приемлем при сопоставлении с согласованными критериями допустимости *риска*.

Риски репутации

Кроме оценки рисков для людей и окружающей среды, оценки Snamprogetti также касались рисков репутации. Такие риски были оценены для каждой ИЭЗ (5 стран) с помощью приведенной ранее на **Рис. 5.3** матрицы но с дополнительным масштабом последствий для репутации, показанном в **Табл. 5.14**.

Табл. 5.14 **Масштабы последствий матрицы дополнительных рисков**

Последствия	Репутация
1. Обширные	Международное воздействие. Негативное воздействие
2. Серьезные	Значительное национальное воздействие
3. Умеренные	Ограниченное национальное воздействие
4. Малые	Локальное воздействие

* Риски рассматривались как низкие во всех случаях, кроме полного разрыва в финской ИЭЗ, что считается умеренным (серьезные последствия с частотой от 10^{-5} до 10^{-3} в год)

Траловый промысел и риск для рыболовных судов

Первоначальный анализ повреждения тралового оборудования оценивал частоту повреждения в результате зацепления как малую, а частоту гибели рыболовецкого судна как исключительно малую в случае некорректного обращения с оборудованием. Российское траловое рыболовство не включено в анализ, поскольку российские траулеры не осуществляют глубоководный траловый лов.

Несмотря на вышесказанное, и принимая во внимание важность данного вопроса, а также предположений, основанных на инженерной экспертизе, которая является необходимым элементом подобного анализа, компания Nord Stream инициировала дальнейшие исследования и анализы уязвимости для обеспечения надежности такой оценки.

Анализ проведения траловых работ показал, что трубопровод может выдержать взаимодействие с тралом при первоначальном воздействии и протаскивании по поверхности трубопровода, установленного на морском дне. Большее воздействие будет оказано на трубопровод, если трал будет зацеplen (зацеплен) под трубопроводом. Траловое оборудование будет повреждено до того, как оно сможет принести ущерб трубопроводу.

5.4.3 Экологические риски - строительство трубопровода

Экологические риски во время строительства трубопровода приведены в таблице рисков на **Рис. 5.17**.

Последствия	Вероятность (рост вероятности →)			
	Низкая ($< 10^{-5}/г$)	Маловероятная ($10^{-5} - 10^{-3}/y$)	Вероятная ($10^{-3} - 10^{-2}/y$)	Высокая ($10^{-2} - 10^{-1}/y$)
Всесторонние				
Серьезные	d, e, g, l, n, o, p, q, r, t, u, v, x, y, aa	c, f, h		
Умеренные	m, w, z	b, i, j, k, s		
Незначительные		a	bb, cc, dd	

a Столкновение с посторонним судном, разлив 1 - 10 т.	p Пожар на СВО/Судне обеспечения работ по подготовке траншей
b Столкновение с посторонним судном, разлив 10 - 100 т.	q Пожар на мелководном трубоукладочном судне
c Столкновение с посторонним судном, разлив 100 - 1000 т.	r Пожар на трубоукладочном судне с ДП (Solitaire)
d Столкновение с посторонним судном, разлив 1000 - 10000 т.	s Посадка на мель судна для транспортировки труб
e Столкновение с посторонним судном, разлив >10000 т.	t Посадка на мель судна снабжения
f Столкновение с трубоукладочным судном	u Посадка на мель судна для каменной наброски
g Столкновение с СВО/Судном обеспечения работ по подготовке траншей	v Затопление СВО/Судна обеспечения работ по подготовке траншей
h Столкновение с судном для каменной наброски	w Затопление судна для транспортировки труб/буксира для установки якорей
i Столкновение с судном для транспортировки труб/вспомогательным судном	x Затопление трубоукладочного судна
j Столкновение с судном для установки якорей	y Затопление судна для каменной наброски
k Столкновение с мелководным трубоукладочным судном (C10)	z Затопление мелководного трубоукладочного судна
l Столкновение с трубоукладочным судном с ДП (Solitaire)	aa Затопление трубоукладочного судна с ДП
m буксире для установки якорей/судне обеспечения для установки якорей	bb Операции по заправке судов топливом – буксир
n Пожар на судне для каменной наброски	cc Операции по заправке судов топливом - трубоукладочное судно
o Пожар на трубоукладочном судне	dd Операции по заправке судов топливом – Solitaire/C10

Рис. 5.17 Табл. рисков - Экологические риски во время строительства

Очевидно, что случаи высокого риска отсутствуют, но имеет место ряд средних рисков, приводящийся ниже:

- Столкновение с посторонним судном, разлив 100 - 1000 т.
- Столкновение с трубоукладочным судном

- Столкновение с судном для каменной наброски.

Экологическое воздействие в результате столкновения судов связано с опасностью разлива нефти, наибольшая опасность возникает в случае вовлечения в столкновение нефтяных танкеров. Меры по предотвращению этих рисков обсуждаются в **Разделе 5.6.2**.

5.4.4 Экологические риски - эксплуатация трубопровода

Экологические риски, связанные с выбросом газов из пор, отверстий и разрывов трубопровода, даны по месту возникновения в таблице рисков, представленной выше на **Рис. 5.3**. Результаты экологических рисков по каждой стране представлены на следующих рисунках и таблицах; значение результатов обсуждается в **Разделе 5.5**.

Причина		Частота выбросов газа в год		
		Пора (A)	Отверстие (B)	Разрыв (C)
Взаимодействие с коммерческим судоходством		7.1 E-8	7.1 E-8	4.0 E-6

Последствие	1. Интенсивный				
	2. Серьезный				
	3. Умеренный	B C			
	4. Незначительный	A			
		Низкий <10 ⁻⁵ /y	Маловероятно 10 ⁻⁵ -10 ⁻³ /y	Вероятно 10 ⁻³ -10 ⁻² /y	Часто 10 ⁻² -10 ⁻¹ /y

Частота выбросов газа в год

Рис. 5.18 Экологические риски - Россия

Причина	Частота выбросов газа в год		
	Пора (А)	Отверстие (В)	Разрыв (С)
Взаимодействие с коммерческим судоходством	2.5 E-7	2.5 E-7	3.5 E-5

Последствие	Интенсивный				
	Серьезный				
	Умеренный	В	С		
	Незначительный	А			
		Низкий $<10^{-5} /y$	Маловероятно $10^{-5} - 10^{-3} /y$	Вероятно $10^{-3} - 10^{-2} /y$	Часто $10^{-2} - 10^{-1} /y$
Частота выбросов газа в год					

