

Приложении 12.3: Анализ подводного шума



Трубопровод "Южный поток" - Российский сектор - Анализ подводных звуковых сигналов

Представлено:
South Stream Transport B.V.

Авторы:
Михаил Зыков
Лорен Бэйли
Терри Дево
Роберто Ракка

27 июня 2014

P001226-002
Документ 00691
Версия 1.0

JASCO Applied Sciences Ltd.
Адрес: Suite 202, 32 Troop Ave.
Dartmouth, NS B3B 1Z1 Canada
Телефон: +1-902-405-3336
Факс: +1-902-405-3337
www.jasco.com



Предлагаемая ссылка:

Зыков, Михаил, и др. 2013 *Трубопровод "Южный поток" – Российский сектор – Анализ подводных звуковых сигналов*. JASCO Документ 00691, Версия 1.0 ПРОЕКТ. Технический отчет, подготовлен JASCO Applied Sciences для South Stream Transport B.V.

Содержание

1. ВВЕДЕНИЕ.....	1
1.1. Сфера исследования	1
1.2. Обзор Проекта	1
1.2.1. Прибрежный участок	2
1.2.2. Морской участок средней глубины.	2
1.2.3. Глубоководный морской участок.	3
1.3. Фоновая - Подводная акустика	3
1.3.1. Типы источников звука	3
1.3.2. Показатели уровня звукового давления	3
1.1.1. Коэффициент потерь при передаче звука	5
1.1.2. Уровни источника	5
1.3.3. 1/3--октавный- анализ-	5
1.4. Частотная коррекция	7
1.4.1. Тип I (М-коррекция) Частотная коррекция морских млекопитающих	7
1.4.2. Тип II Частотная коррекция морских млекопитающих	8
1.4.3. Коррекция аудиограммы.....	10
1.5. Критерии порогов уровней громкости звука	12
1.5.1. Оценка травмы.....	12
1.5.2. Поведенческая оценка.....	13
2. МЕТОДИКА	15
2.1. Уровни источника звука	15
2.1.1. Уровни источника звука судна.....	15
2.1.2. Боковой гидролокатор.....	17
2.1.2.1. Теория диаграммы направленности преобразователя.....	17
2.1.2.2. Прямоугольные преобразователи	19
2.1.2.3. Многолучевые системы	20
2.1.2.4. Боковой гидролокатор	21
2.2. Модель распространения звука.....	22
2.2.1. Двухчастотные режимы: Модель RAM против модели BELLHOP	22
2.2.2. Приблизительное определение объема N×2-D	23
2.2.3. Выборочная экспериментальная проверка результатов, полученных на основании модели: Правило максимального значения по всей глубине	25
2.3. Оценки акустического воздействия	26
2.3.1. Мгновенное воздействие от одного судна	26
2.3.2. Мгновенное воздействие от группы судов	26
2.3.3. Совокупное воздействие в течение 24 часов операций	27
2.4. Параметры модели	27
2.4.1. Батиметрия	27
2.4.2. Геоакустические свойства	27
2.4.3. Профили скорости звука.....	29
2.4.4. Геометрия и моделирование объемов.....	31
3. СЦЕНАРИИ МОДЕЛИРОВАНИЯ	32
3.1. Площадки	32
3.2. Сценарии с одним судном	32

3.3. Группы судов	33
3.3.1. Сценарий 1: Дноуглубительные работы на участке выхода из микротоннеля и переходной траншеи на Площадке 1	34
3.3.2. Сценарий 2: Стационарная укладка труб на Площадке 1	35
3.3.3. Сценарий 3: Прокладка труб с задействованным буксиром для установки якорей на Площадке 1	36
3.3.4. Сценарий 4: Прокладка труб с системой динамического позиционирования на Площадке 2	37
3.3.5. Сценарий 5: Прокладка трубопровода с буксирами для установки якорей на Площадке 2	38
3.3.6. Сценарий 6: Смена экипажа (прокладка труб) на Площадке 2	39
3.3.7. Сценарий 7: Дноуглубительные работы по коррекции свободных пролетов на Площадке 2	40
3.3.8. Сценарий 8: Укладка грунта на неровных участках морского дна для пересечения кабелей на Площадке 2	41
3.3.9. Сценарий 9: Укладка трубопровода на Площадке 3	42
3.3.10. Сценарий 10: Смена экипажа (укладка трубопровода) на Площадке 3	43
3.4. Сценария кумулятивного воздействия	44
3.4.1. Сценарий C1: Прибрежный участок трубопровода	46
3.4.2. Сценарий C2: Обрыв шельфа	46
3.4.3. Сценарий C3: Глубоководный участок	47
4. РЕЗУЛЬТАТЫ	49
4.1. Поля мгновенного акустического давления одного судна	49
4.1.1. Суда, работающие на мелководье (S01)	49
4.1.2. Суда, работающие на среднеглубинном участке (S02)	51
4.1.3. Суда, работающие на глубоководном участке (S03)	55
4.2. Гидролокатор бокового обзора	58
4.3. Поле мгновенного акустического давления группы судов	65
4.3.1. Сценарий 1: Дноуглубительные работы на участке выхода из микротоннеля и переходной траншеи	65
4.3.2. Сценарий 2: Стационарная укладка труб на Площадке 1	66
4.3.3. Сценарий 3: Прокладка труб с задействованным буксиром для установки якорей на Площадке 1	66
4.3.4. Сценарий 4: Прокладка труб с системой динамического позиционирования на Площадке 2	69
4.3.5. Сценарий 5: Прокладка трубопровода с буксирами для установки якорей на Площадке 2	71
4.3.6. Сценарий 6: Смена экипажа (укладка трубопровода) на Площадке 2	71
4.3.7. Сценарий 7: Дноуглубительные работы по коррекции свободных пролетов на Площадке 2	72
4.3.8. Сценарий 8: Укладка грунта на неровных участках морского дна для пересечения кабелей на Площадке 2	73
4.3.9. Сценарий 9: Укладка труб (J-Lay - метод укладки с вертикальным наращиванием) на участке 3	74
4.3.10. Сценарий 10: Смена экипажа (укладка трубопровода) на Площадке 3	75
4.4. Кумулятивное воздействие	77
4.4.1. Сценарий C1: Прибрежный участок трубопровода	77
4.4.2. Сценарий C2: Участок трубопровода на обрыве шельфа	79

4.4.3. Сценарий С3: Глубоководный участок трубопровода.....	81
5. ЗАМЕЧАНИЯ ПО ОЦЕНКАМ ДИАПАЗОНА ВОЗДЕЙСТВИЯ	83
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ	84
APPENDIX A. ТАБЛИЦЫ ПОРОГОВЫХ ДИАПАЗОНОВ И ОБЛАСТЕЙ.....	A-1

Иллюстрации

Рис1. Шумовой спектр окружающей среды (серая линия) и соответствующие уровни 1/3-октавной -полосы (черная линия), нанесены на логарифмической шкале частот.	6
Рис2. Стандартные функции М-коррекции для четырех групп морских млекопитающих, которые имеют функцию слуха (Саутхолл и др. 2007)	8
Рис3. Функции коррекции частоты Типа II для китообразных групп, имеющих функцию слуха; низкочастотные (НЧ) (LF), среднечастотные частота (СЧ) (MF) и высокочастотные (ВЧ) (HF). Изменения согласно Финнерану и Дженкинсу (2012 г.).	10
Рис4. Аудиограммы одна--треть--октавной-полосы для дельфина-афалины, морской свиньи, хамсы, сельди, пузанка и осетра. Пунктирной линией представлены расширенные пороги слышимости для целей моделирования.	12
Рис5. Уровни источника для моделируемых судов в 1/3- октавных- полосах. Цифры в скобках указывают на уровень широкой полосы частот в дБ относительно 1 μ Pa при 1 м (среднеквадратичный УЗД).	17
Рис 6. Типичная 3--х размерная (3D) диаграмма направленности для кругового преобразователя (Мэсса, 2003 г.).	18
Рис 7. Вертикальное поперечное сечение диаграммы направленности, измеренной на месте от преобразователя, используемого Консбергом (источник: личный комментарий производителя).	19
Рис8. Вычисленная диаграмма направленности для прямоугольного преобразователя с шириной диаграммы направленности $4^\circ \times 10^\circ$. Функция мощности луча показана по отношению к уровню на оси с помощью проекции Робинсона.	20
Рис9. Вычисленная диаграмма направленности для двух занимается одновременно задействованных прямоугольных преобразователей, имеющих свою ширину $1,5^\circ \times 50^\circ$ и угол склонения 25° . Функция мощности луча показана по отношению к уровню на оси с помощью проекции Робинсона.	21
Рис10. Вертикальная диаграмма направленности рассчитанная для гидролокатора бокового обзора Edgetech с двумя лучами $70^\circ \times 0,8^\circ$ - продольная (слева) и поперечная (справа) траектория ширины диаграммы направленности.	22
Рис11. Подход к моделированию, используемый в MONM $N \times 2$ -D и основанный на принятии максимальной глубины.	24
Рис12. Контурные карты для двух произвольных источников максимального УЗВ по всей исследованной глубине.	25
Рис 13. Сравнение профилей скорости звука для февраля (слева) и августа (справа) на всех трех моделируемых площадках на основании данных, полученных из <i>GDEM V 3.0</i> (Teague et al. 1990, Carnes 2009).	30
Рис14. Седнемесечные профили скорости звука для февраля и августа для Площадки 3 в Черном море (44.156° N, 37.494° W) на основании данных, полученных из <i>GDEM V 3.0</i> (Teague et al. 1990, Carnes 2009).	30
Рис15. Геометрия траектории (пути) движения судов для моделирования кумулятивного воздействия трех площадках.	45
Рис16. Уровни максимального по глубине звукового давления полосы пропускания (10 Гц - 20 кГц) для буксира установки якорей на участке мелководья (S01). Синие контуры указывают глубину воды в метрах.	51
Рис17. Уровни максимального по глубине звукового давления полосы пропускания (10 Гц - 20 кГц) для буксира установки якорей на среднеглубинном участке (S02). Синие контуры указывают глубину воды в метрах.	54

Рис18. Уровни максимального по глубине звукового давления полосы пропускания (10 Гц - 20 кГц) для трубоукладочного судна на глубоководном участке (S03). Синие контуры указывают глубину воды в метрах.	57
Рис19. Поведенческая функция реагирования (BRF) в соответствии с Finneran and Jenkins (2012).	58
Рис20. Уровни максимального по глубине звукового давления узкой полосы пропускания (1 Гц при 75 кГц) для гидролокатора бокового обзора Edgetech Full Spectrum Chirp на участке мелководья (S01). Синие контуры указывают глубину воды в метрах.	60
Рис21. Уровни максимального по глубине звукового давления узкой полосы пропускания (1 Гц при 75 кГц) для гидролокатора бокового обзора Edgetech Full Spectrum Chirp на среднеглубинном участке (S02). Синие контуры указывают глубину воды в метрах.	62
Рис22. Уровни максимального по глубине звукового давления узкой полосы пропускания (1 Гц при 75 кГц) для гидролокатора бокового обзора Edgetech Full Spectrum Chirp на глубоководном участке (S03). Синие контуры указывают глубину воды в метрах.	64
Рис23. Уровни максимального по глубине звукового давления полосы пропускания (10 Гц - 20 кГц) для группы трубоукладочных судов с активной установкой якорей (VG03) на мелководном участке (S01). Синие контуры указывают глубину воды в метрах.	68
Рис24. Уровни максимального по глубине звукового давления полосы пропускания (10 Гц - 20 кГц) для группы трубоукладочных судов (VG04) на среднеглубинном участке (S02). Синие контуры указывают глубину воды в метрах.	70
Рис25. Уровни максимального по глубине звукового давления полосы пропускания (10 Гц - 20 кГц) для группы трубоукладочных судов (VG09) на глубоководном участке (S03). Синие контуры указывают глубину воды в метрах.	76
Рис26. Окрашенные цветом зоны изображают уровни неоткорректированного кумулятивного УЗВ широкой полосы пропускания (10 Гц - 20 кГц) для сценария С1 укладки труб на мелководном участке S01. Акустическое поле моделируется для условий, распространенных в феврале. Синие контуры указывают глубину воды в метрах.	78
Рис27. Окрашенные цветом зоны изображают уровни неоткорректированного кумулятивного УЗВ широкой полосы пропускания (10 Гц - 20 кГц) для сценария С2 укладки труб на среднеглубинном участке S02. Акустическое поле моделируется для условий, распространенных в феврале. Синие контуры указывают глубину воды в метрах.	80
Рис28. Окрашенные цветом зоны изображают уровни неоткорректированного кумулятивного УЗВ широкой полосы пропускания (10 Гц - 20 кГц) для сценария С3 укладки труб на глубоководном участке S03. Акустическое поле моделируется для условий, распространенных в феврале. Синие контуры указывают глубину воды в метрах.	82

Таблицы

Таблица1. Низкие (f_{lo}) и высокие (f_{hi}) параметры спада частоты стандартных функций М-коррекции для четырех групп морских млекопитающих, имеющих функцию слуха (Southall et al. 2007).	8
Таблица 2. Параметры коррекции частоты Типа II для групп китообразных с функцией слуха. Изменения согласно Финнерану и Дженкинсу (2012 г.).	10
Таблица 3. Список видов и их характерные аудиограммы.	11
Таблица 4. Перечень судов для мобилизации на период строительства прибрежного и морского участков проекта газопровода "Южный поток". Представительное судно, которое было использовано для определения уровня широкополосного источника (указан), также показано для каждого предложенного судна.	16

Таблица 5. Расчетный геоакустический профиль для Площадки 1, который представляет собой тонкий слой песка над коренной породой в прибрежной зоне. В пределах каждого диапазона глубин, каждый параметр изменяется линейно в пределах указанного диапазона.	28
Таблица 6. Расчетный геоакустический профиль для Площадки 2, который представляет собой тонкий слой ила над коренной породой на разломе прибрежного шельфа. В пределах каждого диапазона глубин, каждый параметр изменяется линейно в пределах указанного диапазона.	28
Таблица 7. Расчетный геоакустический профиль для Площадки 3, который представляет глубоководную часть Черного моря. В пределах каждого диапазона глубин, каждый параметр изменяется линейно в пределах указанного диапазона.	29
Таблица 8. Предлагаемые площадки для моделирования и их параметры.	32
Таблица 9. Предлагаемые сценарии с одним судном и их параметры моделирования.	33
Таблица 10. Распределение судов для дноуглубительных работ на котловане выхода из микротоннеля и переходной траншее на Площадке 1	35
Таблица 11. Распределение судов для стационарной укладки труб на Площадке 1.	36
Таблица 12. Распределение судов для укладки трубопровода с установкой якорей на Площадке 1.	37
Таблица 13. Распределение судов для прокладки трубопровода с системой динамического позиционирования на Площадке 2.	38
Таблица 14. Развертывание судна для укладки трубопровода с установкой якорей на Площадке 2.	39
Таблица 15. Распределение судов для смены персонала укладки труб на Площадке 2.	40
Таблица 16. Распределение судов для проведения дноуглубительных работ по коррекции свободных пролетов на Площадке 2	41
Таблица 17. Распределение судов для укладки грунта на неровных участках морского дна на Площадке 2.	42
Таблица 18. Распределение судов для укладки труб на Площадке 3.	43
Таблица 19. Распределение судов для смены персонала укладки труб на Площадке 3.	44
Таблица 20. Общие мероприятия, рассматриваемые для сценария моделирования кумулятивного воздействия С1 (прибрежный).	46
Таблица 21. Общие мероприятия, рассматриваемые для сценария моделирования кумулятивного воздействия С2 (обрыв шельфа).	47
Таблица 22. Общие мероприятия, рассматриваемые для сценария моделирования кумулятивного воздействия С3 (глубоководный участок).	48
Таблица 23. Диапазоны 95% (км) поведенческого эффекта и приравненные к ним участки (км ²) приведены в таблице для участка мелководья (S01), основанной на горизонтальных расстояниях от источника до моделируемых максимальных по глубине порогов уровня звукового давления полосы пропускания (10-20000 Гц) без и с коррекцией по аудиограмме, применяемой для афалины и морской свиньи.	49
Таблица 24. Диапазоны 95% (км) поведенческого эффекта и приравненные к ним участки (км ²) приведены в таблице для участка мелководья (S01), основанной на горизонтальных расстояниях от источника до моделируемых максимальных по глубине порогов уровня звукового давления полосы пропускания (10-20000 Гц) с коррекцией по аудиограмме, применяемой для хамсы, сельди, шэда и осетра.	50
Таблица 25. Диапазоны 95% (км) поведенческого эффекта и приравненные к ним участки (км ²) приведены в таблице для среднеглубинного участка (S02), основанной на горизонтальных расстояниях от источника до моделируемых максимальных по глубине порогов уровня звукового давления полосы пропускания (10-20000 Гц) без и с коррекцией по аудиограмме, применяемой для афалины и морской свиньи.	52

Таблица 26. Диапазоны 95% (км) поведенческого эффекта и приравненные к ним участки (км ²) приведены в таблице для среднеглубинного участка (S02), основанной на горизонтальных расстояниях от источника до моделируемых максимальных по глубине порогов уровня звукового давления полосы пропускания (10-20000 Гц) с коррекцией по аудиограмме, применяемой для хамсы, сельди, шэда и осетра.	53
Таблица 27. Диапазоны 95% (км) поведенческого эффекта и приравненные к ним участки (км ²) приведены в таблице для глубоководного участка (S03), основанной на горизонтальных расстояниях от источника до моделируемых максимальных по глубине порогов уровня звукового давления полосы пропускания (10-20000 Гц) без и с коррекцией по аудиограмме, применяемой для афалины и морской свиньи.	55
Таблица 28. Диапазоны 95% (км) поведенческого эффекта и приравненные к ним участки (км ²) приведены в таблице для глубоководного участка (S03), основанной на горизонтальных расстояниях от источника до моделируемых максимальных по глубине порогов уровня звукового давления полосы пропускания (10-20000 Гц) с коррекцией по аудиограмме, применяемой для хамсы, сельди, шэда и осетра.	56
Таблица 29. Диапазоны 95% (км) поведенческого эффекта и приравненные к ним участки (км ²) приведены в таблице для участка мелководья (S01), основанной на горизонтальных расстояниях от источника до моделируемых максимальных по глубине порогов уровня звукового давления узкой полосы пропускания (1 Гц при 75 кГц).	59
Таблица 30. Диапазоны 95% (км) поведенческого эффекта и приравненные к ним участки (км ²) приведены в таблице для среднеглубинного участка (S02), основанной на горизонтальных расстояниях от источника до моделируемых максимальных по глубине порогов уровня звукового давления узкой полосы пропускания (1 Гц при 75 кГц).	61
Таблица 31. Диапазоны 95% (км) поведенческого эффекта и приравненные к ним участки (км ²) приведены в таблице для глубоководного участка (S03), основанной на горизонтальных расстояниях от источника до моделируемых максимальных по глубине порогов уровня звукового давления узкой полосы пропускания (1 Гц при 75 кГц).	63
Таблица 32. Диапазоны 95% (км) поведенческого эффекта и приравненные к ним участки (км ²) приведены в таблице для группы судов мелководья (VG01), основанной на горизонтальных расстояниях от самого громкого источника в центре группы до моделируемых максимальных по глубине порогов уровня звукового давления полосы пропускания (10-20000 Гц) без и с коррекцией по аудиограмме, применяемой для афалины и морской свиньи.	65
Таблица 33. Диапазоны 95% (км) поведенческого эффекта и приравненные к ним участки (км ²) приведены в таблице для группы судов мелководья (VG01), основанной на горизонтальных расстояниях от самого громкого источника в центре группы до моделируемых максимальных по глубине порогов уровня звукового давления полосы пропускания (10-20000 Гц) с коррекцией по аудиограмме, применяемой для хамсы, сельди, шэда и осетра.	65
Таблица 34. Диапазоны 95% (км) поведенческого эффекта и приравненные к ним участки (км ²) приведены в таблице для группы судов мелководья (VG02), основанной на горизонтальных расстояниях от самого громкого источника в центре группы до моделируемых максимальных по глубине порогов уровня звукового давления полосы пропускания (10-20000 Гц) без и с коррекцией по аудиограмме, применяемой для афалины и морской свиньи.	66
Таблица 35. Диапазоны 95% (км) поведенческого эффекта и приравненные к ним участки (км ²) приведены в таблице для группы судов мелководья (VG02), основанной на горизонтальных расстояниях от самого громкого источника в центре группы до моделируемых максимальных по глубине порогов уровня звукового давления полосы пропускания (10-20000 Гц) с коррекцией по аудиограмме, применяемой для хамсы, сельди, шэда и осетра.	66

- Таблица 36. Диапазоны 95% (км) поведенческого эффекта и приравненные к ним участки (км^2) приведены в таблице для группы судов мелководья (VG03), основанной на горизонтальных расстояниях от самого громкого источника в центре группы до моделируемых максимальных по глубине порогов уровня звукового давления полосы пропускания (10-20000 Гц) без и с коррекцией по аудиограмме, применяемой для афалины и морской свиньи. 66
- Таблица 37. Диапазоны 95% (км) поведенческого эффекта и приравненные к ним участки (км^2) приведены в таблице для группы судов мелководья (VG03), основанной на горизонтальных расстояниях от самого громкого источника в центре группы до моделируемых максимальных по глубине порогов уровня звукового давления полосы пропускания (10-20000 Гц) с коррекцией по аудиограмме, применяемой для хамсы, сельди, шэда и осетра. 67
- Таблица 38. Диапазоны 95% (км) поведенческого эффекта и приравненные к ним участки (км^2) приведены в таблице для группы судов среднеглубинного участка (VG04), основанной на горизонтальных расстояниях от самого громкого источника в центре группы до моделируемых максимальных по глубине порогов уровня звукового давления полосы пропускания (10-20000 Гц) без и с коррекцией по аудиограмме, применяемой для афалины и морской свиньи. 69
- Таблица 39. Диапазоны 95% (км) поведенческого эффекта и приравненные к ним участки (км^2) приведены в таблице для группы судов среднеглубинного участка (VG04), основанной на горизонтальных расстояниях от самого громкого источника в центре группы до моделируемых максимальных по глубине порогов уровня звукового давления полосы пропускания (10-20000 Гц) с коррекцией по аудиограмме, применяемой для хамсы, сельди, шэда и осетра. 69
- Таблица 40. Диапазоны 95% (км) поведенческого эффекта и приравненные к ним участки (км^2) приведены в таблице для группы судов среднеглубинного участка (VG05), основанной на горизонтальных расстояниях от самого громкого источника в центре группы до моделируемых максимальных по глубине порогов уровня звукового давления полосы пропускания (10-20000 Гц) без и с коррекцией по аудиограмме, применяемой для афалины и морской свиньи. 71
- Таблица 41. Диапазоны 95% (км) поведенческого эффекта и приравненные к ним участки (км^2) приведены в таблице для группы судов среднеглубинного участка (VG05), основанной на горизонтальных расстояниях от самого громкого источника в центре группы до моделируемых максимальных по глубине порогов уровня звукового давления полосы пропускания (10-20000 Гц) с коррекцией по аудиограмме, применяемой для хамсы, сельди, шэда и осетра. 71
- Таблица 42. Диапазоны 95% (км) поведенческого эффекта и приравненные к ним участки (км^2) приведены в таблице для группы судов среднеглубинного участка (VG06), основанной на горизонтальных расстояниях от самого громкого источника в центре группы до моделируемых максимальных по глубине порогов уровня звукового давления полосы пропускания (10-20000 Гц) без и с коррекцией по аудиограмме, применяемой для афалины и морской свиньи. 71
- Таблица 43. Диапазоны 95% (км) поведенческого эффекта и приравненные к ним участки (км^2) приведены в таблице для группы судов среднеглубинного участка (VG06), основанной на горизонтальных расстояниях от самого громкого источника в центре группы до моделируемых максимальных по глубине порогов уровня звукового давления полосы пропускания (10-20000 Гц) с коррекцией по аудиограмме, применяемой для хамсы, сельди, шэда и осетра. 72

- Таблица 44. Диапазоны 95% (км) поведенческого эффекта и приравненные к ним участки (км²) приведены в таблице для группы судов среднеглубинного участка (VG07), основанной на горизонтальных расстояниях от самого громкого источника в центре группы до моделируемых максимальных по глубине порогов уровня звукового давления полосы пропускания (10-20000 Гц) без и с коррекцией по аудиограмме, применяемой для афалины и морской свиньи. 72
- Таблица 45. Диапазоны 95% (км) поведенческого эффекта и приравненные к ним участки (км²) приведены в таблице для группы судов среднеглубинного участка (VG07), основанной на горизонтальных расстояниях от самого громкого источника в центре группы до моделируемых максимальных по глубине порогов уровня звукового давления полосы пропускания (10-20000 Гц) с коррекцией по аудиограмме, применяемой для хамсы, сельди, шэда и осетра. 73
- Таблица 46. Диапазоны 95% (км) поведенческого эффекта и приравненные к ним участки (км²) приведены в таблице для группы судов среднеглубинного участка (VG08), основанной на горизонтальных расстояниях от самого громкого источника в центре группы до моделируемых максимальных по глубине порогов уровня звукового давления полосы пропускания (10-20000 Гц) без и с коррекцией по аудиограмме, применяемой для афалины и морской свиньи. 73
- Таблица 47. Диапазоны 95% (км) поведенческого эффекта и приравненные к ним участки (км²) приведены в таблице для группы судов среднеглубинного участка (VG08), основанной на горизонтальных расстояниях от самого громкого источника в центре группы до моделируемых максимальных по глубине порогов уровня звукового давления полосы пропускания (10-20000 Гц) с коррекцией по аудиограмме, применяемой для хамсы, сельди, шэда и осетра. 74
- Таблица 48. Диапазоны 95% (км) поведенческого эффекта и приравненные к ним участки (км²) приведены в таблице для группы судов глубоководного участка (VG09), основанной на горизонтальных расстояниях от самого громкого источника в центре группы до моделируемых максимальных по глубине порогов уровня звукового давления полосы пропускания (10-20000 Гц) без и с коррекцией по аудиограмме, применяемой для афалины и морской свиньи. 74
- Таблица 49. Диапазоны 95% (км) поведенческого эффекта и приравненные к ним участки (км²) приведены в таблице для группы судов глубоководного участка (VG09), основанной на горизонтальных расстояниях от самого громкого источника в центре группы до моделируемых максимальных по глубине порогов уровня звукового давления полосы пропускания (10-20000 Гц) с коррекцией по аудиограмме, применяемой для хамсы, сельди, шэда и осетра. 74
- Таблица 50. Диапазоны 95% (км) поведенческого эффекта и приравненные к ним участки (км²) приведены в таблице для группы судов глубоководного участка (VG10), основанной на горизонтальных расстояниях от самого громкого источника в центре группы до моделируемых максимальных по глубине порогов уровня звукового давления полосы пропускания (10-20000 Гц) без и с коррекцией по аудиограмме, применяемой для афалины и морской свиньи. 75
- Таблица 51. Диапазоны 95% (км) поведенческого эффекта и приравненные к ним участки (км²) приведены в таблице для группы судов глубоководного участка (VG10), основанной на горизонтальных расстояниях от самого громкого источника в центре группы до моделируемых максимальных по глубине порогов уровня звукового давления полосы пропускания (10-20000 Гц) с коррекцией по аудиограмме, применяемой для хамсы, сельди, шэда и осетра. 75
- Таблица 52. Диапазон (км) и зона (км²) поражения приведены в таблице для мелководного участка (S01), основанной на максимальных по глубине порогах уровня звукового давления. Условия приведены для февраля месяца. 77

Таблица 53. Диапазон (км) и зона (км²) поражения приведены в таблице для среднеглубинного участка (S02), основанной на максимальных по глубине порогах уровня звукового давления. Условия приведены для февраля месяца. 79

Таблица 54. Диапазон (км) и зона (км²) поражения приведены в таблице для глубоководного участка (S03), основанной на максимальных по глубине порогах уровня звукового давления. Условия приведены для февраля месяца. 81

μPa → мкПа

dB → дБ,

m → м,

s → с,

μPa²-х → мкПа²·с

kn → уз. (узел)

1. Введение

1.1. Сфера исследования

JASCO Applied Sciences провели исследования распространения звука на основе моделирования для оценки потенциального воздействия шума на морских млекопитающих и рыб во время строительства газопровода "Южный поток" на дне Черного моря. Данные исследований предоставляют оценки диапазонов воздействия от различных акустических аспектов деятельности:

- Мгновенное воздействие звука от отдельных судов
- Совокупное мгновенное воздействие звука от группы судов, работающих в непосредственной близости друг от друга
- Кумулятивное воздействие звука в течение 24 часов в результате стандартных операций

Модель распространения акустических сигналов учитывала изменения батиметрии, геоакустических свойств морского дна, и сезонные колебания профиля скорости звука в водной толще. В исследованиях учитывались два профиля скорости звука, теоретически ограничивающие верхние и нижние границы площади акустического распространения.

В общей сложности, было проведено моделирование 34 сценариев для отдельных судов, 20 сценариев для групп судов, и 3 кумулятивных сценария. Уровни акустического источника для судов оценивались на основе имеющихся фактических измерений по судам или удостоверенных приближенных к практике значений, соответственно рассчитанных, где это было необходимо. Тип, размер, и общая двигательная сила судов были учтены в оценке.

1.2. Обзор Проекта

Участок берегового примыкания трассы трубопровода расположен в районе села Варваровка, примерно в 8 км к югу от Анапы и 40 км к северу-западу от Новороссийска.

Пересечение береговой линии будет реализовано через микротоннели, которые будут выходить на дне моря на 23 м изобате, 450 м от берега. После выхода из тоннеля, трубопровод по переходной траншее попадает на 30 м изобату в 850 м от берега. На данный момент, прибрежный участок газопровода соединяется с морским участком.

Морской участок газопровода состоит из двух частей: мелководного и глубоководного. Морской участок начинается на 30-метровой изобате, откуда трасса трубопровода продолжает проходить перпендикулярно к береговой линии, поворачивает на 90° на юго-восток, а затем следует примерно 22 км вдоль береговой линии на расстоянии приблизительно 4,5 км на глубине от 50 до 100 м. Еще один поворот на юг направляет газопровод через склон. Величина уклона составляет около 15% - глубина воды увеличивается от 100 м до 1600 м на протяжении 10 км трассы трубопровода. После этого, градус уклона уменьшается до менее 1%, а глубина воды продолжает расти до 2000 м, где глубина морского дна выравнивается на глубоководной части Черного моря.

Трасса газопровода "Южный поток" пересекает другие существующие подводные трубопроводы и кабели в нескольких местах. В этих местах требуется строительство специальных переходов.

Конкретные виды операций по укладке трубопровода, выполняемые на различных участках, определяются согласно требованиям процесса строительства и глубине воды. В частности, выбор судов, используемых для данной операции во многом основывается на глубине воды. Это первоочередные факторы, которые необходимо учитывать при определении реалистичных сценариев акустического моделирования.

1.2.1. Прибрежный участок

Строительство прибрежного участка потребует проведение следующих основных мероприятий:

- Исследования трассы трубопровода до, во время и после укладки трубопровода;
- Дноуглубительные работы на участке выхода из микротоннеля и переходной траншеи;
- Прокладка трубопровода;
- Обратная засыпка котлована выхода из микротоннеля и переходной траншеи;

Научно-исследовательское судно *GSP Prince* (7600 кВт) будет задействовано в исследовательских операциях с использованием дистанционно управляемого подводного аппарата (ROV) с установленным гидролокатором бокового обзора и/или многолучевым гидролокатором. Дноуглубительные работы будут выполняться земснарядом типа *MRTS Dikson* (3500 кВт) или грейферным краном *Kahmari* (920 кВт). Для укладки трубопровода будет задействовано небольшое судно-трубоукладчик *Tog Mor* (3750 кВт), приводимое в движение с помощью набора якорей распределенных по судну на расстоянии примерно 700-800 м. Позиционирование якорей будет производиться с помощью буксировщика для установки якорей *Normand Neptune* ((14 000 кВт). Этот же буксировщик может быть использован для протягивания труб через туннели. Земснаряд *Taccola* (4 300 кВт) будет использоваться для обратной засыпки. Буксировщик *Normand Flipper* (7 160 кВт), или подобный, будет использоваться в качестве вспомогательного судна, а также для загрузки-выгрузки барж грунтом выемки. Быстрое вспомогательное судно *GSP Lyra* (2 520 кВт) будет использоваться для смены экипажа.

1.2.2. Морской участок средней глубины.

Строительство прибрежного участка потребует проведение следующих основных мероприятий:

- Исследования трассы трубопровода до, во время и после укладки трубопровода;
- Прокладка трубопровода на морском участке трассы;
- Работы на морском дне;
- Пересечение существующих морских кабелей;
- Стыковки прибрежных и морских участков.

Также, как и при строительстве прибрежного участка трубопровода, судно *GSP Prince* (7 600 кВт) будет задействовано в исследованиях с использованием телеуправляемого

подводного аппарата ROV; судно *Normand Flipper* (7 160 кВт), или аналогичный буксировщик, будет использоваться в качестве вспомогательного судна; и судно *GSP Lyra* (2 520 кВт) будет использоваться для смены экипажа. Работы на морском дне будут осуществляться судном *Calamity Jane* (15 000 кВт), оснащенным телеуправляемым траншекопателем. Использование судна для выравнивания грунта на неровных участках морского дна *Tertness* (8 400 кВт) для подготовительных работ на морском дне облегчит операции по строительству кабельных пересечений (кВт). Укладка труб будет осуществляться специализированным судном *Castoro Sei* (20 500 кВт), предназначенным для средних глубин. На судне *Castoro Sei* может быть применена система позиционирования с использованием якорей или система динамического позиционирования, спроектированная удерживать позицию и курс судна на автоматическом уровне. Применение системы позиционирования с использованием якорей не планируется для укладки труб на большей части этого участка, хотя использование этой системы возможно на участках меньших глубин. Буксировщик *Normand Neptune* (14 000 кВт) будет использоваться для установки якорей или общей поддержки для судна-трубоукладчика.

1.2.3. Глубоководный морской участок.

Строительство морского газопровода на глубоководном участке трассы будет включать похожие мероприятия и суда, которые запланированы для применения на участке средней глубины (см. выше) с одним исключением: большое судно-трубоукладчик *Castorone* (67 000 кВт) или *Saipem 7000* (70 000 кВт) будет использоваться вместо *Castoro Sei*.

1.3. Фоновая - Подводная акустика

В этом разделе описываются некоторые основные принципы и термины, используемые в подводной акустике, которые будут иметь отношение к пониманию расчета оценки воздействия шума, основанного на моделировании.

1.3.1. Типы источников звука

Подводные звуки могут быть разделены на две основные категории: непрерывные или импульсные. Непрерывные звуки, которые включают звук от стационарных источников, таких как дноуглубительные работы на морском терминале или мобильных источников, таких как транспортные суда, последовательно отличаются по интенсивности в зависимости от времени. Импульсные звуки, такие как от геодезического оборудования или забивки свай, характеризуются короткими, прерывистыми акустическими явлениями с быстрым (как правило, менее одной секунды) наступлением и спадом до фоновых уровней. Все источники, рассматриваемые в данном исследовании, кроме гидролокатора бокового обзора, производят непрерывные звуки.

1.3.2. Показатели уровня звукового давления

Амплитуда подводного звука измеряется в децибелах (дБ) по отношению к фиксированному давлению, используемому в качестве основы для сравнения $p_0 = 1$ мПа. Поскольку громкость импульсного шума, например от сейсмической пневмопушки, как правило, не пропорциональна мгновенному акустическому давлению,

несколько показателей уровня звукового давления обычно используются для оценки громкости импульсного шума и его воздействия на гидробионты моря.

Амплитуда уровня звукового давления (УЗД), или пиковый уровень звукового давления (L_{pk} , dB относительно $1\mu Pa$) это максимальный уровень мгновенного звукового давления в указанной полосе частот, достигнутый при акустическом событии, $p(t)$:

$$L_{pk} = 10 \log_{10} \left[\frac{\max(|p^2(t)|)}{p_0^2} \right] \quad (1)$$

Пиковый показатель УЗД обычно регистрируется для импульсных звуков, но он не учитывается в течение всего периода действия или всей шумовой полосы частот. При высокой интенсивности звука, пиковый показатель УЗД может быть состоятельным критерием оценки того является ли звук потенциально вредным, однако, так как пиковый показатель УЗД не учитывает продолжительность, это плохой индикатор воспринимаемой громкости.

Среднеквадратичное значение УЗД (L_p , dB относительно $1\mu Pa$) это среднеквадратичный уровень давления в заявленной полосе частот в течение определенного периода времени (T , s), содержащего акустическое событие:

$$L_p = 10 \log_{10} \left(\frac{1}{T} \int_T p^2(t) dt / p_0^2 \right) \quad (2)$$

Если подумать о среднеквадратичном значении УЗД как о мере среднего давления или действительного давления на протяжении акустического события, например, одного акустического импульса или траления. Так как период времени, T , разделительной полосой, события более распределенные по времени имеют более низкое среднеквадратичное значение УЗД для той же суммарной акустической энергии.

Уровень звукового воздействия экспозиции (УЗВ, L_E , dB относительно $1\mu Pa^2 \cdot s$) является мерой общей акустической энергии, содержащейся в одной или нескольких акустических событиях. УЗВ для единичного события вычисляется из интеграла во времени квадрата давления в течение полной продолжительности события (T_{100}):

$$L_E = 10 \log_{10} \left(\int_{T_{100}} p^2(t) dt / T_0 p_0^2 \right) \quad (3)$$

где T_0 является интервалом стандартного времени в 1 сек. УЗВ представляет суммарную акустическую энергию, полученную в определенном месте во время акустического события; УЗВ измеряет звуковую энергию, под воздействие которой будет попадать организм в этом месте.

Накопительный УЗВ

УЗВ может быть кумулятивным показателем, если рассчитывается в течение периодов, содержащих несколько акустических событий. Накопительный УЗВ (L_{EC}) может быть рассчитан путем суммирования (в линейных единицах) уровней звукового воздействия N отдельных событий (L_{Ei}).

$$L_{EC} = 10 \log_{10} \left(\sum_{i=1}^N 10^{\frac{L_{Ei}}{10}} \right) \quad (4)$$

Получение среднеквадратичного УЗД из УЗВ

Так как среднеквадратичные УЗД и УЗВ вычисляются из интеграла квадратного давления, эти показатели связаны простым выражением, которое зависит только от продолжительности периода воздействия энергии T :

$$L_p = L_E - 10 \log_{10}(T) \quad (5)$$

$$L_{p90} = L_E - 10 \log_{10}(T_{90}) - 0.458 \quad (6)$$

где коэффициент 0,458 дБ учитывает среднеквадратичные УЗД, содержащие 90% общей энергии от каждого импульса УЗВ.

1.1.1. Коэффициент потерь при передаче звука

Коэффициент потерь при передаче звука (КП) (TL) является показателем изменения уровней шума между источником и получателем на некотором расстоянии. КП зависит от частоты и акустической среды, в том числе скорости распространения звука в воде, батиметрии и геоакустических свойств морского дна. КП вычисляется на основании уровней источника и получателя по формуле:

$$TL = SL - RL \quad (7)$$

где SL - уровень источника (УИ) (dB относительно 1 μ Pa при 1 м) и RL - уровень звукового давления получателя (УП) (dB относительно 1 μ Pa), и TL (КП) - коэффициент потерь при передаче звука (dB относительно 1 м).