Рис. 5.19 Экологические риски - Финляндия

Причина	Частота выбросов газа в год		
	Пора (А)	Отверстие (В)	Разрыв (С)
Взаимодействие с коммерческим судоходством	2.1 E-8	2.1 E-8	3.4 E-6

Последствия	1. Всесторонние				
	2. Серьезные				
	3. Умеренные	В	С		
	4. Незначительные	А			
		Низкая $<10^{-5} / y$	Маловероятно $10^{-5} - 10^{-3} / y$	Вероятно $10^{-3} - 10^{-2} / y$	Высокая $10^{-2} - 10^{-1} / y$

Частота выбросов газа в год

Рис. 5.20 Экологические риски – Швеция

Причина	Частота выбросов газа в год		
	Пора (А)	Отверстие (В)	Разрыв (С)
Взаимодействие с коммерческим судоходством	4.5 E-8	4.5 E-8	3.7 E-6

Последствия	1. Всесторонние				
	2. Серьезные				
	3. Умеренные	В	С		
	4. Незначительные	А			
		Низкая $<10^{-5} / \text{y}$	Маловероятно $10^{-5} - 10^{-3} / \text{y}$	Вероятно $10^{-3} - 10^{-2} / \text{y}$	Высокая $10^{-2} - 10^{-1} / \text{y}$

Частота выбросов газа в год

Рис. 5.21 Экологические риски - Дания

Причина	Частота выбросов газа в год		
	Пора (A)	Отверстие (B)	Разрыв (C)
Взаимодействие с коммерческим судоходством	7.1 E-8	7.1 E-8	4.0 E-6

Последствия	1. Всесторонние				
	2. Серьезные				
	3. Умеренные	В	С		
	4. Незначительные	А			
		Низкая $<10^{-5}$ /y	Маловероятно $10^{-5} - 10^{-3}$ /y	Вероятно $10^{-3} - 10^{-2}$ /y	Высокая $10^{-2} - 10^{-1}$ /y

Частота выбросов газа в год

Рис. 5. 22 Экологические риски - Германия

5.4.5 Вероятность глобального потепления

По каждой нитке трубопровода Nord Stream из России в Германию будет транспортироваться 27,5 миллиардов кубометров ⁽¹⁾ сухого бессернистого природного газа. Если рассматривать все критические участки трубопровода, полнопроходной разрыв трубопровода по прогнозам может случиться раз в 20 000 лет, как ранее описывалось в **Разделе 5.4**; поэтому в высшей степени маловероятно, чтобы это произошло в течение

(1) Стандартные кубические метры – газ в стандартных условиях, соответствующих давлению в одну атмосферу и температуре 15°C.

срока службы трубопровода. Тем не менее компания NordStream учла воздействие такой аварии на глобальное потепление.

В случае полнопроходного разрыва трубопровода входной клапан трубопровода будет закрыт, а с помощью выходного клапана из трубопровода будет откачено максимально возможное количество газа. Однако можно произвести оценку количества выброшенного газа при типичном наихудшем сценарии, предполагающем одновременное закрытие входного и выходного клапанов, после которого балансовое давление в трубопроводе будет приблизительно соответствовать 165 бар (как показано на **Рис. 5.23**).

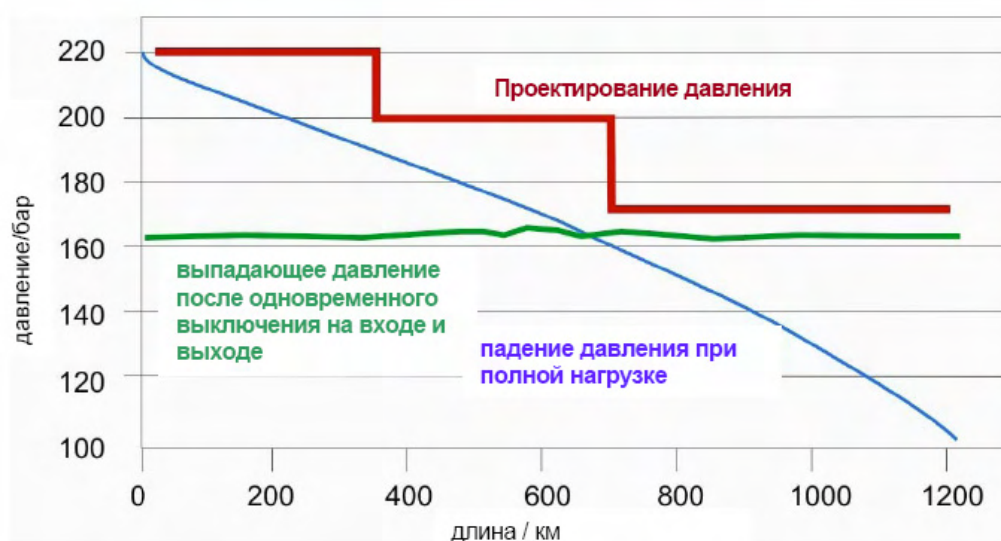


Рис. 5.23 Давление метана в трубопроводе Nord Stream ⁽¹⁾

Исходя из размеров трубопровода, приведенных в описании проекта, ⁽¹⁾ (внутренний диаметр 1153 мм, длина 1220 км) общий объем трубопровода может быть рассчитан, как соответствующий 1,27 млн. кубических метров. При балансовом давлении в 165 бар в соответствующем трубопроводе образуется эквивалент (при атмосферном давлении) в 210 миллионов кубических метров газа. Плотность метана меняется в зависимости от температуры. При давлении в одну атмосферу плотность метана составляет 0,688 кг/м³ при 20°C и 0,717 кг/м³ при 0°C. По данным Шведского метеорологического института ⁽²⁾,

(1) Nord Stream AG and Rambøll. June 2008. Project Description. Work Paper for Danish Permit Application.

(2) Шведский Метеорологический и Гидрологический Институт. Цель ШМГИ (SMHI) – управлять и разрабатывать информацию о погоде, воде и климате, которая впоследствии обеспечит опыт и получение данных для принятия продвинутых решений для предоставления общественных услуг, частного сектора и общественности. <http://www.smhi.se/cmp/jsp/polopoly.jsp?d=11122&l=sv> (по состоянию на август 2008г.).

температура на дне Балтийского моря колеблется между 4°C и 6°C; при температуре 5°C плотность метана составляет 0,705 кг/м³. Поэтому масса газа в трубопроводе (при 165 бар и 5°C) приблизительно равна 148 000 тонн.

Растворимость метана в воде является низкой, и для описанных здесь расчетов исходили из предположения, что весь метан, выброшенный через разрыв, попадет в атмосферу. В недавно выпущенном четвертом оценочном отчете МГЭИК утверждается, что влияние метана на глобальное потепление в 25 раз выше, чем углекислого газа, что означает, что выброс одной тонны метана соответствует 25 тоннам углекислого газа. Таким образом, 148 000 тонн метана, выброшенного в атмосферу, будет равнозначно выбросу 3,7 млн тонн углекислого газа с точки зрения воздействия на мировое потепление.

С точки зрения выбросов углекислого газа в национальном масштабе (см. **Табл. 5.15**), 3,7 млн тонн углекислого газа эквивалентно менее, чем одной четвертой части процента ежегодных выбросов России (данные 2004 г.), менее, чем 0,5% ежегодных выбросов Германии, но соответствует 7,0% годовых выбросов Дании или Швеции.

Табл. 5.15 Национальные выбросы углекислого газа (2004 г.)

Страна	Ежегодные выбросы CO ₂ (в тысячах метрических тонн)	Эквивалентно ежегодным выбросам из пробоины трубопровода (%)
Россия	1,524,993	0.24
Германия	808,767	0.46
Финляндия	65,799	5.6
Швеция	53,033	7.0
Дания	52,956	7.0

Данные из Информационно-аналитического центра по углекислому газу были опубликованы департаментом по статистике ООН (<http://millenniumindicators.un.org/unsd/mdg/SeriesDetail.aspx?srid=749&crd>)

Для сравнения, если тот же объем метана, который был выброшен из-за разрыва, был доставлен потребителям и сожжен, образовав углекислый газ и воду, было бы выработано 407 500 тонн углекислого газа. Это означает, что количество метана, потенциально выброшенного из разрыва, в пересчете на углекислый газ в девять раз превосходит то же количество сожженного метана.

Общее количество углекислого газа, выброшенного в атмосферу в результате судоходства в Балтийском море, в настоящий момент оценивается в 41,4 млн тонн ⁽¹⁾, причем крупнейшими источниками выбросов являются танкеры, вырабатывающие 16 млн тонн углекислого газа (см. **Табл. 5.16**).

Табл. 5.16 Выбросы углекислого газа в результате судоходства в Балтийском море

Тип судна	Оценки по выбросам CO ₂ . (тысяч тонн в год)	Эквивалентно ежегодным выбросам из пробоины трубопровода (%)
Грузовые суда	13,526.4	27.4
Танкеры	15,995.8	23.2
Пассажирские суда	2,757.5	134.3
Прочие	2,899.3	127.8
Неизвестно	4,131.3	89.7
Совмещенные (95% всех судов)	39,310.3	9.4
Всего (100% всех судов)	41,379.3	9.0

Как показано в **Табл. 5.16**, с точки зрения потенциала глобального потепления, метан, выброшенный из пробоины трубопровода, будет приблизительно эквивалентен 9% годовых выбросов углекислого газа в результате всего судоходства в Балтийском море. Однако ввиду очень низкой частоты подобного события (для всех критических участков трубопровода вместе взятых, частота эквивалентна одной аварии в 20 000 лет), среднегодовая масса выброшенных их полнопроходной пробоины равна 180 тоннам, или 0,00044% годовых выбросов углекислого газа со стороны морского транспорта Балтийского моря.

(1) Nord Stream AG and Ramboll. September 2008. Memo 4.3p - Air emissions and climate. Nord Stream Report No. G-PE-PER-EIA-100-43P00000.

5.5 Обсуждение результатов рисков

Мы признаем неизбежность того жизненного факта, что мы окружены опасностями, каждая из которых может привести к нежелательным последствиям. Поэтому никакая человеческая деятельность не застрахована от рисков. Некоторые риски из числа тех, с которыми мы сталкиваемся, являются следствием природных опасностей (напр. землетрясения, удары молнией), другие возникают в результате промышленных процессов (очищенное горючее, использующееся в автомобилях), есть и риски, проистекающие из определенного стиля жизни, а также риски, на которые мы идем сознательно в целях обеспечения себе некоторых преимуществ (например, езда на автомобиле или перелеты).

Риски следует расценивать в свете тех преимуществ, которые получает человек, идущий на риск. В режиме полной загрузки обе нитки трубопровода будут транспортировать 55 миллиардов кубометров газа в год с газовых месторождений в России к конечным рынкам в Европе, что обеспечит источник энергии для потребителей и промышленности на ближайшие 50 лет. Основной задачей проекта является разработка проекта, строительство и эксплуатация трубопровода в безопасном режиме, так чтобы можно было получать преимущества, в то же время поддерживая риски на уровне широко приемлемых.

С этой целью в комплексном анализе рисков, представленном в предыдущих разделах, была произведена оценка рисков для человека, а также рисков для окружающей среды.

5.5.1 Риски для человека

В этом разделе дается обсуждение результатов оценки рисков с точки зрения критериев приемлемости / допустимости, представленных в **Разделе 5.1.4**.

Строительство трубопровода

Риск, которому подвергается третья сторона *на наземных участках* во время строительства трубопровода, возникает только в том случае, если персонал, не связанный со строительными работами, оказывается на местах выхода трубопровода на сушу, или приближается к судам, предназначенным для прибрежных строительных работ. Однако возможность попадания посторонних лиц на эти объекты и суда будет предотвращена за счет принятия обычных мер безопасности на суше и создания зон безопасности вокруг находящихся у берега судов. Поэтому риск получения повреждений или летального исхода для населения расценивается как очень низкий.

Существует лишь незначительная вероятность извлечения из-под земли неразорвавшихся боеприпасов во время строительных работ на берегу, поскольку территория уже обследована с помощью магнитометра и детекторов металла, и никаких объектов обнаружено не было. Однако на тот случай, если неразорвавшиеся боеприпасы будут обнаружены в ходе подготовки мест выхода трубопровода на сушу, за пределами строительной площадки в случае необходимости будет огорожена охранная зона для гарантии того, что население не окажется на взрывоопасном участке.

На шельфе экипажи и пассажиры проходящих судов подвергаются рискам, связанным со столкновением со строительными судами. В ходе количественной экспертизы были даны следующие консервативные (осторожные) оценки индивидуальных рисков, которым подвергают себя представители персонала третьей стороны (на человека в год):

- Грузовом судне 4.0×10^{-6}
- Танкере 8.2×10^{-7}
- Пассажирском судне $1,7 \times 10^{-8}$

Эти уровни рисков для третьей стороны находятся значительно ниже нормативного значения рисков для общественности, составляющего $1,0 \times 10^{-4}$ на человека в год. Риск для пассажиров на проходящих судах составляет около 0,013% от риска гибели в результате дорожно-транспортного происшествия (на основании среднего значения, **Табл. 5.1**, представленная выше). Риск для экипажа грузовых судов оценивается как максимальный (эквивалентен 3,1% риска ДТП).