1.1.2. Уровни источника

Уровень источника это показатель интенсивности звука, который испускает источник, измеренный на контрольном расстоянии в 1 м. Для точечных источников, таких как небольшой преобразователь, уровни шума источника могут замеряться непосредственно гидрофоном на расстоянии 1 м. Для более крупных источников, уровни шума источника должны быть определены косвенным путем посредством измерения полученных уровней на более протяженных расстояниях и обратного распространения уровней на контрольное расстояние в 1 м. Например, так как суда излучают звук от их корпуса и винта, их уровни источника должны быть измерены на таком расстоянии, чтобы TL (КП) - коэффициент потерь с разных точек на судне, излучающих звук, был примерно одинаков. Уровни источника рассчитываются путем перестановки формулы 7:

$$SL = RL + TL \quad (8)$$

1.3.3. 1/3--октавный- анализ-

Звуки, которые состоят из отдельных частот, называются "тонами", однако большинство звуков, как правило, состоят из широкого диапазона частот ("широкополосный" звук), а не чистых тонов. Распределение мощности звука по частоте изображается спектральной плотностью (или спектральной плотностью сигнала, $S(f)$). Спектральная плотность сигнала изображает мелкомасштабную

характеристику распределения частот источника звука. Более грубое представление распределения уровня звукового давления часто лучше подходит для количественного анализа. Анализ диапазона частоты делит спектр мощности на отдельные полосы пропускания. Самая распространенная схема анализа диапазона частоты, используемая в подводной акустике, это 1/3--октавный- анализ, который делит спектр мощности на соседние полосы пропускания на треть октавы (где октава соответствует удвоению частоты). Преимущество моделирования с использованием 1/3-октавных -полос в том, что оно может показать характеристики распространения в зависимости от частоты в определенной среде и эффективно вычислить уровень давления широкополосного звука.

Уровни звукового давления в i 1/3-октавной-полосы ($L_b^{(i)}$) вычисляются из спектра мощности:

$$L_b^{(i)} = 10 \log_{10} \left(\int_{f_{lo}}^{f_{hi}} S(f) df \right)$$

$$f_{hi} = 10^{1/20} f_c(i)$$

$$f_{lo} = 10^{-1/20} f_c(i)$$

$$f_c(i) = 10^i / 10 \quad (9)$$

где f частота, а $f_c(i)$ центральная частота i полосы. Сумма уровней давления всех частот равна уровням широкополосного сигнала:

$$L_p = 10 \log_{10} \sum_n 10^{L_b^{(i)} / 10} \quad (10)$$

где n - число полос. Рис 1 показывает пример шумового спектра и соответствующих уровней 1/3-октавной- полосы.

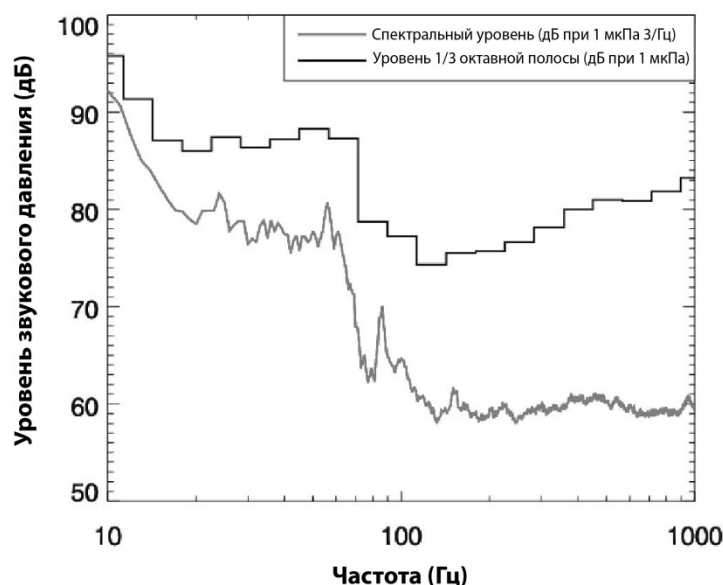


Рис1. Шумовой спектр окружающей среды (серая линия) и соответствующие уровни 1/3-октавной -полосы (черная линия), нанесены на логарифмической шкале частот.

1.4. Частотная коррекция

Потенциал воздействия антропогенного шума на морских животных зависит от того, насколько хорошо животное может слышать шум. Шумы имеют меньшую вероятность беспокоить или причинять вред животным, если они на частотах, которые животное не может хорошо слышать, за исключением, когда уровень звукового давления настолько высок, что он может стать причиной физической травмы. Для уровней звука, которые являются слишком низкими, чтобы стать причиной физической травмы, частотная коррекция на основе аудиограммы может быть применена для расчета значимости уровней звука на определенных частотах, отражающих чувствительность животного к таким частотам (Nedwell and Turnpenny 1998, Nedwell et al. 2007).

1.4.1. Тип I (М-коррекция) Частотная коррекция морских млекопитающих

На основании обзора литературы по вопросам предела слышимости морских млекопитающих и физиологических и поведенческих реакциях на воздействие антропогенного звука, Саутхолл и др. (2007) предложили стандартные функции коррекции частоты, которые получили название "М-коррекция" - для пяти групп морских млекопитающих, которые имеют функцию слуха:

- Низкочастотные китообразные (НЧК) (LFC) -усатые (усатые киты)
- Среднечастотные китообразные (СЧК) (MFC) -некоторые зубатые киты (зубатые киты)
- Высокочастотные китообразные (ВЧК)- (HFC) зубатые киты, приспособленные использовать высокие-частоты
- Морские ластоногие - тюлени, морские львы и моржи
- Ластоногие на суше (не рассматриваются здесь)

Поправка на снижение, применяемая при М-коррекции функций слуха для менее слышимых частот, меньше, чем указано на соответствующих аудиограммах (если таковые имеются) для видов этих слуховых групп. Основанием для применения меньшей поправки на снижение по сравнению со снижением, предложенным в аудиограмме, является отчасти из-за наблюдаемой характеристики слуха млекопитающих, которые воспринимают равные кривые громкости во все возрастающей степени и менее быстрым спадом за пределами самого чувствительного диапазона частоты слуха по мере увеличения уровней шума. Вот почему, например, кривые С-коррекции для человека, используемые для оценки громких звуков, таких как взрывы, более плоские, чем кривые А-коррекции, используемые для звуков от тихого до среднего уровня. Кроме того, частоты, за пределами полосы, хотя и менее слышимы, все еще могут стать причиной физической травмы, если уровень давления достаточно высок. Поэтому, функции М-коррекции в первую очередь предназначены для применения при высоких уровнях звука, где может быть оказано воздействие, которое приведет к временной или постоянной смене порога слышимости. Считается, что М-коррекция используется для предосторожности (в смысле переоценки потенциала воздействия) при применении к меньшим воздействиям, таким как начало поведенческой реакции. Рис 2 показывает коррекцию частоты в децибелах четырех подводных функций М-.

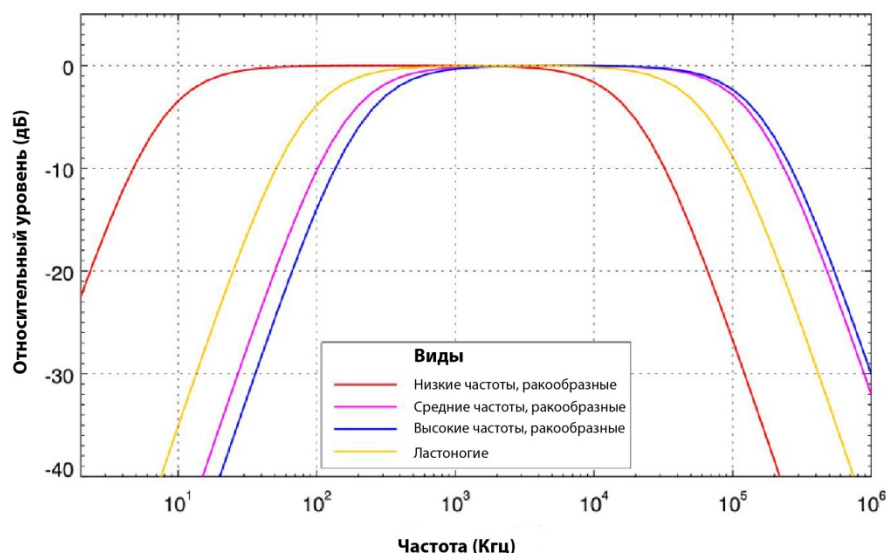


Рис 2. Стандартные функции М-коррекции для четырех групп морских млекопитающих, которые имеют функцию слуха (Саутхолл и др. 2007)

Функции М-коррекции имеют единичное усиление (0 дБ) через полосу пропускания, а их спады высокой и низкой частот составляют примерно -12 дБ на октаву. Амплитудно-частотная характеристика в диапазоне частот функций М-коррекции определяется:

$$G(f) = -20 \log_{10} \left[\left(1 + \frac{f_{lo}^2}{f^2} \right) \left(1 + \frac{f^2}{f_{hi}^2} \right) \right] \quad (11)$$

Спады и полоса пропускания этих функций контролируются параметрами f_{lo} и f_{hi} , расчетные нижний и верхний пределы слуха являются специфичными для каждой группы, имеющей функцию слуха (Таблица 1).

Таблица 1. Низкие (f_{lo}) и высокие (f_{hi}) параметры спада частоты стандартных функций М-коррекции для четырех групп морских млекопитающих, имеющих функцию слуха (Southall et al. 2007).

Группа с функцией слуха	f_{lo} (Hz)	f_{hi} (Hz)
Низкочастотные китообразные (НЧК) (LFC)	7	22 000
Среднечастотные китообразные (СЧК) (MFC)	150	160 000
Высокочастотные китообразные (ВЧК) (HFC)	200	180 000
Морские ластоногие (МЛ) (PW)	75	75 000

1.4.2. Тип II Частотная коррекция морских млекопитающих

Измерения субъективной громкости недавно были получены для дельфина-афалины, что позволило построить кривые равной громкости для этого животного (Финнеран и Шлундт, 2011 г.). Кривые равной громкости (также называемые "Кривые Флетчера-

Мансона") — это уровни шума выше частотного спектра, по которым слушатель воспринимает постоянную громкость. Эти кривые являются основой для нормирования уровня шума 1910.95 Администрации профессиональной безопасности и здравоохранения (OSHA). Кривые равной громкости, определенные Финнераном и Шлундтом (2011), лучше соответствуют начальным данным частотной зависимости временного смещения слухового порога (TTS) (Шлундт и др. 2000 г.), чем аудиограммы или кривые М-коррекции. По этой причине, а также по аналогии с использованием кривых равной громкости на людях, кривые равной громкости дельфинов были использованы для разработки функций коррекции частоты морских млекопитающих для ВМС США (Финнеран и Дженкинс, 2012 г.). (Обратные) кривые равной-громкости согласовывались с уравнениями той же формы, что и функция М-коррекции (Уравнение 11).

Чтобы отличить новые функции коррекции из описанные выше, их назвали *Tun II*, а стандартные функции коррекции предыдущего раздела - *Tun I*. Тип II соответствует более резкому спаду при низких частотах, по сравнению с кривой средних частот М-коррекции. Поскольку данные для кривых равной-громкости не охватывают весь спектральный диапазон функций М-коррекции Типа I, кривые М-коррекции Типа II были не просто заменены, а модифицированы. Самая низкая частота, для которой были получены субъективные данные громкости была 3 кГц, поэтому, Финнеран и Дженкинс (2012 г.) приняли консервативный подход и установили кривую средней частоты М-коррекции и инвертированную кривую равной громкости при 3 кГц. В результате получилось, что ниже 3 кГц - суммарная функция идентична кривым М-коррекции Типа I, а выше 3 кГц - суммарная функция равна подгоняемой (инвертированной) кривой равной громкости. Подобная процедура использовалась для НЧ (LF) и ВЧ (HF) животных, но подгоняемые параметры для инвертированных кривых равной громкости соответственно корректировались для НЧ и СЧ (MF) видов. Так как субъективным данные громкости были получены от китообразных, эти данные не были расширены для разработки новых функций частотной коррекции для ластоногих видов.

Функции коррекции частоты Типа II для китообразных рассчитываются:

$$G_1(f) = K_1 - 20 \log_{10} \left[\left(1 + \frac{f_{low1}^2}{f^2} \right) \left(1 + \frac{f^2}{f_{hi1}^2} \right) \right] \quad (12)$$

$$G_2(f) = K_2 - 20 \log_{10} \left[\left(1 + \frac{f_{low2}^2}{f^2} \right) \left(1 + \frac{f^2}{f_{hi2}^2} \right) \right] \quad (13)$$

where f_{low1} и f_{hi1} те же значения параметров для М-коррекции Типа I, и f_{low2} и f_{hi2} являются подогнанными параметрами для инвертированной кривой равной громкости с поправкой для группы с функцией слуха. K_2 используется для нормализации уравнения G_2 до нуля при 10 кГц (относительная частота для исследований субъективной громкости), тогда как K_1 используется для установки уравнения G_1 равному уравнению G_2 при 3 кГц для видов средней и высокой частот. Для низкочастотных видов, K_1 была скорректирована так, чтобы плоская часть G_2 была на 16.5 дБ ниже пикового уровня G_2 (как это было для среднечастотных китообразных). G_1 и G_2 равны при 267 Гц для низкочастотных видов. Параметры для каждой группы китообразных показаны на Таблица 2, а полученные кривые коррекции частоты Типа II показаны на Рис 3.

Таблица 2. Параметры коррекции частоты Типа II для групп китообразных с функцией слуха. Изменения согласно Финнерану и Дженкинсу (2012 г.).

Группа китообразных функцией слуха	K_1 (dB)	f_{low1} (Hz)	f_{hi1} (Hz)	K_2 (dB)	f_{low2} (Hz)	f_{hi2} (Hz)	Точка перегиба кривой (Гц)
Низкочастотные	-16,5	7	22 000	0,9	674	12 130	267
Среднечастотные	-16,5	150	160 000	1,4	7 829	95 520	3000
Высокочастотные	-19,4	200	180 000	1,4	9 480	108 820	3 000

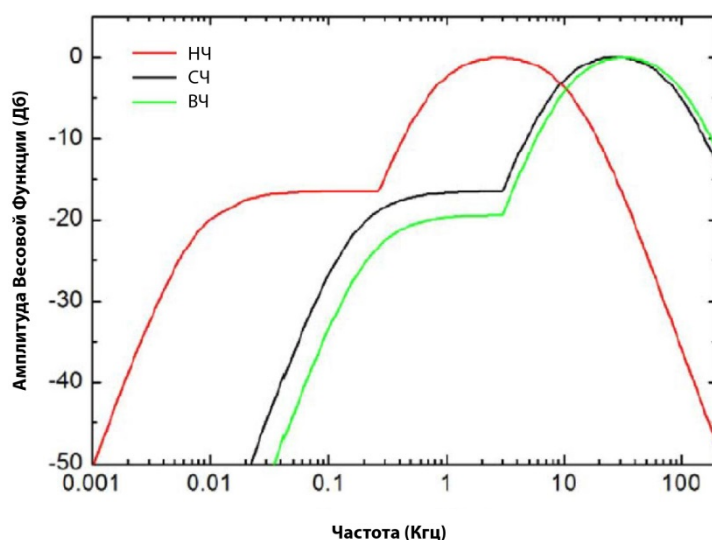


Рис 3. Функции коррекции частоты Типа II для китообразных групп, имеющих функцию слуха; низкочастотные (НЧ) (LF), среднечастотные частота (СЧ) (MF) и высокочастотные (ВЧ) (HF). Изменения согласно Финнерану и Дженкинсу (2012 г.).

1.4.3. Коррекция аудиограммы

Аудиограммы представляют слуховой порог для чистых тонов в качестве функции частоты. Эти видоспецифичные кривые чувствительности обычно имеют U-образную форму, с более высокими порогами слуха на противоположных концах диапазона звуковых частот.

Уровни шума выше порога слышимости рассчитываются путем вычитания видоспецифичных аудиограмм от полученных уровней звука 1/3-октавной-полосы. Уровни звука 1/3-октавной-полосы, откорректированные на основании аудиограммы, суммируются, чтобы получить уровни звука диапазона частот для порога слышимости каждого отдельного вида. Уровни, откорректированные на основе аудиограмм, выражаются в единицах дБ выше порога слышимости (дБ относительно ПС-порога слышимости (НТ)). Уровни звука ниже 0 дБ относительно ПС (НТ) ниже обычного порога слышимости для видов, поэтому, вполне вероятно, что животное не слышит их.

Таблица 3 приводит виды морских млекопитающих и рыб, которые встречаются вдоль трассы трубопровода, вместе с видоспецифичными аудиограммами, которые были использованы для представления пороги слышимости каждого из них.

Таблица 3. Список видов и их характерные аудиограммы.

Виды	Характерная аудиограмма
Морские млекопитающие	
Дельфин- афалина (<i>Tursiops truncatus ponticus</i>)	Дельфин- афалина (<i>Tursiops truncatus ponticus</i>)
Морская свинья (<i>Phocoena phocoena relict</i>)	Морская свинья (<i>Phocoena phocoena relict</i>)
Дельфин-белобочка (<i>Delphinus delphis ponticus</i>)	Дельфин- афалина (<i>Tursiops truncatus ponticus</i>)
Рыбы	
Килька (<i>Sprattus sprats</i>)	Атлантическая сельдь (<i>Clupea harengus</i>)
Хамса (<i>Engraulis enchrasicolus</i>)	Хамса (<i>Anchoa mitchili</i>)
Килька (<i>Clupeonella cultriventris</i>)	Атлантическая сельдь (<i>Clupea harengus</i>)
Пузанок (<i>Alosa maeotica</i> and <i>A. caspia</i>)	Американский шэд (<i>Alosa sapidissima</i>)
Осетр (<i>Huso huso</i> и <i>Acipenser gueldenstaedtii</i>)	Озерный осетр (<i>Acipenser fluvescens</i>)

Шесть аудиограммы были использованы для представления вышеуказанных видов (Рис 4); некоторые замены имеют место исходя из наличия аудиограмм и подобия внутри групп видов. Аудиограмма дельфина - афалины (*Tursiops truncatus ponticus*) (Johnson, 1967) была использована для обоих видов дельфинов. Аудиограмма обыкновенного тюленя была основана на данных Кастеляйна и др. (2002).

Были использованы четыре аудиограммы рыб. Данные аудиограммы сельди (Энгер, 1967 г.) были использованы для представления видов шпрот и кильки. Данные аудиограммы для хамсы, пузанка и осетра были предоставлены Ладичем и Фей (2013).

Для приспособливания к моделируемому диапазону частот, аудиограммы были расширены от самой низкой измеренной частоты до 10 Гц и от самой высокой измеренной частоты до 20 кГц. Хотя расширенная часть данных аудиограммы, не является физиологически точной, эти животные, скорее всего, имеют более высокий порог слышимости на частотах вне их слухового диапазона, что делает, такие расширения порогов слышимости аппроксимацией в консервативном виде.

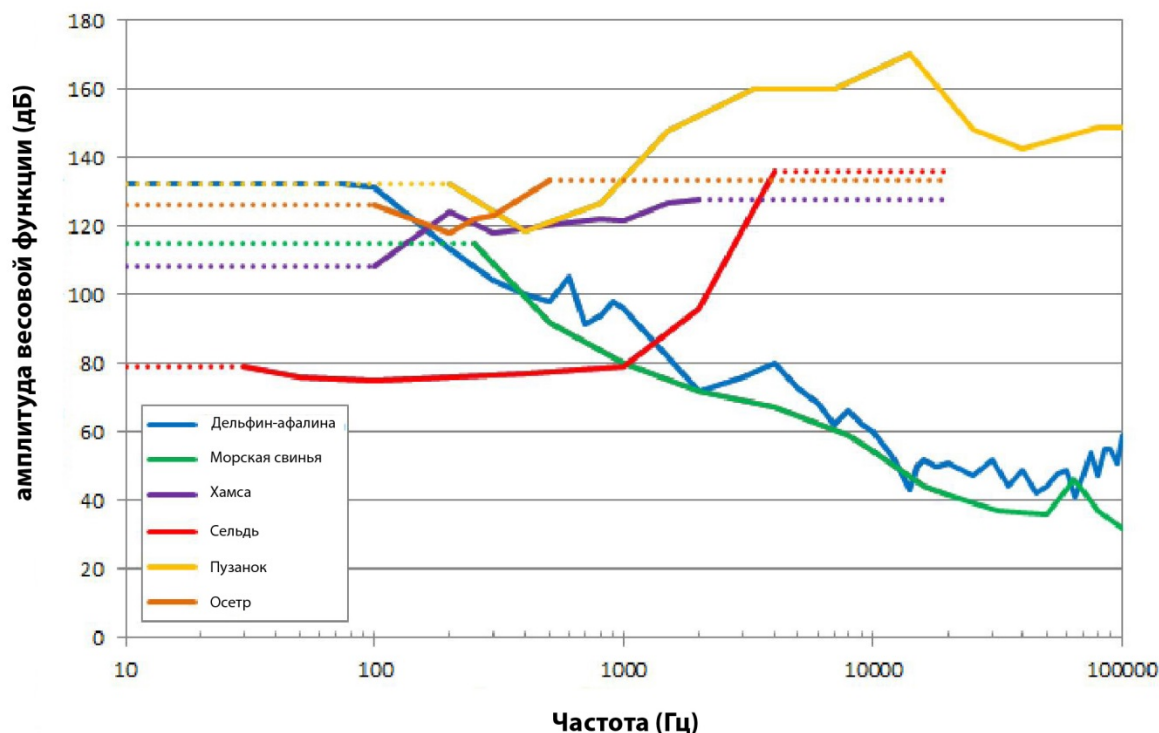


Рис 4. Аудиограммы одна-треть-октавной-полосы для дельфина-афалины, морской свиньи, хамсы, сельди, пузанка и осетра. Пунктирной линией представлены расширенные пороги слышимости для целей моделирования.

1.5. Критерии порогов уровней громкости звука

1.5.1. Оценка травмы

В соответствии с последними научными подходами, оценка травмы была основана на кумулятивном уровне звукового воздействия (УЗВ) (SEL) в течение 24-часового периода. Операция по прокладке труб (самая громкая среди возможных операций на трех репрезентативных площадках) была смоделирована включая движение трубоукладочного судна и судов обеспечения, таких как транспортные челночные суда для доставки труб (см. образец карт, перечисленных в таблице).

Предлагаются два набора критериев, которые в настоящее время считаются действительными для оценки диапазонов на повреждение (начало строительства трубопроводной транспортной системы (ТТС)) от непрерывного шума: критерии Саутхолл и др. (2007 г.) и критерии Финнеран и Дженкинс (2012 г.), которые также считаются критериями ВМС США. Саутхолл использует единый постоянный порог 215 дБ отн. $\text{мкПа}^2 \cdot \text{с}$ (УЗВ) (SEL) откорректированный согласно классу слышимости субъектов на основании корректирующих кривых (М-коррекция) Типа I. Финнеран и Дженкинс используют переменные пороги и более новые функции коррекции Типа II, которые учитывают субъективную громкость и некоторые дополнительные данные, собранные во время исследований Саутхолл и др. Порог для среднечастотных китообразных (в Проекте это в основном дельфины) составляет 198 дБ относительно $\mu\text{Pa}^2 \cdot \text{с}$ (УЗВ) (SEL) на основании среднечастотной коррекции Типа II. Порог для высокочастотных китообразных (в Проекте это в основном морские свиньи) составляет

187 дБ относительно $\mu\text{Pa}^2\text{-x}$ (УЗВ) (SEL) на основании высокочастотной коррекции Типа II.

Результаты, основанные на оценке SEL (Ультразвукового Воздействия) могут быть представлены в виде модели области, подверженной воздействию кумулятивных уровней выше порога в течение 24-часового периода (область воздействия), а также в виде диапазона воздействия, который обеспечивает линейную «ширину» следа относительно основного судна-трубоукладчика. Из-за неровной и удлиненной формы совокупного следа вдоль трассы судна-трубоукладчика, диапазон воздействия не может быть рассчитан как радиус для эквивалентной площади и вместо этого измеряется от ширины полосы обзора следа с соответствующим учетом его формы.

Оценка диапазона поражения рыб на сегодняшний день является наиболее неопределенной с научной точки зрения. Подход, используемый в данном исследовании заимствован с работ Стадлер и Вудбери (2009), чьи критерии основаны на исследованиях функций слуха рыб, подверженных воздействию звуков пневмопушки. Критерии Stadler и Woodbury обычно используются для оценки диапазона поражения при забивке свай, но может быть также в той или иной степени применяться к непрерывному звуку, с учетом некоторых важных факторов:

- Что касается показателей УЗВ, воздействие нескольких громких звуков является более разрушительным для рыбы, чем воздействия большего числа или большей продолжительности более тихих звуков (Халворсен и др., 2012 г.) Таким образом, критерии Стадлера и Вудбери (2009) принимаются для предосторожности при оценке воздействия от непрерывного звука - и, возможно, дают очень консервативные оценки диапазона и области воздействия.
- Данных, указывающих на разрушающее воздействие звуков от судов, или подобных звуков, на рыб с плавательным пузырем, но не имеющим восприимчивости к приему акустического давления, нет.
- Рыбы, как правило, чувствительны только к низкочастотным звукам; лучший диапазон слышимости большинства рыб от приблизительно 100 Гц до 400 Гц. Фильтр нижних частот с частотой перегиба 2 кГц является консервативной функцией коррекции, которая не принимает звуки на частотах, которые рыбы не слышат, используется в данном исследовании.

1.5.2. Поведенческая оценка

"Традиционный" неоткорректированный среднеквадратичный критерий УЗД (SPL) для оценки начала воздействия на поведение при 120 дБ относительно μPa не может быть полностью отклонен, несмотря на его неспособность учитывать специфические различия слуха видов, и он включен в это исследование, по крайней мере для полноты и ссылки на общую практику. Этот критерий все еще остается в качестве единственно приемлемого подхода к морским свиньям согласно недавним исследованиям Финнерана и Дженкинса (2012 г.), которые однозначно исключают этот вид из критериев скорректированных показателей из-за их уникальной восприимчивости и реакции на звуковые раздражители.

Поведенческие критерии, основанные на скорректированных показателях, таких, как те, которые были предложены Финнераном и Дженкинсом (2012 г.) видов морских млекопитающих, за исключением морских свиней, являются сомнительными в случае непрерывных звуков, таких как звуки от судов. Относительно высокие пороги реакции,

которые возникают в результате их использования, было бы трудно оспаривать на основе сравнения с фактическими доказательствами.

Мы считаем, что критерий поведенческого воздействия на основании аудиограммы является наиболее оправданным для этой оценки, учитывая четко определены идентичность соответствующих видов в регионе и наличие надежных аудиограмм для этих же самых видов или приемлемых косвенных видов. Наиболее неопределенным элементом в использовании уровней со ссылкой на аудиограмму (дБ относительно порога слышимости или dBht - дБпс) является порог, который необходимо принять для начального момента поведенческих нарушений. Недвелл и др. (2005 г.), предложили фиксированные пороги 75 и 90 дБпс для всех видов как начало момента мягких и выраженных поведенческих реакций, соответственно. Правильность принимаемого для предосторожности более высокого порога была поставлена под вопрос, и доказательства возникновения реакций могут быть найдены при значительно более низких уровнях выше порога слышимости: анализ, основанный на измерениях по Уильямсом и др. (2002 г.) предполагает, что поведенческие эффекты у оседлых дельфинов-косаток могут возникать при уровнях 65 дБпс. Принимая во внимание все факторы, мы считаем порог 75 дБпс умеренно консервативным аспектом оценки начала поведенческой реакции, и мы использовали его в этой работе для оценки на основании аудиограммы.

2. Методика

2.1. Уровни источника звука

2.1.1. Уровни источника звука судна

Данные об измерениях не были представлены ни по одному судну, которые были предложены для операций по укладке труб для проекта "Южный поток"; JASCO, однако, имеет обширный набор данных по уровням звука источника судов, полученных либо в результате полевых измерений, выполненных компанией, или с отчетов третьих сторон. Данные этого набора позволяют нам оценить уровни источника интересующих нас судов, посредством применения для них данных уровня источника звука от представительного судна с похожими техническими характеристиками, для которых имеются измерения. При использовании представительного судна рассматриваются его технические характеристики, такие как тип судна, тяговая мощность двигателя, грузоподъемность и длина. В случае если представительное судно имело отличительную тяговую мощность двигателя, уровень широкополосного источника корректировался с помощью простой формулы

$$SL = SL_{ref} + 10 \log \left(\frac{P}{P_{ref}} \right) \quad (14)$$

В данном случае, уровень широкополосного источника - УИ (SL) интересующего нас судна, работающего при заданной тяговой мощности двигателя (P) оценивается на основании уровня источника представительного судна (SL_{ref}) с тяговой мощностью установленного двигателя (P_{ref}). Это же самое уравнение использовалось для пропорционального уменьшения уровня широкополосного источника для того же судна, работающего на пониженной мощности двигателя.

Список судов, предложенных для Проекта строительства газопровода "Южный поток", которые были рассмотрены в данном исследовании, приведен в Таблица 4. Рис 5 показывает спектры уровней источников в 1/3-октавных полосах, которые были использованы для оценки воздействия конкретных судов.

Таблица 4. Перечень судов для мобилизации на период строительства прибрежного и морского участков проекта газопровода "Южный поток". Представительное судно, которое было использовано для определения уровня широкополосного источника (указано), также показано для каждого предложенного судна.

Тип судна	Типичный образец судна			Представительное судно	
	Название	Тяговая мощность (кВт)	Уровень широкополосного источника (дБ относительно 1 мПа при 1 м)	Название	Тяговая мощность (кВт)
Буксир для установки якорей / вспомогательный буксир	<i>Normand Neptune</i>	14 000	189	<i>Katun</i> ¹	9 000
Грейферный кран	<i>Kahmari</i>	920	177	<i>Viking</i> ²	900
Земснаряд	<i>MRTS Dikson</i>	3 500	183	<i>City of Chester</i> ³	2720
Траншеекопатель	<i>Calamity Jane</i>	15 000	183	<i>Far Samson</i> ⁴	24 000
Судно срочного снабжения	<i>GSP Lyra</i>	2 520	188	<i>Rebound</i> ⁵	250
Судно-трубоукладчик (глубоководное)	<i>Castorone</i>	67 000	192	<i>Solitaire</i> ⁶	48 000
Судно-трубоукладчик (средне-глубинное, с якорями)	<i>Castoro Sei</i>	20 500	183	<i>Castoro Otto</i> ⁷	21 000
Судно-трубоукладчик (средне-глубинное, глубоководное)	<i>Castoro Sei</i>	20 500	187	<i>Solitaire</i> ⁶	48 000
Судно-трубоукладчик (мелководное, с якорями)	<i>Tog Mor</i>	3 750	169	<i>Castoro II</i> ¹	5 000
Судно для укладки грунта на неровных участках морского дна (мелководье)	<i>Taccola</i>	4 300	181	<i>DSV Fu Lai</i> ⁷	8 800
Судно для укладки грунта на неровных участках морского дна (средне-глубинное)	<i>Tertness</i>	8 400	184	<i>DSV Fu Lai</i> ⁷	8 800

¹Ханнай и др. 2004

²Дикерсон и др. (2001)³Робинсон и др 2011

⁴Йоханссон и Андерсон (2012)

⁵Киппл и Габриэль (2003)

⁶Недвелл и Эдвардс (2004)

⁷МакГилливрай (2006)

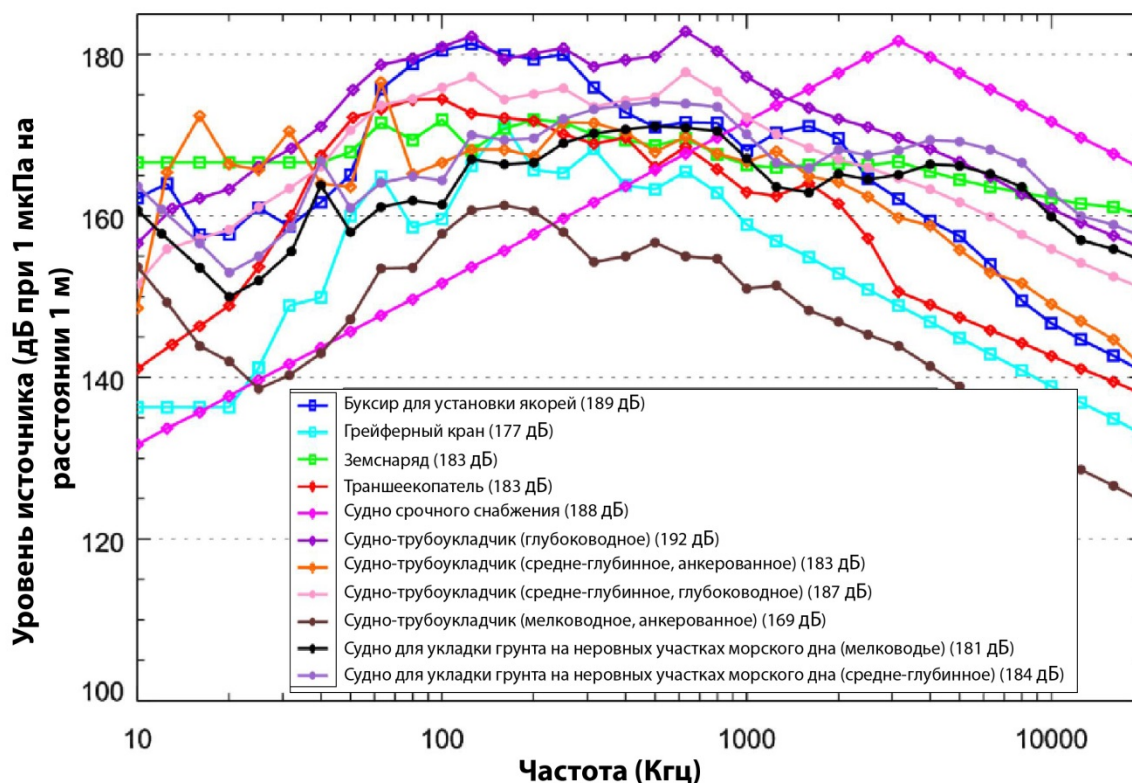


Рис5. Уровни источника для моделируемых судов в 1/3- октавных- полосах. Цифры в скобках указывают на уровень широкой полосы частот в дБ относительно 1 μ Pa при 1 м (среднеквадратичный УЗД).

2.1.2. Боковой гидролокатор

Согласно проектной документации, GSP Prince является наиболее подходящим судном для обеспечения поддержки при проведении инспекции во время и после операции укладки труб. Оборудование для проведения исследований будет установлено на телеуправляемом подводном аппарате (ROV) и, скорее всего, будет состоять из гидролокатора бокового обзора и / или многолучевого эхолота. Оба гидролокатора излучают акустическую энергию высокой частоты (> 50 кГц) от двух или более прямоугольных преобразователей.

2.1.2.1. Теория моделирования диаграммы направленности преобразователя

Средне- и высокочастотные подводные акустические источники для геофизических исследований создают колебательное избыточное давление за счет быстрой вибрации поверхности, используя либо электромагнитные силы или пьезоэлектрический эффект материалов. Вибрационный источник на основе пьезоэлектрического эффекта обычно называют измерительным преобразователем, который способен как принимать, так и излучать сигналы. Преобразователи обычно предназначены для производства акустической волны определенной частоты, часто в высоконаправленном луче. Способность направленности возрастает с увеличением рабочей частоты. Основным параметром, характеризующим направленность, является ширина луча, которая определяется как угол, замыкаемый диаметрально противоположными точками главного лепестка "половинной мощности" (-3 дБ) (Масса, 2003 г.). Ширина луча для

различных преобразователей изменяется от 180° (ненаправленный источник) до нескольких градусов.

Акустические преобразователи обычно имеют круглую или прямоугольную активную поверхность. В круглых преобразователях диаграмма направленности луча в горизонтальной плоскости (если предположить, что главный луч направлен вниз) равна во всех направлениях. Диаграмма направленности луча прямоугольных преобразователей меняется в зависимости от азимута в горизонтальной плоскости.

Диаграмма акустического излучения или диаграмма направленности преобразователя является относительным показателем акустической передающей или принимающей мощности как функции пространственного угла. Направленность обычно измеряется в децибелах по отношению к максимальному уровню излучения вдоль центральной оси, перпендикулярной к поверхности преобразователя. Диаграмма определяется в основном рабочей частотой устройства, размером и формой преобразователя. Диаграммы направленности обычно состоят из основного лепестка, проходящего вдоль центральной оси преобразователя, и множества вторичных лепестков, разделенных полосами режекции. Ширина основного лепестка зависит от размера активной поверхности относительно длины звуковой волны в среде. Большие преобразователи производят более узкие лучи. Рис 6 показывает 3-х -размерное (3-D) визуальное отображение типичной диаграммы направленности для кругового преобразователя.

Правильная диаграмма направленности преобразователя может быть получена только путем измерения в месте нахождения излучаемой энергии вокруг устройства. Такие данные, однако, не всегда доступны, а для моделирования распространения часто бывает достаточно провести оценку диаграммы направленности источника на основании теории направленности преобразователя. Пример измеренной диаграммы направленности показан на Рис 7.

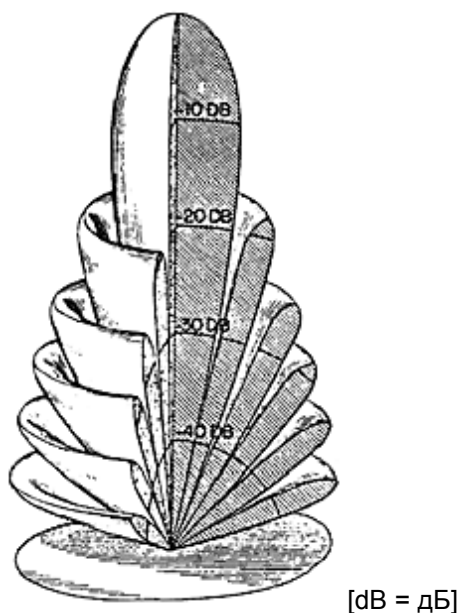


Рис 6. Типичная 3-х размерная (3D) диаграмма направленности для кругового преобразователя (Мэсса, 2003 г.)

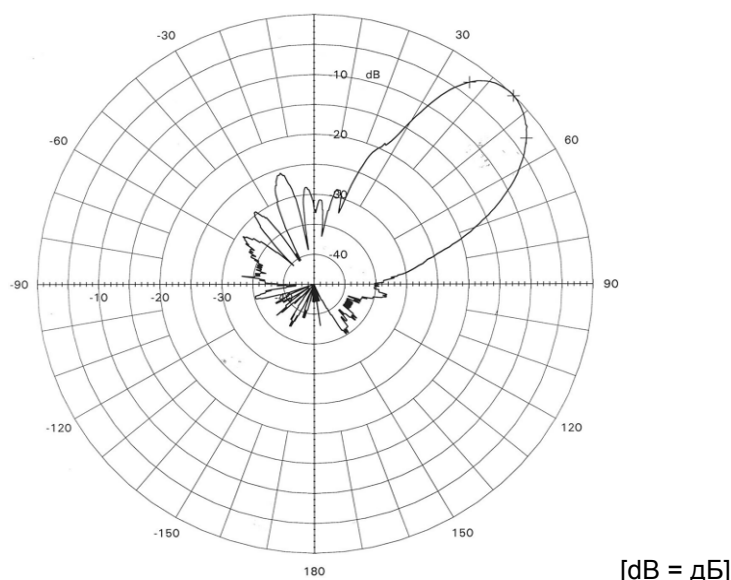


Рис 7. Вертикальное поперечное сечение диаграммы направленности, измеренной на месте от преобразователя, используемого Консбергом (источник: личный комментарий производителя).

2.1.2.2. Прямоугольные преобразователи

Направленности прямоугольных преобразователей были рассчитаны на основе стандартной формулы для диаграммы направленности прямоугольной акустической антенны (Кинслер и др.1950; ИТС 1993). Эта формула является результатом, полученным на основе тороидальных диаграмм направленности двух линейных антенн, где характеристики направленности в продольном и поперечном направлениях вычисляются из соответствующих значений ширины луча. Функция направленности тороидального луча относительно амплитуды на оси давления:

$$R(\phi) = \frac{\sin(\pi L_{\lambda} \sin(\phi))}{\pi L_{\lambda} \sin(\phi)} \quad \text{и} \quad L_{\lambda} = \frac{50}{\theta_{bw}}, \quad (15)$$

где L_{λ} координаты положения преобразователя в длинах волн, θ_{bw} является шириной луча в градусах, а ϕ - угол от оси преобразователя. В данном случае снова, диаграмма направленности преобразователя может быть вычислена с использованием либо указанной ширины луча в каждой плоскости или размеров активной поверхности и рабочей частоты преобразователя. Вычисленная диаграмма направленности для прямоугольного преобразователя с продольной и поперечной траекторией ширины диаграммы направленности 4° и 10° , соответственно, показано на Рис 8.

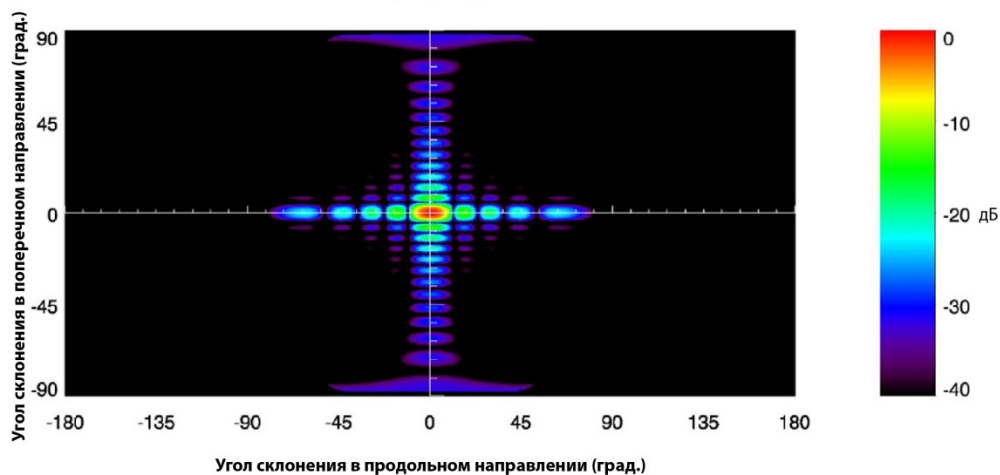


Рис 8.

Вычисленная диаграмма направленности для прямоугольного преобразователя с шириной диаграммы направленности $4^\circ \times 10^\circ$. Функция мощности луча показана по отношению к уровню на оси с помощью проекции Робинсона.

2.1.2.3. Многолучевые системы

Высокочастотные системы часто имеют два или более преобразователя, например, гидролокатор бокового обзора и многолучевой гидролокатор. Типичный гидролокатор бокового обзора использует два преобразователя, с центральными осями, направленными перпендикулярно трассе обследования и под некоторым углом наклона цели ниже по горизонтали. Многолучевые системы могут иметь свыше 100 преобразователей. Такие системы обычно состоят из прямоугольных преобразователей и имеют узкую ширину диаграммы направленности в горизонтальной (вдоль траектории обследования) плоскости ($0,2^\circ - 3^\circ$) и большую ширину диаграммы направленности в вертикальной (поперек траектории обследования) плоскости.

Для многолучевых систем, диаграммы направленности отдельных преобразователей рассчитываются отдельно для каждого преобразователя и затем объединяются в общую диаграмму системы в зависимости от типа задействованных лучей, которые могут быть одновременными или последовательными. Если лучи задействованы последовательно, уровень источника системы в заданном направлении предполагается максимальным уровнем источника, реализованным от отдельных преобразователей; если лучи задействованы одновременно, диаграмма направленности системы является просто суммой всех диаграмм направленности. Рис 9 показывает рассчитанную диаграмму направленности для двух прямоугольных преобразователей, задействованных одновременно. Эти преобразователи имеют продольную и поперечную ширину диаграммы направленности 1.5° и 50° , соответственно.

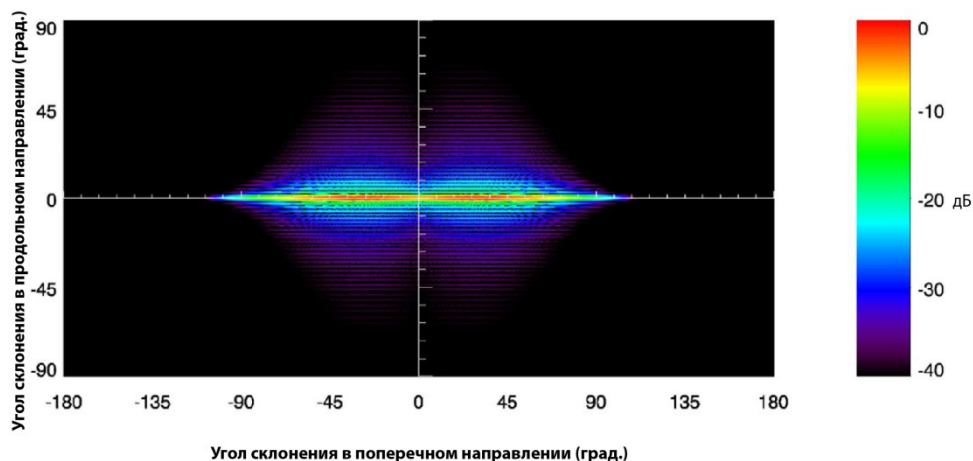
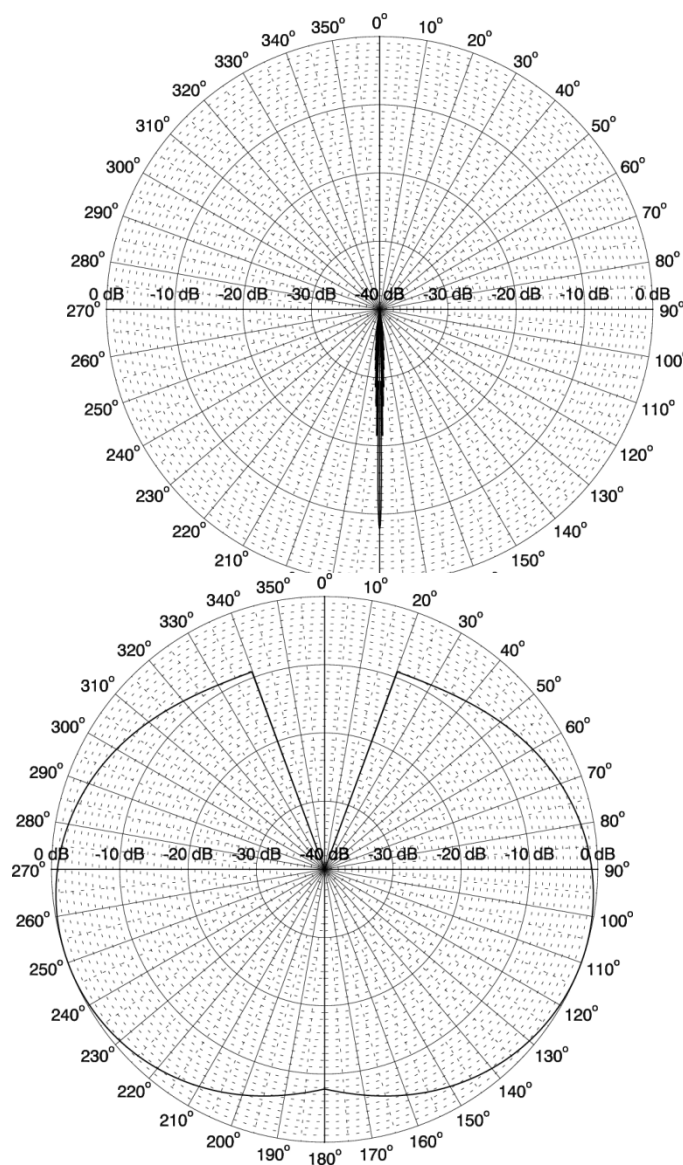


Рис 9. Вычисленная диаграмма направленности для двух одновременно действующих прямоугольных преобразователей, имеющих свою ширину $1,5^\circ \times 50^\circ$ и угол склонения 25° . Функция мощности луча показана по отношению к уровню на оси с помощью проекции Робинсона.

2.1.2.4. Боковой гидролокатор

Точная модель гидролокатора бокового обзора, который будет использоваться во время исследований по прокладке газопровода в рамках Проекта "Южный поток", не известна. Из широкого ассортимента гидролокаторов бокового обзора, представленных на рынке геофизических исследований, для моделирования был выбран ультразвуковой двухчастотный гидролокатор бокового обзора с технологией внутриимпульсной линейно-частотной модуляции Edgetech, так как он специально предназначен для установки на телеуправляемом подводном аппарате (ROV).

Гидролокатор Edgetech состоит из двух преобразователей, которые генерируют лучи с шириной $70^\circ \times 0,8^\circ$, направленные под углом $10\text{--}20^\circ$ ниже горизонтальной плоскости (Рис 10). Пиковый уровень оценивается в 210 дБ относительно 1 м (Edgetech 2000), а среднеквадратичный УЗД, соответственно, 207 дБ относительно μPa при 1 м (). Рабочая частота составляет 75 кГц, а длительность импульса 13 мс. (УЗВ) (SEL) на каждый импульс может быть получено из среднеквадратичного УЗД и длительности сигнала на основании Уравнения 5. УЗВ одиночного импульса оценивается как 188,1 дБ относительно $1 \mu\text{Pa}^2 \cdot \text{сек}$.



[dB = дБ]

Рис 10. Вертикальная диаграмма направленности рассчитанная для гидролокатора бокового обзора Edgetech с двумя лучами $70^\circ \times 0,8^\circ$ - продольный (слева) и поперечный (справа) разрез трёх-мерной диаграммы направленности.

2.2. Модель распространения звука

Распространение звука под водой (то есть, потери при распространении) на частотах от 10 Гц до 20 кГц было рассчитано на основании Модель Распространения Шума от Морских Работ (MONM - Marine Operations Noise Model), разработанной JASCO.

2.2.1. Двухчастотные режимы: Модель RAM и BELLHOP

На частотах ≤ 2 кГц и для ненаправленных источников, MONM вычисляет акустическое распространение методом параболического уравнения (Коллинз, 1993 г.), который основан на акустической модели зависимости от расстояния (RAM) Военно-морской исследовательской лаборатории США, модифицированном для учета упругого дна. Метод параболического уравнения всесторонне протестирован и широко используется в подводной акустике (Коллинз и др. 1996 г.) Модель MONM-RAM

учитывает дополнительные потери при распространении на морском дне в связи с частичной конверсии продольных волн в поперечные упругие волны на морском дне и поверхности раздела твердого дна, и включает волновые затухания всех слоев. Расчеты, полученные на основании модели MONM-RAM были сравнены с экспериментальными данными, полученными в ходе нескольких программ измерения параметров звуковых волн под водой, проведенных JASCO (Ханней и Ракка 2005, Аертс и др. 2008, Фанк и др. 2008, Айленд и др. 2009, О' Тайл и др. 2010, Варнер и др. 2010 г.) Модель MONM-RAM использует следующие свойства среды в которой распространяется звуковая волна: рельеф дна моделируемой области, скорость звука в воде (изменяемая с глубиной), и геоакустические параметры многослойного дна.

На частотах > 2 кГц, MONM задействует широко используемую модель отслеживания траектории гауссова пучка BELLHOP (Портер и Лю 1994 г.) и учитывает затухание звука за счет поглощения звуковой энергии в морской воде, согласно Фишеру и Симмонсу (1977 г.). Этот тип затухания имеет большое значение для частот выше 5 кГц, и не может быть оставлен неучтенным без заметного влияния на результаты модели при больших расстояниях от источника. Модель MONM-BELLHOP учитывает направленность источника, которая описывается как функция вертикального и горизонтального углов. Модель MONM-BELLHOP учитывает следующие, зависящие от условий местности, свойства окружающей среды: рельеф морского дна моделируемой области, скорость звука в воде (изменяемая с глубиной). В отличие от многослойной модели дна в MONM-RAM, MONM-BELLHOP учитывает геоакустические параметры только для придонных осадков. Это является приемлемым ограничением, потому что влияние глубинных слоев твердого дна на распространение акустических волн с частотами выше 1 кГц незначительно.

Обе модели распространения учитывают полное воздействие от прямой акустической волны, а также воздействие от отражений акустической волны.

2.2.2. Приблизительное определение объема $N \times 2-D$

Модель MONM вычисляет объемное акустическое поле, моделируя распространение звука в двумерных (2-D) вертикальных плоскостях, ориентированных вдоль радиальных линий, охватывающих полную дугу окружности 360° вокруг источника, подход, который обычно называют $N \times 2-D$. Эти вертикальные радиальные плоскости распределены по дуге с угловым шагом $\Delta\theta$, что дает $N = 360^\circ/\Delta\theta$ количество плоскостей (Рис 11).

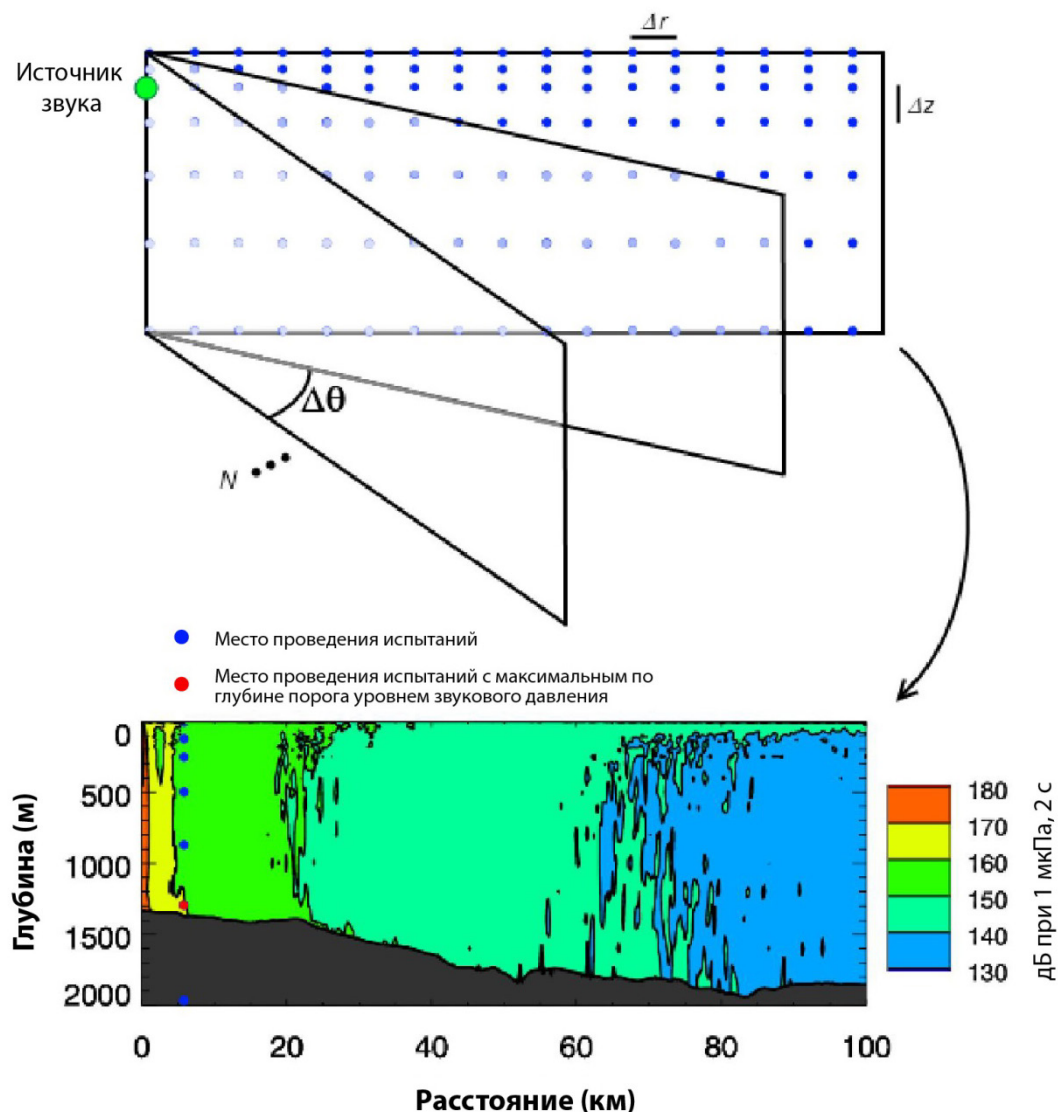


Рис 11. Подход к моделированию, используемый в MONM $N \times 2$ -D и основанный на принятии максимальной глубины.

MONM трактует частотную зависимость путем вычисления потерь при передаче звука при средней частоте в каждой 1/3-октавной полосе моделируемого спектра. Нижняя граница моделируемого спектра устанавливается на частоте 10 Гц, а верхняя граница подбирается таким образом, чтобы моделируемый спектр включал в себя большинство акустической энергии (99.5%) полного спектра, испускаемого источником. Потеря при передаче звука моделируется на срединной частоте каждой 1/3-октавной-полосы в пределах каждой N вертикальной плоскости как функции глубины и расстояния от источника. 1/3-октавная-полоса каждого полученного УЗВ рассчитывается путем вычитания значений потерь при распространении от направленного уровня источника (УИ) в той же полосе частот. Результирующий УЗВ диапазона частот затем рассчитывается путем суммирования полученных уровней 1/3-октавной-полосы.

Полученное значение УЗВ сигнала поля звуковой волны в каждой вертикальной радиальной плоскости анализируется на различных расстояниях от источника, обычно с фиксированным размером радиального шага. На каждом анализируемом отрезке расстояния вдоль поверхности, звуковое поле анализируется на различных глубинах, с

увеличением шагового расстояния между анализируемыми участками по мере увеличения глубины. Размеры шагов выбираются так, чтобы обеспечивать более высокое разрешение акустического поля на глубинах ± 10 м от глубины источника и на глубинах, представляющих интерес с точки зрения профиля скорости звука. Что касается глубоководных участков, замеры не производятся на глубинах, куда не попадают морские млекопитающие. Полученное трёх-мерное поле значений УЗВ схлапывается по вертикали с использованием максимального значения УЗВ по всем виртуальным приёмникам, имеющим одинаковую проекцию на горизонтальную плоскость и находящимися на разных. Эти максимальные значения от каждого сигнала УЗВ по всей глубине представляются в виде цветных контуров вокруг источника (например, Рис 12).

Точность расчетов, полученных на основании модели MONM, была проверены с помощью экспериментальных данных полученных в результате нескольких программ измерения параметров звуковых волн под водой, проведенных JASCO (Hannay and Racca 2005, Aerts et al. 2008, Funk et al. 2008, Ireland et al. 2009, O'Neill et al. 2010, Warner et al. 2010).

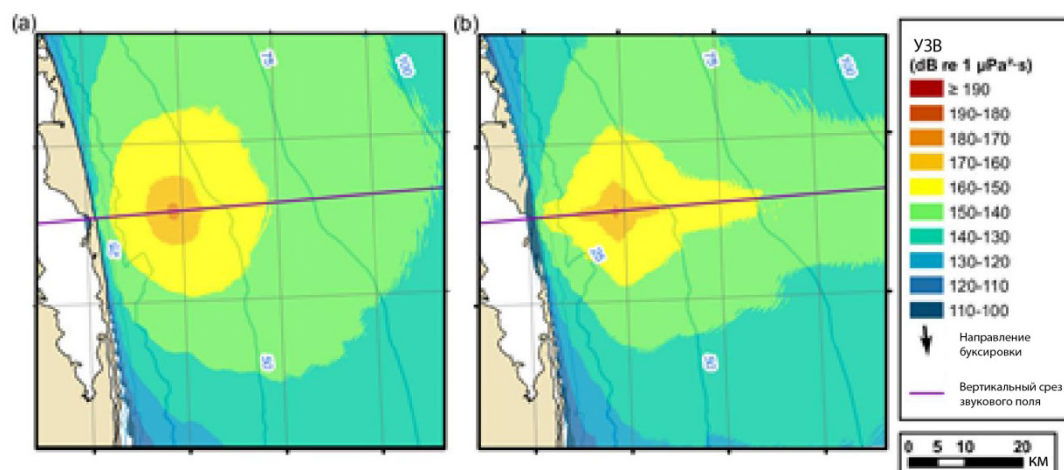


Рис 12. Контурные карты для двух произвольных источников максимального УЗВ по всей исследованной глубине.

2.2.3. Выборочная экспериментальная проверка результатов, полученных на основании модели: Правило максимального значения по всей глубине

Полученное значение УЗВ поля звука в пределах каждой вертикальной радиальной плоскости фиксировалось на различных расстояниях от источника, обычно с фиксированным размером радиального шага. На каждом анализируемом отрезке расстояния вдоль поверхности, значение звукового поля фиксируется на различных глубинах, с увеличением вертикального шага по мере увеличения глубины. Максимальный уровень акустической волны среди все виртуальных источников, имеющих одинаковую проекцию на горизонтальную плоскость, принимается за значение акустического поля в этой точке. Подобный подход обеспечивает осторожный прогноз акустического поля вокруг источника шума, независимо от глубины.

В принципе, звуковое поле можно замерить при вертикальном размере шага с такой же точностью как и на сетке модели звукового поля, которая меняется от 2 м для низких частот до 6 см для высоких частот. Однако, такая мелкая сетка замеров была бы неэффективной с предоставлением большого объема ненужных данных. Поэтому, расстояние между глубинами замеров выбирается на основании вертикальной изменчивости акустического поля. Вертикальная изменчивость зависит от изменчивости профиля скорости звука, которая выше в верхней части столба воды и ниже на больших глубинах. Что касается глубоководных участков, замеры не производятся на глубинах, куда не попадают морские млекопитающие.

В каждом месте замера с поверхности, образец звукового поля отбирался на следующих глубинах:

- 2 м
- каждые 5 м от 5 до 25 м
- каждые 25 м от 50 до 100 м
- каждые 50 м от 150 до 500 м
- каждые 100 м от 600 до 2200 м

2.3. Оценки акустического воздействия

Оценки акустические воздействия проводились по трем направлениям:

- Мгновенное воздействие от одного судна (за 1 секунду)
- Мгновенное воздействие от группы судов (за 1 секунду)
- Совокупное воздействие в течение 24 часов в результате стандартных операций

2.3.1. Мгновенное воздействие от одного судна

Для расчета расстояния до установленных порогов уровня шума, рассчитывался максимальный уровень по всем выбранным глубинам в каждой горизонтальной точке отбора проб в пределах области моделирования. Радиальный грид максимальных уровней звука по глубине была затем переведена в прямоугольный грид (посредством триангуляционного метода) с размером ячейки 50 м. Контуры и расстояния до пороговых значений акустического поля для секундных интервалов были рассчитаны из этих плоских декартовых проекций смоделированных акустических полей для каждого судна в отдельности. Для получения расстояний до указанных М-откорректированных порогов звукового уровня, значение относительного уровня было применено к частоте моделирования звукового поля (Уравнения 11–13).

2.3.2. Мгновенное воздействие от группы судов

Совокупное поле для группы судов было рассчитано путем суммирования звуковых полей каждого отдельного судна в группе, используя Уравнение 4. Звуковое поле, представляющее акустический след каждого судна, перед суммированием было перенесено в соответствии с положением этого конкретного судна в группе. Контуры и расстояния до пороговых значений совокупного акустического поля для секундных интервалов были рассчитаны таким же образом, как и для оценки воздействия одного

судна (Раздел 2.3.1). Площадь участков со значениями акустического поля выше пороговых значений (площадь воздействия) были рассчитаны на основе грида поля путем умножения площади ячейки грида на количество ячеек грида, которые имели значение выше порогового.

2.3.3. Суточное совокупное акустическое воздействие от морских работ

Для оценки акустического воздействия за 24-х часовой период работ для каждого судна была определена индивидуальная траектория следования. На первом шаге, рассчитывалось совокупное поле для каждого отдельного судна в сценарии. Для этого были созданы множественные копии односекундного поля УЗВ со смещением 50 м вдоль траектории. Все эти поля суммировались, и применялся поправочный коэффициент для учета скорости судна вдоль траектории. Втиорым шагом, совокупные поля для каждого судна суммировались для получения общего совокупного поля за 24 часа работы.

Контуры и расстояния до пороговых значений совокупного акустического поля были рассчитаны таким же образом, как и для оценки воздействия одного судна (Раздел 2.3.1). Площадь участков со значениями акустического поля выше пороговых значений были рассчитаны на основе сетки поля путем умножения площади ячейки сетки на количество ячеек сетки, которые имели значение выше порогового.

2.4. Параметры модели

2.4.1. Батиметрия

Батиметрические характеристики воспроизводятся на базе цифрового атласа ГЕБКО, публикуемого Британским океанографическим центром данных от имени МОК и МГО, 2008 г. Электронный атлас представляет собой грид рельефа морского дна в географических координатах с угловым разрешением в 30 минут (~ 900 × 900 м для исследуемой области). Батиметрические данные были перегридированы в прямоугольный грид с охватом области 400 × 400 км и с горизонтальным разрешением 500 × 500 метров. Грид рельефа дна был создана в координатах Универсальной поперечной проекции Меркатора (УПМП) зоны 37.

2.4.2. Геоакустические свойства

Для модели MONM необходимы конкретные значения, описывающие акустические свойства осадка в области распространения:

- Толщина слоя осадка
- Плотность
- Скорость звука продольных волн
- Затухание продольных волн
- Скорость звука поперечных волн
- Затухание поперечных волн

Данные о геоакустических свойствах осадков на российском шельфе Черного моря весьма скудны. Шимкус и др. (1978) приводит сейсмические профили для шельфовой зоны и описание образцов материковой/коренной породы, полученные во время дноуглубительных работ. Данные сейсмических профилей и тот факт, что материковая порода в некоторых областях обнажена, позволяют предположить, что толщина слоя уплотненных осадочных пород в этом районе невелика. Предполагалось, что средняя толщина слоя уплотненных осадков составляет 20 м для обоих Площадок 1 и 2. Предполагалось, что поверхностный тип осадка для Площадки 1 состоит из песка, а для Площадки 2 из ила. Геоакустические параметры для верхнего слоя были определены с помощью геоакустической модели (Букингом 2005), которая вычисляет акустические свойства отложений на основании пористости и гранулометрического состава. Предполагаемые геоакустические профили для моделирования Площадок 1 и 2 представлены в Таблица 5 и Таблица 6, соответственно.

Таблица 5. Расчетный геоакустический профиль для Площадки 1, который представляет собой тонкий слой песка над коренной породой в прибрежной зоне. В пределах каждого диапазона глубин, каждый параметр изменяется линейно в пределах указанного диапазона.

Глубина под морским дном (м)	Материал	Плотность (г/см ³)	Скорость продольной волны (м/с)	Затухание продольных волн (дБ/λ)	Скорость поперечной волны (м/с)	Затухание поперечных волн (дБ/λ)
0–10	Песок	1,7	1645-1890	0,77-1,465	250	0,15
10-20		1,7	1890-2015	1,465-1,73		
20-1000	Материковая порода	2,5-2,6	3000-4000	0,4		
>1000		2,6	4000	0,4		

Таблица 6. Расчетный геоакустический профиль для Площадки 2, который представляет собой тонкий слой ила над коренной породой на разломе прибрежного шельфа. В пределах каждого диапазона глубин, каждый параметр изменяется линейно в пределах указанного диапазона.

Глубина под морским дном (м)	Материал	Плотность (г/см ³)	Скорость продольной волны (м/с)	Затухание продольных волн (дБ/λ)	Скорость поперечной волны (м/с)	Затухание поперечных волн (дБ/λ)
0–10	Ил	1,5-1,7	1510-1615	0,36-0,67	150	0,05
10-20		1,7	1615-1660	0,67-0,82		
20-1000	Материковая порода	2,5-2,6	3000-4000	0,4		
>1000		2,6	4000	0,4		

Геоакустический профиль для глубоководной части Черного моря был построен по данным геофизических исследований скважины Программы глубоководного бурения (DSDP), Платформа 42 Площадки 379, которая находится примерно в 175 км к юго-западу от выбранного места моделирования (Судовая научная партия, 1978 г.). Буровая площадка расположена в глубоководной части Черного моря. В докладе содержится информация о скорости звука продольных волн и профиле плотности вплоть до 670 м под морским дном. Также, дана оценка глубины наиболее глубокого сейсмического горизонта. Предполагаемый геоакустический профиль для моделирования Площадки 3 представлен в Таблице 7.

Таблица 7. Расчетный геоакустический профиль для Площадки 3, который представляет глубоководную часть Черного моря. В пределах каждого диапазона глубин, каждый параметр изменяется линейно в пределах указанного диапазона.

Глубина под морским дном (м)	Материал	Плотность (г/см ³)	Скорость продольной волны (м/с)	Затухание продольных волн (дБ/λ)	Скорость поперечной волны (м/с)	Затухание поперечных волн (дБ/λ)
0–10	Терригенный ил	1,4-1,5	1500-1600	0,17-0,36	100	0,03
10-85		1,5-1,7	1600-1700	0,36-0,7		
85-150		1,7-1,8	1700-1800	0,7-0,8		
150-370		1,8-1,9	1800-1850	0,8-1,0		
370-1000		1,9	1850-2000	1,0-1,3		
1000-2000	Наиболее глубокий сейсмический горизонт	2,5-2,6	3000-4000	0,4		
>2000		2,6	4000	0,4		

2.4.3. Профили скорости звука

Профили скорости звука для смоделированных площадок были выведены из профилей температуры и минерализации Океанографического управления ВМС США *Обобщенной цифровой модели окружающей среды V 3.0* (GDEM; Тиг и др. 1990, Карнес 2009). Обобщенная цифровая модель окружающей среды (GDEM) предоставляет климатологические данные о температуре и минерализации мировых океанов на географическая система координат с разрешением 0,25, с временным разрешением в один месяц, на основе глобальных исторических наблюдений, представленных в Главном Сборнике данных об океанографических наблюдениях ВМС США. Климатологические профили включают 78 фиксированных глубин до максимальной глубиной 6800 м (где океан достигает этой глубины), в том числе 55 стандартных глубин расположены в промежутке от 0 до 2000 м. Профили температуры-минерализации GDEM были преобразованы в профили скорости звука в соответствии с уравнениями Коппенса (1981):

$$\begin{aligned}
 c(z, T, S, \phi) &= 1449.05 + 45.7t - 5.21t^2 - 0.23t^3 \\
 &\quad + (1.333 - 0.126t + 0.009t^2)(S - 35) + \Delta \\
 \Delta &= 16.3Z + 0.18Z^2 \\
 Z &= \frac{z}{1000} [1 - 0.0026 \cos(2\phi)] \\
 t &= \frac{T}{10}
 \end{aligned} \tag{16}$$

где z глубина воды (м), T температура (°C), S минерализация (основной элемент выборки) и ϕ широта (радианы).

Среднемесячные профили скорости звука были получены из набора данных GDEM для февраля и августа на всех трех смоделированных площадках, и разница между профилями для разных площадок была незначительной (Рис 13), что позволило

использовать единый глубоководный профиль скорости звука с Площадки 3 (Рис 14) для всех моделируемых мест.

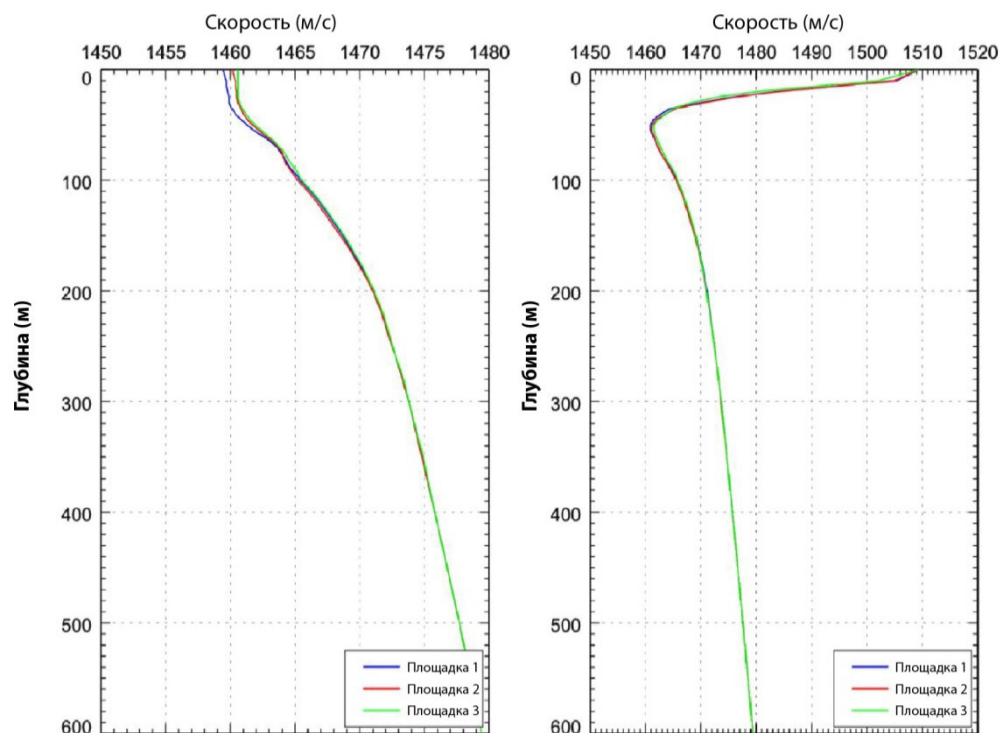


Рис 13. Сравнение профилей скорости звука для февраля (слева) и августа (справа) на всех трех моделируемых площадках на основании данных, полученных из *GDEM V 3.0* (Тиг и др. 1990, Карнес 2009).

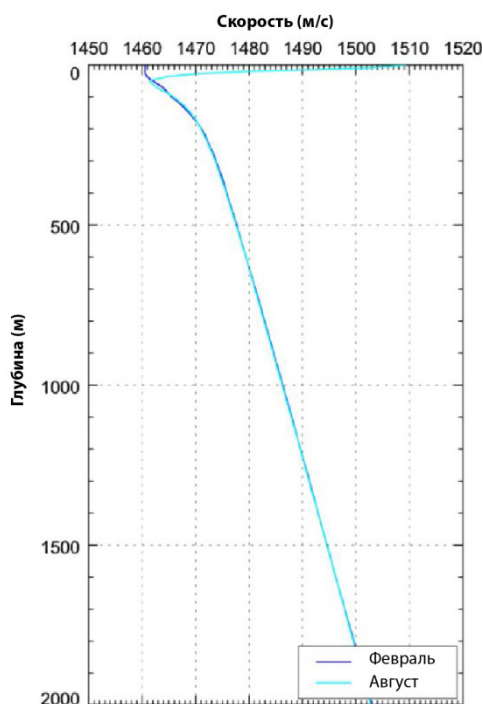


Рис 14. Седнемесячные профили скорости звука для февраля и августа для Площадки 3 в Черном море (44.156° N, 37.494° W) на основании данных, полученных из *GDEM V 3.0* (Тиг и др. 1990, Карнес 2009). (Teague et al. 1990, Carnes 2009).

Поскольку вопрос о сроках проведения работ не был окончательно решен во время проведения моделирования, профили скорости звука в конкретном месте нахождения для оценки потенциальных расстояний до полученных порогов уровней звука были использованы для августа. Изменение температуры воды с глубиной приводит к образованию при-поверхностного звукового канала, что способствует распространению звука на более дальние расстояния.

2.4.4. Геометрия и моделирование объемов

Звуковые поля моделировались вдоль серии радиальных профилей, с охватом 360° с горизонтальным угловым разрешением $\Delta\theta = 5^\circ$ для суммарного количества $N=72$ радиальных плоскостей. Горизонтальный размер шага для возможных получателей вдоль профилей составлял 20 м. Протяженность каждого профиля определялось наименьшим значением из двух: 100 км или расстояние от источника до береговой линиию.

Результаты моделирования потерь при передаче звука были получены по крайней мере для двух различных глубин источника (см. Таблицу 9 в Разделе 3.2).

3. Сценарии моделирования

3.1. Площадки

Трасса газопровода, проектируемая для Проекта "Южный поток" имеет протяженность свыше 225 км и делится на два морских участка:

- прибрежный участок, который начинается под водой 400 м от берега на выходе трубопровода из подводного котлована (23 м глубины) и простирается на 425 м на глубине 30 м. и
- морской участок, который простирается от конца прибрежного участка и проходит примерно 225 км по водному участку Российской ИЭЗ, на максимальной глубине воды около 2200 м.

Три места были выбраны, чтобы охватить диапазон параметров окружающей среды, таких как глубина воды, геоакустические свойства морского дна, а также профиль скорости звука водяного столба.

Площадка 1 располагается на мелководном прибрежном участке, где существует потенциальная вероятность проведения дноуглубительных и трубоукладочных работ с установкой якорей. Площадка 2 располагается на морском участке средней глубины, где существует потенциальная вероятность проведения следующих работ: укладка грунта на неровных участках морского дна, рытье котлованов/траншей и трубоукладочных работ с установкой якорей. Площадка 3 находится на глубоководном морском участке, где будут проводиться работы по глубоководной укладке газопровода. Сопровождающие суда поддержки будут постоянно присутствовать при выполнении работ на всех трех площадках.

Важные данные выбранных площадок (координаты, глубина воды) приведены в Таблица 8.

Таблица 8. Предлагаемые площадки для моделирования и их параметры.

Местоположение	Географические координаты	Универсальная поперечная проекция Меркатора (Зона)	Глубина воды в источнике (м)
Площадка 1: Мелководье	44° 38' N 37° 21' в.д.	4962384 369692 (37)	23
Площадка 2: Средние глубины	44° 38' N 37° 31' в.д.	4943834 382912 (37)	80
Площадка 3: Глубина	44° 09' N 37° 30' в.д.	4890322 379585 (37)	2000

3.2. Сценарии с одним судном

Для каждой из трех площадок было смоделировано несколько сценариев с одним судном. Модель акустического поля для каждого сценария был выполнена как для условий летнего периода (август), так и для зимнего (февраль), в результате чего

получилось 28 сценариев с участием одного судна. Некоторые параметры моделирования каждого сценария приведены в Таблице 9.

Таблица 9. Предлагаемые сценарии с одним судном и их параметры моделирования.

Судно	Описание	Глубина источника (м)	Уровень широкополосного источника (дБ)	Частотный диапазон (Гц)
S01: Мелководье				
1 <i>Dikson (MRTS)</i>	Земснаряд	15	183	10-20000
2 <i>Kahmari 2</i>	Земснаряд (грейферный кран)	15	177	10-20000
3 <i>Taccola (Jan de Nul)</i>	Дноуглубительный снаряд, принимающий грунт в себя, укладка грунта на неровных участках морского дна	6	181	10-20000
4 <i>Tog Mor</i>	Судно-трубоукладчик	6	169	10-20000
5 <i>Normand Neptune</i>	Буксир для установки якорей	6	189	10-20000
6 <i>GSP Lyra</i>	Вспомогательное судно, смена экипажа	2	188	10-20000
S02: Средние глубины				
1 <i>Calamity Jane</i>	Судно общего назначения, разработка траншей	6	183	10-20000
2 <i>Tertnes (Ван Оорд)</i>	Судно для укладки грунта на неровных участках морского дна	6	184	10-20000
3 <i>Castoro Sei</i>	Судно-трубоукладчик	14	183	10-20000
4 <i>Normand Neptune</i>	Буксир для установки якорей	6	189	10-20000
5 <i>GSP Lyra</i>	Вспомогательное судно, смена экипажа	2	188	10-20000
S03: Глубина				
1 <i>Saipem 7000, Castorone</i>	Судно-трубоукладчик	7	192	10-20000
2 <i>Normand Neptune</i>	Буксир для установки якорей	7	189	10-20000
3 <i>GSP Lyra</i>	Вспомогательное судно, смена экипажа	2	188	10-20000

3.3. Группы судов

В этом Разделе рассматриваются модели акустического поля возникающего во время строительно-монтажных операций, которые требуют использование нескольких судов, работающих в непосредственной близости. Было рассмотрено десять сценариев, для каждого из которых была составлена модель акустического поля, как для зимних, так и для летних условий.

Только те суда, которые вносят значительный вклад в акустическое поле, были включены в модель по каждому сценарию. Для каждой операции были рассмотрены

все предложенные суда, однако, суда с низкими уровнями источника звука, которые не оказывают воздействие на результаты моделирования, и суда, которые не запланированы для постоянного присутствия в течение всего периода проведения работ, не включены в модель акустического поля.