Во время строительных работ помимо принятия обычных навигационных мер, используемых торговыми судами, будет отмечена охранная зона вокруг строительных судов.

Во время строительства нитки 2 нитка 1 будет работать, и оценка риска подразумевает возможность повреждения нитки упавшими секциями труб во время погрузки. При расстоянии между нитками 100 метров риск считается очень низким, однако на некоторых участках маршрута разделительное расстояние будет сокращено, и там это необходимо принимать во внимание.

Эксплуатация трубопровода

Риски в ходе эксплуатации возникают в результате повреждений трубопровода, а также в результате потенциала выброса газов и возгорания вследствие взаимодействия с судами в Балтийском море. Потенциальное взаимодействие включает случаи падения предметов (напр. контейнеров с грузовых судов), падения якорей, волочения якорей по дну, затопления судов и посадки судов на мель (вблизи мест выхода трубопровода на сушу).

Также существует риск зацепления рыболовецких снастей за трубопровод в результате некорректного использования оборудования, что в исключительных случаях может привести к гибели судна.

Анализы показали, что все критические участки трубопровода (т. е. зоны интенсивного судоходства) во всех странах соответствуют утвержденному критерию допустимости для Проекта, который составляет 10^{-4} повреждений на участок в год. Поэтому дополнительная защита трубопровода не требуется.

Результаты рисков, представленные в виде кривых $F-N$ для каждого критического участка трубопровода (т. е. зон с интенсивным судоходством), также показывают, что уровень рисков исключительно низок (т. е. уровень риска рассматривается как «широко приемлемый» во всех случаях при сравнении с утвержденными критериями допустимости рисков). На самом деле, данные $F-N$ могут быть суммированы по всем критическим участкам трубопровода в каждой стране, так что по каждой стране может быть вычерчена отдельная диаграмма, как это показано на **Рис. 5.24**.

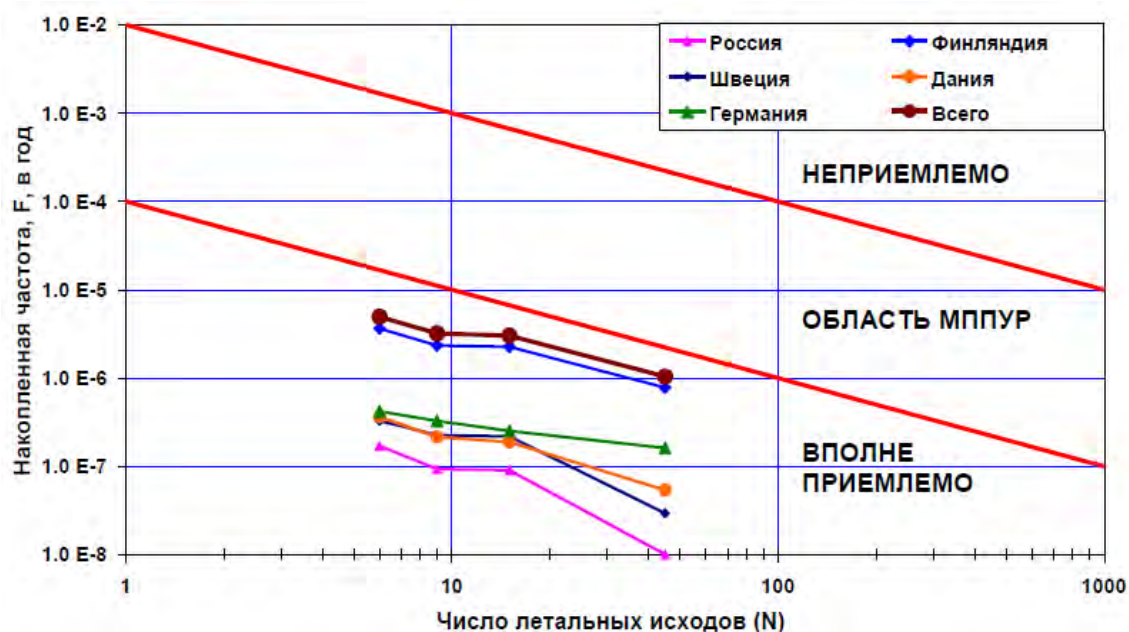


Рис. 5.24 Результаты $F-N$ на уровне стран

Очевидно, что во всех случаях уровни риска остаются в границах широко приемлемых рисков.

Низкий уровень риска частично связан с проектом трубопровода (и его последующей проверкой). Его проектирование и эксплуатация будут производиться в соответствии со стандартами DNV OS-F101, *Системы подводных трубопроводов*, выпущенные Det

Norske Veritas (DNV), Норвегия. Стандарты предусматривают критерии и руководство по проектированию, выбору материалов, изготовлению, производству, установке, пуско-наладочным испытаниям, вводу в действие, эксплуатации и обслуживанию газопроводных систем. За последние несколько десятилетий в проектно-конструкторских компаниях, специализирующихся на проектировании объектов на шельфе, установилась практика использования норм проектирования DNV. Данные нормы проектирования подводных трубопроводов в настоящий момент используются для всех проектов морских трубопроводов в датской и норвежской частях Северного моря при разработке нефтегазовых месторождений, они также интенсивно используются в мировом масштабе.

Толщина стенок трубопровода варьируется от 26,8 до 41,0 мм, что наряду с трехслойным полиэтиленовым антикоррозийным покрытием и бетонным покрытием (толщиной от 60 до 110 мм) означает, что трубопровод может эффективно противостоять механическим воздействиям всех судов, за исключением самых крупных, и воздействиям волочащихся по дну якорей. Вблизи мест выхода на сушу трубопровод является заглубленным так, что потенциал повреждения со стороны севших на мель судов сведен к минимуму.

В крайне маловероятном случае крупного выброса газа под водой газ выйдет в толщу воды и поднимется на поверхность в виде газового шлейфа. На поверхности в определенном месте газ рассеется в воздухе. Размер зоны рассеивания будет варьироваться в зависимости от глубины выброса под водой, характера повреждения и условий эксплуатации трубопровода в момент повреждения. Размер газового облака от крупного выброса газа зависит от фактического характера повреждения и погодных условий (прежде всего скорости и устойчивости ветра). Потери плавучести судна при проходе через газовое облако не произойдет ⁽¹⁾.