Модели судов без известных уровней источника были выполнены на основе данных для судов похожего типа, с поправочным коэффициентом для учета различий в размерах и мощности. Поправочные коэффициенты используются также для коррекции уровня источника для судов, работающих с нагрузкой меньше 100%.

3.3.1. Сценарий 1: Дноуглубительные работы на участке выхода из микротоннеля и переходной траншеи на Площадке 1

На последнем участке берегового примыкания 1,4 км, трубопроводы будут размещены в микротоннелях, которые будут заканчиваться в котлованах выхода трубопровода в 400 м от берега, на глубине 23 метров. Прибрежный участок начинается на выходе из котлована, где трубопроводы будут уложены в траншеи на глубине примерно 2,5-3 м на расстояние примерно 170 метров.

Каждый котлован выхода трубопровода и переходная траншея будут разрабатываться отдельной дноуглубительной операцией с использованием одного из трех видов судов: фрезерный земснаряд (CSD), земснаряд (грейферный кран), или дноуглубительный снаряд, принимающий грунт в себя. Модель этого сценария выполняется на основании использования судна CSD Dikson по двум причинам: существует вероятность использования этого судна и оно производит высокие уровни источника. Два буксира будут присутствовать постоянно во время выполнения работ - один для транспортировки фрезерного земснаряда, а другой для транспортировки извлеченного грунта.

Другие суда, которые могут присутствовать, но не внесут значительный вклад в акустическое поле проведения работ и не были представлены в модели включают два небольших исследовательских судна, судно срочного снабжения для смены экипажа, а также небольшое судно сбора отработанного топлива и воды.

После завершения дноуглубительных и трубоукладочных работ начинаются работы по обратной засыпке котлована выхода их микротоннеля и переходной траншеи. Для выполнения этих работ будет использоваться такое же распределение судов, с тем исключением, что не будут присутствовать два небольших исследовательских судна. Так как исследовательские суда не являются значительным источником шума в присутствии более крупных судов, используемых для дноуглубительных работ, можно предположить, что акустическое поле при обратной засыпке будет аналогичным акустическому полю при дноуглубительных работах.

Список основных судов и параметры моделирования приведены в Таблице 10.

Таблица 10. Распределение судов для дноуглубительных работ на котловане выхода из микротоннеля и переходной траншее на Площадке 1

Судно	Работы	Нагрузка (%)	Типовое судно	Поправочный коэффициент (дБ)	Координаты	
					X	Y
Dikson (3 795 кВт)	дноуглубительные работы с использованием фрезерного земснаряда	100	<i>Dikson</i> (3 795 кВт)	0	0	0
Mustang (4 536 кВт)	Буксир, транспортировка <i>Dikson</i>	100	<i>Normand Neptune</i> (13 880 кВт)	-4,9	200	-200
Mustang (4 536 кВт)	Буксир, транспортировка извлеченного грунта.	100	<i>Normand Neptune</i> (13 880 кВт)	-4,9	-50	50

3.3.2. Сценарий 2: Стационарная укладка труб на Площадке 1

Мелководное судно-трубоукладчик будет использоваться для прокладки трубопроводов в микротоннелях и, впоследствии, при завершении укладки труб на прибрежном участке в точке подключения на глубине 30 метров. Во время прокладки трубопровода на прибрежном участке, трубопровод подготавливается на борту судна-трубоукладчика, после чего трубопровод опускают в воду, продвигаясь на соответствующее расстояние, с перемещением якорей при содействии буксиров для установки якорей. Этот сценарий включает акустическое поле во время подготовки трубопровода, когда судно-трубоукладчик находится в неподвижном положении, а буксиры на холостом ходу.

Во время стационарной подготовки трубопровода, два буксира будут на холостом ходу, располагаясь в 200 м от судна-трубоукладчика *Tog Mor*. Кроме того, в модели включено исследовательское судно *GSP Prince*, которое будет присутствовать в течение всего периода выполнения работ для выполнения исследований на стадии предварительной подготовки к прокладке трубопровода и после завершения работ.

Другие суда, которые могут присутствовать во время выполнения работ, но не внесут значительный вклад в акустическое поле, включают два универсальных многоцелевых вспомогательных судна, судно срочного снабжения для смены экипажа, а также небольшое судно сбора отработанного топлива и воды, и спасательное судно для чрезвычайных ситуаций.

Список основных судов и параметры моделирования приведены в Таблице 11.

Таблица 11. Распределение судов для стационарной укладки труб на Площадке 1.

Судно	Работы	Нагрузка (%)	Типовое судно	Поправочный коэффициент (дБ)	Координаты	
					X	Y
<i>Tog</i> (3,750 кВт)	<i>Mor</i> Прокладка трубопровода;	100	<i>Tog</i> (3,750 кВт)	<i>Mor</i> 0	0	0
<i>Normand Neptune</i> (13,880 кВт)	Буксир для установки якорей / вспомогательный	20	<i>Normand Neptune</i> (13 880 кВт)	-7	0	200
<i>Normand Neptune</i> (13 880 кВт)	Буксир для установки якорей / вспомогательный	20	<i>Normand Neptune</i> (13 880 кВт)	-7	0	-200
<i>GSP Prince</i> (7 604 кВт)	Исследования, транзит	30	<i>Normand Neptune</i> (13 880 кВт)	-8,2	-200	-200

3.3.3. Сценарий 3: Прокладка труб с задействованным буксиром для установки якорей на Площадке 1

Во время прокладки трубопровода на прибрежном участке, трубопровод подготавливается на борту судна-трубоукладчика, после чего его опускают в воду, продвигаясь на соответствующее расстояние, с перемещением якорей при содействии буксиров для установки якорей. Этот сценарий описывает акустическое поле во время движения судна при укладке трубопровода, когда происходит активное маневрирование буксиров для установки якорей и спускание трубопровода в воду.

Планируется, что судно-трубоукладчик *Tog Mor* с установкой якорей будет разворачивать от 8 до 12 якорей в полу-круговой схеме. Два буксира для установки якорей будут устанавливать якоря по схеме, которая позволяет судну-трубоукладчику продвигаться вперед, регулируя длину якорных канатов. При прохождении вперед по мере опускания трубопровода в воду, два буксира устанавливаются на якорях рядом с судном-трубоукладчиком. Обычно длина якорного каната примерно в пять раз больше глубины воды, что позволяет установить буксиры на расстоянии примерно 125 м от судна-трубоукладчика.

Во время операции установки якорей два буксира будут работать при 100% нагрузке, что существенно увеличивает уровень звука источника. В результате этого судно *GSP Prince* больше не будет являться основным источником шума в акустическом поле.

Другие суда, которые могут присутствовать во время выполнения работ, но не внесут значительный вклад в акустическое поле, включают два универсальных многоцелевых вспомогательных судна, судно срочного снабжения для смены экипажа, а также небольшое судно сбора отработанного топлива и воды, и спасательное судно для чрезвычайных ситуаций.

Сводка об основных судах и параметры моделирования приведены в Таблице 12.

Таблица 12. Распределение судов для укладки трубопровода с установкой якорей на Площадке 1.

Судно	Работы	Нагрузка (%)	Типовое судно	Поправочный коэффициент (дБ)	Координаты	
					X	Y
<i>Tog</i> (3,750 кВт)	<i>Mor</i> Прокладка трубопровода;	100	<i>Tog</i> (3,750 кВт)	<i>Mor</i> 0	0	0
<i>Normand Neptune</i> (13 880 кВт)	Буксир для установки якорей / оперативный	100	<i>Normand Neptune</i> (13 880 кВт)	0	125	0
<i>Normand Neptune</i> (13 880 кВт)	Буксир для установки якорей / оперативный	100	<i>Normand Neptune</i> (13 880 кВт)	0	-60	-100

3.3.4. Сценарий 4: Прокладка труб с системой динамического позиционирования на Площадке 2.

Прокладка труб на морском участке средней глубины (глубина 30-600 м), вероятно, будет выполняться средним судном-трубоукладчиком *Castoro Sei*, которое будет маневрировать с помощью поворотного движителя системы динамического позиционирования (ДП). ДП - это система, управляемая компьютером, которая позволяет поддерживать положение судна без использования якорей. Хотя судно-трубоукладчик будет продвигаться без помощи якорей, три буксира для установки якорей будут присутствовать в течение выполнения работ в качестве судов общей поддержки и в резерве на случай, если функция ДП откажет на судне-трубоукладчике и появится необходимость работать с использованием якорей. Исследовательское судно *GSP Prince* также будет присутствовать в течение всего периода проведения работ по укладке трубопровода для проведения обследований на морском дне перед и после укладки трубопровода.

Суда, которые могут присутствовать во время выполнения работ, но не внесут значительный вклад в акустическое поле, включают грузовые суда для доставки труб, многоцелевое вспомогательное судно для телеуправляемого подводного аппарата ROV, судно поддержки водолазных работ, судно снабжения и смены экипажа, судно технического обслуживания для доставки запчастей, судно сбора отработанного топлива и воды, и спасательное судно для чрезвычайных ситуаций.

Сводка об основных судах и параметры моделирования приведены в Таблице 13.

Таблица 13. Распределение судов для прокладки трубопровода с системой динамического позиционирования на Площадке 2.

Судно	Работы	Нагрузка (%)	Типовое судно	Поправочный коэффициент (дБ)	Координаты	
					X	Y
<i>Castoro Sei</i> (20 500 кВт)	Прокладка трубопровода;	100	<i>Castoro Sei</i> (20 500 кВт)	0	0	0
<i>Normand Neptune</i> (13 880 кВт)	Буксир для установки якорей / вспомогательный буксир	20	<i>Normand Neptune</i> (13 880 кВт)	-7	0	-500
<i>Normand Neptune</i> (13 880 кВт)	Буксир для установки якорей / вспомогательный буксир	20	<i>Normand Neptune</i> (13 880 кВт)	-7	500	0
<i>Normand Neptune</i> (13 880 кВт)	Буксир для установки якорей / вспомогательный буксир	20	<i>Normand Neptune</i> (13 880 кВт)	-7	-400	400
<i>GSP Prince</i> (7 604 кВт)	Исследования, транзит	30	<i>Normand Neptune</i> (13 880 кВт)	-8,2	-700	0

3.3.5. Сценарий 5: Прокладка трубопровода с буксирами для установки якорей на Площадке 2

Прокладка трубопровода на морском участке средней глубины (30-600 м) может быть реализована с использованием метода горизонтальной укладки трубопровода на дно, или комбинированной технологии с использованием методов горизонтальной укладки трубопровода и укладки с вертикальным наращиванием; окончательное решение о применении того или иного метода укладки трубопровода на дно будет принято при заключении контракта на выполнение строительства трубопровода, поэтому можно предположить, что оба метода могут быть использованы. Средние судна-трубоукладчики, которые используют метода горизонтальной укладки трубопровода на дно, способны работать на глубине 20-600м, и продвигаются вперед посредством подтягивания якорных канатов или, в некоторых случаях, с использованием поворотного движителя системы динамического позиционирования.

Этот сценарий моделирует укладку трубопровода на глубине приблизительно 600 м, используя метод горизонтальной укладки трубопровода на дно и судно, которое продвигается вперед с использованием ряда якорей при содействии буксиров для установки якорей. Во время продвижения судна-трубоукладчика, предполагается, что два буксира будут активно перемещать якоря, а один буксир будет поблизости в резерве на холостом ходу.

В связи с высокими уровнями звука источника, в акустическом поле будут доминировать судно-трубоукладчик *Castoro Sei* и три буксира для установки якорей. Хотя несколько других судов также будут присутствовать при выполнении работ, их суммарный вклад в акустическом поле будет минимальным, и они могут быть

исключены из модели без существенного влияния на результат. Суда, которые не учтены в моделировании, включают GSP Prince, которое будет присутствовать во время выполнения работ для проведения обследований перед прокладкой и после прокладки трубопровода, три грузовых судна для доставки труб, два универсальных многоцелевых вспомогательных судна, судно срочного снабжения для смены экипажа, судно технического обслуживания, судно сбора отработанного топлива и воды, и спасательное судно для чрезвычайных ситуаций.

Сводка об основных судах и параметры моделирования приведены в Таблице 14.

Таблица 14. Развертывание судна для укладки трубопровода с установкой якорей на Площадке 2.

Судно	Работы	Нагрузка (%)	Типовое судно	Поправочный коэффициент (дБ)	Координаты	
					X	Y
Castoro Sei (20 500 кВт)	Прокладка трубопровода;	100	Castoro Sei (20 500 кВт)	0	0	0
Normand Neptune (13 880 кВт)	Буксир для установки якорей / оперативный	100	Normand Neptune (13 880 кВт)	0	0	-500
Normand Neptune (13 880 кВт)	Буксир для установки якорей / оперативный	100	Normand Neptune (13 880 кВт)	0	500	0
Normand Neptune (13 880 кВт)	Буксир для установки якорей / вспомогательный буксир	20	Normand Neptune (13 880 кВт)	-7	-400	400

3.3.6. Сценарий 6: Смена экипажа (прокладка труб) на Площадке 2

Операция смены экипажа при прокладке труб на средних глубинах, скорее всего, будет происходить во время проведения операции подготовки трубопровода, когда судно находится в стационарном режиме. При максимальных уровнях источника, предполагается, что операция смены экипажа будет происходить во время движения судна при 100% нагрузке на расстоянии примерно 250-300 м от судна-трубоукладчика. Буксиры для установки якорей будут на холостом ходу в резерве на расстоянии примерно 500 м, чтобы обеспечить безопасную смену экипажа. Поскольку буксиры для установки якорей будут присутствовать независимо от используемой технологии/метода укладки трубопровода с судна-трубоукладчика, этот сценарий применим в равной степени как к методу с использованием якорей, так и к методу с использованием поворотного движителя системы динамического позиционирования.

При присутствии судна смены экипажа, исследовательское судно GSP Prince, хотя и присутствует, но больше не вносит основной вклад в акустическое поле. Другие суда, которые могут присутствовать во время выполнения работ, но не внесут значительный вклад в акустическое поле, включают три грузовых судна для доставки труб, два многоцелевых вспомогательных судна, судно технического обслуживания, судно сбора отработанного топлива и воды, и спасательное судно для чрезвычайных ситуаций.

Сводка об основных судах и параметры моделирования приведены в Таблице 15.

Таблица 15. Распределение судов для смены персонала укладки труб на Площадке 2.

Судно	Работы	Нагрузка (%)	Типовое судно	Поправочный коэффициент (дБ)	Координаты	
					X	Y
Castoro Sei (20 500 кВт)	Прокладка трубопровода;	100	Castoro Sei (20 500 кВт)	0	0	0
Normand Neptune (13 880 кВт)	Буксир для установки якорей / вспомогательный буксир	20	Normand Neptune (13 880 кВт)	-7	0	-500
Normand Neptune (13 880 кВт)	Буксир для установки якорей / вспомогательный буксир	20	Normand Neptune (13 880 кВт)	-7	500	0
Normand Neptune (13 880 кВт)	Буксир для установки якорей / вспомогательный буксир	20	Normand Neptune (13 880 кВт)	-7	-400	400
GSP (2 520 кВт)	Lyra Транзит	100	GSP (2 520 кВт)	Lyra 0	200	-200

3.3.7. Сценарий 7: Дноуглубительные работы по коррекции свободных пролетов на Площадке 2

Чтобы свести к минимуму нарушения морского дна, трубопровод будет проложен непосредственно на морском дне на большей части 225 км морского участка. Хотя маршрут трубопровода был разработан с учетом требований минимизации нарушений морского дна, некоторое вмешательство будет необходимо на конкретных участках. Типичные операции вмешательства на стадии подготовки к укладке трубопровода являются дноуглубительные работы и размещение опор в местах, где предполагается размещение секций свободных пролетов трубопровода. Предполагается, что около 42 500 м³ донных отложений потребуется углубить, чтобы выровнять морское дно на участке планируемого свободного пролета трубопровода, прежде чем трубопровод может быть проложен.

Дноуглубительные работы необходимы на глубине примерно 110-150 м, где обычные дноуглубительные суда, такие как с фрезерным земснарядом (CSD) и дноуглубительным снарядом, принимающим грунт в себя (TSHD) не в состоянии работать. Дноуглубительные работы на этих глубинах, скорее всего, будут осуществляться с помощью специальных дноуглубительных инструментов ТПА - телеуправляемых подводных аппаратов и транспортных средств, предназначенных для работы в глубоких водах, которые управляются операторами на борту многоцелевого судна Calamity Jane. В ходе дноуглубительных работ, запасные части и оборудование будут доставляться судном технического обслуживания Normand Flipper, которое включено в модель акустического поля.

Другие суда, которые могут присутствовать во время выполнения работ, но не внесут значительный вклад в акустическое поле, судно срочного снабжения для смены

экипажа, судно сбора отработанного топлива и воды, и спасательное судно для чрезвычайных ситуаций.

Сводка об основных судах и параметры моделирования приведены в Таблице 16.

Таблица 16. Распределение судов для проведения дноуглубительных работ по коррекции свободных пролетов на Площадке 2

Судно	Работы	Нагрузка (%)	Типовое судно	Поправочный коэффициент (дБ)	Координаты	
					X	Y
Calamity Jane (15 086 кВт)	Прокладка трубопровода;	100	Calamity Jane (15 086 кВт)	0	0	0
Normand Flipper (7 160 кВт)	Буксир для установки якорей / вспомогательный	100	Normand Neptune (13 880 кВт)	-3	100	-300

3.3.8. Сценарий 8: Укладка грунта на неровных участках морского дна для пересечения кабелей на Площадке 2

Чтобы свести к минимуму нарушения морского дна, трубопровод будет проложен непосредственно на морском дне на большей части 225 км морского участка. Хотя маршрут трубопровода был разработан с учетом требований минимизации нарушений морского дна, некоторое вмешательство будет необходимо на конкретных участках. Планируется использовать судно с гибкой спускной трубой Tertnes как для подготовительных работ, так и после укладки трубопровода при операциях с нарушением морского дна, которые включают размещение каменной насыпки для выравнивания морского дна, покрытие трубопровода в местах, где существует опасность повреждения от возможного камнепада, и защиту трубопроводов на кабельных пересечениях.

Хотя судно Tertnes, используемое для укладки грунта на неровных участках морского дна будет единственным судном, которое будет присутствовать в ходе почти всего периода проведения работ по выравниванию морского дна, по крайней мере, будет еще одно судно технического обслуживания Normand Flipper для доставки запчастей и оборудования, которое было включено в модель акустического поля.

Другие суда, которые могут присутствовать во время выполнения работ, но не внесут значительный вклад в акустическое поле, судно срочного снабжения для смены экипажа, судно сбора отработанного топлива и воды, и спасательное судно для чрезвычайных ситуаций.

Сводка об основных судах и параметры моделирования приведены в Таблице 17.

Таблица 17. Распределение судов для укладки грунта на неровных участках морского дна на Площадке 2.

Судно	Работы	Нагрузка (%)	Типовое судно	Поправочный коэффициент (дБ)	Координаты	
					X	Y
Tertnes (8,390 kW)	Укладка грунта;	100	Tertnes (8,390 kW)	0	0	0
Normand Flipper (7 160 кВт)	Буксир для установки якорей / вспомогательный	100	Normand Neptune (13 880 кВт)	-3	100	-300

3.3.9. Сценарий 9: Укладка трубопровода на Площадке 3

Укладка трубопровода на глубине 600 м и больше будет реализована с помощью глубоководного судна-трубоукладчика Saipem 7000 Castorone, вероятно, с использованием метода укладки с вертикальным наращиванием. Судно-трубоукладчик будет маневрировать с помощью поворотного движителя системы динамического позиционирования, так как якоря не используются на глубинах более 600 м. Другие суда, которые будут присутствовать в течение всей операции и внесут значительный вклад в акустическое поле включают: буксир общей поддержки, по крайней мере, одно грузовое судно для доставки труб и исследовательское судно для проведения обследования до укладки и после укладки трубопровода.

Суда, которые могут присутствовать во время выполнения работ, но не внесут значительный вклад в акустическое поле, включают многоцелевое вспомогательное судно для телеуправляемого подводного аппарата ROV, судно поддержки водолазных работ, судно технического обслуживания для доставки запчастей, судно сбора отработанного топлива и воды, и спасательное судно для чрезвычайных ситуаций.

Сводка об основных судах и параметры моделирования приведены в Таблице 18.

Таблица 18. Распределение судов для укладки труб на Площадке 3.

Судно	Работы	Нагрузка (%)	Типовое судно	Поправочный коэффициент (дБ)	Координаты	
					X	Y
Saipem Castorone (70 000 кВт)	7000, Прокладка трубопровода;	100	Saipem Castorone (70 000 кВт)	0	0	0
Normand Neptune (13 880 кВт)	Поддержка, на холостом ходу	20	Normand Neptune (13 880 кВт)	-7	0	-500
Normand Flipper (7 160 кВт)	Доставка труб, транспортировка	100	Normand Neptune (13 880 кВт)	-3	100	-300
GSP Prince (7 604 кВт)	Обследование, транспортировка	30	Normand Neptune (13 880 кВт)	-8,2	200	-200

3.3.10. Сценарий 10: Смена экипажа (укладка трубопровода) на Площадке 3

Поскольку глубоководный-трубоукладчик судно будет маневрировать с помощью системы динамического позиционирования, большинство вспомогательных судов не будут производить смену экипажа. Предполагается, что судно доставки труб находится в резерве в готовности, а для максимальных уровней источника, судно смены экипажа при транспортировке и нагрузке 100% находится на расстоянии примерно 250-300 м от судна-трубоукладчика.

При присутствии судна смены экипажа, исследовательское судно GSP Prince, хотя и присутствует, но больше не вносит основной вклад в акустическое поле. Другие суда, которые могут присутствовать во время выполнения работ, но не внесут значительный вклад в акустическое поле, включают многоцелевое вспомогательное судно для телеуправляемого подводного аппарата ROV, судно технического обслуживания для доставки запчастей, судно сбора отработанного топлива и воды, и спасательное судно для чрезвычайных ситуаций.

Сводка об основных судах и параметры моделирования приведены в Таблице 19.

Таблица 19. Распределение судов для смены персонала укладки труб на Площадке 3.

Судно	Работы	Нагрузка (%)	Типовое судно	Поправочный коэффициент (дБ)	Координаты	
					X	Y
<i>Saipem 7000, Castorone</i> (70 000 кВт)	Прокладка трубопровода;	100	<i>Saipem 7000, Castorone</i> (70 000 кВт)	0	0	0
<i>Normand Neptune</i> (13 880 кВт)	Поддержка, на холостом ходу	20	<i>Normand Neptune</i> (13 880 кВт)	-7	500	0
<i>Normand Flipper</i> (7 160 кВт)	Доставка труб, на холостом ходу	20	<i>Normand Neptune</i> (13 880 кВт)	-3	0	400
<i>GSP Lyra</i> (2 520 кВт)	Смена экипажа, транспортировка	100	<i>GSP Lyra</i> (2 520 кВт)	-8,2	200	200

3.4. Сценарии куммулятивного воздействия

Для каждой площадки было проведено моделирование одного сценария работ для оценки куммулятивного воздействия акустического поля. Сценария куммулятивного воздействия оценивает поле совокупного акустического воздействия вокруг работ по прокладке трубопровода в течение 24 часов. Оценка была дана только тем работам, которые выполняются в течение стандартного рабочего дня. Йоханссон и Андерссон (2012) подготовили отчет о траекториях движения судов в непосредственной близости от операций укладки трубопровода во время реализации проекта "Северный поток" в Балтийском море. Схема этих траекторий движения судов была учтена при разработке траекторий для трех сценариев куммулятивного воздействия в рамках этого исследования (Рис 15). При разработке траекторий движения судов предполагалось, что снабжение будет осуществляться через порт г. Новороссийск.

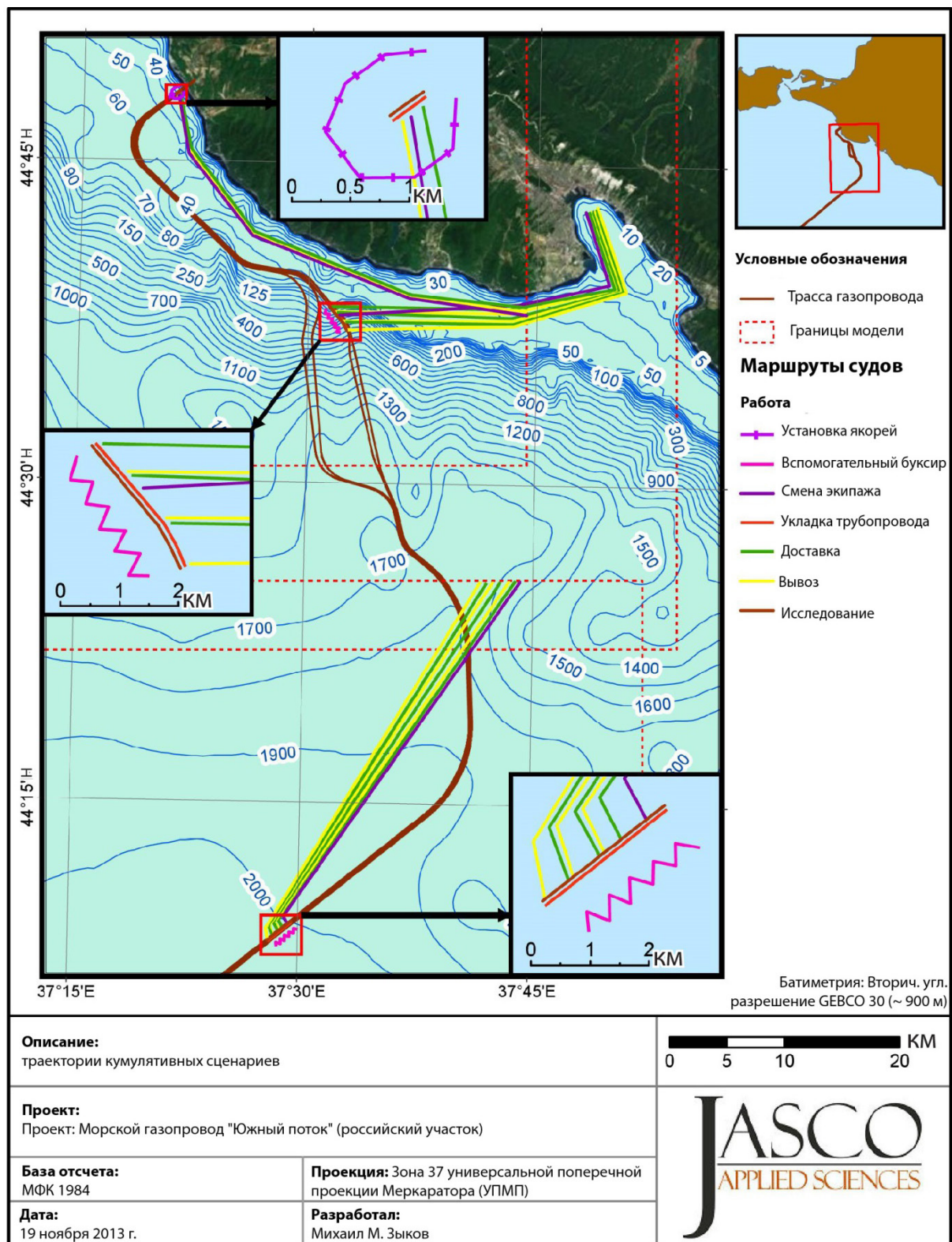


Рис 15. Геометрия траектории (пути) движения судов для моделирования кумулятивного воздействия трех площадках.

3.4.1. Сценарий С1: Прибрежный участок трубопровода

Предполагалось, что прибрежный участок трубопровода будет 350 м (Таблица 20). Трубоукладочное судно работает на участке 24 часа в сутки. Исследовательское судно, сопровождающее укладку трубопровода, идет позади по параллельному маршруту на расстоянии 50 м со скоростью 5 узлов. Буксир для установки якорей находится на территории в течение всего периода и следует маршруту укладки трубопровода. Маршрут с приблизительным радиусом 750 м от середины маршрута трубоукладочного судна должен имитировать установку якорей. Буксир снабжения и судно смены экипажа приближается к трубоукладочному судну один раз.

Таблица 20. Общие мероприятия, рассматриваемые для сценария моделирования кумулятивного воздействия С1 (прибрежный).

Маршрут #	Работы	Длина маршрута (км)	Скорость по маршруту (уз.)	Время на маршруте	Судно	Рабочий цикл (%)
1	Прокладка трубопровода;	0,35	0,008	24 ч	<i>Tog Mor</i>	60
2	Доставка	40	10	2 ч 15 мин	<i>Normand Flipper</i>	100
3	Вывоз	40	10	2 ч 15 мин	<i>Normand Flipper</i>	100
4	Смена экипажа	40	30	45 мин	<i>GSP Lyra</i>	100
5	Исследование	0,35	4	3 мин	<i>GSP Prince</i>	30
6	Установка якорей	3	0,07	24 ч	<i>Normand Neptune</i>	60

3.4.2. Сценарий С2: Обрыв шельфа

Операция по прокладке труб на данной площадке будет осуществляться трубоукладочным судном среднего размера, скорее всего с использованием динамической системы позиционирования. Предполагаемая производительность составляет около 3 км трубопровода в течение 24 часов. Длина маршрута трубоукладочного судна была выбрана соответственно (Таблица 21). Исследовательское судно, сопровождающее укладку трубопровода, идет позади по параллельному маршруту на расстоянии 50 м со скоростью 5 узлов. Вспомогательный буксир находится на территории в течение всего периода и выполняет зигзагообразный маршрут на расстоянии 500-1000 м от маршрута трубоукладочного судна. Буксир снабжения подходит к трубоукладочному судну три раза, а смена экипажа происходит один раз.

Таблица 21. Общие мероприятия, рассматриваемые для сценария моделирования кумулятивного воздействия С2 (обрыв шельфа).

Маршрут #	Работы	Длина маршрута (км)	Скорость по маршруту (уз.)	Время на маршруте	Судно	Рабочий цикл (%)
1	Прокладка трубопровода;	3	0,06	24 ч	<i>Castoro Sei</i>	60
2	Доставка 1	32	10	1 ч 45 мин	<i>Normand Flipper</i>	100
3	Вывоз 1	32	10	1 ч 45 мин	<i>Normand Flipper</i>	100
2	Доставка 2	32	10	1 ч 45 мин	<i>Normand Flipper</i>	100
3	Вывоз 2	32	10	1 ч 45 мин	<i>Normand Flipper</i>	100
2	Доставка 3	32	10	1 ч 45 мин	<i>Normand Flipper</i>	100
3	Вывоз 3	32	10	1 ч 45 мин	<i>Normand Flipper</i>	100
4	Смена экипажа	32	30	35 мин	<i>GSP Lyra</i>	100
5	Исследование	3	4	25 мин	<i>GSP Prince</i>	30
6	Установка якорей	4	0,08	24 ч	<i>Normand Neptune</i>	20

3.4.3. Сценарий С3: Глубоководный участок

Операция по прокладке труб на данной площадке будет осуществляться трубоукладочным судном большого размера с использованием динамической системы позиционирования. Предполагаемая производительность составляет около 3 км трубопровода в течение 24 часов. Длина маршрута трубоукладочного судна была выбрана соответственно (Таблица 22). Исследовательское судно, сопровождающее укладку трубопровода, идет позади по параллельному маршруту на расстоянии 50 м со скоростью 5 узлов. Вспомогательный буксир находится на территории в течение всего периода и выполняет зигзагообразный маршрут на расстоянии 500-1000 м от маршрута трубоукладочного судна. Буксир снабжения подходит к трубоукладочному судну три раза, а смена экипажа происходит один раз.

Таблица 22. Общие мероприятия, рассматриваемые для сценария моделирования кумулятивного воздействия СЗ (глубоководный участок).

Маршрут #	Работы	Длина маршрута (км)	Скорость по маршруту (уз.)	Время на маршруте	Судно	Рабочий цикл (%)
1	Прокладка трубопровода;	3	0,06	24 ч	<i>Castoro Sei</i>	60
2	Доставка 1	37	10	2 ч	<i>Normand Flipper</i>	100
3	Вывоз 1	37	10	2 ч	<i>Normand Flipper</i>	100
2	Доставка 2	37	10	2 ч	<i>Normand Flipper</i>	100
3	Вывоз 2	37	10	2 ч	<i>Normand Flipper</i>	100
2	Доставка 3	37	10	2 ч	<i>Normand Flipper</i>	100
3	Вывоз 3	37	10	2 ч	<i>Normand Flipper</i>	100
4	Смена экипажа	37	30	40 мин	<i>GSP Lyra</i>	100
5	Исследование	3	4	25 мин	<i>GSP Prince</i>	30
6	Установка якорей	4	0,08	24 ч	<i>Normand Neptune</i>	20

4. Результаты

4.1. Поля мгновенного акустического давления одного судна

4.1.1. Суда, работающие на мелководье (S01)

Краткое изложение диапазонов и районов поведенческих эффектов в соответствии с неоткорректированными и откорректированными по аудиограмме критериями шести судов, работающих на мелководье (S01) в феврале и августе, представлено в Таблица 23 и Таблица 24. Радиусы диапазона 95% (км) и площадь воздействия (км²) показаны для афалины, морской свиньи, хамсы, сельди, шэда и осетра. Количества, отмеченные "н/д", слишком малы для оценки. Карта максимального по глубине уровня неоткорректированного среднеквадратичного акустического давления вокруг одного из типичных судов для февраля на этом участке показана в Рис 16.

Таблица 23. Диапазоны 95% (км) поведенческого эффекта и площадь воздействия (км²) приведены в таблице для участка мелководья (S01), основанной на горизонтальных расстояниях от источника до моделируемых максимальных по глубине порогов уровня звукового давления полосы пропускания (10-20000 Гц) без и с коррекцией по аудиограмме, применяемой для афалины и морской свиньи.

	Месяц	Неоткорректир. до 120 дБ 1 мкПа		Афалина до 75 дБпс		Морская свинья до 75 дБпс	
		Диапазон (км)	Площадь (км ²)	Диапазон (км)	Площадь (км ²)	Диапазон (км)	Площадь (км ²)
Дноуглубительное судно (земснаряд): <i>Dikson</i> (MRTS)	Февраль	11,5	202,0	0,34	0,33	0,80	1,99
	Август	7,2	75,3	0,36	0,43	0,97	2,13
Дноуглубительное судно (кран): <i>Kahmari 2</i>	Февраль	5,7	56,1	н/д	н/д	н/д	н/д
	Август	3,8	21,9	н/д	н/д	н/д	н/д
Судно-трубоукладчик: <i>Tog Mor</i> (Allseas)	Февраль	1,3	4,3	н/д	н/д	н/д	н/д
	Август	1,2	3,3	н/д	н/д	н/д	н/д
Судно, используемое для укладки грунта на неровных участках морского дна: <i>Taccola</i> (Jan de Nul)	Февраль	9,2	127,0	0,15	0,07	0,46	0,63
	Август	5,3	42,7	0,14	0,06	0,45	0,61
Судно установки якорей: <i>Norman Neptune</i>	Февраль	24,9	675,0	н/д	н/д	0,07	0,02
	Август	9,6	131,0	н/д	н/д	0,07	0,02
Вспомогательное судно: <i>GSP Lyra</i>	Февраль	21,7	642,0	1,03	3,01	1,80	7,94
	Август	8,9	122,0	0,99	2,40	1,75	6,63

Таблица 24. Диапазоны 95% (км) поведенческого эффекта и приравненные к ним участки (км²) приведены в таблице для участка мелководья (S01), основанной на горизонтальных расстояниях от источника до моделируемых максимальных по глубине порогов уровня звукового давления полосы пропускания (10-20000 Гц) с коррекцией по аудиограмме, применяемой для хамсы, сельди, шэда и осетра.

	Мес яц	Хамса дБпс	до 75 дБпс	Сельдь дБпс	до 75 дБпс	Шэд до 75 дБпс	Осетр до 75 дБпс		
		Диапазо н (км)	Площад ь (км ²)	Диапазо н (км)	Площад ь (км ²)	Диапазо н (км)	Площад ь (км ²)		
Дноуглуби тельное судно (земснаря д): <i>Dikson</i> (<i>MRTS</i>)	Февр аль	н/д	н/д	0,07	0,02	н/д	н/д	н/д	н/д
	Авгу ст	н/д	н/д	0,07	0,02	н/д	н/д	н/д	н/д
Дноуглуби тельное судно (кран): <i>Kahmari 2</i>	Февр аль	н/д	н/д	н/д	н/д	н/д	н/д	н/д	н/д
	Авгу ст	н/д	н/д	н/д	н/д	н/д	н/д	н/д	н/д
Трубоукла дочное судно: <i>Tog</i> <i>Mor</i> (<i>Allseas</i>)	Февр аль	н/д	н/д	н/д	н/д	н/д	н/д	н/д	н/д
	Авгу ст	н/д	н/д	н/д	н/д	н/д	н/д	н/д	н/д
Судно, используе мое для укладки грунта на неровных участках морского дна: <i>Taccola</i> (<i>Jan de</i> <i>Nul</i>)	Февр аль	н/д	н/д	н/д	н/д	н/д	н/д	н/д	н/д
	Авгу ст	н/д	н/д	н/д	н/д	н/д	н/д	н/д	н/д
Судно установки якорей: <i>Norman</i> <i>Neptune</i>	Февр аль	н/д	н/д	0,26	0,21	н/д	н/д	н/д	н/д
	Авгу ст	н/д	н/д	0,25	0,20	н/д	н/д	н/д	н/д
Вспомогат ельное судно: <i>GSP Lyra</i>	Февр аль	н/д	н/д	н/д	н/д	н/д	н/д	н/д	н/д
	Авгу ст	н/д	н/д	н/д	н/д	н/д	н/д	н/д	н/д

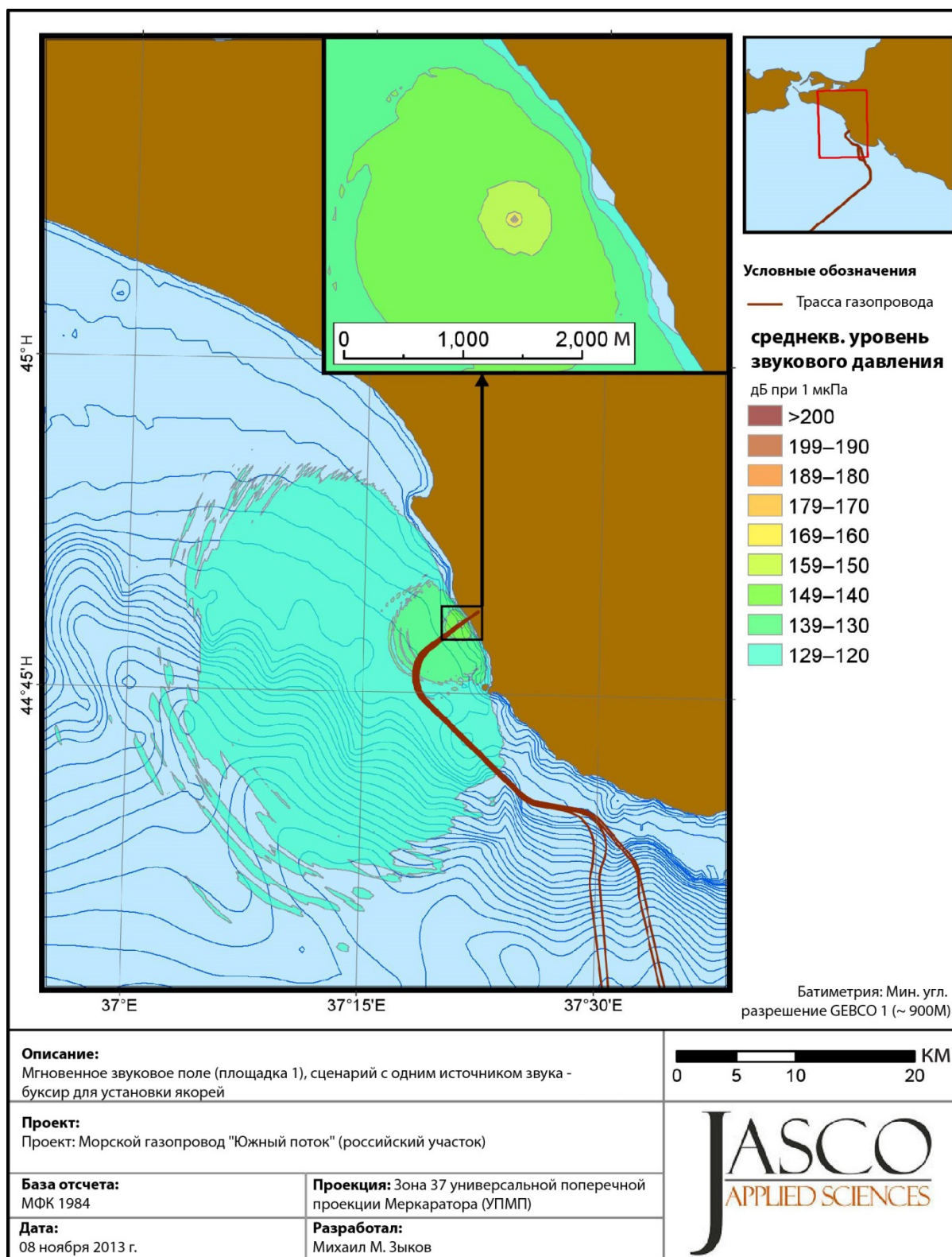


Рис16. Уровни максимального по глубине звукового давления полосы пропускания (10 Гц - 20 кГц) для буксира установки якорей на участке мелководья (S01). Синие контуры указывают глубину воды в метрах.

4.1.2. Суда, работающие на среднеглубинном участке (S02)

Краткое изложение диапазонов и районов поведенческих эффектов в соответствии с неоткорректированными и откорректированными по аудиограмме критериями шести

судов, работающих на среднеглубинном участке (S02) в феврале и августе, представлено в Таблица 23 и Таблица 24. Радиусы диапазона 95% (км) и эквивалентная площадь (км²) показаны для афалины, морской свиньи, хамсы, сельди, шэда и осетра. Количества, отмеченные "н/д", слишком малы для оценки. Карта максимального по глубине уровня неоткорректированного акустического давления вокруг одного из типичных судов для февраля на этом участке показана в Рис 17.

Таблица 25. Диапазоны 95% (км) поведенческого эффекта и площадь воздействия (км²) приведены в таблице для среднеглубинного участка (S02), основанной на горизонтальных расстояниях от источника до моделируемых максимальных по глубине порогов уровня звукового давления полосы пропускания (10-20000 Гц) без и с коррекцией по аудиограмме, применяемой для афалины и морской свиньи.

		Неоткорректир. до 120 дБ 1 мкПа		Афалина до 75 дБпс		Морская свинья до 75 дБпс	
		Диапазон н (км)	Площадь ь (км ²)	Диапазон н (км)	Площадь ь (км ²)	Диапазон н (км)	Площадь ь (км ²)
Трубозаглубительное судно: Calamity Jane (Allseas)	Февраль	5,8	59,0	н/д	н/д	н/д	н/д
	Август	4,1	26,6	н/д	н/д	н/д	н/д
Трубоукладочное (пришвартованное) судно: Castoro Sei	Февраль	7,0	117,0	н/д	н/д	< 0.05	0,01
	Август	5,6	52,1	н/д	н/д	< 0.05	0,01
Трубоукладочное (дин. позиц.) судно: Castoro Sei	Февраль	20,2	673,0	< 0,05	0,01	0,11	0,05
	Август	9,8	121,0	< 0,05	0,01	0,11	0,05
Судно, используемое для укладки грунта на неровных участках морского дна: Tertnes (Ван Оорд)	Февраль	9,2	181,0	0,11	0,05	0,27	0,25
	Август	4,6	36,0	0,11	0,05	0,30	0,28
Судно установки якорей: Norman Neptune	Февраль	21,2	536,0	н/д	н/д	< 0.05	0,01
	Август	9,2	110,0	н/д	н/д	< 0.05	0,01
Вспомогательное судно: GSP Lyra	Февраль	15,3	489,0	0,45	0,67	1,05	3,33
	Август	7,8	73,7	0,46	0,58	1,25	3,76

Таблица 26. Диапазоны 95% (км) поведенческого эффекта и приравненные к ним участки (км²) приведены в таблице для среднеглубинного участка (S02), основанной на горизонтальных расстояниях от источника до моделируемых максимальных по глубине порогов уровня звукового давления полосы пропускания (10-20000 Гц) с коррекцией по аудиограмме, применяемой для хамсы, сельди, шэда и осетра.

		Хамса	до 75	Сельдь	до 75	Шэд до 75 дБпс	Осетр до 75 дБпс		
		дБпс	Площадь	дБпс	Площадь	Диапазон	Площадь	Диапазон	Площадь
		он (км)	ь (км ²)	он (км)	ь (км ²)	он (км)	ь (км ²)	он (км)	ь (км ²)
Трубозаглубительное судно: Calamity Jane (Allseas)	Февраль	н/д	н/д	< 0.05	0,01	н/д	н/д	н/д	н/д
	Август	н/д	н/д	< 0.05	0,01	н/д	н/д	н/д	н/д
Трубоукладочное (пришвартованное) судно: Castoro Sei	Февраль	н/д	н/д	< 0.05	0,01	н/д	н/д	н/д	н/д
	Август	н/д	н/д	< 0.05	0,01	н/д	н/д	н/д	н/д
Трубоукладочное (дин. позиц.) судно: Castoro Sei	Февраль	н/д	н/д	0,07	0,02	н/д	н/д	н/д	н/д
	Август	н/д	н/д	0,07	0,02	н/д	н/д	н/д	н/д
Судно, используемое для укладки грунта на неровных участках морского дна: Tertnes (Van Oord)	Февраль	н/д	н/д	< 0.05	0,01	н/д	н/д	н/д	н/д
	Август	н/д	н/д	< 0.05	0,01	н/д	н/д	н/д	н/д
Судно установки якорей: Norman Neptune	Февраль	н/д	н/д	0,26	0,08	н/д	н/д	н/д	н/д
	Август	н/д	н/д	0,16	0,08	н/д	н/д	н/д	н/д
Вспомогательное судно: GSP Lyra	Февраль	н/д	н/д	н/д	н/д	н/д	н/д	н/д	н/д
	Август	н/д	н/д	н/д	н/д	н/д	н/д	н/д	н/д

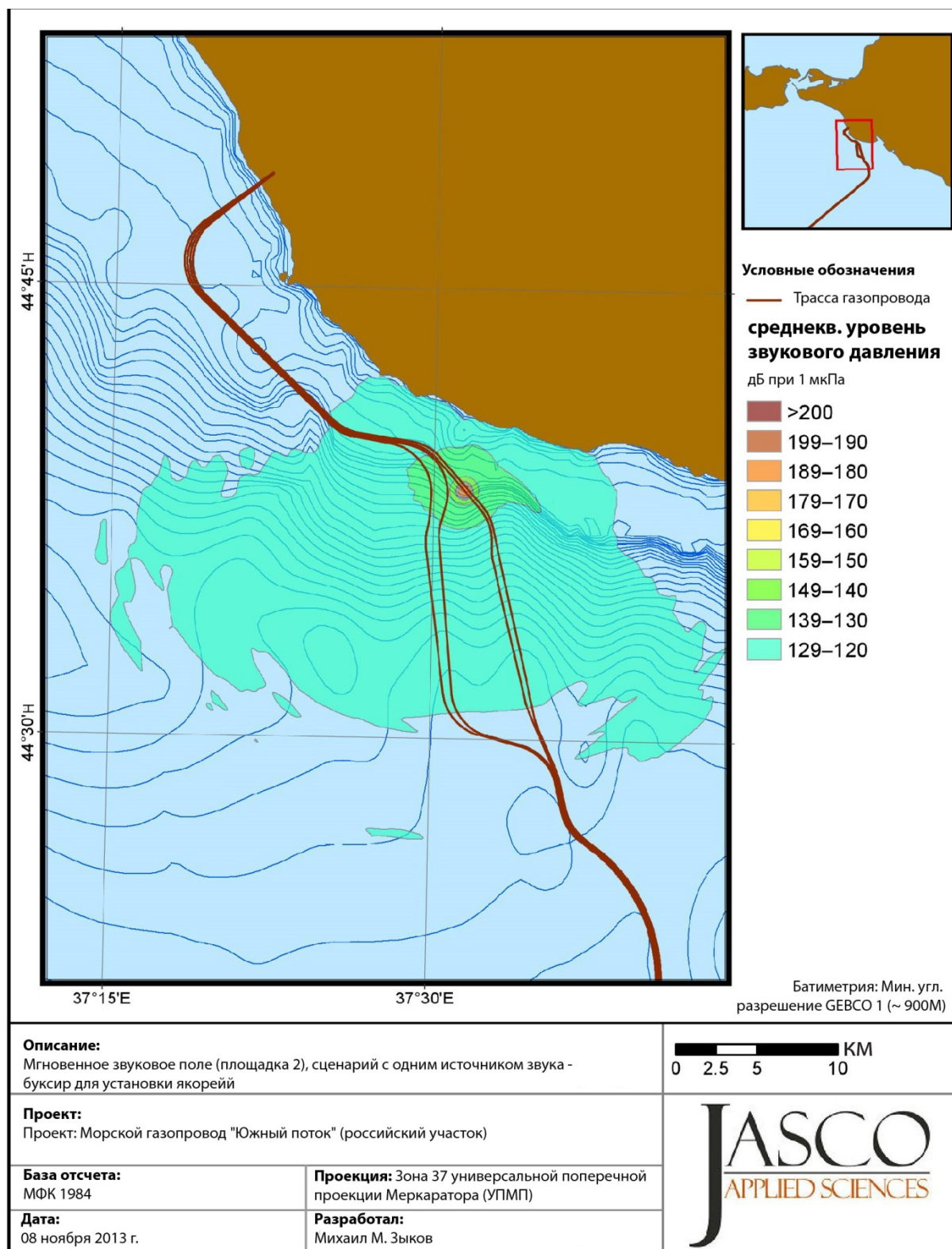


Рис17. Уровни максимального по глубине звукового давления полосы пропускания (10 Гц - 20 кГц) для буксира установки якорей на среднелинном участке (S02). Синие контуры указывают глубину воды в метрах.

4.1.3. Суда, работающие на глубоководном участке (S03)

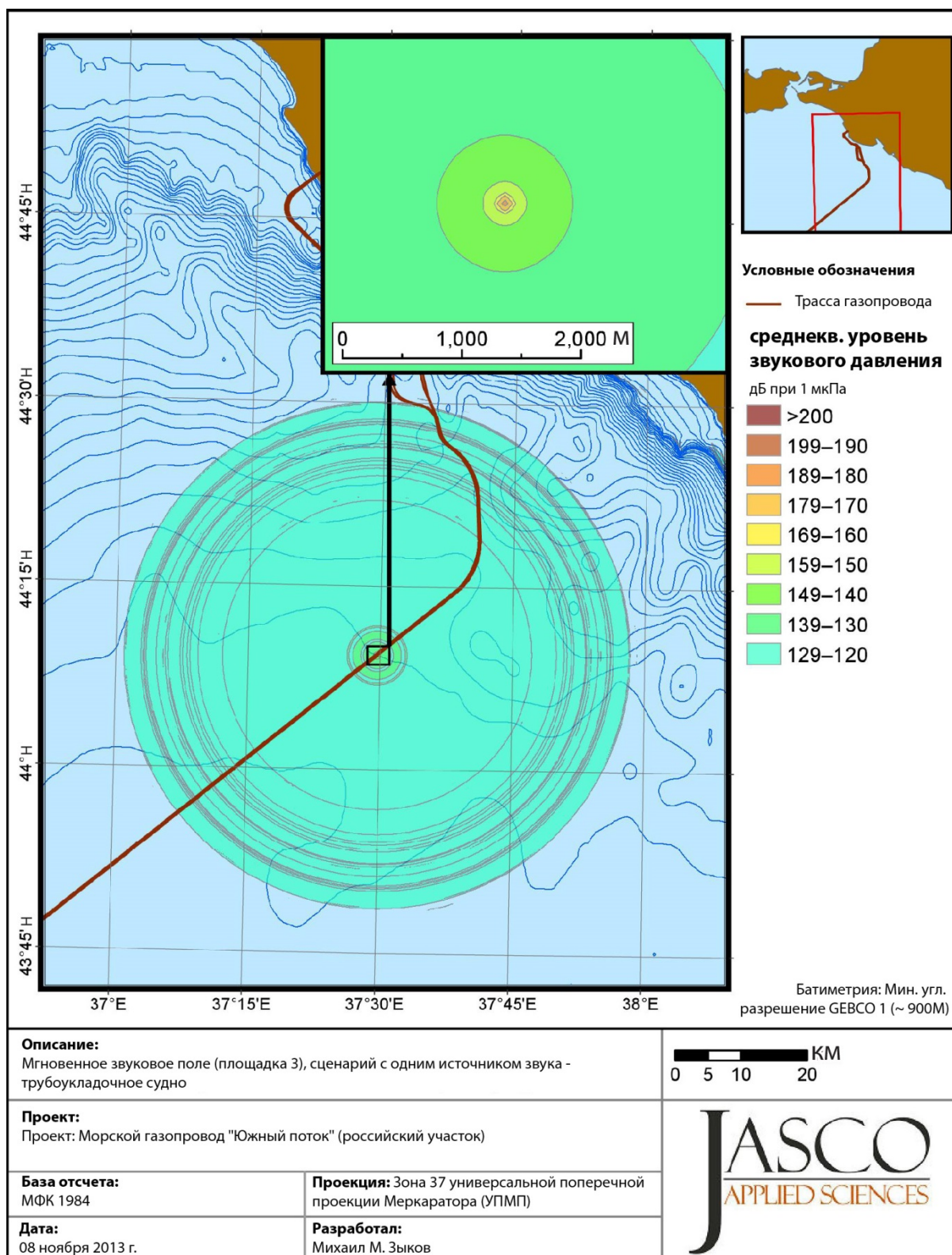
Краткое изложение диапазонов и районов поведенческих эффектов в соответствии с неоткорректированными и откорректированными по аудиограмме критериями шести судов, работающих на глубоководном участке (S03) в феврале и августе, представлено в Таблица 23 и Таблица 24. Радиусы диапазона 95% (км) и эквивалентная площадь (км²) показаны для афалины, морской свиньи, хамсы, сельди, шэда и осетра. Количества, отмеченные "н/д", слишком малы для оценки. Карта максимального по глубине уровня неоткорректированного акустического давления вокруг одного из типичных судов для февраля на этом участке показана в Рис 18.

Таблица 27. Диапазоны 95% (км) поведенческого эффекта и приравненные к ним участки (км²) приведены в таблице для глубоководного участка (S03), основанной на горизонтальных расстояниях от источника до моделируемых максимальных по глубине порогов уровня звукового давления полосы пропускания (10-20000 Гц) без и с коррекцией по аудиограмме, применяемой для афалины и морской свиньи.

		Неоткорректир. до 120 дБ 1 мкПа		Афалина до 75 дБпс		Морская свинья до 75 дБпс	
		Диапазон (км)	Площадь (км ²)	Диапазон (км)	Площадь (км ²)	Диапазон (км)	Площадь (км ²)
Трубоукладочное судно: <i>Saipet 7000, Castorone</i>	Февраль	34,9	3140,0	0,11	0,05	0,22	0,17
	Август	11,7	449,0	0,11	0,05	0,22	0,17
Вспомогательный буксир: <i>Norman Neptune</i>	Февраль	9,9	244,0	н/д	н/д	0,05	0,01
	Август	8,0	208,0	н/д	н/д	0,05	0,01
Вспомогательное судно: <i>GSP Lyra</i>	Февраль	15,2	676,0	0,35	0,42	0,67	1,50
	Август	5,7	108,0	0,38	0,48	0,78	2,01

Таблица 28. Диапазоны 95% (км) поведенческого эффекта и приравненные к ним участки (км²) приведены в таблице для глубоководного участка (S03), основанной на горизонтальных расстояниях от источника до моделируемых максимальных по глубине порогов уровня звукового давления полосы пропускания (10-20000 Гц) с коррекцией по аудиограмме, применяемой для хамсы, сельди, шэда и осетра.

		Хамса до 75 дБпс		Сельдь до 75 дБпс		Шэд до 75 дБпс		Осетр до 75 дБпс	
		Диапазон (км)	Площадь (км ²)	Диапазон (км)	Площадь (км ²)	Диапазон (км)	Площадь (км ²)	Диапазон (км)	Площадь (км ²)
Трубоукладочное судно: <i>Saipem 7000, Castorone</i>	Февраль	н/д	н/д	0,14	0,06	н/д	н/д	н/д	н/д
	Август	н/д	н/д	0,14	0,06	н/д	н/д	н/д	н/д
Вспомогательный буксир: <i>Norman Neptune</i>	Февраль	н/д	н/д	0,11	0,05	н/д	н/д	н/д	н/д
	Август	н/д	н/д	0,11	0,05	н/д	н/д	н/д	н/д
Вспомогательное судно: <i>GSP Lyra</i>	Февраль	н/д	н/д	н/д	н/д	н/д	н/д	н/д	н/д
	Август	н/д	н/д	н/д	н/д	н/д	н/д	н/д	н/д

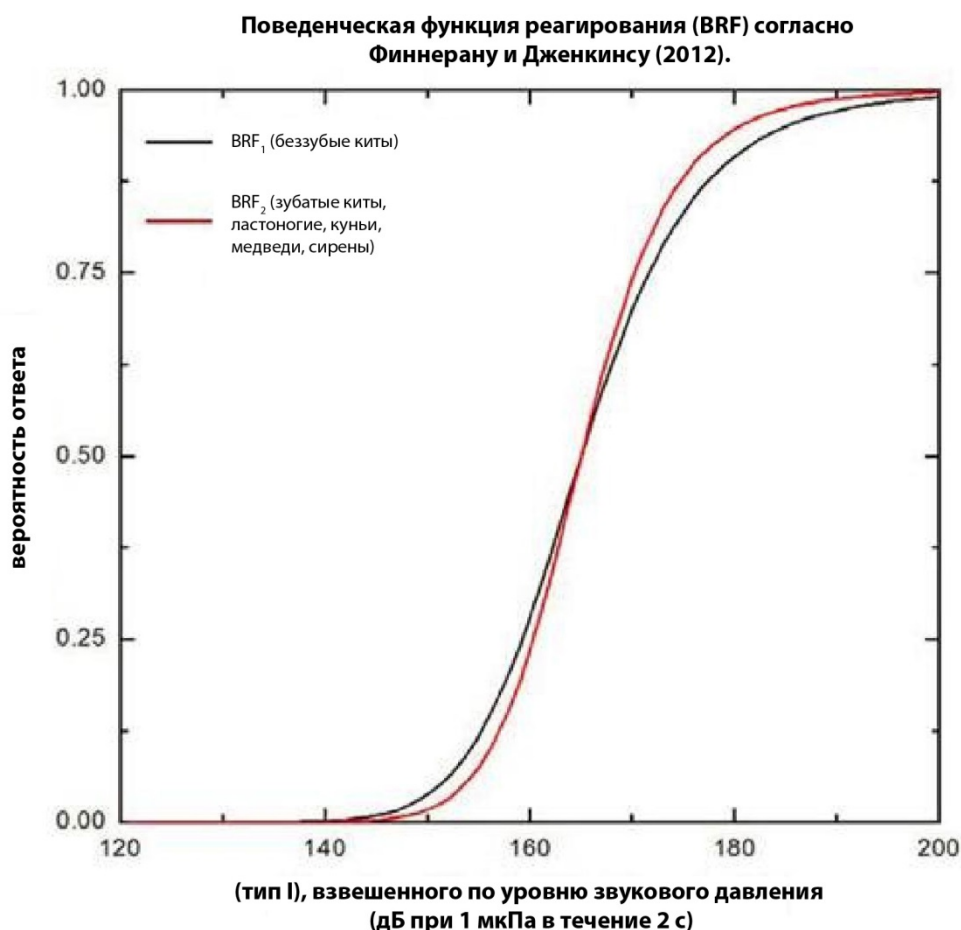


Ри18. Уровни максимального по глубине звукового давления полосы пропускания (10 Гц - 20 кГц) для трубоукладочного судна на глубоководном участке (S03). Синие контуры указывают глубину воды в метрах.

4.2. Гидролокатор бокового обзора

В качестве типичного примера гидролокатора включено моделирование для гидролокатора бокового обзора Edgetech Full Spectrum Chirp, который, вероятно, будет использоваться для установки на ROV (для осмотра маршрута трубопровода). Этот гидролокатор моделируется для трех площадок для мгновенного, т. е. некумулятивного сценария. См. Таблица 29 для мелководья, Таблица 30 для среднелуглубинного и Таблица 31 – для глубоководного участка. Соответствующие карты покрытия приведены для этих трех мест в Рис 20, Рис 21 и Рис 22 соответственно.

Существуют общепринятые критерии воздействия для гидроакустических источников, которые основаны на показателях мгновенного среднеквадратичного уровня звукового давления (rms SPL). Для поражения используется общий (NMFS) стандартный неоткорректированный порог 180 дБ относительно 1 мкПа. Для поведенческих эффектов используется Finneran and Jenkins (2012), обеспечивающая критерии специально для источников типа гидролокатора. Их критерии среднечастотных и высокочастотных китообразных основаны на корректировании SPL I типа и не обеспечивают одного порогового значения, а скорее относятся к функции поведенческого реагирования (BRF) – см. Рис 19.

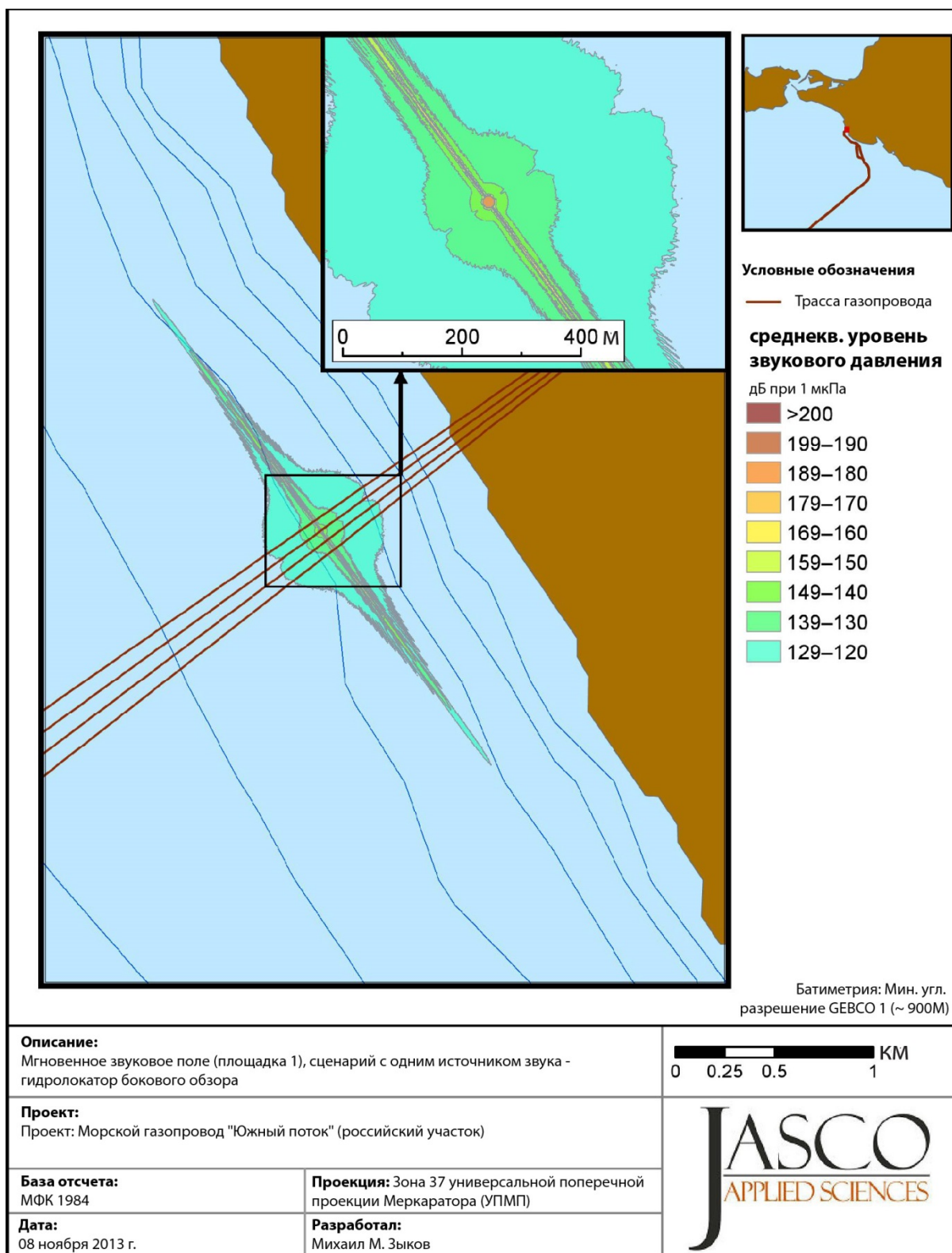


Ри19. Поведенческая функция реагирования (BRF) в соответствии с Finneran and Jenkins (2012).

Для целесообразного результата используется 25% вероятности реагирования, что отображается в откорректированном SPL 160 дБ относительно 1 мкПа. С помощью данного порога вычисляется диапазон воздействия и область для средне- и высокочастотных китообразных. Однако Finneran and Jenkins (2012) исключают морских свиней из этого критерия из-за высокой восприимчивости к нарушению этого вида, и они рекомендуют принять общий (NMFS) стандартный откорректированный порог 120 дБ относительно 1 мкПа. Поэтому диапазон и область воздействия здесь также отображается на основе этого критерия, который является значительно более осторожным.

Таблица 29. Диапазоны 95% (км) поведенческого эффекта и приравненные к ним участки (км²) приведены в таблице для участка мелководья (S01), основанной на горизонтальных расстояниях от источника до моделируемых максимальных по глубине порогов уровня звукового давления узкой полосы пропускания (1 Гц при 75 кГц).

		Диапазон (км)	Площадь (км ²)
Общий (NMFS) порог поражения (неоткорректированный, 180 дБ относительно 1 мкПа rms SPL)	Февраль	< 0.01	< 0,0001
	Август	< 0.01	< 0,0001
Общий (NMFS) порог поведения (неоткорректированный, 120 дБ относительно 1 мкПа rms SPL)	Февраль	0,98	0,46
	Август	0,99	0,47
Поведение среднечастотных китообразных (160 дБ относительно 1 мкПа тип I УЗД СЧК)	Февраль	0,22	0,0011
	Август	0,22	0,0011
Поведение высокочастотных китообразных (160 дБ относительно 1 мкПа тип I УЗД СЧК)	Февраль	0,23	0,0013
	Август	0,23	0,0013



Ри20. Уровни максимального по глубине звукового давления узкой полосы пропускания (1 Гц при 75 кГц) для гидролокатора бокового обзора Edgetech Full Spectrum Chirp на участке мелководья (S01). Синие контуры указывают глубину воды в метрах.

Таблица 30. Диапазоны 95% (км) поведенческого эффекта и приравненные к ним участки (км²) приведены в таблице для среднеглубинного участка (S02), основанной на горизонтальных расстояниях от источника до моделируемых максимальных по глубине порогов уровня звукового давления узкой полосы пропускания (1 Гц при 75 кГц).

		Диапазон (км)	Площадь (км ²)
Общий (NMFS) порог поражения (неоткорректированный, 180 дБ относительно 1 мкПа rms SPL)	Февраль	< 0.01	< 0,0001
	Август	< 0.01	< 0,0001
Общий (NMFS) порог поведения (неоткорректированный, 120 дБ относительно 1 мкПа rms SPL)	Февраль	0,95	0,23
	Август	1,01	0,23
Поведение среднечастотных китообразных (160 дБ относительно 1 мкПа тип I УЗД СЧК)	Февраль	0,14	0,0007
	Август	0,14	0,0007
Поведение высокочастотных китообразных (160 дБ относительно 1 мкПа тип I УЗД СЧК)	Февраль	0,14	0,0007
	Август	0,14	0,0007

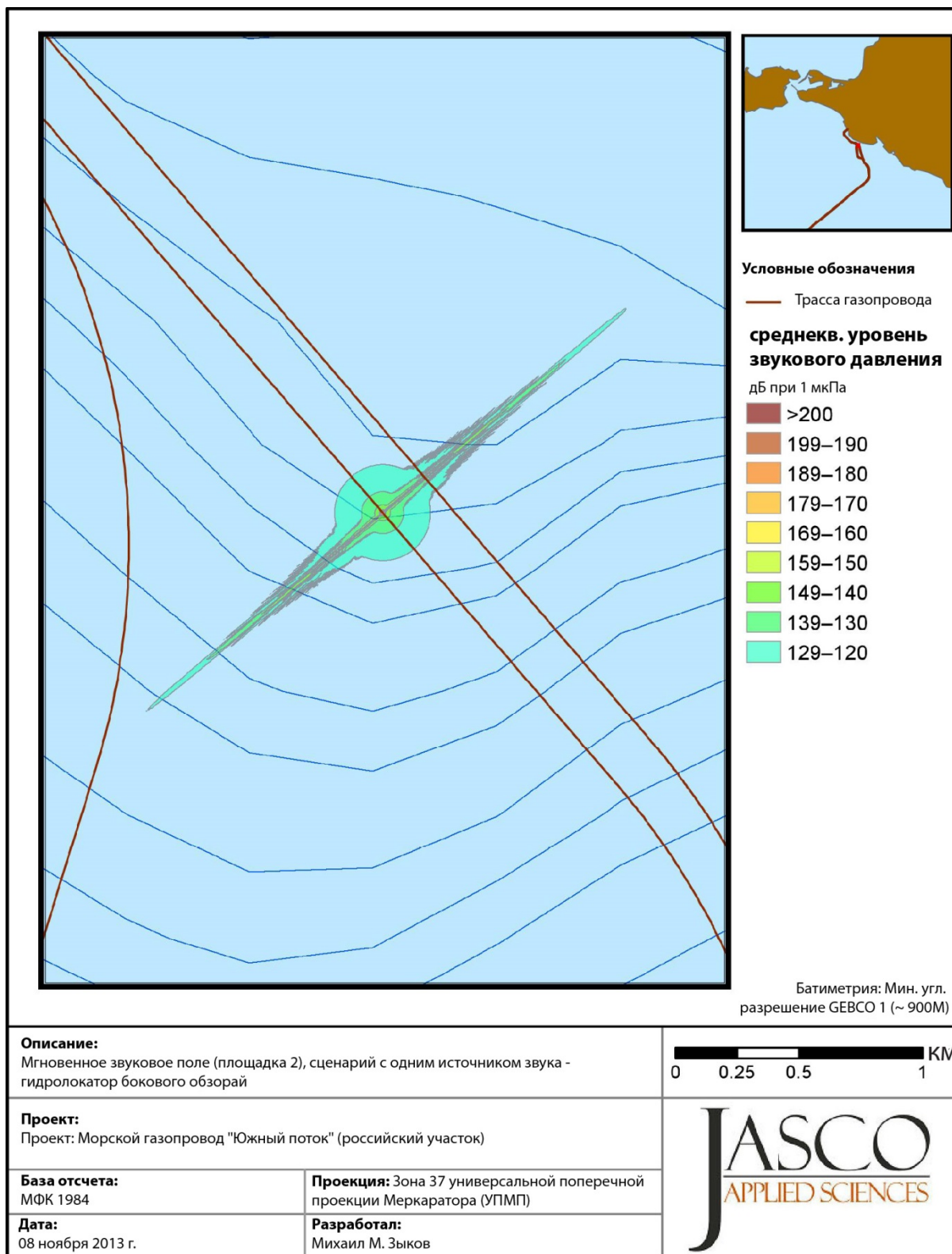


Рис 21. Уровни максимального по глубине звукового давления узкой полосы пропускания (1 Гц при 75 кГц) для гидролокатора бокового обзора Edgetech Full Spectrum Chirp на среднеглубинном участке (S02). Синие контуры указывают глубину воды в метрах.

Таблица 31. Диапазоны 95% (км) поведенческого эффекта и приравненные к ним участки (км²) приведены в таблице для глубоководного участка (S03), основанной на горизонтальных расстояниях от источника до моделируемых максимальных по глубине порогов уровня звукового давления узкой полосы пропускания (1 Гц при 75 кГц).

		Диапазон (км)	Площадь (км ²)
Общий (NMFS) порог поражения (неоткорректированный, 180 дБ относительно 1 мкПа rms SPL)	Февраль	< 0.01	< 0,0001
	Август	< 0.01	< 0,0001
Общий (NMFS) порог поведения (неоткорректированный, 120 дБ относительно 1 мкПа rms SPL)	Февраль	0,90	0,18
	Август	0,90	0,18
Поведение среднечастотных китообразных (160 дБ относительно 1 мкПа тип I УЗД СЧК)	Февраль	0,12	0,0005
	Август	0,12	0,0005
Поведение высокочастотных китообразных (160 дБ относительно 1 мкПа тип I УЗД СЧК)	Февраль	0,12	0,0005
	Август	0,12	0,0005

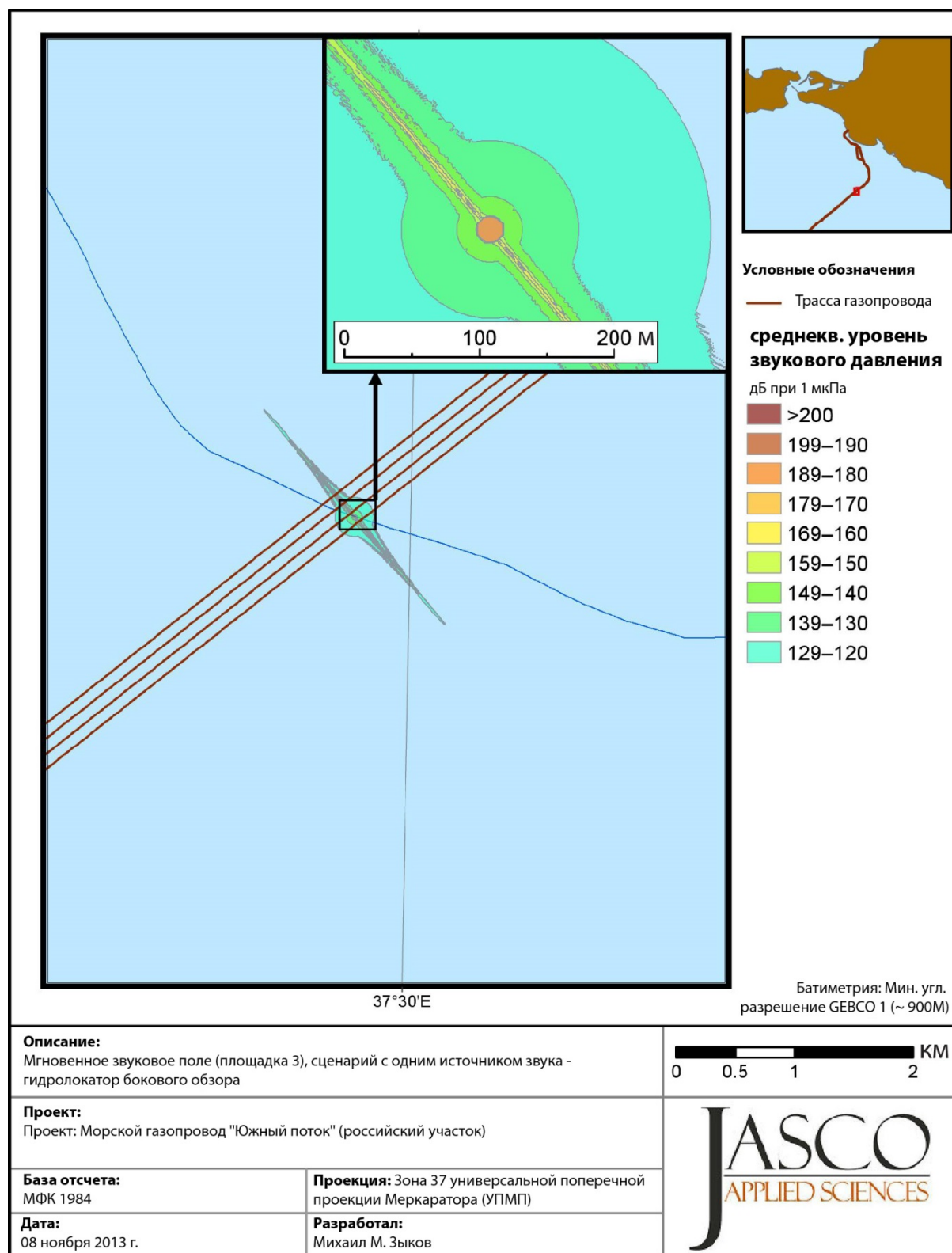


Рис 22. Уровни максимального по глубине звукового давления узкой полосы пропускания (1 Гц при 75 кГц) для гидролокатора бокового обзора Edgetech Full Spectrum Chirp на глубоководном участке (S03). Синие контуры указывают глубину воды в метрах.

4.3. Поле мгновенного акустического давления группы судов

Краткое изложение диапазонов и районов поведенческих эффектов в соответствии с неоткорректированными и откорректированными по аудиограмме критериями 3-х групп судов, работающих на участке мелководья (S01), 5 групп на среднеглубинном участке (S02) и 2 групп на глубоководном участке (S03) в феврале и августе, представлено в следующих разделах.

Таблица 51 - Таблица 51. Радиусы диапазона 95% (км) и эквивалентная площадь (км²) показаны для афалины, морской свиньи, хамсы, сельди, шэда и осетра. Количества, отмеченные "н/д", слишком малы для оценки. Карта максимального по глубине уровня неоткорректированного акустического давления вокруг одной из типичных групп для февраля на каждом из трех участков также показана на Рис 23, Рис 24 и Рис 25 соответственно.

4.3.1. Сценарий 1: Дноуглубительные работы на участке выхода из микротоннеля и переходной траншеи

Таблица 32. Диапазоны 95% (км) поведенческого эффекта и приравненные к ним участки (км²) приведены в таблице для группы судов мелководья (VG01), основанной на горизонтальных расстояниях от самого громкого источника в центре группы до моделируемых максимальных по глубине порогов уровня звукового давления полосы пропускания (10-20000 Гц) без и с коррекцией по аудиограмме, применяемой для афалины и морской свиньи.

		Неоткорректир. до 120 дБ 1 мкПа		Афалина до 75 дБпс		Морская свинья до 75 дБпс	
		Диапазон (км)	Площадь (км ²)	Диапазон (км)	Площадь (км ²)	Диапазон (км)	Площадь (км ²)
Дноуглубительные работы: Участок выхода из микротоннеля и переходная траншея	Февраль	23,7	734,0	0,35	0,35	0,81	2,04
	Август	10,3	150,0	0,38	0,44	0,98	2,16

Таблица 33. Диапазоны 95% (км) поведенческого эффекта и приравненные к ним участки (км²) приведены в таблице для группы судов мелководья (VG01), основанной на горизонтальных расстояниях от самого громкого источника в центре группы до моделируемых максимальных по глубине порогов уровня звукового давления полосы пропускания (10-20000 Гц) с коррекцией по аудиограмме, применяемой для хамсы, сельди, шэда и осетра.

		Хамса до 75 дБпс		Сельдь до 75 дБпс		Шэд до 75 дБпс		Осетр до 75 дБпс	
		Диапазон (км)	Площадь (км ²)	Диапазон (км)	Площадь (км ²)	Диапазон (км)	Площадь (км ²)	Диапазон (км)	Площадь (км ²)
Дноуглубительные работы: Участок выхода из микротоннеля и переходная траншея	Февраль	н/д	н/д	0,39	0,21	н/д	н/д	н/д	н/д
	Август	н/д	н/д	0,39	0,20	н/д	н/д	н/д	н/д

4.3.2. Сценарий 2: Стационарная укладка труб на Площадке 1

Таблица 34. Диапазоны 95% (км) поведенческого эффекта и приравненные к ним участки (км²) приведены в таблице для группы судов мелководья (VG02), основанной на горизонтальных расстояниях от самого громкого источника в центре группы до моделируемых максимальных по глубине порогов уровня звукового давления полосы пропускания (10-20000 Гц) без и с коррекцией по аудиограмме, применяемой для афалины и морской свиньи.