Природный газ гораздо легче воздуха и поэтому быстро поднимется. Следовательно, риск воздействия выброса газа в море на людей на берегу чрезвычайно мал. Кроме того, в непосредственной близости от территорий, где трубопроводы выходят на берег в России и Германии, деревень нет.

В целом вдоль трубопровода нет зон постоянного ограничения судоходства. Единственное исключение – подход к берегу в Германии, где трубопровод идет параллельно судоходному каналу. Здесь совместно с германскими органами власти установлен 200-метровый коридор безопасности ввиду частых регулярных работ по обслуживанию (для обеспечения достаточной глубины судоходного канала) на судоходном канале вблизи трубопровода.

(1) Vinnem, J. E. 2007. Offshore Risk Assessment Principles, Modelling and Applications of QRA Studies. ISBN: 978-1-84628-716-9.

Траловый лов и риск для рыболовных судов

Частота гибели рыболовецкого судна в результате зацепления и некорректной эксплуатации оборудования оценивается как очень низкая. Тем не менее, принимая во внимание небольшой остающийся риск, рекомендуется, чтобы проект трубопровода гарантировал сведение свободных пролетов к минимуму, чтобы рыбакам было обеспечено обучение и предоставлена информация о рисках рыболовства вблизи трубопровода, и чтобы трубопровод был изображен на навигационных картах.

Nord Stream также рассматривает компенсационные меры наряду с ограничениями для рыболовства в отдельных районах, где существует вероятность возникновения риска от наличия трубопровода для судов и их экипажей. Этот вопрос обсуждается на национальном уровне.

Траловый лов и риск для трубопровода

Анализ тралового промысла показал, что трубопровод в состоянии выдерживать воздействие траловых снастей, что и траловое оборудование будет повреждено до того, как трубопроводу будет причинен какой-либо вред.

Боеприпасы

Для того, чтобы установить, что маршрут трубопровода свободен от потенциально неразорвавшихся боеприпасов, представляющих потенциальную опасность для трубопровода или окружающей среды в ходе выполнения строительных работ или во время срока службы трубопровода, было произведено обследование с целью обнаружения боеприпасов. Подробности и результаты описаны в **Главе 8 Описание исходных данных**, а экологическое воздействие, связанное с боеприпасами и химическими отравляющими веществами, обсуждается в **Главе 9 Оценка воздействия и компенсационные меры**. Цель обследования сводится к следующему:

- Идентифицировать и отобразить объекты, которые могут оказаться боеприпасами и потенциально оказывать влияние на условия проектирования трубопровода, его установку и долгосрочную эксплуатацию
- Произвести визуальное обследование объектов и классификацию для выявления потенциальных боеприпасов
- Интегрировать аномалии и распознанные объекты с объектами предыдущих обследований и соотнести их с данными, находящимися в общественном доступе

На основе таких обследований был разработан маршрут трубопровода с тем, чтобы по возможности не натолкнуться на боеприпасы; там, где это невозможно, удалить их.

Размеры «коридора расчистки» (25 м с каждой стороны маршрута) основаны на подробном анализе воздействия подводных взрывов ⁽¹⁾, включающем распространение взрывной волны, нагрузку на трубопровод и реакцию трубопровода (с точки зрения локальных и глобальных режимов деформации, напряжения стали труб и пластического деформирования бетонного покрытия). Анализ основан на теоретическом заряде в 2000 кг (крупнейший реальный невзорвавшийся снаряд из когда-либо найденных в Балтийском море имел вес заряда 935 кг, а большинство - менее 300 кг) и показывает, что подобный взрыв в пределах 12 м от трубопровода не приведет к выбросу газа. По контракту Saipem прокладывает трубопровод с допуском +/- 7,5 м, что позволит гарантировать безопасность трубопровода в случае взрыва боеприпасов на обочине коридора.

Существует незначительная вероятность того, что боеприпасы будут задеты в ходе работ по установке и перенесены течением к трубопроводу. Однако по имеющимся отчетам околodonные течения в зонах захоронения боеприпасов слишком слабы, чтобы сдвинуть с места тяжелые боеприпасы, ⁽²⁾ и этот риск считается низким.

Военные учения

Военные учения в Балтике проводятся НАТО и рядом стран Балтии, в учения входят учебные зоны для бомбардировки, учения по минированию и учения с участием подводных лодок. В ходе специального исследования по проекту идентифицируются районы вдоль маршрута трубопровода, где проводятся военные учения ⁽³⁾. Компания Nord Stream установила контакты с соответствующими национальными оборонными / морскими ведомствами с тем, чтобы известить их о действиях по строительству трубопровода и последующей эксплуатации. Компания намеревается добиться договоренности о том, чтобы протяженность участка трубопровода, который могут пересекать военные корабли была сведена к минимуму, и, в более общем смысле, прийти к соглашению об обеспечении гарантии того, что потенциал воздействия военных учений на трубопровод будет сведен к минимуму. Трубопровод будет отмечен на соответствующих морских картах для того, чтобы участники судоходства вблизи трубопровода точно знали, где он находится.

(1) Snamprogetti. June 2008. Effects of Underwater Explosions. Nord Stream Report No. G-EN-PIE-REP-102-0072528-2.

(2) Ramboll. March 1994. Report on Chemical Munitions Dumped in the Baltic Sea - Helcom

(3) Nord Stream AG and Ramboll. October 2007. Memo no. 4.9-2. Military Practice Areas. Nord Stream Report No. G-PE-PER-EIA-100-49200000-01.

Столкновениям с военными судами в количественной оценке рисков не уделено отдельного места, поскольку нет возможности предоставить требуемые данные по этим судам, ввиду того, что от них не требуют иметь на борту Систему Автоматической Идентификации. Однако ясно, что военное судоходство значительно уступает по объему торговому, и поэтому представляется маловероятным, чтобы военные корабли значительно увеличили общую частоту взаимодействия трубопровода с судами. Кроме того, на военных кораблях обычно представлен более квалифицированный личный состав и лучше осуществляется несение дозорной службы, чем на торговых судах, и поэтому их вовлечение в столкновения менее вероятно.

Химические отравляющие вещества

В 1947 г. по окончании Второй мировой войны химические отравляющие вещества (ХОВ) были захоронены на морском дне, в основном в специальных местах захоронения близ Готланда и в Борнхольмском бассейне. Предметом беспокойности в отношении этих химических отравляющих веществ является вероятность потревожить их во время строительных работ и подвергнуть людей и морскую окружающую среду риску воздействия этих веществ.

Поэтому химические отравляющие вещества были предметом двух специальных исследований, проведенных Национальным экологическим исследовательским институтом (NERI) Дании ^{(1), (2)}, которые включали беседы со всеми заинтересованными группами на о. Борнхольм (напр., с ассоциацией рыбаков, Обществом защиты природы, глубоководными водолазами). Кроме того, было проведено комплексное взятие проб почвы и анализ отложений в районе маршрута трубопровода вблизи мест захоронений.

Хотя захоронение в 1947 г. погубило популяцию рыб, и рыбаки с тех пор обнаруживали в улове ХОВ, в средства массовой информации Дании, по крайней мере, за последнее десятилетие не поступало сведений об экстренных несчастных случаях. Большинство ХОВ за время с 1947 г. разложилось до безопасного состояния. В настоящий момент места захоронения изобилуют рыбой, а исследования показали, что беспокойность экологической ситуацией в этих местах невысокая.

-
- (1) Sanderson, H. & Fauser, P. June 2008. Risk screening of chemical warfare agents towards humans and the fish community resulting from sediment perturbation from construction of the planned Nord Stream offshore pipelines through risk area 3 (S-route) in the Baltic Sea. NERI report.
- (2) Sanderson, H. & Fauser, P. July 2008. Historical and qualitative analysis of the state and impact of dumped chemical warfare agents in the Bornholm basin from 1947-2008 NERI report.

Результаты лабораторных исследований не выявили никаких точечных источников загрязнения на маршруте трубопровода. Результаты, по видимости, констатируют смешанное фоновое загрязнение низкого уровня, принимая во внимание историю региона. Обнаруженные концентрации очень низки, они не поднимаются до уровня оказания воздействия на морскую окружающую среду. Максимальные уровни концентрации не дают никаких подтверждений существующих конфликтов с прокладкой труб на маршруте (который специально составлен таким образом, чтобы обойти известные места кораблекрушений, которые могут содержать боеприпасы и ХОВ).

Однако, в то время как результаты обследований показывают осуществление тралового промысла на ограниченных территориях, следует принять, что остатки различных боеприпасов разбросаны на обширной территории.

5.5.2 Риск для окружающей среды

Разливы нефти

Риск для окружающей среды во время строительных работ проистекает из вероятности разливов нефти в результате столкновения судна третьей стороны со строительным судном или во время заправки строительного судна. В соответствии с директивами MARPOL ⁽¹⁾ ко всем судам предъявляется требование выполнять Судовой план чрезвычайных мер по борьбе с загрязнением нефтью (SOPEP), который должен быть одобрен обществом классификации судов. Он включает в себя процедуры по контролю за сбросом и требования по сообщению о случаях аварийного разлива нефти. Порядок действий по ликвидации разлива нефти включен в число процедур аварийного уведомления компании Nord Stream, которые войдут в силу на время проведения строительных работ.

В том случае, если в столкновении участвовал нефтяной танкер, существует очевидная опасность довольно большого разлива нефти. Однако в случае любого разлива нефти будут развернуты меры по ликвидации нефтяного разлива, включая локализацию нефтяного пятна и дисперсию/удаление, что сведет воздействие к минимуму (см. дальнейшее обсуждение в **Главе 9.10 Незапланированные события**).

(1) Конвенция MARPOL является основным международным соглашением, касающимся предотвращения загрязнения морской окружающей среды судами по эксплуатационным или аварийным причинам.

Выброс газов

Во время обычной плановой эксплуатации выбросов газа в окружающую среду не будет; выброс газов может иметь место только в маловероятном случае протечки или разрыва трубопровода. Общая частота выбросов газов по всем критическим участкам трубопровода по оценкам составляет $4,9 \text{ E-5}$ в год, что приблизительно эквивалентно одной аварии в 20 000 лет. В этом случае газ поднимется на поверхность воды и быстро рассеется. Перемещение газа в водной толще по прогнозам не окажет воздействия на морских млекопитающих, поскольку газ не токсичен, локальное уменьшение содержания кислорода в водяном столбе будет очень кратковременным. Как только газ достигнет поверхности моря, он рассеется в атмосфере, и это предотвратит все дальнейшие воздействия на морских млекопитающих.

Риск воздействий на окружающую среду вследствие выброса газа, ведущего к повреждению судна и последующей утере опасного груза, также очень мал. Для подобного сценария необходимо сочетание нескольких событий:

- Трубопровод должен быть поврежден до такой степени, что произойдет крупный выброс газа (полный разрыв) – крайне маловероятное событие
- Судно должно войти в газовое облако до того, как до него дойдет информация о выбросе газа (т.е. до того, как суда будут предупреждены о том, что следует избегать затронутой зоны)
- Газовое облако должно быть воспламенено проходящим судном
- Судно должно быть повреждено до такой степени, что произойдет потеря груза (это крайне маловероятно в сценарии мгновенного воспламенения, так как не генерируется значительное избыточное давление).

Следует отметить, что частота столкновений судов с последующим выпуском нефти или других опасных материалов гораздо выше, чем расчетная частота повреждений трубопровода, приводящих к выпуску газа.

Глобальное потепление

Общая масса трубопровода очень велика, а потенциал воздействия метана на глобальное потепление в 25 раз выше потенциала углекислого газа. Однако, ввиду очень низкой прогнозируемой частоты выброса метана, среднегодовая масса выброшенного метана из полнопроходного разрыва с точки зрения потенциала воздействия на глобальное потепление равняется $0,00044\%$ годовых выбросов углекислого газа в результате всего судоходства в Балтийском море.

Районы нереста

Работы по строительству трубопровода в районах нереста могут оказывать серьезное негативное экологическое воздействие, и поэтому в планировании проекта нужно учитывать возможную потребность ограничения доступа к этим районам во время сезона нереста. Возможные воздействия в районах нереста и необходимые меры по минимизации этого воздействия приведены в Оценке воздействия на окружающую среду (ОВОС) в **Главе 9**.

5.6 Меры по минимизации рисков

Различные оценки рисков, предпринятые в связи со строительством и эксплуатацией трубопровода Nord Stream, выявили ряд специфических мер по минимизации риска, которые следует принимать для гарантии того, что риск, причиняемый третьей стороне и окружающей среде, не превысит допустимых уровней, приводящихся в оценках. Существуют также другие области передового опыта, получившие освещение в исследованиях, которые должны быть приняты для реализации проекта. Данные меры по минимизации рисков и передовой опыт подытожены ниже под заголовками «проектирование», «строительство» и «эксплуатация» (см. также иерархию контроля рисков в **Разделе 5.1.5**).