			Неоткорректир. до 120 дБ 1 мкПа	Афалина до 75 дБпс	до 75 дБпс	Морская свинья до 75 дБпс		
			Диапазон (км)	Площадь (км ²)	Диапазон (км)	Площадь (км ²)	Диапазон (км)	Площадь (км ²)
Прокладка стационарная	труб	Февраль	14,9	280,0	0,28	0,01	0,28	0,01
		Август	7,9	90,1	0,28	0,01	0,28	0,01

Таблица 35. Диапазоны 95% (км) поведенческого эффекта и приравненные к ним участки (км²) приведены в таблице для группы судов мелководья (VG02), основанной на горизонтальных расстояниях от самого громкого источника в центре группы до моделируемых максимальных по глубине порогов уровня звукового давления полосы пропускания (10-20000 Гц) с коррекцией по аудиограмме, применяемой для хамсы, сельди, шэда и осетра.

		Хамса дБпс	до 75 дБпс	Сельдь дБпс	до 75 дБпс	Шэд до 75 дБпс		Осетр до 75 дБпс	
		Диапазон (км)	Площадь (км ²)	Диапазон (км)	Площадь (км ²)	Диапазон (км)	Площадь (км ²)	Диапазон (км)	Площадь (км ²)
Прокладка труб стационарная	Февраль	н/д	н/д	0,34	0,14	н/д	н/д	н/д	н/д
	Август	н/д	н/д	0,35	0,12	н/д	н/д	н/д	н/д

4.3.3. Сценарий 3: Прокладка труб с задействованным буксиром для установки якорей на Площадке 1

Таблица 36. Диапазоны 95% (км) поведенческого эффекта и приравненные к ним участки (км²) приведены в таблице для группы судов мелководья (VG03), основанной на горизонтальных расстояниях от самого громкого источника в центре группы до моделируемых максимальных по глубине порогов уровня звукового давления полосы пропускания (10-20000 Гц) без и с коррекцией по аудиограмме, применяемой для афалины и морской свиньи.

			Неоткорректир. до 120 дБ 1 мкПа	Афалина до 75 дБпс	до 75 дБпс	Морская свинья до 75 дБпс		
			Диапазон (км)	Площадь (км ²)	Диапазон (км)	Площадь (км ²)	Диапазон (км)	Площадь (км ²)
Прокладка труб с активной установкой якорей	Февраль		46,7	2320,0	0,15	0,01	0,20	0,05
	Август		12,2	204,0	0,15	0,01	0,18	0,05

Таблица 37. Диапазоны 95% (км) поведенческого эффекта и приравненные к ним участки (км²) приведены в таблице для группы судов мелководья (VG03), основанной на горизонтальных расстояниях от самого громкого источника в центре группы до моделируемых максимальных по глубине порогов уровня звукового давления полосы пропускания (10-20000 Гц) с коррекцией по аудиограмме, применяемой для хамсы, сельди, шэда и осетра.

		Хамса дБпс	до 75	Сельдь дБпс	до 75	Шэд до 75 дБпс	Осетр дБпс	до 75	
		Диапаз он (км)	Площа дь (км ²)	Диапаз он (км)	Площа дь (км ²)	Диапаз он (км)	Площа дь (км ²)	Диапаз он (км)	Площа дь (км ²)
Прокладка труб активной установкой якорей	Февраль	н/д	н/д	0,45	0,60	н/д	н/д	н/д	н/д
	Август	н/д	н/д	0,43	0,49	н/д	н/д	н/д	н/д

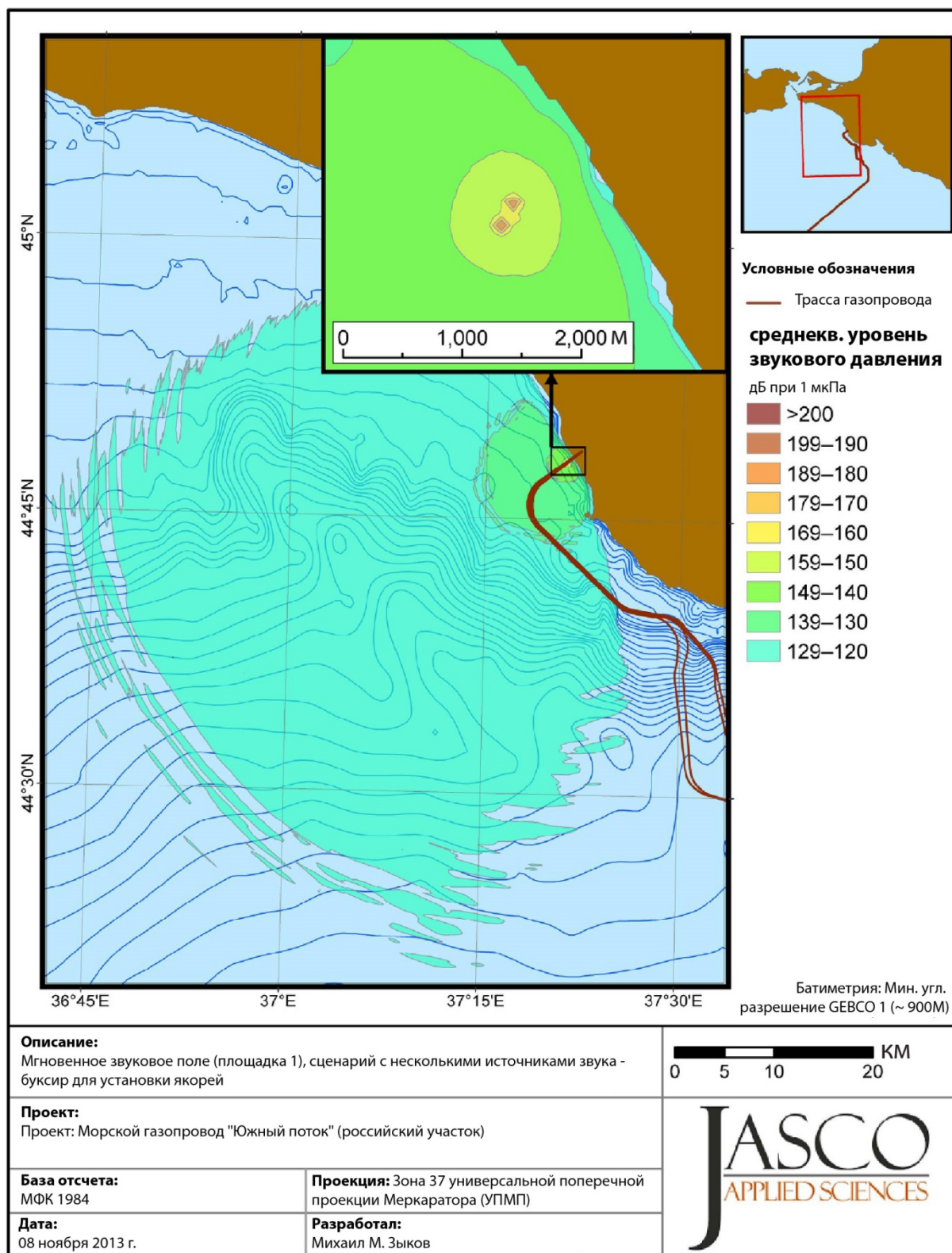


Рис 23. Уровни максимального по глубине звукового давления полосы пропускания (10 Гц - 20 кГц) для группы трубоукладочных судов с активной установкой якорей (VG03) на мелководном участке (S01). Синие контуры указывают глубину воды в метрах.

4.3.4. Сценарий 4: Прокладка труб с системой динамического позиционирования на Площадке 2.

Таблица 38. Диапазоны 95% (км) поведенческого эффекта и приравненные к ним участки (км²) приведены в таблице для группы судов среднеглубинного участка (VG04), основанной на горизонтальных расстояниях от самого громкого источника в центре группы до моделируемых максимальных по глубине порогов уровня звукового давления полосы пропускания (10-20000 Гц) без и с коррекцией по аудиограмме, применяемой для афалины и морской свиньи.

		Неоткорректир. до 120 дБ 1 мкПа		Афалина до 75 дБпс		Морская свинья до 75 дБпс	
		Диапазон (км)	Площадь (км ²)	Диапазон (км)	Площадь (км ²)	Диапазон (км)	Площадь (км ²)
Прокладка труб (DP)	Февраль	31,4	1630,0	0,70	0,02	0,57	0,06
	Август	16,5	270,0	0,70	0,02	0,57	0,06

Таблица 39. Диапазоны 95% (км) поведенческого эффекта и приравненные к ним участки (км²) приведены в таблице для группы судов среднеглубинного участка (VG04), основанной на горизонтальных расстояниях от самого громкого источника в центре группы до моделируемых максимальных по глубине порогов уровня звукового давления полосы пропускания (10-20000 Гц) с коррекцией по аудиограмме, применяемой для хамсы, сельди, шэда и осетра.

		Хамса до 75 дБпс		Сельдь до 75 дБпс		Шэд до 75 дБпс		Осетр до 75 дБпс	
		Диапазон (км)	Площадь (км ²)	Диапазон (км)	Площадь (км ²)	Диапазон (км)	Площадь (км ²)	Диапазон (км)	Площадь (км ²)
Прокладка труб (DP)	Февраль	н/д	н/д	0,70	0,08	н/д	н/д	н/д	н/д
	Август	н/д	н/д	0,70	0,07	н/д	н/д	н/д	н/д

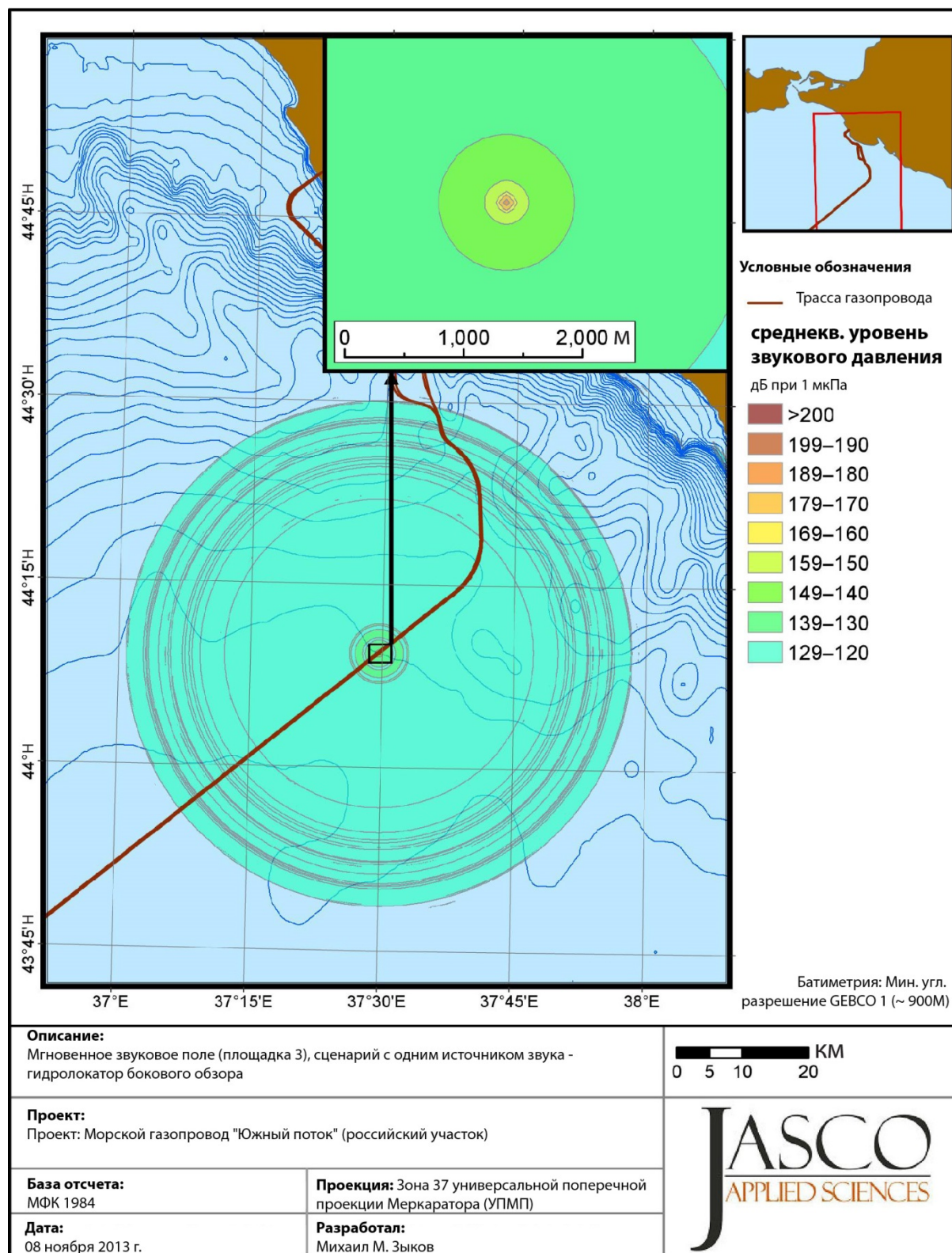


Рис 24. Уровни максимального по глубине звукового давления полосы пропускания (10 Гц - 20 кГц) для группы трубоукладочных судов (VG04) на среднеглубинном участке (S02). Синие контуры указывают глубину воды в метрах.

4.3.5. Сценарий 5: Прокладка трубопровода с буксирами для установки якорей на Площадке 2

Таблица 40. Диапазоны 95% (км) поведенческого эффекта и приравненные к ним участки (км²) приведены в таблице для группы судов среднеглубинного участка (VG05), основанной на горизонтальных расстояниях от самого громкого источника в центре группы до моделируемых максимальных по глубине порогов уровня звукового давления полосы пропускания (10-20000 Гц) без и с коррекцией по аудиограмме, применяемой для афалины и морской свиньи.

				Неоткорректир. до 120 дБ 1 мкПа	Афалина до 75 дБпс	до 75	Морская свинья до 75 дБпс	
				Диапазон (км)	Площадь (км ²)	Диапазон (км)	Площадь (км ²)	Диапазон (км)
Прокладка активной якорей	труб с установкой	Февраль	Август	45,3	2870,0	0,57	0,01	0,55
			Август	24,7	556,0	0,57	0,01	0,55

Таблица 41. Диапазоны 95% (км) поведенческого эффекта и приравненные к ним участки (км²) приведены в таблице для группы судов среднеглубинного участка (VG05), основанной на горизонтальных расстояниях от самого громкого источника в центре группы до моделируемых максимальных по глубине порогов уровня звукового давления полосы пропускания (10-20000 Гц) с коррекцией по аудиограмме, применяемой для хамсы, сельди, шэда и осетра.

				Хамса до 75 дБпс	Сельдь до 75 дБпс	Шэд до 75 дБпс	Осетр до 75 дБпс	
				Диапазон (км)	Площадь (км ²)	Диапазон (км)	Площадь (км ²)	Диапазон (км)
Прокладка активной установкой якорей	труб с	Февраль	Август	н/д	н/д	0,65	0,32	н/д
			Август	н/д	н/д	0,65	0,28	н/д

4.3.6. Сценарий 6: Смена экипажа (укладка трубопровода) на Площадке 2

Таблица 42. Диапазоны 95% (км) поведенческого эффекта и приравненные к ним участки (км²) приведены в таблице для группы судов среднеглубинного участка (VG06), основанной на горизонтальных расстояниях от самого громкого источника в центре группы до моделируемых максимальных по глубине порогов уровня звукового давления полосы пропускания (10-20000 Гц) без и с коррекцией по аудиограмме, применяемой для афалины и морской свиньи.

				Неоткорректир. до 120 дБ 1 мкПа	Афалина до 75 дБпс	до 75	Морская свинья до 75 дБпс	
				Диапазон (км)	Площадь (км ²)	Диапазон (км)	Площадь (км ²)	Диапазон (км)
Смена экипажа (для работы по прокладке труб)		Февраль	Август	25,3	1190,0	0,68	0,68	1,17
			Август	15,0	195,0	0,72	0,60	1,48

Таблица 43. Диапазоны 95% (км) поведенческого эффекта и приравненные к ним участки (км²) приведены в таблице для группы судов среднеглубинного участка (VG06), основанной на горизонтальных расстояниях от самого громкого источника в центре группы до моделируемых максимальных по глубине порогов уровня звукового давления полосы пропускания (10-20000 Гц) с коррекцией по аудиограмме, применяемой для хамсы, сельди, шэда и осетра.

		Хамса	до 75	Сельдь	до 75	Шэд до 75	Осетр	до 75
		дБпс		дБпс		дБпс	дБпс	
		Диапазон (км)	Площадь (км ²)	Диапазон (км)	Площадь (км ²)	Диапазон (км)	Площадь (км ²)	Диапазон (км)
Смена экипажа (для работы по прокладке труб)	Февраль	н/д	н/д	0,60	0,05	н/д	н/д	н/д
	Август	н/д	н/д	0,60	0,05	н/д	н/д	н/д

4.3.7. Сценарий 7: Дноуглубительные работы по коррекции свободных пролетов на Площадке 2

Таблица 44. Диапазоны 95% (км) поведенческого эффекта и приравненные к ним участки (км²) приведены в таблице для группы судов среднеглубинного участка (VG07), основанной на горизонтальных расстояниях от самого громкого источника в центре группы до моделируемых максимальных по глубине порогов уровня звукового давления полосы пропускания (10-20000 Гц) без и с коррекцией по аудиограмме, применяемой для афалины и морской свиньи.

		Неоткорректир. до 120 дБ 1 мкПа		Афалина до 75 дБпс		Морская свинья до 75 дБпс	
		Диапазон (км)	Площадь (км ²)	Диапазон (км)	Площадь (км ²)	Диапазон (км)	Площадь (км ²)
Дноуглубительные работы: Корректировка свободных пролетов доставка оборудования	Февраль	12,9	291,0	н/д	н/д	н/д	н/д
	Август	7,8	81,0	н/д	н/д	н/д	н/д

Таблица 45. Диапазоны 95% (км) поведенческого эффекта и приравненные к ним участки (км²) приведены в таблице для группы судов среднеглубинного участка (VG07), основанной на горизонтальных расстояниях от самого громкого источника в центре группы до моделируемых максимальных по глубине порогов уровня звукового давления полосы пропускания (10-20000 Гц) с коррекцией по аудиограмме, применяемой для хамсы, сельди, шэда и осетра.

		Хамса до 75 дБпс	Площадь до 75 дБпс (км ²)	Сельдь до 75 дБпс	Площадь до 75 дБпс (км ²)	Шэд до 75 дБпс	Площадь до 75 дБпс (км ²)	Осетр до 75 дБпс	Площадь до 75 дБпс (км ²)
		Диапазон (км)	Площадь (км ²)	Диапазон (км)	Площадь (км ²)	Диапазон (км)	Площадь (км ²)	Диапазон (км)	Площадь (км ²)
Дноуглубительные работы: Корректировка свободных пролетов доставки оборудования	Февраль	н/д	н/д	0,36	0,04	н/д	н/д	н/д	н/д
	Август	н/д	н/д	0,36	0,04	н/д	н/д	н/д	н/д

4.3.8. Сценарий 8: Укладка грунта на неровных участках морского дна для пересечения кабелей на Площадке 2

Таблица 46. Диапазоны 95% (км) поведенческого эффекта и приравненные к ним участки (км²) приведены в таблице для группы судов среднеглубинного участка (VG08), основанной на горизонтальных расстояниях от самого громкого источника в центре группы до моделируемых максимальных по глубине порогов уровня звукового давления полосы пропускания (10-20000 Гц) без и с коррекцией по аудиограмме, применяемой для афалины и морской свиньи.

		Неоткорректир. до 120 дБ 1 мкПа	Площадь до 120 дБ 1 мкПа (км ²)	Афалина до 75 дБпс	Площадь до 75 дБпс (км ²)	Морская свинья до 75 дБпс	Площадь до 75 дБпс (км ²)
		Диапазон (км)	Площадь (км ²)	Диапазон (км)	Площадь (км ²)	Диапазон (км)	Площадь (км ²)
Сброс грунта: Кабельные пересечения, доставка оборудования	Февраль	17,7	475,0	0,11	0,05	0,30	0,27
	Август	8,7	90,7	0,11	0,05	0,32	0,30

Таблица 47. Диапазоны 95% (км) поведенческого эффекта и приравненные к ним участки (км²) приведены в таблице для группы судов среднеглубинного участка (VG08), основанной на горизонтальных расстояниях от самого громкого источника в центре группы до моделируемых максимальных по глубине порогов уровня звукового давления полосы пропускания (10-20000 Гц) с коррекцией по аудиограмме, применяемой для хамсы, сельди, шэда и осетра.

		Хамса до 75 дБпс		Сельдь до 75 дБпс		Шэд до 75 дБпс		Осетр до 75 дБпс	
		Диапазон (км)	Площадь (км ²)	Диапазон (км)	Площадь (км ²)	Диапазон (км)	Площадь (км ²)	Диапазон (км)	Площадь (км ²)
Сброс грунта: Кабельные пересечения, доставка оборудования	Февраль	н/д	н/д	0,36	0,04	н/д	н/д	н/д	н/д
	Август	н/д	н/д	0,36	0,04	н/д	н/д	н/д	н/д

4.3.9. Сценарий 9: Укладка труб (J-Lay - метод укладки с вертикальным наращиванием) на участке 3

Таблица 48. Диапазоны 95% (км) поведенческого эффекта и приравненные к ним участки (км²) приведены в таблице для группы судов глубоководного участка (VG09), основанной на горизонтальных расстояниях от самого громкого источника в центре группы до моделируемых максимальных по глубине порогов уровня звукового давления полосы пропускания (10-20000 Гц) без и с коррекцией по аудиограмме, применяемой для афалины и морской свиньи.

		Неоткорректир. до 120 дБ 1 мкПа		Афалина до 75 дБпс		Морская свинья до 75 дБпс	
		Диапазон (км)	Площадь (км ²)	Диапазон (км)	Площадь (км ²)	Диапазон (км)	Площадь (км ²)
Прокладка труб (J-Lay)	Февраль	42,8	4710,0	0,50	0,06	0,40	0,19
	Август	12,3	500,0	0,50	0,06	0,40	0,19

Таблица 49. Диапазоны 95% (км) поведенческого эффекта и приравненные к ним участки (км²) приведены в таблице для группы судов глубоководного участка (VG09), основанной на горизонтальных расстояниях от самого громкого источника в центре группы до моделируемых максимальных по глубине порогов уровня звукового давления полосы пропускания (10-20000 Гц) с коррекцией по аудиограмме, применяемой для хамсы, сельди, шэда и осетра.

		Хамса до 75 дБпс		Сельдь до 75 дБпс		Шэд до 75 дБпс		Осетр до 75 дБпс	
		Диапазон (км)	Площадь (км ²)	Диапазон (км)	Площадь (км ²)	Диапазон (км)	Площадь (км ²)	Диапазон (км)	Площадь (км ²)
Прокладка труб (J-Lay)	Февраль	н/д	н/д	0,70	0,12	н/д	н/д	н/д	н/д
	Август	н/д	н/д	0,70	0,12	н/д	н/д	н/д	н/д

4.3.10. Сценарий 10: Смена экипажа (укладка трубопровода) на Площадке 3

Таблица 50. Диапазоны 95% (км) поведенческого эффекта и приравненные к ним участки (км²) приведены в таблице для группы судов глубоководного участка (VG10), основанной на горизонтальных расстояниях от самого громкого источника в центре группы до моделируемых максимальных по глубине порогов уровня звукового давления полосы пропускания (10-20000 Гц) без и с коррекцией по аудиограмме, применяемой для афалины и морской свиньи.

		Неоткорректир. до 120 дБ 1 мкПа		Афалина до 75 дБпс		Морская свинья до 75 дБпс	
		Диапазон (км)	Площадь (км ²)	Диапазон (км)	Площадь (км ²)	Диапазон (км)	Площадь (км ²)
Смена экипажа: (для работы по прокладке труб)	Февраль	44,3	5080,0	0,60	0,49	0,91	1,67
	Август	12,6	518,0	0,63	0,56	1,01	2,28

Таблица 51. Диапазоны 95% (км) поведенческого эффекта и приравненные к ним участки (км²) приведены в таблице для группы судов глубоководного участка (VG10), основанной на горизонтальных расстояниях от самого громкого источника в центре группы до моделируемых максимальных по глубине порогов уровня звукового давления полосы пропускания (10-20000 Гц) с коррекцией по аудиограмме, применяемой для хамсы, сельди, шэда и осетра.

		Хамса до 75 дБпс	Сельдь до 75 дБпс	Шэд до 75 дБпс	Осетр до 75 дБпс
		Диапазон (км)	Площадь (км ²)	Диапазон (км)	Площадь (км ²)
Смена экипажа: (для работы по прокладке труб)	Февраль	н/д	н/д	н/д	н/д
	Август	н/д	н/д	н/д	н/д

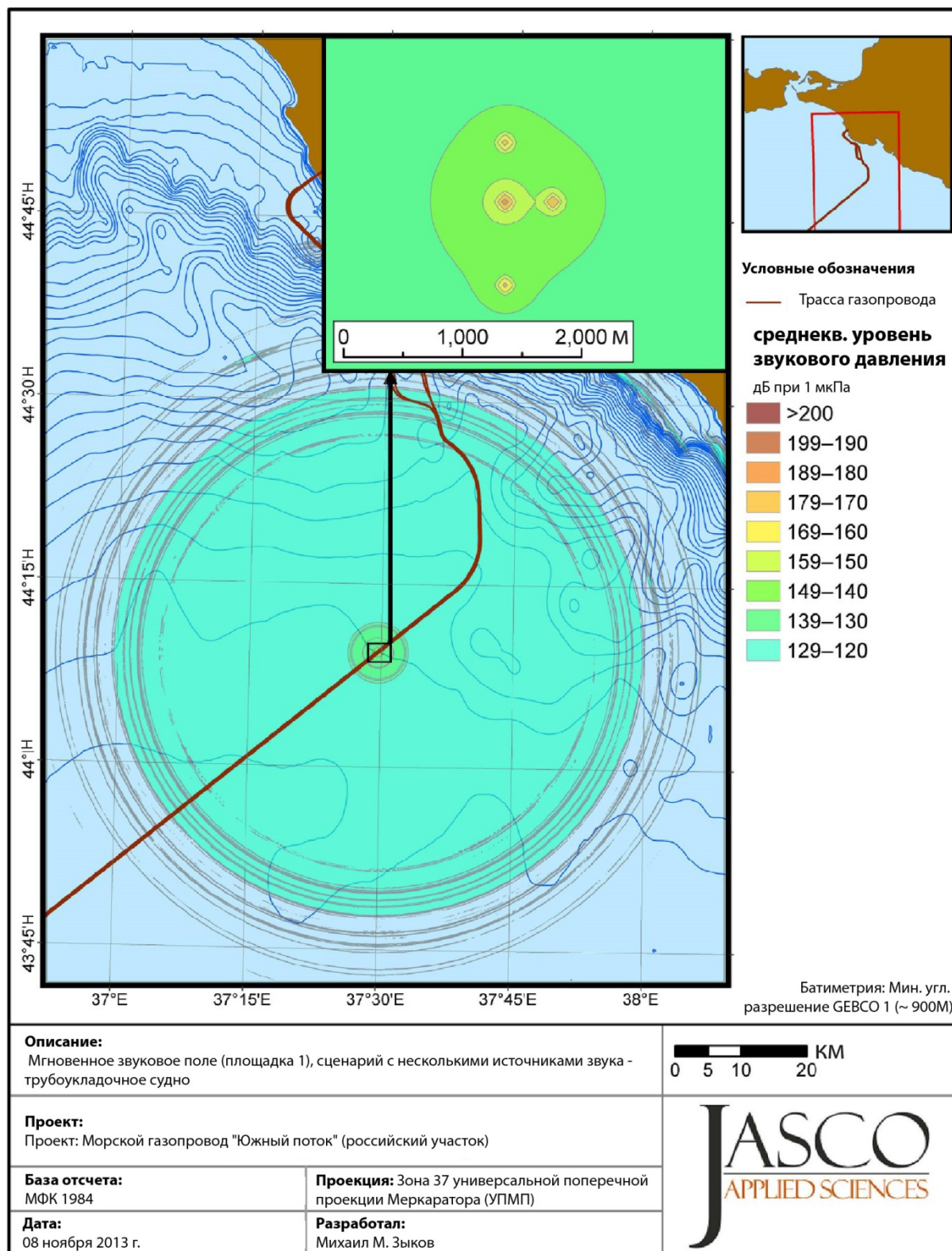


Рис 25. Уровни максимального по глубине звукового давления полосы пропускания (10 Гц - 20 кГц) для группы трубоукладочных судов (VG09) на глубоководном участке (S03). Синие контуры указывают глубину воды в метрах.

4.4. Кумулятивное воздействие

В результатах, представленных в таблицах данного раздела, диапазон воздействия не зависит от площади воздействия в соответствии с математическим выражением или геометрической формулой, которая не будет иметь значение, учитывая удлиненную форму области кумулятивного воздействия вдоль маршрута трубопровода. Вместо этого диапазоны были получены путем рассмотрения максимальной ширины вне маршрута, которую в соответствии с оценкой достигнет данный уровень, что позволяет установить эквивалент, наиболее приближенный к концепции, ориентированной на "зону безопасности" судна, для показателей кумулятивного воздействия.

4.4.1. Сценарий С1: Прибрежный участок трубопровода

Таблица 52. Диапазон (км) и зона (км²) поражения приведены в таблице для мелководного участка (S01), основанной на максимальных по глубине порогах уровня звукового давления. Условия приведены для февраля месяца.

	Диапазон (км)	Площадь (км ²)
Поражение среднечастотных китообразных (215 дБ относительно 1 мкПа ² тип I СЧК)	н/д	н/д
Поражение среднечастотных китообразных (198 дБ относительно 1 мкПа ² тип II СЧК)	н/д	н/д
Поражение высокочастотных китообразных (215 дБ относительно 1 мкПа ² тип I ВЧК)	н/д	н/д
Поражение высокочастотных китообразных (172 дБ относительно 1 мкПа ² тип II ВЧК)	0,06	1,1
Поражение рыбы, масса тела > 2 г (187 дБ относительно 1 мкПа ² НЧ фильтр 2 кГц)	1,6	6,2

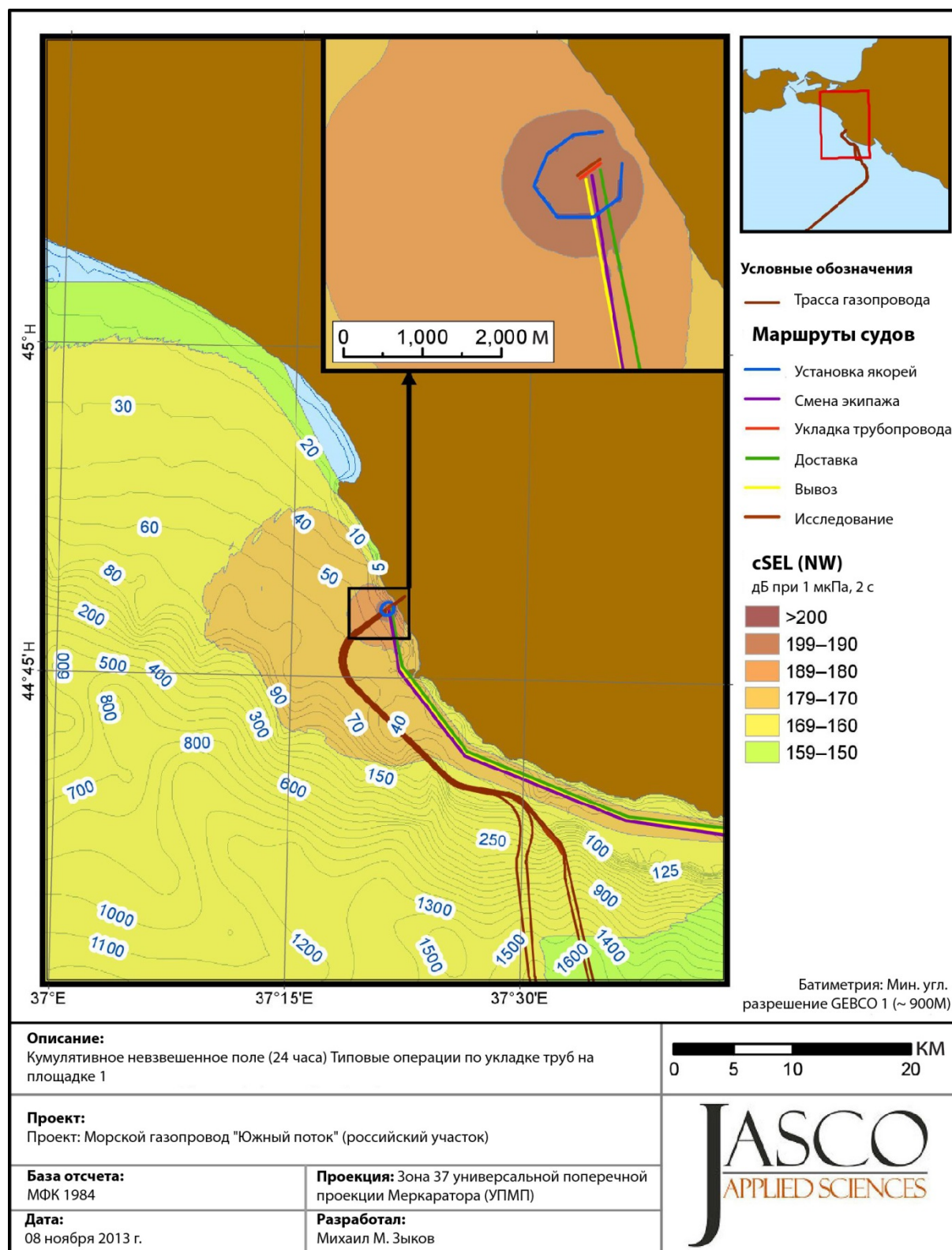


Рис26. Окрашенные цветом зоны изображают уровни неоткорректированного кумулятивного УЗВ широкой полосы пропускания (10 Гц - 20 кГц) для сценария С1 укладки труб на мелководном участке S01. Акустическое поле моделируется для условий, распространенных в феврале. Синие контуры указывают глубину воды в метрах.

4.4.2. Сценарий С2: Участок трубопровода на обрыве шельфа

Таблица 53. Диапазон (км) и зона (км²) поражения приведены в таблице для среднелуглубинного участка (S02), основанной на максимальных по глубине порогах уровня звукового давления. Условия приведены для февраля месяца.

	Диапазон (км)	Площадь (км ²)
Поражение китообразных среднечастотных (215 дБ н/д относительно 1 мкПа ² тип I СЧК)	н/д	н/д
Поражение китообразных среднечастотных (198 дБ н/д относительно 1 мкПа ² тип II СЧК)	н/д	н/д
Поражение китообразных высокочастотных (215 дБ н/д относительно 1 мкПа ² тип I ВЧК)	н/д	н/д
Поражение китообразных высокочастотных (172 дБ 0,05 относительно 1 мкПа ² тип II ВЧК)	0,6	0,6
Поражение рыбы, масса тела > 2 г (187 дБ относительно 1 мкПа ² 1,1 НЧ фильтр 2 кГц)	6,0	6,0

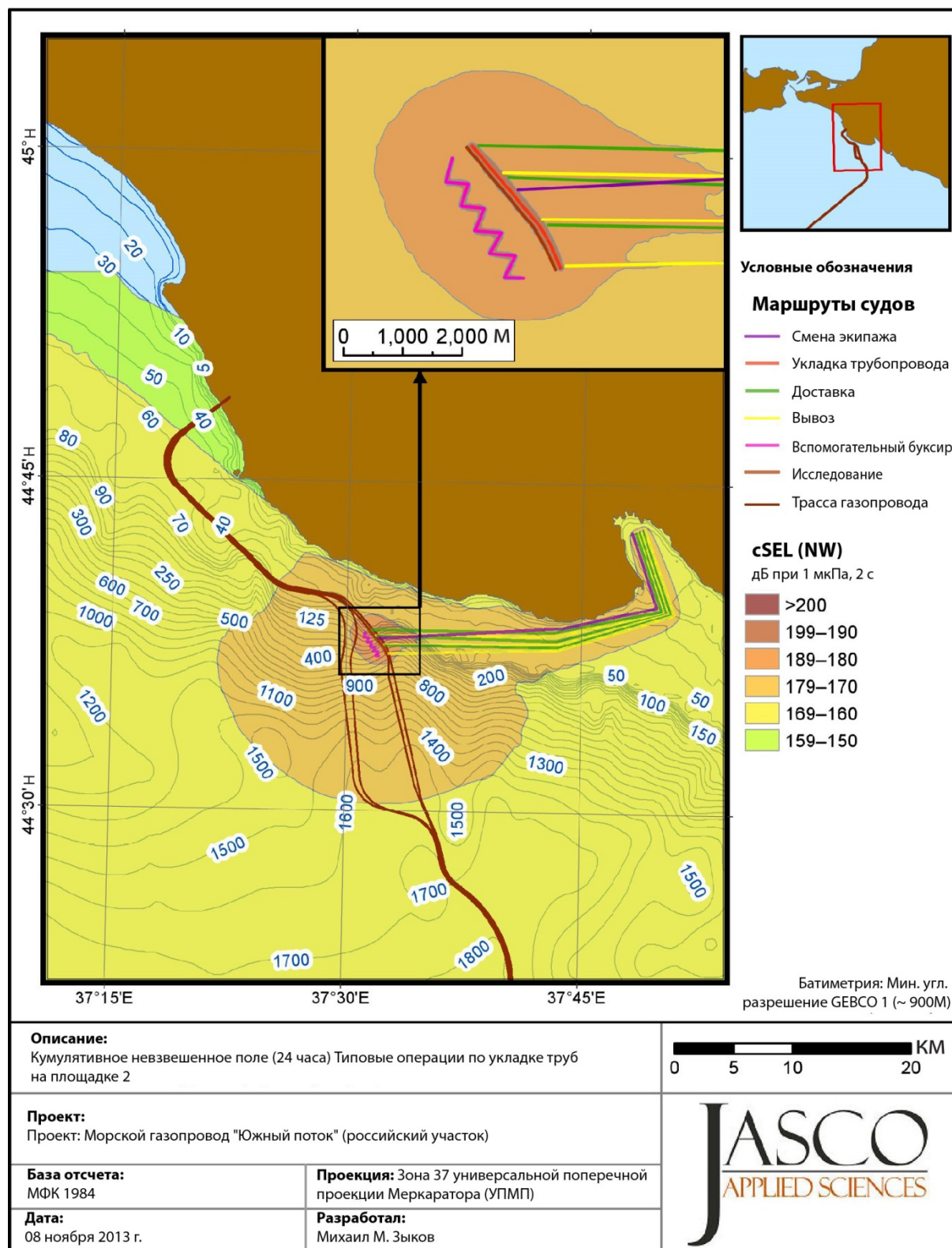


Рис 27. Окрашенные цветом зоны изображают уровни неоткорректированного кумулятивного УЗВ широкой полосы пропускания (10 Гц - 20 кГц) для сценария С2 укладки труб на среднеглубинном участке S02. Акустическое поле моделируется для условий, распространенных в феврале. Синие контуры указывают глубину воды в метрах.

4.4.3. Сценарий С3: Глубоководный участок трубопровода

Таблица 54. Диапазон (км) и зона (км²) поражения приведены в таблице для глубоководного участка (S03), основанной на максимальных по глубине порогах уровня звукового давления. Условия приведены для февраля месяца.