5.6.1 Проектирование

- Система регулирования давления в трубопроводе и автоматического обеспечения безопасности
- Обнаружение протечек в трубопроводе (система инспекционного контроля и получения данных, автоматическая система оповещения и сигнализации для системы аварийного отключения)
- Мониторинг параметров трубопровода (включая обеспечение безопасности температуры трубопровода)
- Обнаружение и защита от возгорания и выброса газа
- Аварийное отключение
- Минимизация свободных пролетов на морском дне
- Внешняя защита от коррозии

- Бетонное покрытие, дающее дополнительную защиту от воздействий
- Отвал грунта над трубопроводом в уязвимых зонах
- Исчерпывающие обследования для расчистки маршрута от любых обнаруженных боеприпасов
- Проверка качества проектных работ независимыми компаниями DNV и SGS/TÜV
- Проверка выполнения требований по обеспечению и контролю качества и прочие необходимые проверки и испытания на всех стадиях реализации проекта
- Окончательная сертификация DNV на предмет соответствия нормативам по всей системе трубопровода.

5.6.2 Строительство

- Меры по снижению риска столкновения судов, включающие использование:
 - Навигационных предупреждений
 - Извещений мореплавателям
 - Радарных систем ARPA, автоматически отображающих траектории проходящих судов и выдающих сигнал тревоги в случае появления ситуации потенциального столкновения
 - Систем AIS для поддержки при идентификации проходящих судов и предоставления сведений по положению, курсу и скорости
 - Радиопредупреждений на сверхвысоких частотах
 - Опытных подрядчиков и персонал ⁽¹⁾
 - Носителей языка на борту трубоукладочного судна для обеспечения коммуникации с местными судами

(1) Основным подрядчиком на строительстве трубопроводов Nord Stream выступит Saipem UK Ltd из Eni Group. Saipem располагает системой управления по безопасности, здравоохранению и экологии, а его система управления качеством удостоилась сертификата ISO 9001:2000, выданного регистром Ллойда.

- Планов действий в результате аварийных ситуаций для избежания столкновения
- Планы действий по ликвидации аварийных разливов нефти и соответствующее оборудование на всех строительных судах
- Планы реагирования в чрезвычайной ситуации на борту всех строительных судов и на наземных площадках в России и Германии
- Присутствие представителей рыбной отрасли на одном из строительных судов для координации действий в случае необходимости
- Действующие посты визуального и радарного наблюдения на строительных судах во все время работы
- Охранная зона, поддерживаемая сторожевым судном вокруг трубоукладочного судна при необходимости (например, в зонах интенсивного судоходства)
- Меры безопасности/ограждения вокруг наземных строительных площадок
- Использование разработанных мер поддержки для безопасного пересечения подводных объектов (кабелей/трубопроводов)
- Ограничение строительных работ в критические сезоны вблизи районов нереста
- Соблюдение соответствия требованиям MARPOL в отношении сброса нефти и отходов
- Использование обваловки и емкостей с двойными стенками для хранения топлива на суше
- Использование шлангов для перевалки нефти, оснащенных самоуплотняющимися муфтами (которые запирают рукав в случае разъединения с точкой бункера)
- Комплекты инструментов для ликвидации разливов нефти на строительных площадках для устранения любых локальных нефтяных пятен
- Планы действий для всех стран по расчистке (напр. по подъему со дна, разоружению, транспортировке и утилизации) от любого рода обнаруженных в ходе строительства боеприпасов; по мере необходимости будут привлекаться специалисты (напр. при работах на месте выхода на сушу в России будут задействованы силы гражданской обороны России)
- Испытания на разрыв для якорей строительных судов, после того, как они будут установлены, с целью минимизации вероятности волочения якорей по дну

- Прогнозы погоды для идентификации возможного наступления неустойчивых / плохих погодных условий и критериев для приостановки строительных работ
- Минимизация случаев посадки на мель за счет использования процедур судовой навигации, компетенции должностных лиц, проводки судов во время движений в порту и подготовки планов прохода
- Использование процедур по повторной заправке (бункеровке) для трубоукладочных и якорных буксиров (для гарантии того, что шланги проверены, лотки для утечек на своих местах, желоба для стока заблокированы, коммуникации на своих местах и все операции контролируются для гарантии того, что утечки при перевалке нефти сведены к минимуму)
- Меры по минимизации риска при работах на морском дне, включая следующее:
 - Раздельное хранение почвы разных типов для отсыпки (Германия, территория «Натура 2000»)
 - Перемещение почвы с высоким содержанием органических веществ на сушу (Германия, территория «Натура 2000»)
 - Засыпка соответствующих мест извлечения грунта после прокладки труб
 - Рытье траншей с помощью плуга, а не размывом грунта с помощью гидравлических струйных салазок (там, где это возможно)
 - Минимизация распространения отложений во время работ на морском дне за счет использования илистых заграждений и пузырьковой завесы (при необходимости)
- Связь с соответствующими национальными оборонными/морскими ведомствами для информирования их о строительных действиях и последующих операциях (с целью минимизации длины участков трубопровода, пересекаемых военными кораблями, передислоцирования подводных учений и пр. в случае необходимости)

5.6.3 Эксплуатация

- Контроль потребления расходуемых анодов
- Нанесение трубопровода на соответствующие морские карты
- Информирование и обучение представителей рыбной отрасли

- Осушение труб перед первым использованием для предотвращения коррозии
- Испытания на давление перед наполнением газом
- Использование диагностических внутритрубных снарядов для периодических инспекций/мониторинга
- Центральный пост управления, где постоянно находятся один или два оператора
- Комплексный мониторинг системы трубопровода, проводящийся независимо от поста управления
- План реагирования в чрезвычайных ситуациях с трубопроводом
- Система поддержания целостности трубопровода (включая регулярное обследование, мониторинг эрозии и образования пролетов и др.)
- Плановое обслуживание и регулярные инспекции, выполняющиеся в соответствии с требованиями производителей, законодательными требованиями и признанным передовым отраслевым опытом.

5.7 Итоги и выводы

Результаты комплексных анализов рисков для человека и окружающей среды во время сооружения и эксплуатации трубопровода Nord Stream показывают, что в соответствии с критериями приемлемости, согласованными для настоящего проекта *ни один из рисков не является неприемлемым*. Это неудивительно, если учесть, что трубопроводы природного газа используются по всему миру и рассматриваются как безопасное средство транспортировки больших объемов газа. Например, сеть газопроводов Европы насчитывает 122 000 км ⁽¹⁾; свыше 548 000 трубопроводов с природным газом приходится в США ⁽²⁾; трубопроводы с общей длиной 21 000 км используются для транспортировки природного газа в Австралии ⁽³⁾; в России и Канаде протяженность газопроводов еще

(1) European gas pipeline incident data group (EGIG). EGIG is a co-operation between a group of fifteen major gas transmission system operators in Western Europe and is the owner of an extensive gas pipeline-incident database. www.egig.nl (по состоянию на август 2008г.).