	Диапазон (км)	Площадь (км ²)
Поражение китообразных среднечастотных (215 дБ н/д относительно 1 мкПа ² тип I СЧК)	н/д	н/д
Поражение китообразных среднечастотных (198 дБ н/д относительно 1 мкПа ² тип II СЧК)	н/д	н/д
Поражение китообразных высокочастотных (215 дБ н/д относительно 1 мкПа ² тип I ВЧК)	н/д	н/д
Поражение китообразных высокочастотных (172 дБ 0,02 относительно 1 мкПа ² тип II ВЧК)	1,3	
Поражение рыбы, масса тела > 2 г (187 дБ относительно 1 мкПа ² 0,4 НЧ фильтр 2 кГц)	3,9	

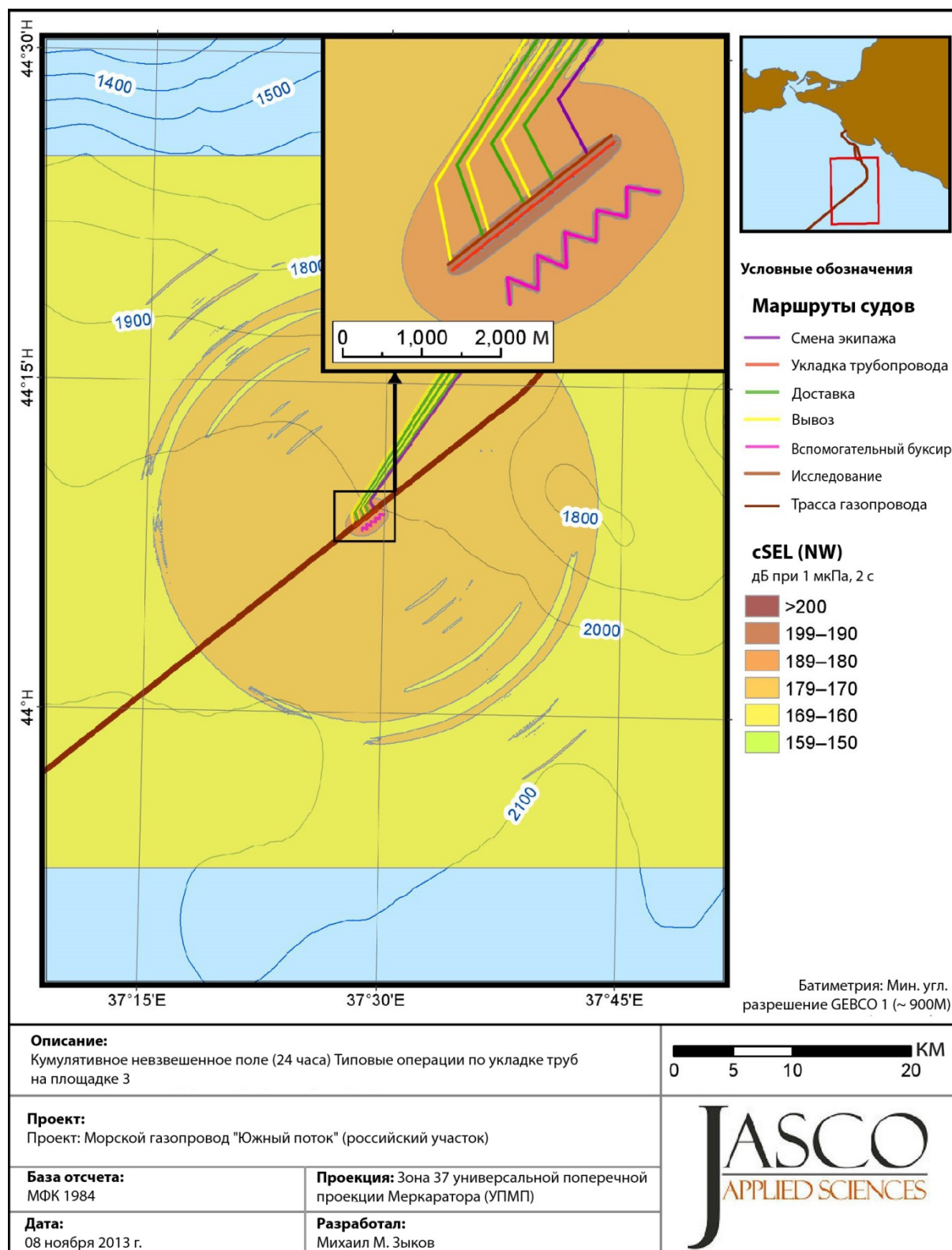


Рис 28. Окрашенные цветом зоны изображают уровни неоткорректированного кумулятивного УЗВ широкой полосы пропускания (10 Гц - 20 кГц) для сценария СЗ укладки труб на глубоководном участке S03. Акустическое поле моделируется для условий, распространенных в феврале. Синие контуры указывают глубину воды в метрах.

5. Замечания по оценкам диапазона воздействия

За исключением рыб, для которых зона поражения, приблизительно равная 1-1,6 км, и площадь воздействия 5-6,8 км² прогнозируются для 24-часовой работы в зависимости от участка, поражение от деятельности в соответствии с оценками практически незначительно. Результаты поражения рыб должны быть рассмотрены с оговорками, перечисленными в разделе 1.5.1, в первую очередь вытекающими из того факта, что результаты воздействия, полученные из исследований воздействия импульса звука, вероятно, будут чрезмерно осторожными (возможно, с большим запасом) при применении к непрерывному звуковому воздействию.

На основе критериев откорректированной аудиограммы, диапазоны поведенческого воздействия для операций с индивидуальными судами и группами судов, согласно оценкам, будут иметь значение только для дельфинов, морских свиней и в некоторой степени сельди; при этом диапазон воздействия не будет превышать 2 км для самого громкого источника в любом местонахождении моделируемого сценария.

Сравнение поражения и диапазонов поведенческого воздействия может в конкретных случаях (в частности, для видов рыб) представляться нелогичным в отношении того, что поведенческое воздействие должно охватывать значительно большую территорию, чем поражение. Это несоответствие возникает (не считая большой неопределенности в отношении текущей оценки непрерывного воздействия шума на рыбу) из-за разных показателей воздействия, на которых основаны результаты: уровень мгновенного звукового давления для поведенческих воздействий и аккумуляция акустической энергии в течение времени для последствий поражения.

Список использованной литературы

- [ITC] Международная корпорация гидроакустических преобразователей. 1993 *Уравнения применения для подводных гидроакустических преобразователей* (брошюра). Международная корпорация гидроакустических преобразователей, Санта-Барбара, Калифорния.
- Аэртс, Л., М. Блис, С. Блэквелл, С. Грин, К. Ким, Д. Ханней, М. Остин. 2008 *Мониторинг и смягчение влияния на морских млекопитающих во время сейсморазведки донным кабелем BP Liberty OBC в Фогги Айленд Бэй (Foggy Island Bay), море Бофорта, июль-август 2008г.*: 90-дневный отчет. Отчет LGL P1011-1. Отчет LGL Alaska Research Associates Inc., LGL Ltd., Greeneridge Sciences Inc. и JASCO Applied Sciences для BP Exploration Alaska. 199 с. http://www.nmfs.noaa.gov/pr/pdfs/permits/bp_liberty_monitoring.pdf.
- ANSI S1.4-1983. R2006. *Американский национальный стандарт для шумомеров*. Американский национальный институт стандартов, Нью-Йорк.
- Букингем, М. Дж. 2005 Свойства продольных и поперечных волн морских отложений: Сравнения между теорией и данными. *Журнал Акустического Общества Америки* 117 (1): 137-152.
- Карнс, М. Р. 2009 *Описание и оценка GDEM-V 3.0*. Доклад NRL 7330-09-9165. Военно-морская исследовательская лаборатория США, Космический центр Стеннис, Миссисипи. 21 с
- Коллинз, М. Д. 1993 г. Пошаговое Паде решение для метода параболического уравнения. *Журнал Акустического Общества Америки* 93: 1736-1742.
- Коллинз, М. Д., Р. Дж. Седерберг, Д. Б. Кинг и С. Чин-Бинг. 1996 Сравнение алгоритмов для решения параболических волновых уравнений. *Журнал Акустического Общества Америки* 100 (1): 178-182.
- Коппенс, А. Б. 1981 Простые уравнения для скорости звука в морских водах. *Журнал Акустического Общества Америки* 69 (3): 862-863.
- Дикерсон, С., К. Дж. Рен, и Д. Г. Кларк. 2001 Характеристика подводных звуков, производимых дноуглубительными работами ковшом (веб-страница). Инженерный научно-технический центр армии США, Висксбург, Миссисипи <http://el.erdc.usace.army.mil/elpubs/pdf/doere14.pdf>.
- Edgetech. 2000 Полезная нагрузка гидролокатора AUV/UUV. Технический паспорт.
- Энгер, П. С. 1967 Слушая сельдь. *Сравнительная биохимия и физиология* 22 (2): 527-538.
- Финнеран, Дж. и А. К. Дженкинс. 2012 Критерии и пороговые значения для технического отчета по анализу акустических воздействий ВМФ. *Программа морских млекопитающих SPAWAR*.

- Финнеран, Дж. Дж. и С. Е. Шлундт. 2011 Субъективные измерения уровня громкости и кривые равной громкости для афалины (*Tursiops Truncatus*). *Журнал Акустического Общества Америки* 130 (5): 3124-3136.
- Фишер, Ф. Х. и В. П. Симмонс. 1977 Поглощение звука в морской воде. *Журнал Акустического Общества Америки* 62 (3): 558-564.
- Фанк, Д., Д. Ханней, Д. Айлэнд, Р. Родригес, В. Коски (ред.). 2008 *Мониторинг и смягчение влияния на морских млекопитающих во время сейсморазведки в открытых водах, выполняемой Shell Offshore Inc. в Чукотском море и море Бофорта в июле-ноябре 2007 года: 90-дневный отчет*. Отчет LGL P969-1. Подготовлен LGL Alaska Research Associates Inc., LGL Ltd. и JASCO Research Ltd. для Shell Offshore Inc., Национальной службы морского рыболовства (США) и Службы охраны рыболовства и диких животных (США). 218 с. http://www-static.shell.com/static/usa/downloads/alaska/shell2007_90-d_final.pdf.
- Халворсен, М. Б., Б. М. Каспер, С. М. Вудли, Т. Дж. Карлсон и А. Н. Поппер. 2012 Порог для начала поражения чавычи от воздействия импульсных звуков забивки свай. *PLoS ONE* 7(6): e38968.
- Ханней, Д., А. МакГилливрэй, М. Лоринолли, Р. Ракка. 2004 *Сахалин Энерджи: Измерение уровня источника в соответствии с Акустической программой 2004*. Версия 1.5. Технический отчет, подготовленный для Сахалин Энерджи JASCO Applied Sciences.
- Ханней, Д., и Р. Ракка. 2005 *Проверка акустической модели*. Документ 0000-S-90-04-T-7006-00-E, Редакция 02. Технический отчет для Сахалин Энерджи Инвестмент Компани Лтд, подготовленный JASCO Research Ltd. 34 с. http://www.sakhalinenergy.com/en/documents/doc_33_jasco.pdf.
- Айлэнд, Д. С., Р. Родригес, Д. Фанк, В. Коски и Д. Ханней. 2009 *Мониторинг и смягчение влияния на морских млекопитающих во время сейсморазведки в открытых водах, выполняемой Shell Offshore Inc. в Чукотском море и море Бофорта в июле-октябре 2008 года: 90-дневный отчет*. Отчет LGL P1049-1. 277 с.
- Йоханссон, А. Т. и М. Х. Андерссон. 2012 *Уровни фонового подводного шума на Norra Midsjöbanken во время строительства трубопровода "Северный поток"*. FOI-R--3469--SE. FOI, шведское агентство оборонных исследований для Nord Stream AG и Naturvårdsverket (Шведское агентство по охране окружающей среды). 65 с. <http://www.nord-stream.com/press-info/library/?pk=194>.
- Джонсон, С. С. 1967 Пороги звукоулавливания у морских млекопитающих. В Таволге, У. (ред.). *Морская биоакустика*. Пергамон, Нью-Йорк. сс. 247-260.
- Кастелейн, Р. А., П. Бунскоек, М. Хагедоорн, У. У. Л. Ау и Д. де Хаан. 2002 Аудиограмма морской свиньи (*Phocoena Phocoena*), измеренная узкополосными частотно-модулированными сигналами. *Журнал Акустического Общества Америки* 112 (1): 334-344.

- Кинслер, Л. Е., А. Р. Фрей, А. Б. Коппенс и Дж. В. Сандерс. 1950 *Основы акустики*. John Wiley & Sons Inc., Нью-Йорк.
- Киппл, Б и Г. Габриэл. 2003 *Шум от навигации в Ледниковой бухте: отчет для Национального парка Ледниковой бухты, выполненный Военным центром морской поверхности - отряд Бремертон*. Технический отчет NSWCCD-71-TR-2003/522.
- Ладих, Ф. и Р. Фей. 2013 Потенциальная аудиометрия рыбы. *Обзор биологии рыб и рыболовства* 23 (3): 317-364.
- МакГилливрэй, А. О. 2006 Измерения подводных источников уровня звука Касторо Отто и Фу Лай. JASCO Applied Sciences Ltd.
- Масса, Д. П. 1999 *Выбор и ультразвуковой датчик для измерения близости и дальности; часть 2: Оптимизация выбора датчика* (веб-страница). Датчики, 1 марта 1999 года. <http://www.sensorsmag.com/sensors/acoustic-ultrasound/choosing-ultrasonic-sensor-proximity-or-distance-measurement-838>.
- Нэдвелл, Дж. Р. и А. У. Тернпенни. 1998 Использование общей шкалы частотной коррекции при оценке воздействия на окружающую среду. *Семинар по сейсмике и морским млекопитающим*. 23-25 июня, Лондон, Великобритания
- Нэдвелл, Дж. Р. и Б. Эдвардс. 2004 *Обзор измерений подводного техногенного шума, производимого Subacoustech Ltd, 1993 - 2003*. Ссылка отчета: 534R0109. Subacoustech. 131 с. <http://www.subacoustech.com/information/downloads/reports/534R0109.pdf>.
- Нэдвелл, Дж. Р., Дж. Ловелл и А. У. Х. Тернпенни. 2005 Экспериментальная проверка показателей поведенческого воздействия на определенные виды для подводного шума. *Журнал Акустического Общества Америки* 118 (3): 2019-2019.
- Нэдвелл, Дж. Р., А. У. Х. Тернпенни, Дж. Ловелл, С. Дж. Парвин, Р. Уоркман и Дж. А. Л. Спинкс. 2007 *Проверка дБ_{пс} в качестве меры поведенческих и слуховых воздействий подводного шума*. Отчет № 534R1231, подготовленный Subacoustech Ltd. для Департамента бизнеса, предпринимательства и реформы управления Великобритании в рамках проекта № RDCZ/011/0004. www.subacoustech.com/information/downloads/reports/534R1231.pdf.
- О'Нил, С., Д. Лири и А. МакКродан. 2010 Проверка источника звука. (Глава 3) В Блис, М. К., К. Г. Хартин, Д. С. Айлэнд и Д. Ханней (ред.). *Мониторинг и смягчение влияния на морских млекопитающих во время сейсморазведки в открытых водах, выполняемой Statoil USA E&P Inc. в Чукотском море в августе-октябре 2010 года: 90-дневный отчет*. Отчет LGL P1119. Подготовлен LGL Alaska Research Associates Inc., LGL Ltd. и JASCO Applied Sciences Ltd. для Statoil USA E&P Inc., Национальной службы морского рыболовства (США) и Службы охраны рыболовства и диких животных (США).
- Портер, М. Б. и У.-С. Лю. 1994 Конечно-элементная трассировка лучей. В: Ли, Д. и М. Х. Шульц (ред.). *Работа Международной конференции по теоретической и вычислительной акустике*. Том 2. Всемирное научное издание сс 947-956.

- Робинсон, С. П., П. Д. Теобальд, Г. Хейман, Л. С. Ванг, П. А. Леппер, В. Хамфри и С. Мамфорд. 2011 *Измерение шума, возникающее в результате морских дноуглубительных работ*. MALSF (MEPF ссылка № 09/P108).
- Шлундт, С. Е., Дж. Дж. Финнеран, Д. А. Кардер и С. Х. Риджуэй. 2000 Временный сдвиг порога маскирующего эффекта слуха афалин, *Tursiops Truncatus* и белухи, *Delphinapterus Левкады*, после воздействия интенсивных тонов. *Журнал Акустического Общества Америки* 107 (6): 3496-3508.
- Шимкус, К. М., Я. П. Маловицкий и С. И. Шуменко. 1978 В Росс, Д. А., У. П. Непрочнов и др. 1978 Первоначальные отчеты по Проекту глубоководного бурения, том 42, часть 2: Вашингтон (Типография правительства США), с. 469-482.
- The Shipboard Scientific Party, 1978. Участок 379. В Росс, Д. А., У. П. Непрочнов и др. 1978 Первоначальные отчеты по Проекту глубоководного бурения, том 42, часть 2: Вашингтон (Типография правительства США), с. 29-118.
- Саутхолл, Б. Л., А. Е. Боулз, У. Т. Эллисон, Дж. Дж. Финнеран, Р. Л. Джентри, С. Р. Грин Мл., Д. Kastak, Д. Р. Кеттен, Дж. Х. Миллер и др. 2007 Критерии воздействия шума на морских млекопитающих: Первоначальные научные рекомендации. *Водные млекопитающие* 33 (4): 411-521.
- Стадлер, Дж. Х. и Д. П. Вудбери. 2009 *Оценка воздействия забивки свай на рыб: Применение новых гидроакустических критериев*. *Inter-Noise 2009: Инновации в области практического контроля шума*, 23-26 августа 2009г, Оттава, Канада.
- Тиг, У. Дж., М. Дж. Каррон и П. Дж. Хоган. 1990 Сопоставление Обобщенной цифровой модели окружающей среды и климатологии Левитус. *Журнал геофизических исследований* 95 (C5): 7167-7183.
- Уорнер, Г., С. Эрбе и Д. Ханней. 2010 Подводные звуковые измерения. (Глава 3) В Райзер, С. М., Д. У. Фанк, Р. Родригес и Д. Ханней (ред.). *Мониторинг и смягчение влияния на морских млекопитающих во время исследований опасностей на мелководье и расчистки участков в открытых водах, выполняемых Shell Offshore Inc. в Чукотском море в июле-октябре 2009 года: 90-дневный отчет*. Отчет LGL P1112-1. Отчет подготовлен LGL Alaska Research Associates Inc. и JASCO Applied Sciences для Shell Offshore Inc., Национальной службы морского рыболовства (США) и Службы охраны рыболовства и диких животных (США). сс. 1-54. http://www-static.shell.com/static/usa/downloads/alaska/report_2009_shell_90-d_report_plus_appendices.pdf.
- Уильямс Р., Д. Е. Бэйн, Дж. К. Б. Форд и А. У. Трайтс. 2002 Поведенческие реакции мужских особей косаток на суда, перемещающиеся рывками. *Журнал исследований и управления китообразных* 4: 305-310.

Appendix A. Таблицы пороговых диапазонов и областей

A.1. Поля мгновенного акустического давления одного судна

A.1.1. Суда, работающие на участке мелководья (S01)

Таблица А-1. Диапазоны 95% (м) поведенческого эффекта и площадь воздействия (км²) приведены в таблице для неоткорректированных радиусов rms SPL участка мелководья (S01) для определенных и моделируемых максимальных по глубине порогов уровня звукового давления широкой полосы пропускания (10-20000 Гц) в феврале и августе в отношении источников деятельности шести отдельных судов.

Февраль											
rms SPL (дБ относительно 1 мкПа)	Дноуглубительные работы (земснаряд)		Дноуглубительные работы (кран)		Прокладка трубопровода;		Выравнивание грунта на неровных участках морского дна		Установка якорей		Вспомогательное судно
	R _{95%}	A _e	R _{95%}	A _e	R _{95%}	A _e	R _{95%}	A _e	R _{95%}	A _e	R _{95%}
180											
170											
160									71	0,02	
150	112	0,03					71	0,02	316	0,3	224
140	650	1,31	255	0,19	71	0,02	427	0,55	1340	4,26	1210
130	2760	14,8	1350	4,24	304	0,29	1870	7,85	5600	47,1	5070
120	11500	202	5730	56,1	1330	4,32	9170	127	24900	675	21700

Август											
rms SPL (дБ относительно 1 мкПа)	Дноуглубительные работы (земснаряд)		Дноуглубительные работы (кран)		Прокладка трубопровода;		Сброс грунта		Установка якорей		Вспомогательное судно
	R _{95%}	A _e	R _{95%}	A _e	R _{95%}	A _e	R _{95%}	A _e	R _{95%}	A _e	R _{95%}
180											
170											
160									< 50	0,01	
150	100	0,03					71	0,02	300	0,27	206
140	602	1,05	250	0,16	< 50	0,01	400	0,5	1160	3,12	1120
130	2030	8,74	1130	3,15	269	0,25	1680	5,56	3740	22,2	4090
120	7170	75,3	3830	21,9	1210	3,31	5320	42,7	9590	131	8940

Таблица А-2. Диапазоны 95% (м) поведенческого эффекта и приравненные к ним участки (км²) приведены в таблице для дноуглубительных работ (земснаряд) на участке мелководья (S01), основанной на горизонтальных расстояниях от источника до моделируемых максимальных по глубине порогов уровня звукового давления широкой полосы пропускания (10-20000 Гц) для февраля и августа с коррекцией по аудиограмме, применяемой для афалины, морской свиньи, сельди, хамсы, шэда и осетра.

Февраль												
дБпс	Деятельность: Дноуглубительные работы (земснаряд) - судно: Dikson (MRTS)											
	Афалина китовый		Морская свинья китовый		Тихоокеанская сельдь		Желтоперая хамса		Американский шэд		Озерный осетр	
	R _{95%}	A _e	R _{95%}	A _e	R _{95%}	A _e	R _{95%}	A _e	R _{95%}	A _e	R _{95%}	A _e
90			71	0,02								
80	112	0,05	427	0,53								
75	335	0,33	800	1,99	71	0,02						
70	680	1,5	1380	5,14	180	0,1						
60	2140	10,5	3290	22,4	1060	2,84						
50	5040	47,7	7040	87,9	4390	33,7						
40	10900	198	16200	415	18900	463	71	0,02				

Август												
дБпс	Деятельность: Дноуглубительные работы (земснаряд) - судно: Dikson (MRTS)											
	Афалина китовый		Морская свинья китовый		Тихоокеанская сельдь		Желтоперая хамса		Американский шэд		Озерный осетр	
	R _{95%}	A _e	R _{95%}	A _e	R _{95%}	A _e	R _{95%}	A _e	R _{95%}	A _e	R _{95%}	A _e
90			71	0,02								
80	255	0,06	585	0,64								
75	364	0,43	966	2,13	71	0,02						
70	851	1,66	1510	5,1	180	0,11						
60	2060	8,73	3070	17,6	886	2,19						
50	4320	32,5	5810	58,5	2950	15,8						
40	8140	106	11400	190	10600	146	71	0,02				

Таблица А-3. Диапазоны 95% (м) поведенческого эффекта и приравненные к ним участки (км²) приведены в таблице для дноуглубительных работ (кран) на участке мелководья (S01), основанной на горизонтальных расстояниях от источника до моделируемых максимальных по глубине порогов уровня звукового давления широкой полосы пропускания (10-20000 Гц) для февраля и августа с коррекцией по аудиограмме, применяемой для афалины, морской свиньи, сельди, хамсы, шэда и осетра.

Февраль												
дБпс	Деятельность: Дноуглубительные работы (кран) - судно: Kahmari 2											
	Афалина китовый		Морская свинья китовый		Тихоокеанская сельдь		Желтоперая хамса		Американский шэд		Озерный осетр	
	R _{95%}	A _e	R _{95%}	A _e	R _{95%}	A _e	R _{95%}	A _e	R _{95%}	A _e	R _{95%}	A _e
90												
80												
75												
70					100	0,03						
60	< 50	0,01	158	0,09	541	0,82						
50	381	0,44	828	2,12	2260	10,4						
40	1500	5,8	2550	14,3	10200	159						

Август												
дБпс	Деятельность: Дноуглубительные работы (кран) - судно: Kahmari 2											
	Афалина китовый		Морская свинья китовый		Тихоокеанская сельдь		Желтоперая хамса		Американский шэд		Озерный осетр	
	R _{95%}	A _e	R _{95%}	A _e	R _{95%}	A _e	R _{95%}	A _e	R _{95%}	A _e	R _{95%}	A _e
90												
80												
75												
70					100	0,02						
60	< 50	0,01	292	0,11	450	0,65						
50	403	0,49	982	2,2	1700	6,51						
40	1590	5,42	2400	11,1	6250	55						

Таблица А-4. Диапазоны 95% (м) поведенческого эффекта и приравненные к ним участки (км²) приведены в таблице для трубоукладочных работ на участке мелководья (S01), основанной на горизонтальных расстояниях от источника до моделируемых максимальных по глубине порогов уровня звукового давления широкой полосы пропускания (10-20000 Гц) для февраля и августа с коррекцией по аудиограмме, применяемой для афалины, морской свиньи, сельди, хамсы, шэда и осетра.

Февраль												
дБпс	Деятельность: Прокладка труб - судно: Tog Mor (Allseas)											
	Афалина китовый		Морская свинья китовый		Тихоокеанская сельдь		Желтоперая хамса		Американский шэд		Озерный осетр	
	R _{95%}	A _e	R _{95%}	A _e	R _{95%}	A _e	R _{95%}	A _e	R _{95%}	A _e	R _{95%}	A _e
90												
80												
75												
70												
60			< 50	0,01	112	0,05						
50	100	0,03	255	0,22	566	0,97						
40	602	1,06	1170	3,77	2210	9,71						

Август												
дБпс	Деятельность: Прокладка труб - судно: Tog Mor (Allseas)											
	Афалина китовый		Морская свинья китовый		Тихоокеанская сельдь		Желтоперая хамса		Американский шэд		Озерный осетр	
	R _{95%}	A _e	R _{95%}	A _e	R _{95%}	A _e	R _{95%}	A _e	R _{95%}	A _e	R _{95%}	A _e
90												
80												
75												
70												
60					112	0,05						
50	100	0,03	255	0,21	522	0,78						
40	522	0,81	1120	2,99	1870	6,81						

Таблица А-5. Диапазоны 95% (м) поведенческого эффекта и приравненные к ним участки (км²) приведены в таблице для сброса грунта на участке мелководья (S01), основанной на горизонтальных расстояниях от источника до моделируемых максимальных по глубине порогов уровня звукового давления широкой полосы пропускания (10-20000 Гц) для февраля и августа с коррекцией по аудиограмме, применяемой для афалины, морской свиньи, сельди, хамсы, шэда и осетра.

Февраль												
дБпс	Деятельность: Сброс грунта - судно: Taccola (Jan de Nul)											
	Афалина китовый		Морская свинья китовый		Тихоокеанская сельдь		Желтоперая хамса		Американский шэд		Озерный осетр	
	R _{95%}	A _e	R _{95%}	A _e	R _{95%}	A _e	R _{95%}	A _e	R _{95%}	A _e	R _{95%}	A _e
90												
80	< 50	0,01	180	0,1								
75	150	0,07	461	0,63								
70	364	0,43	860	2,29	112	0,04						
60	1410	5,28	2450	13,5	585	1,02						
50	3900	29,9	6310	71,9	2460	12,4						
40	10000	167	15600	387	12000	210						

Август												
дБпс	Деятельность: Сброс грунта - судно: Taccola (Jan de Nul)											
	Афалина китовый		Морская свинья китовый		Тихоокеанская сельдь		Желтоперая хамса		Американский шэд		Озерный осетр	
	R _{95%}	A _e	R _{95%}	A _e	R _{95%}	A _e	R _{95%}	A _e	R _{95%}	A _e	R _{95%}	A _e
90												
80	< 50	0,01	180	0,1								
75	141	0,06	450	0,61								
70	403	0,47	832	1,84	112	0,05						
60	1430	4,26	2330	10,6	501	0,8						
50	3470	21,4	5100	44,7	2210	8,23						
40	6810	76,7	9330	138	6140	59						

Таблица А-6. Диапазоны 95% (м) поведенческого эффекта и приравненные к ним участки (км²) приведены в таблице для установки якорей на участке мелководья (S01), основанной на горизонтальных расстояниях от источника до моделируемых максимальных по глубине порогов уровня звукового давления широкой полосы пропускания (10-20000 Гц) для февраля и августа с коррекцией по аудиограмме, применяемой для афалины, морской свиньи, сельди, хамсы, шэда и осетра.

Февраль												
дБпс	Деятельность: Установка якорей - судно: Norman Neptune											
	Афалина китовый		Морская свинья китовый		Тихоокеанская сельдь		Желтоперая хамса		Американский шэд		Озерный осетр	
	R _{95%}	A _e	R _{95%}	A _e	R _{95%}	A _e	R _{95%}	A _e	R _{95%}	A _e	R _{95%}	A _e
90												
80					112	0,05						
75			71	0,02	255	0,21						
70	71	0,02	158	0,1	583	1,02						
60	559	0,77	901	2,28	2190	9,46						
50	2280	10,2	3370	21,7	9190	122						
40	11200	166	15800	327	51000	2650	224	0,16				

Август												
дБпс	Деятельность: Установка якорей - судно: Norman Neptune											
	Афалина китовый		Морская свинья китовый		Тихоокеанская сельдь		Желтоперая хамса		Американский шэд		Озерный осетр	
	R _{95%}	A _e	R _{95%}	A _e	R _{95%}	A _e	R _{95%}	A _e	R _{95%}	A _e	R _{95%}	A _e
90												
80					141	0,06						
75			71	0,02	250	0,2						
70	71	0,02	158	0,08	532	0,8						
60	474	0,61	806	1,72	1830	6,71						
50	1820	6,18	2760	13,2	5600	46,8						
40	5170	40,8	6670	70,2	13600	231	180	0,11				

Таблица А-7. Диапазоны 95% (м) поведенческого эффекта и приравненные к ним участки (км²) приведены в таблице для деятельности вспомогательного судна на участке мелководья (S01), основанной на горизонтальных расстояниях от источника до моделируемых максимальных по глубине порогов уровня звукового давления широкой полосы пропускания (10-20000 Гц) для февраля и августа с коррекцией по аудиограмме, применяемой для афалины, морской свиньи, сельди, хамсы, шэда и осетра.

Февраль												
дБпс	Деятельность: Вспомогательные суда - судно: GSP Lyra											
	Афалина китовый		Морская свинья китовый		Тихоокеанская сельдь		Желтоперая хамса		Американский шэд		Озерный осетр	
	R _{95%}	A _e	R _{95%}	A _e	R _{95%}	A _e	R _{95%}	A _e	R _{95%}	A _e	R _{95%}	A _e
90	71	0,02	250	0,19								
80	532	0,85	1090	3,35								
75	1030	3,01	1800	7,94								
70	1770	7,61	3000	18,9	< 50	0,01						
60	4810	43,6	7610	101	335	0,31						
50	12300	239	20400	643	1520	4,92						
40	63700	3600	71000	5310	7410	75						

Август												
дБпс	Деятельность: Вспомогательные суда - судно: GSP Lyra											
	Афалина китовый		Морская свинья китовый		Тихоокеанская сельдь		Желтоперая хамса		Американский шэд		Озерный осетр	
	R _{95%}	A _e	R _{95%}	A _e	R _{95%}	A _e	R _{95%}	A _e	R _{95%}	A _e	R _{95%}	A _e
90	71	0,02	255	0,2								
80	501	0,76	1060	2,62								
75	992	2,4	1750	6,63								
70	1690	6,2	2790	14,6	< 50	0,01						
60	4180	30,4	5850	57,7	320	0,31						
50	7760	98,1	10600	172	1400	3,8						
40	14100	275	24300	637	4750	29,8						

А.1.2. Суда, работающие на среднеглубинном участке (S02)

Таблица А-8. Диапазоны 95% (м) поведенческого эффекта и приравненные к ним участки (км²) приведены в таблице для неоткорректированных радиусов rms SPL среднеглубинного участка (S02) для определенных моделируемых максимальных по глубине порогов уровня звукового давления широкой полосы пропускания (10-20000 Гц) в феврале и августе в отношении источников деятельности шести отдельных судов.

		Февраль											
rms SPL (дБ относите льно 1 мкПа)	Заглубл ение труб		Укладка труб (пришвартов анное)		Укладка труб (динамическое позиционирование)		Сброс грунта		Устано вка якорей		Вспомогате льные суда		
	R _{95%}	A _e	R _{95%}	A _e	R _{95%}	A _e	R _{95%} %	A _e	R _{95%}	A _e	R _{95%}	A _e	
180													
170													
160													
150	< 50	0,0 1	< 50	0,01	112	0,04	71	0, 02	292	0, 12	112	0,05	
140	350	0,3 8	335	0,37	539	0,92	36 4	0, 44	776	1, 68	515	0,89	
130	115 0	4,1 2	1540	6,32	3400	25,3	16 10	6, 53	359 0	25 ,3	3550	36,8	
120	579 0	59	7030	117	20200	673	91 50	18 1	212 00	53 6	15300	489	

		Август											
rms SPL (дБ относите льно 1 мкПа)	Заглубл ение труб		Укладка труб (пришвартов анное)		Укладка труб (динамическое позиционирование)		Сброс грунта		Устано вка якорей		Вспомогате льные суда		
	R _{95%}	A _e	R _{95%}	A _e	R _{95%}	A _e	R _{95%} %	A _e	R _{95%}	A _e	R _{95%}	A _e	
180													
170													
160													
150	< 50	0,0 1	< 50	0,01	100	0,03	71	0, 02	269	0, 13	112	0,05	
140	350	0,3 8	403	0,46	750	1,29	44 7	0, 58	806	1, 66	515	0,68	
130	106 0	3,2 4	1450	5,59	2260	11,9	14 00	4, 84	213 0	11 ,2	1900	7,85	
120	405 0	26, 6	5610	52,1	9780	121	45 90	36	923 0	11 0	7800	73,7	

Таблица А-9. Диапазоны 95% (м) поведенческого эффекта и приравненные к ним участки (км²) приведены в таблице для труботазглубительных работ на среднеглубинном участке (S02), основанной на горизонтальных расстояниях от источника до моделируемых максимальных по глубине порогов уровня звукового давления широкой полосы пропускания (10-20000 Гц) для февраля и августа с коррекцией по аудиограмме, применяемой для афалины, морской свиньи, сельди, хамсы, шэда и осетра.

Февраль												
дБпс	Деятельность: Заглубление труб - судно: Calamity Jane (Allseas)											
	Афалина китовый		Морская свинья китовый		Тихоокеанская сельдь		Желтоперая хамса		Американский шэд		Озерный осетр	
	R _{95%}	A _e	R _{95%}	A _e	R _{95%}	A _e	R _{95%}	A _e	R _{95%}	A _e	R _{95%}	A _e
90												
80												
75					< 50	0,01						
70			< 50	0,01	112	0,05						
60	71	0,02	180	0,1	532	0,93						
50	354	0,41	743	1,71	1930	10,7						
40	1840	8,84	3620	40,6	8680	153	< 50	0,01				

Август												
дБпс	Деятельность: Заглубление труб - судно: Calamity Jane (Allseas)											
	Афалина китовый		Морская свинья китовый		Тихоокеанская сельдь		Желтоперая хамса		Американский шэд		Озерный осетр	
	R _{95%}	A _e	R _{95%}	A _e	R _{95%}	A _e	R _{95%}	A _e	R _{95%}	A _e	R _{95%}	A _e
90												
80												
75					< 50	0,01						
70			< 50	0,01	112	0,05						
60	71	0,02	158	0,1	559	0,97						
50	354	0,38	971	2,11	1610	7,05						
40	1420	4,78	2110	10,7	6160	63,8	< 50	0,01				

Таблица А-10. Диапазоны 95% (м) поведенческого эффекта и приравненные к ним участки (км²) приведены в таблице для трубоукладочных работ (пришвартованных) на среднеглубинном участке (S02), основанной на горизонтальных расстояниях от источника до моделируемых максимальных по глубине порогов уровня звукового давления широкой полосы пропускания (10-20000 Гц) для февраля и августа с коррекцией по аудиограмме, применяемой для афалины, морской свиньи, сельди, хамсы, шэда и осетра.

Февраль												
дБпс	Деятельность: Укладка труб (пришвартованное) - судно: Castoro Sei											
	Афалина китовый		Морская свинья китовый		Тихоокеанская сельдь		Желтоперая хамса		Американский шэд		Озерный осетр	
	R _{95%}	A _e	R _{95%}	A _e	R _{95%}	A _e	R _{95%}	A _e	R _{95%}	A _e	R _{95%}	A _e
90												
80												
75			< 50	0,01	< 50	0,01						
70	< 50	0,01	100	0,03	71	0,02						
60	158	0,09	354	0,4	583	0,93						
50	721	1,66	2330	9,05	2820	17,3						
40	3660	43,5	6650	128	12600	284	< 50	0,01				

Август												
дБпс	Деятельность: Укладка труб (пришвартованное) - судно: Castoro Sei											
	Афалина китовый		Морская свинья китовый		Тихоокеанская сельдь		Желтоперая хамса		Американский шэд		Озерный осетр	
	R _{95%}	A _e	R _{95%}	A _e	R _{95%}	A _e	R _{95%}	A _e	R _{95%}	A _e	R _{95%}	A _e
90												
80												
75			< 50	0,01	< 50	0,01						
70	< 50	0,01	71	0,02	71	0,02						
60	158	0,09	781	0,74	583	0,97						
50	1080	2,7	1890	6,66	2100	11,1						
40	2980	17,1	4560	39,3	8150	99,3	< 50	0,01				

Таблица А-11. Диапазоны 95% (м) поведенческого эффекта и приравненные к ним участки (км²) приведены в таблице для трубоукладочных работ (динамическое позиционирование) на среднеглубинном участке (S02), основанной на горизонтальных расстояниях от источника до моделируемых максимальных по глубине порогов уровня звукового давления широкой полосы пропускания (10-20000 Гц) для февраля и августа с коррекцией по аудиограмме, применяемой для афалины, морской свиньи, сельди, хамсы, шэда и осетра.

Февраль												
дБпс	Деятельность: Укладка труб (динамическое позиционирование) - судно: Castoro Sei											
	Афалина китовый		Морская свинья китовый		Тихоокеанская сельдь		Желтоперая хамса		Американский шэд		Озерный осетр	
	R _{95%}	A _e	R _{95%}	A _e	R _{95%}	A _e	R _{95%}	A _e	R _{95%}	A _e	R _{95%}	A _e
90												
80			71	0,02	< 50	0,01						
75	< 50	0,01	112	0,05	71	0,02						
70	112	0,05	224	0,17	269	0,19						
60	430	0,63	1030	3,21	971	2,87						
50	2510	15,4	3900	47,9	5790	70,2						
40	6730	134	12300	345	42400	2410	71	0,02				

Август												
дБпс	Деятельность: Укладка труб (пришвартованное) - судно: Castoro Sei											
	Афалина китовый		Морская свинья китовый		Тихоокеанская сельдь		Желтоперая хамса		Американский шэд		Озерный осетр	
	R _{95%}	A _e	R _{95%}	A _e	R _{95%}	A _e	R _{95%}	A _e	R _{95%}	A _e	R _{95%}	A _e
90												
80			71	0,02	< 50							
75	< 50	0,01	112	0,05	71	0,02						
70	112	0,05	269	0,24	316	0,29						
60	901	1,11	1340	3,98	1050	3,09						
50	2240	8,81	3470	21,5	4090	27,2						
40	5320	48,1	9200	110	20500	476	71	0,02				

Таблица А-12. Диапазоны 95% (м) поведенческого эффекта и приравненные к ним участки (км²) приведены в таблице для сброса грунта на среднеглубинном участке (S02), основанной на горизонтальных расстояниях от источника до моделируемых максимальных по глубине порогов уровня звукового давления широкой полосы пропускания (10-20000 Гц) для февраля и августа с коррекцией по аудиограмме, применяемой для афалины, морской свиньи, сельди, хамсы, шэда и осетра.