(2) The US Central Intelligence Agency (CIA). The world factbook. <https://www.cia.gov/library/publications/the-world-factbook/> (по состоянию на август 2008г.).

(3) Australian pipeline industry association website. APIA is a national body representing the interests of Australia's high-pressure transmission pipeline sector. www.apia.net.au (по состоянию на август 2008г.).

выше. Морские трубопроводы оказывают лишь минимальное и временное воздействие на окружающую среду во время установки и практически никакого воздействия во время эксплуатации. В Северном море эксплуатируется более 6 000 км трубопроводов, некоторые с 1970-х годов, что показывает обоснованность морских трубопроводов.

Во время проведения строительных работ третьи лица, подвергающиеся риску, ограничиваются экипажами и пассажирами проходящих судов, которые могут столкнуться со строительными судами. Эти риски находятся значительно ниже критерия рисков, которым подвергается население. Наиболее значительные риски для окружающей среды во время строительных работ сопряжены с возможностью разлива нефти в результате столкновений танкеров со строительными судами. Усиленные охранные зоны вокруг строительных судов сведут вероятность подобного сценария к минимуму.

Во время эксплуатации трубопровода риск для третьих лиц проистекает от возможности выхода трубопровода из строя, выброса газов и возгорания, что окажет негативное воздействие на людей на судах в подвергнутой воздействию зоне. Было показано, что данный риск является очень низким. Основной причиной повреждения трубопровода являются волочащиеся по дну якоря (или, на некоторых участках, тонушие суда). Однако трубопровод будет нанесен на соответствующие морские карты, чтобы гарантировать осведомленность участников судоходства вблизи трубопровода о его точном местонахождении; кроме того, на определенных территориях трубопровод будет защищен отвалом грунта, что не позволит волочащимся по дну якорям нанести повреждения трубопроводу.

Как указывалось ранее в **Разделе 5.1.2**, в оценке рисков всегда сохраняется некоторая степень неопределенности. В то же время рассматривавшиеся выше оценки показывают, что расчетный уровень риска значительно ниже согласованных для проекта критериев допустимости риска, следовательно, даже если результат будет превышен на порядок, он останется приемлемым.

Незапланированные события, к которым относятся разливы топлива или нефти, воздействия на обычные боеприпасы и аварии трубопровода, могут оказать потенциальное трансграничное воздействие (т.е. воздействие на ресурсы/рецепторы за пределами страны происхождения). В то же время общий риск воздействия (который при эксплуатации трубопровода равен сумме всех национальных воздействий), включая воздействие на рыболовную отрасль и коммерческое судоходство, оказывается низким.

5.8 **Использованная литература**

Australian pipeline industry association website. APIA is a national body representing the interests of Australia's high-pressure transmission pipeline sector. www.apia.net.au (accessed August 2008).

Det Norske Veritas (DNV). January 2003. Risk Management in Marine and Subsea Operations. Recommended Practice, DNV-RP-H101.

Energy Institute. 2003. PARLOC 2001: The update of Loss of Containment Data for Offshore Pipelines. Report prepared by Mott MacDonald Ltd for The Health and Safety Executive, The UK Offshore Operators Association and The Institute of Petroleum. ISBN 0 85293 404 1.

European gas pipeline incident data group (EGIG). EGIG is a co-operation between a group of fifteen major gas transmission system operators in Western Europe and is the owner of an extensive gas pipeline-incident database. www.egig.nl (accessed August 2008).

Global Maritime. September 2008. Nord Stream Pipeline Project Risk Assessment Construction Phase. Report No. GM-45190-0708-49203. Nord Stream Report No. G-GE-RSK-REP-126-GM-000049203.

Nord Stream AG. August 2007. Introduction to Health, Safety and Environmental (HSE) Management in Nord Stream AG. Nord Stream Report No. G-GE-HSE-PRO-000-000604L1.

Nord Stream AG and Snamprogetti. January 2008. HSE Activities Management Plan. Nord Stream Report No. G-EN-HSE-REP-102-00085000.

Nord Stream AG and Rambøll. June 2008. Project Description. Work Paper for Danish Permit Application (Extract from Espoo Work Paper, May 2008).

Nord Stream AG and Rambøll. September 2008. Memo 4.3p - Air emissions and climate. Nord Stream Report No. G-PE-PER-EIA-100-43P00000.

Nord Stream AG and Rambøll. 4 October 2007. Memo no. 4.9-2. Military Practice Areas. Nord Stream Report No. G-PE-PER-EIA-100-49200000-01.

Rambøll. March 1994. Report on Chemical Munitions Dumped in the Baltic Sea - Helcom.

Sanderson, H. & Fauser, P. June 2008. Risk screening of chemical warfare agents towards humans and the fish community resulting from sediment perturbation from construction of

the planned Nord Stream offshore pipelines through risk area 3 (S-route) in the Baltic Sea. NERI report.

Sanderson, H. & Fauser, P. July 2008. Historical and qualitative analysis of the state and impact of dumped chemical warfare agents in the Bornholm basin from 1947-2008 NERI report.

Snamprogetti. March 2008. Seismic Design Basis, Snamprogetti report. Nord Stream Report No. G-EN-PIE-REP-102-00071738.

Swedish Meteorological and Hydrological Institute. SMHI's mission is to manage and develop information on weather, water and climate that provides knowledge and advanced decision-making data for public services, the private sector and the general public. <http://www.smhi.se/cmp/jsp/polopoly.jsp?d=11122&l=sv> (accessed August 2008).

Snamprogetti. June 2008. Effects of Underwater Explosions. Nord Stream Report No. G-EN-PIE-REP-102-0072528-2.

UK Health and Safety Executive. 2001. Reducing Risks, Protecting People: HSE's decision-making process. ISBN 0 7176 2151 0.

US Central Intelligence Agency (CIA): The CIA is an independent US Government agency responsible for providing national security intelligence to senior US policymakers. The world factbook <https://www.cia.gov/library/publications/the-world-factbook/> (accessed August 2008).

Vinnem, J. E. 2007. Offshore Risk Assessment Principles, Modelling and Applications of QRA Studies. Springer. 2nd edition. ISBN 978-1-84628-716-9.