Февраль												
дБпс	Деятельность: Сброс грунта - судно: Tertnes (Van Oord)											
	Афалина китовый		Морская свинья китовый		Тихоокеанская сельдь		Желтоперая хамса		Американский шэд		Озерный осетр	
	R _{95%}	A _e	R _{95%}	A _e	R _{95%}	A _e	R _{95%}	A _e	R _{95%}	A _e	R _{95%}	A _e
90			< 50	0,01								
80	71	0,02	150	0,07								
75	112	0,05	269	0,25	< 50	0,01						
70	224	0,17	602	1,15	71	0,02						
60	1110	3,71	3150	24,8	461	0,69						
50	4300	55,3	7000	144	2550	13,1						
40	11700	296	18100	723	13000	325						

Август												
дБпс	Деятельность: Сброс грунта - судно: Tertnes (Van Oord)											
	Афалина китовый		Морская свинья китовый		Тихоокеанская сельдь		Желтоперая хамса		Американский шэд		Озерный осетр	
	R _{95%}	A _e	R _{95%}	A _e	R _{95%}	A _e	R _{95%}	A _e	R _{95%}	A _e	R _{95%}	A _e
90			< 50	0,01								
80	71	0,02	150	0,07								
75	112	0,05	300	0,28	< 50	0,01						
70	250	0,2	886	1,07	71	0,02						
60	1320	4,09	1800	7,39	500	0,7						
50	3080	17,6	4830	40,8	1790	7,36						
40	7320	82,7	13800	194	7390	60,5						

Таблица А-13. Диапазоны 95% (м) поведенческого эффекта и приравненные к ним участки (км²) приведены в таблице для установки якорей на среднеглубинном участке (S02), основанной на горизонтальных расстояниях от источника до моделируемых максимальных по глубине порогов уровня звукового давления широкой полосы пропускания (10-20000 Гц) для февраля и августа с коррекцией по аудиограмме, применяемой для афалины, морской свиньи, сельди, хамсы, шэда и осетра.

Февраль												
дБпс	Деятельность: Установка якорей - судно: Norman Neptune											
	Афалина китовый		Морская свинья китовый		Тихоокеанская сельдь		Желтоперая хамса		Американский шэд		Озерный осетр	
	R _{95%}	A _e	R _{95%}	A _e	R _{95%}	A _e	R _{95%}	A _e	R _{95%}	A _e	R _{95%}	A _e
90												
80					71	0,02						
75			< 50	0,01	255	0,08						
70	< 50	0,01	100	0,03	391	0,44						
60	180	0,11	403	0,53	1350	5,04						
50	886	2,36	2660	12	6260	67,3						
40	5330	77,1	9860	228	46800	2720	112	0,05				

Август												
дБпс	Деятельность: Установка якорей - судно: Norman Neptune											
	Афалина китовый		Морская свинья китовый		Тихоокеанская сельдь		Желтоперая хамса		Американский шэд		Озерный осетр	
	R _{95%}	A _e	R _{95%}	A _e	R _{95%}	A _e	R _{95%}	A _e	R _{95%}	A _e	R _{95%}	A _e
90												
80					< 50	0,01						
75			< 50	0,01	158	0,08						
70	< 50	0,01	100	0,03	354	0,39						
60	180	0,11	412	0,49	1070	3,44						
50	1110	2,83	1470	5,17	4450	31,8						
40	2810	15,6	4730	36,5	26500	564	112	0,05				

Таблица А-14. Диапазоны 95% (м) поведенческого эффекта и приравненные к ним участки (км²) приведены в таблице для деятельности вспомогательного судна на среднеглубинном участке (S02), основанной на горизонтальных расстояниях от источника до моделируемых максимальных по глубине порогов уровня звукового давления широкой полосы пропускания (10-20000 Гц) для февраля и августа с коррекцией по аудиограмме, применяемой для афалины, морской свиньи, сельди, хамсы, шэда и осетра.

Февраль												
дБпс	Деятельность: Вспомогательные суда - судно: GSP Lyra											
	Афалина китовый		Морская свинья китовый		Тихоокеанская сельдь		Желтоперая хамса		Американский шэд		Озерный осетр	
	R _{95%}	A _e	R _{95%}	A _e	R _{95%}	A _e	R _{95%}	A _e	R _{95%}	A _e	R _{95%}	A _e
90	< 50	0,01	112	0,05								
80	212	0,15	500	0,82								
75	453	0,67	1050	3,33								
70	962	2,85	2780	15,8								
60	4070	48,3	6790	132	141	0,07						
50	11600	269	18100	703	680	1,45						
40	27000	1440	42500	3530	4310	30,2						

Август												
дБпс	Деятельность: Вспомогательные суда - судно: GSP Lyra											
	Афалина китовый		Морская свинья китовый		Тихоокеанская сельдь		Желтоперая хамса		Американский шэд		Озерный осетр	
	R _{95%}	A _e	R _{95%}	A _e	R _{95%}	A _e	R _{95%}	A _e	R _{95%}	A _e	R _{95%}	A _e
90	< 50	0,01	112	0,05								
80	212	0,15	828	0,71								
75	461	0,58	1250	3,76								
70	1210	3,48	1510	6,55								
60	2400	14,4	3870	35,8	112	0,05						
50	5840	77,1	9960	156	922	1,65						
40	19900	380	28600	1050	2360	9,81						

А.1.3. Суда, работающие на глубоководном участке (S03)

Таблица А-15. Диапазоны 95% (м) поведенческого эффекта и приравненные к ним участки (км²) приведены в таблице для неоткорректированных радиусов rms SPL глубоководного участка (S03) для определенных моделируемых максимальных по глубине порогов уровня звукового давления широкой полосы пропускания (10-20000 Гц) в феврале и августе в отношении источников деятельности шести отдельных судов.

rms SPL (дБ относительно 1 мкПа)	Февраль						Август					
	Прокладка трубопровода;		Вспомогательный буксир		Вспомогательные суда		Прокладка трубопровода;		Вспомогательный буксир		Вспомогательные суда	
	R _{95%}	A _e	R _{95%}	A _e	R _{95%}	A _e	R _{95%}	A _e	R _{95%}	A _e	R _{95%}	A _e
180												
170												
160	< 50	0,01					< 50	0,01				
150	158	0,09	112	0,05	112	0,05	158	0,09	112	0,05	112	
140	552	1,01	427	0,6	391	0,49	608	1,24	461	0,69	427	
130	4430	43,8	1320	5,79	3280	28,3	2280	17,2	1480	7,27	1580	
120	34900	3140	9940	244	15200	676	11700	449	8000	208	5700	

Таблица А-16. Диапазоны 95% (м) поведенческого эффекта и приравненные к ним участки (км²) приведены в таблице для трубоукладочных работ на глубоководном участке (S03), основанной на горизонтальных расстояниях от источника до моделируемых максимальных по глубине порогов уровня звукового давления широкой полосы пропускания (10-20000 Гц) для февраля и августа с коррекцией по аудиограмме, применяемой для афалины, морской свиньи, сельди, хамсы, шэда и осетра.

Февраль												
дБпс	Деятельность: Прокладка труб - суда: Saipem 7000, Castorone											
	Афалина китовый		Морская свинья китовый		Тихоокеанская сельдь		Желтоперая хамса		Американский шэд		Озерный осетр	
	R _{95%}	A _e	R _{95%}	A _e	R _{95%}	A _e	R _{95%}	A _e	R _{95%}	A _e	R _{95%}	A _e
90												
80	< 50	0,01	112	0,05	71	0,02						
75	112	0,05	224	0,17	141	0,06						
70	200	0,12	381	0,48	255	0,22						
60	610	1,26	2450	8,09	814	2,21						
50	3620	40,1	6430	137	6360	107						
40	11100	373	21600	1510	58500	8750	112	0,05				

Август												
дБпс	Деятельность: Прокладка труб - суда: Saipem 7000, Castorone											
	Афалина китовый		Морская свинья китовый		Тихоокеанская сельдь		Желтоперая хамса		Американский шэд		Озерный осетр	
	R _{95%}	A _e	R _{95%}	A _e	R _{95%}	A _e	R _{95%}	A _e	R _{95%}	A _e	R _{95%}	A _e
90												
80	< 50	0,01	112	0,05	71	0,02						
75	112	0,05	224	0,17	141	0,06						
70	200	0,12	427	0,6	269	0,24						
60	707	1,64	1450	6,99	901	2,66						
50	3590	23,2	5980	53,9	2980	29,3						
40	8120	129	12000	272	12900	540	112	0,05				

Таблица А-17. Диапазоны 95% (м) поведенческого эффекта и приравненные к ним участки (км²) приведены в таблице для деятельности вспомогательного буксира на глубоководном участке (S03), основанной на горизонтальных расстояниях от источника до моделируемых максимальных по глубине порогов уровня звукового давления широкой полосы пропускания (10-20000 Гц) для февраля и августа с коррекцией по аудиограмме, применяемой для афалины, морской свиньи, сельди, хамсы, шэда и осетра.

Февраль												
дБпс	Деятельность: Вспомогательный буксир - судно: Norman Neptune											
	Афалина китовый		Морская свинья китовый		Тихоокеанская сельдь		Желтоперая хамса		Американский шэд		Озерный осетр	
	R _{95%}	A _e	R _{95%}	A _e	R _{95%}	A _e	R _{95%}	A _e	R _{95%}	A _e	R _{95%}	A _e
90												
80					71	0,02						
75			< 50	0,01	112	0,05						
70	< 50	0,01	100	0,03	212	0,15						
60	180	0,11	320	0,34	680	1,52						
50	570	1,09	1010	3,42	2120	14,9						
40	4920	68,2	9520	227	26200	1460	100	0,03				

Август												
дБпс	Деятельность: Вспомогательный буксир - судно: Norman Neptune											
	Афалина китовый		Морская свинья китовый		Тихоокеанская сельдь		Желтоперая хамса		Американский шэд		Озерный осетр	
	R _{95%}	A _e	R _{95%}	A _e	R _{95%}	A _e	R _{95%}	A _e	R _{95%}	A _e	R _{95%}	A _e
90												
80					< 50	0,01						
75			< 50	0,01	112	0,05						
70	< 50	0,01	71	0,02	224	0,17						
60	158	0,09	320	0,34	738	1,77						
50	671	1,48	1220	4,92	2360	18,4						
40	4160	26,1	5990	61,8	10200	342	100	0,03				

Таблица А-18. Диапазоны 95% (м) поведенческого эффекта и приравненные к ним участки (км²) приведены в таблице для деятельности вспомогательного судна на глубоководном участке (S03), основанной на горизонтальных расстояниях от источника до моделируемых максимальных по глубине порогов уровня звукового давления широкой полосы пропускания (10-20000 Гц) для февраля и августа с коррекцией по аудиограмме, применяемой для афалины, морской свиньи, сельди, хамсы, шэда и осетра.

Февраль												
дБпс	Деятельность: Вспомогательное судно - судно: GSP Lyra											
	Афалина китовый		Морская свинья китовый		Тихоокеанская сельдь		Желтоперая хамса		Американский шэд		Озерный осетр	
	R _{95%}	A _e	R _{95%}	A _e	R _{95%}	A _e	R _{95%}	A _e	R _{95%}	A _e	R _{95%}	A _e
90	< 50	0,01	112	0,05								
80	206	0,14	381	0,48								
75	354	0,42	673	1,5								
70	618	1,27	3010	10,5								
60	3620	38,7	6460	134	141	0,06						
50	10900	340	18100	1010	461	0,69						
40	27000	2230	42500	5630	1420	6,71						

Август												
дБпс	Деятельность: Вспомогательное судно - судно: GSP Lyra											
	Афалина китовый		Морская свинья китовый		Тихоокеанская сельдь		Желтоперая хамса		Американский шэд		Озерный осетр	
	R _{95%}	A _e	R _{95%}	A _e	R _{95%}	A _e	R _{95%}	A _e	R _{95%}	A _e	R _{95%}	A _e
90	< 50	0,01	112	0,05								
80	206	0,14	412	0,58								
75	381	0,48	781	2,01								
70	700	1,61	1370	6,18								
60	2300	17,5	3710	41,8	112	0,05						
50	5690	107	9240	228	515	0,89						
40	13400	496	13800	560	1760	10.2						

А.2. Гидролокатор бокового обзора

А.2.1. Гидролокатор бокового обзора, работающий на участке мелководья (S01)

Таблица А-19. Диапазоны 95% (м) поведенческого эффекта и приравненные к ним участки (км²) приведены в таблице для неоткорректированных радиусов rms SPL участка мелководья (S01) и средне- и высокочастотной коррекции Типа I для моделируемых максимальных по глубине порогов уровня звукового давления узкой полосы пропускания (1 Гц при 75 кГц) в феврале и августе в отношении гидролокатора бокового обзора Edgetech Full Spectrum Chirp.

Февраль						
rms SPL (дБ относит ельно 1 мкПа)	Неоткорректированны й		Средняя частота Тип I		Высокая частота Тип I	
	R _{95%}	A _e	R _{95%}	A _e	R _{95%}	A _e
180	4	0,0000785	4	0,0000785	4	0,0000785
170	74	0,000254	37	0,000154	64	0,000201
160	255	0,00166	218	0,00113	225	0,00126
150	482	0,00754	442	0,00581	449	0,00608
140	722	0,029	683	0,0232	690	0,0243
130	919	0,118	897	0,091	902	0,0951
120	976	0,461	979	0,372	977	0,387

Август						
rms SPL (дБ относит ельно 1 мкПа)	Неоткорректированны й		Средняя частота Тип I		Высокая частота Тип I	
	R _{95%}	A _e	R _{95%}	A _e	R _{95%}	A _e
180	4	0,0000785	4	0,0000785	4	0,0000785
170	74	0,000254	37	0,000154	47	0,000201
160	262	0,00166	220	0,00113	228	0,00126
150	497	0,00785	461	0,00608	468	0,00636
140	732	0,0296	692	0,0232	699	0,0243
130	942	0,117	912	0,0908	922	0,0951
120	987	0,473	984	0,385	983	0,403

А.2.2. Гидролокатор бокового обзора, работающий на среднеглубинном участке (S02)

Таблица А-20. Диапазоны 95% (м) поведенческого эффекта и приравненные к ним участки (км²) приведены в таблице для неоткорректированных радиусов rms SPL среднеглубинного участка (S02) и средне- и высокочастотной коррекции Типа I для моделируемых максимальных по глубине порогов уровня звукового давления узкой полосы пропускания (1 Гц при 75 кГц) в феврале и августе в отношении гидролокатора бокового обзора Edgetech Full Spectrum Chirp.

Февраль						
rms SPL (дБ относит ельно 1 мкПа)	Неоткорректированны й		Средняя частота Тип I		Высокая частота Тип I	
	R _{95%}	A _e	R _{95%}	A _e	R _{95%}	A _e
180	4	0,0000785	4	0,0000785	4	0,0000785
170	62	0,000201	50	0,000201	52	0,000201
160	162	0,000908	136	0,000707	141	0,000707
150	335	0,00407	294	0,00302	298	0,00322
140	574	0,0181	535	0,0141	541	0,0150
130	791	0,0670	756	0,0539	764	0,0564
120	954	0,229	930	0,189	935	0,195

Август						
rms SPL (дБ относит ельно 1 мкПа)	Неоткорректированны й		Средняя частота Тип I		Высокая частота Тип I	
	R _{95%}	A _e	R _{95%}	A _e	R _{95%}	A _e
180	4	0,0000785	4	0,0000785	4	0,0000785
170	65	0,000254	50	0,000201	52	0,000201
160	165	0,000908	136	0,000707	141	0,000707
150	335	0,00407	301	0,00322	308	0,00342
140	569	0,0177	528	0,0141	538	0,0145
130	873	0,0688	834	0,0547	843	0,0573
120	1010	0,229	983	0,190	991	0,196

А.2.3. Гидролокатор бокового обзора, работающий на глубоководном участке (S03)

Таблица А-21. Диапазоны 95% (м) поведенческого эффекта и приравненные к ним участки (км²) приведены в таблице для неоткорректированных радиусов rms SPL глубоководного участка (S03) и средне- и высокочастотной коррекции Типа I для моделируемых максимальных по глубине порогов уровня звукового давления узкой полосы пропускания (1 Гц при 75 кГц) в феврале и августе в отношении гидролокатора бокового обзора Edgetech Full Spectrum Chirp.

Февраль						
rms SPL (дБ относит ельно 1 мкПа)	Неоткорректированны й		Средняя частота Тип I		Высокая частота Тип I	
	R _{95%}	A _e	R _{95%}	A _e	R _{95%}	A _e
180	4	0,0000785	4	0,0000785	4	0,0000785
170	37	0,000154	28	0,000113	28	0,000113
160	131	0,000616	115	0,000531	118	0,000531
150	290	0,00322	261	0,00229	266	0,00246
140	490	0,0129	451	0,0102	460	0,0106
130	713	0,0491	673	0,0394	683	0,0408
120	904	0,176	877	0,141	883	0,148

Август						
rms SPL (дБ относит ельно 1 мкПа)	Неоткорректированны й		Средняя частота Тип I		Высокая частота Тип I	
	R _{95%}	A _e	R _{95%}	A _e	R _{95%}	A _e
180	4	0,0000785	4	0,0000785	4	0,0000785
170	37	0,000154	28	0,000113	28	0,000113
160	131	0,000616	115	0,000531	118	0,000531
150	290	0,00322	260	0,00229	266	0,00246
140	489	0,0129	450	0,00985	459	0,0106
130	712	0,0491	673	0,0387	682	0,0408
120	904	0,175	876	0,141	882	0,148

А.3. Поле мгновенного акустического давления группы судов

Таблица А-22. Диапазоны 95% (м) поведенческого эффекта и приравненные к ним участки (км²) приведены в таблице для неоткорректированных радиусов rms SPL для определенных и моделируемых максимальных по глубине порогов уровня звукового давления широкой полосы пропускания (10-20000 Гц) в феврале и августе в отношении сценариев группы 10 судов.

rms SPL (дБ относительно 1 мкПа)	Февраль									
	VG01		VG02		VG03		VG04		VG05	
	R _{95%}	A _e	R _{95%}	A _e	R _{95%}	A _e	R _{95%}	A _e	R _{95%}	A _e
180	283		283		112		700	0,01	566	0,01
170	283		283		112		700	0,01	566	0,01
160	283		283	0,01	180	0,05	700	0,01	566	0,01
150	403	0,3	361	0,18	522	0,78	702	0,1	750	0,53
140	1300	4,29	1030	2,58	1990	8,38	1000	2,98	1360	5,37
130	5320	48	3760	23,2	8440	107	4890	52,4	6160	72,3
120	23700	734	14900	280	46700	2320	31400	1630	45300	2870

rms SPL (дБ относительно 1 мкПа)	Февраль									
	VG06		VG07		VG08		VG09		VG10	
	R _{95%}	A _e	R _{95%}	A _e	R _{95%}	A _e	R _{95%}	A _e	R _{95%}	A _e
180	566	0,01	316		316		400		283	
170	566	0,01	316		316		700	0,01	500	0,01
160	566	0,01	316		316		700	0,02	500	0,02
150	552	0,16	364	0,05	364	0,06	700	0,18	453	0,23
140	1020	3,12	776	1,22	765	1,25	800	1,8	820	1,86
130	5530	68	2500	16,4	3300	23,4	4500	60,4	6420	132
120	25300	1190	12900	291	17700	475	42800	4710	44300	5080

Таблица А-23. Диапазоны 95% (м) поведенческого эффекта и приравненные к ним участки (км²) приведены в таблице для неоткорректированных радиусов rms SPL для определенных и моделируемых максимальных по глубине порогов уровня звукового давления широкой полосы пропускания (10-20000 Гц) в августе в отношении сценариев группы 10 судов.

rms SPL (дБ относительно 1 мкПа)	Август									
	VG01		VG02		VG03		VG04		VG05	
	R _{95%}	A _e	R _{95%}	A _e	R _{95%}	A _e	R _{95%}	A _e	R _{95%}	A _e
180	283		283		112		700	0,01	566	0,01
170	283		283		112		700	0,01	566	0,01
160	283		283	0,01	180	0,05	700	0,01	566	0,01
150	391	0,28	361	0,17	472	0,62	702	0,1	752	0,45
140	1150	3,26	955	2,04	1640	5,72	1040	3,05	1330	4,36
130	3660	22,3	2890	13,9	5100	40,6	2990	20,5	4300	32,6
120	10300	150	7860	90,1	12200	204	16500	270	24700	556

rms SPL (дБ относительно 1 мкПа)	Август									
	VG06		VG07		VG08		VG09		VG10	
	R _{95%}	A _e	R _{95%}	A _e	R _{95%}	A _e	R _{95%}	A _e	R _{95%}	A _e
180	566	0,01	316		316		400		283	
170	566	0,01	316		316		700	0,01	500	0,01
160	566	0,01	316		316		700	0,02	500	0,02
150	550	0,13	381	0,05	412	0,06	700	0,17	453	0,23
140	1120	3,1	820	1,22	873	1,33	856	2,17	901	2,35
130	2770	19,3	1820	8,64	1950	10	2710	23,9	2930	28,2
120	15000	195	7780	81	8720	90,7	12300	500	12600	518

А.3.1. Сценарий VG01: Дноуглубительные работы на участке выхода из микротоннеля и переходной траншеи

Таблица А-24. Диапазоны 95% (м) поведенческого эффекта и приравненные к ним участки (км²) приведены в таблице для дноуглубительных работ на участке выхода из микротоннеля и переходной траншеи на участке мелководья (S01), основанной на горизонтальных расстояниях от источника до моделируемых максимальных по глубине порогов уровня звукового давления широкой полосы пропускания (10-20000 Гц) для февраля и августа с коррекцией по аудиограмме, применяемой для афалины, морской свиньи, сельди, хамсы, шэда и осетра.

Февраль												
ДБпс	Деятельность: Дноуглубительные работы на участке выхода из микротоннеля и переходной траншеи											
	Афалина китовый		Морская свинья китовый		Тихоокеанская сельдь		Желтоперая хамса		Американский шэд		Озерный осетр	
	R _{95%}	A _e	R _{95%}	A _e	R _{95%}	A _e	R _{95%}	A _e	R _{95%}	A _e	R _{95%}	A _e
90	283		283	0,02	283							
80	112	0,05	427	0,54	320	0,05						
75	354	0,35	806	2,04	391	0,21						
70	707	1,58	1400	5,24	604	0,92	283					
60	2170	10,9	3360	23,1	2150	9,61	283				283	
50	5320	52,8	7520	99,4	8820	121	283		283		283	
40	14300	294	21100	671	49600	2720	361	0,17	283		283	

Август												
ДБпс	Деятельность: Дноуглубительные работы на участке выхода из микротоннеля и переходной траншеи											
	Афалина китовый		Морская свинья китовый		Тихоокеанская сельдь		Желтоперая хамса		Американский шэд		Озерный осетр	
	R _{95%}	A _e	R _{95%}	A _e	R _{95%}	A _e	R _{95%}	A _e	R _{95%}	A _e	R _{95%}	A _e
90	283		283	0,02	283							
80	255	0,06	585	0,67	320	0,04						
75	381	0,44	982	2,16	391	0,2						
70	875	1,71	1520	5,16	552	0,76	283					
60	2090	8,93	3090	18	1690	6,27	283				283	
50	4430	34,5	5890	60,7	5510	46,4	283		283		283	
40	8450	115	11800	202	14800	260	361	0,16	283		283	

А.3.2. Сценарий VG02: Стационарная укладка труб на Площадке 1

Таблица А-25. Диапазоны 95% (м) поведенческого эффекта и приравненные к ним участки (км²) приведены в таблице для стационарных трубоукладочных работ на участке мелководья (S01), основанной на горизонтальных расстояниях от источника до моделируемых максимальных по глубине порогов уровня звукового давления широкой полосы пропускания (10-20000 Гц) для февраля и августа с коррекцией по аудиограмме, применяемой для афалины, морской свиньи, сельди, хамсы, шэда и осетра.

Февраль												
дБпс	Деятельность: Стационарная прокладка труб на Площадке 1											
	Афалина китовый		Морская свинья китовый		Тихоокеанская сельдь		Желтоперая хамса		Американский шэд		Озерный осетр	
	R _{95%}	A _e	R _{95%}	A _e	R _{95%}	A _e	R _{95%}	A _e	R _{95%}	A _e	R _{95%}	A _e
90	283		283		283	0,01						
80	283	0,01	283	0,01	283	0,01						
75	283	0,01	283	0,01	335	0,14						
70	283	0,01	320	0,04	472	0,56						
60	403	0,4	652	1,23	1660	5,94	283					
50	1560	5,53	2380	12,4	6620	66,2	283	0,01	283		283	
40	7030	79,9	10200	163	31900	1030	320	0,08	283	0,01	283	0,01

Август												
дБпс	Деятельность: Стационарная прокладка труб на Площадке 1											
	Афалина китовый		Морская свинья китовый		Тихоокеанская сельдь		Желтоперая хамса		Американский шэд		Озерный осетр	
	R _{95%}	A _e	R _{95%}	A _e	R _{95%}	A _e	R _{95%}	A _e	R _{95%}	A _e	R _{95%}	A _e
90	283		283		283	0,01						
80	283	0,01	283	0,01	283	0,01						
75	283	0,01	283	0,01	354	0,12						
70	283	0,01	250	0,04	461	0,49						
60	403	0,31	652	1,04	1410	4,21	283					
50	1320	3,79	2060	8,45	4360	29,3	283	0,01	283		283	
40	4030	26,9	5450	49,6	10900	164	320	0,07	283	0,01	283	0,01

А.3.3. Сценарий VG03: Прокладка труб с задействованным буксиром для установки якорей на Площадке 1

Таблица А-26. Диапазоны 95% (м) поведенческого эффекта и приравненные к ним участки (км²) приведены в таблице для укладки труб с активной установкой якорей на участке мелководья (S01), основанной на горизонтальных расстояниях от источника до моделируемых максимальных по глубине порогов уровня звукового давления широкой полосы пропускания (10-20000 Гц) для февраля и августа с коррекцией по аудиограмме, применяемой для афалины, морской свиньи, сельди, хамсы, шэда и осетра.

Февраль												
ДБпс	Деятельность: Прокладка труб с установкой якорей на Площадке 1											
	Афалина китовый		Морская свинья китовый		Тихоокеанская сельдь		Желтоперая хамса		Американский шэд		Озерный осетр	
	R _{95%}	A _e	R _{95%}	A _e	R _{95%}	A _e	R _{95%}	A _e	R _{95%}	A _e	R _{95%}	A _e
90	112		112		112							
80	112		150	0,01	250	0,14						
75	150	0,01	200	0,05	453	0,6						
70	206	0,08	335	0,3	922	2,29	112					
60	850	1,84	1330	4,56	3230	18,5	112				112	
50	3490	22,2	5080	46,3	13300	229	150	0,01	112		112	
40	19300	438	28300	983	94100	8100	381	0,4	112		150	0,01

Август												
ДБпс	Деятельность: Прокладка труб с установкой якорей на Площадке 1											
	Афалина китовый		Морская свинья китовый		Тихоокеанская сельдь		Желтоперая хамса		Американский шэд		Озерный осетр	
	R _{95%}	A _e	R _{95%}	A _e	R _{95%}	A _e	R _{95%}	A _e	R _{95%}	A _e	R _{95%}	A _e
90	112		112		112							
80	112		150	0,01	250	0,14						
75	150	0,01	180	0,05	427	0,49						
70	200	0,06	316	0,26	873	1,85	112					
60	757	1,35	1190	3,37	2690	12,4	112				112	
50	2470	11,4	3620	22,8	7490	81,6	150	0,01	112		112	
40	6350	65,2	8420	110	22000	470	354	0,32	112		150	0,01

А.3.4. Сценарий VG04: Прокладка труб с системой динамического позиционирования на Площадке 2.

Таблица А-27. Диапазоны 95% (м) поведенческого эффекта и приравненные к ним участки (км²) приведены в таблице для укладки труб с динамическим позиционированием на участке мелководья (S01), основанной на горизонтальных расстояниях от источника до моделируемых максимальных по глубине порогов уровня звукового давления широкой полосы пропускания (10-20000 Гц) для февраля и августа с коррекцией по аудиограмме, применяемой для афалины, морской свиньи, сельди, хамсы, шэда и осетра.

Февраль												
ДБпс	Деятельность: Прокладка труб с динамическим позиционированием на Площадке 2											
	Афалина китовый		Морская свинья китовый		Тихоокеанская сельдь		Желтоперая хамса		Американский шэд		Озерный осетр	
	R _{95%}	A _e	R _{95%}	A _e	R _{95%}	A _e	R _{95%}	A _e	R _{95%}	A _e	R _{95%}	A _e
90	700	0,01	700	0,01	700	0,01						
80	700	0,01	566	0,03	700	0,02						
75	700	0,02	566	0,06	702	0,08						
70	566	0,06	550	0,22	652	0,79						
60	636	0,97	1140	3,99	1650	7,71	700	0,01				
50	2910	22,5	4370	58,9	7500	130	700	0,01	700	0,01	700	0,01
40	7750	170	15500	522	76100	7670	602	0,06	700	0,01	700	0,01

Август												
ДБпс	Деятельность: Прокладка труб с динамическим позиционированием на Площадке 2											
	Афалина китовый		Морская свинья китовый		Тихоокеанская сельдь		Желтоперая хамса		Американский шэд		Озерный осетр	
	R _{95%}	A _e	R _{95%}	A _e	R _{95%}	A _e	R _{95%}	A _e	R _{95%}	A _e	R _{95%}	A _e
90	700	0,01	700	0,01	700	0,01						
80	700	0,01	566	0,03	700	0,02						
75	700	0,02	566	0,06	702	0,07						
70	566	0,06	602	0,32	658	0,85						
60	901	1,44	1390	4,35	1430	5,91	700	0,01				
50	2260	10,5	3590	23,7	5420	51,1	700	0,01	700	0,01	700	0,01
40	5490	56,5	9400	127	35500	1540	602	0,06	700	0,01	700	0,01

А.3.5. Сценарий VG05: Прокладка трубопровода с буксирами для установки якорей на Площадке 2

Таблица А-28. Диапазоны 95% (м) поведенческого эффекта и приравненные к ним участки (км²) приведены в таблице для работы буксиров по установке якорей на участке мелководья (S01), основанной на горизонтальных расстояниях от источника до моделируемых максимальных по глубине порогов уровня звукового давления широкой полосы пропускания (10-20000 Гц) для февраля и августа с коррекцией по аудиограмме, применяемой для афалины, морской свиньи, сельди, хамсы, шэда и осетра.

Февраль												
ДБпс	Деятельность: Прокладка труб с буксирами по установке якорей на Площадке 2											
	Афалина китовый		Морская свинья китовый		Тихоокеанская сельдь		Желтоперая хамса		Американский шэд		Озерный осетр	
	R _{95%}	A _e	R _{95%}	A _e	R _{95%}	A _e	R _{95%}	A _e	R _{95%}	A _e	R _{95%}	A _e
90	566	0,01	566	0,01	566	0,01						
80	566	0,01	566	0,01	552	0,05						
75	566	0,01	550	0,04	652	0,32	500					
70	550	0,04	600	0,14	854	1,47	500					
60	658	0,63	943	2,37	2190	14,3	566	0,01	500		500	
50	2380	14,2	4100	51,9	11600	217	566	0,01	566	0,01	566	0,01
40	9500	235	21000	790	96400	13800	602	0,19	566	0,01	566	0,01

Август												
ДБпс	Деятельность: Прокладка труб с буксирами по установке якорей на Площадке 2											
	Афалина китовый		Морская свинья китовый		Тихоокеанская сельдь		Желтоперая хамса		Американский шэд		Озерный осетр	
	R _{95%}	A _e	R _{95%}	A _e	R _{95%}	A _e	R _{95%}	A _e	R _{95%}	A _e	R _{95%}	A _e
90	566	0,01	566	0,01	566	0,01						
80	566	0,01	566	0,01	550	0,03						
75	566	0,01	550	0,04	652	0,28	500					
70	550	0,04	600	0,11	814	1,31	500					
60	667	0,69	1050	2,72	1750	8,46	566	0,01	500		500	
50	1750	6,91	2450	14,6	6650	75,1	566	0,01	566	0,01	566	0,01
40	5000	47,1	8990	104	59800	3160	602	0,16	566	0,01	566	0,01

А.3.6. Сценарий VG06: Смена экипажа (укладка трубопровода) на Площадке 2

Таблица А-29. Диапазоны 95% (м) поведенческого эффекта и приравненные к ним участки (км²) приведены в таблице для смены экипажа (укладка труб) на участке мелководья (S02), основанной на горизонтальных расстояниях от источника до моделируемых максимальных по глубине порогов уровня звукового давления широкой полосы пропускания (10-20000 Гц) для февраля и августа с коррекцией по аудиограмме, применяемой для афалины, морской свиньи, сельди, хамсы, шэда и осетра.

Февраль												
ДБпс	Деятельность: Смена экипажа (прокладка труб) на Площадке 2											
	Афалина китовый		Морская свинья китовый		Тихоокеанская сельдь		Желтоперая хамса		Американский шэд		Озерный осетр	
	R _{95%}	A _e	R _{95%}	A _e	R _{95%}	A _e	R _{95%}	A _e	R _{95%}	A _e	R _{95%}	A _e
90	566	0,02	500	0,06	566	0,01						
80	495	0,16	721	0,84	566	0,01						
75	680	0,68	1170	3,37	602	0,05						
70	1090	2,9	2890	16,1	602	0,32						
60	4110	48,9	6950	134	1280	5,08	566	0,01				
50	11800	278	18300	722	5900	65,7	566	0,01	566	0,01	566	0,01
40	27700	1540	45000	3840	40300	2340	602	0,05	566	0,01	566	0,01

Август												
ДБпс	Деятельность: Смена экипажа (прокладка труб) на Площадке 2											
	Афалина китовый		Морская свинья китовый		Тихоокеанская сельдь		Желтоперая хамса		Американский шэд		Озерный осетр	
	R _{95%}	A _e	R _{95%}	A _e	R _{95%}	A _e	R _{95%}	A _e	R _{95%}	A _e	R _{95%}	A _e
90	566	0,02	500	0,06	566	0,01						
80	495	0,16	763	0,74	566	0,01						
75	716	0,6	1480	3,8	602	0,05						
70	1430	3,52	1690	6,64	610	0,31						
60	2510	14,5	4030	36,3	1180	4,13	566	0,01				
50	6050	78,4	10200	159	4240	31,7	566	0,01	566	0,01	566	0,01
40	20100	403	29700	1100	23100	499	602	0,05	566	0,01	566	0,01

А.3.7. Сценарий VG07: Дноуглубительные работы по коррекции свободных пролетов на Площадке 2

Таблица А-30. Диапазоны 95% (м) поведенческого эффекта и приравненные к ним участки (км²) приведены в таблице для дноуглубительных работ в целях корректировки свободных пролетов на участке мелководья (S02), основанной на горизонтальных расстояниях от источника до моделируемых максимальных по глубине порогов уровня звукового давления широкой полосы пропускания (10-20000 Гц) для февраля и августа с коррекцией по аудиограмме, применяемой для афалины, морской свиньи, сельди, хамсы, шэда и осетра.

Февраль												
дБпс	Деятельность: Дноуглубительные работы для корректировки свободных пролетов на Площадке 2											
	Афалина китовый		Морская свинья китовый		Тихоокеанская сельдь		Желтоперая хамса		Американский шэд		Озерный осетр	
	R _{95%}	A _e	R _{95%}	A _e	R _{95%}	A _e	R _{95%}	A _e	R _{95%}	A _e	R _{95%}	A _e
90	316		316		316							
80	316		316		364	0,01						
75	316		316		364	0,04						
70	316		364	0,04	585	0,39	316					
60	403	0,11	510	0,39	1110	3,52	316				316	
50	838	1,67	1550	7,27	5390	48	316		316		316	
40	4020	49,6	7340	150	32800	1390	364	0,04	316		316	

Август												
дБпс	Деятельность: Дноуглубительные работы для корректировки свободных пролетов на Площадке 2											
	Афалина китовый		Морская свинья китовый		Тихоокеанская сельдь		Желтоперая хамса		Американский шэд		Озерный осетр	
	R _{95%}	A _e	R _{95%}	A _e	R _{95%}	A _e	R _{95%}	A _e	R _{95%}	A _e	R _{95%}	A _e
90	316		316		316							
80	316		316		364	0,01						
75	316		316		364	0,04						
70	316		364	0,04	585	0,36	316					
60	403	0,1	541	0,38	1180	2,77	316				316	
50	1060	1,57	1600	4,92	3570	22,4	316		316		316	
40	2260	11,4	3930	28,1	18500	266	364	0,04	316		316	

А.3.8. Сценарий VG08: Укладка грунта на неровных участках морского дна для пересечения кабелей на Площадке 2

Таблица А-31. Диапазоны 95% (м) поведенческого эффекта и приравненные к ним участки (км²) приведены в таблице для сброса грунта для кабельных пересечений на участке мелководья (S02), основанной на горизонтальных расстояниях от источника до моделируемых максимальных по глубине порогов уровня звукового давления широкой полосы пропускания (10-20000 Гц) для февраля и августа с коррекцией по аудиограмме, применяемой для афалины, морской свиньи, сельди, хамсы, шэда и осетра.

Февраль												
ДБпс	Деятельность: Сброс грунта для кабельных пересечений на Площадке 2											
	Афалина китовый		Морская свинья китовый		Тихоокеанская сельдь		Желтоперая хамса		Американский шэд		Озерный осетр	
	R _{95%}	A _e	R _{95%}	A _e	R _{95%}	A _e	R _{95%}	A _e	R _{95%}	A _e	R _{95%}	A _e
90	316		316	0,01	316							
80	316	0,02	150	0,08	364	0,01						
75	112	0,05	304	0,27	364	0,04						
70	292	0,19	602	1,18	585	0,34	316					
60	1130	3,89	3150	26,1	1080	3,3	316				316	
50	4430	58,6	7170	149	5550	54	316		316		316	
40	12100	335	20900	838	35400	1790	381	0,02	316		316	

Август												
ДБпс	Деятельность: Сброс грунта для кабельных пересечений на Площадке 2											
	Афалина китовый		Морская свинья китовый		Тихоокеанская сельдь		Желтоперая хамса		Американский шэд		Озерный осетр	
	R _{95%}	A _e	R _{95%}	A _e	R _{95%}	A _e	R _{95%}	A _e	R _{95%}	A _e	R _{95%}	A _e
90	316		316	0,01	316							
80	316	0,02	150	0,08	364	0,01						
75	112	0,05	316	0,3	364	0,04						
70	292	0,22	894	1,11	585	0,34	316					
60	1350	4,15	1810	7,56	1190	3	316				316	
50	3120	18,3	4850	42,1	3420	21,6	316		316		316	
40	7760	87,3	14700	208	18500	255	381	0,02	316		316	

А.3.9. Сценарий VG09: Укладка труб (J-Lay - метод укладки с вертикальным наращиванием)на участке 3

Таблица А-32. Диапазоны 95% (м) поведенческого эффекта и приравненные к ним участки (км²) приведены в таблице для трубоукладочных работ (J-Lay - метод укладки с вертикальным наращиванием)на участке мелководья (S03), основанной на горизонтальных расстояниях от источника до моделируемых максимальных по глубине порогов уровня звукового давления широкой полосы пропускания (10-20000 Гц) для февраля и августа с коррекцией по аудиограмме, применяемой для афалины, морской свиньи, сельди, хамсы, шэда и осетра.

Февраль												
ДБпс	Деятельность: Укладка труб (J-Lay - метод укладки с вертикальным наращиванием)на участке 3											
	Афалина китовый		Морская свинья китовый		Тихоокеанская сельдь		Желтоперая хамса		Американский шэд		Озерный осетр	
	R _{95%}	A _e	R _{95%}	A _e	R _{95%}	A _e	R _{95%}	A _e	R _{95%}	A _e	R _{95%}	A _e
90	700	0,01	700	0,01	700	0,01						
80	700	0,02	500	0,06	500	0,04						
75	500	0,06	400	0,19	702	0,12						
70	403	0,16	461	0,57	600	0,46						
60	667	1,45	2670	10,7	1100	3,79	700	0,01				
50	3720	44,3	6580	143	9540	169	700	0,01	400		700	0,01
40	12500	506	24800	1990	72300	13600	501	0,09	700	0,01	700	0,01

Август												
ДБпс	Деятельность: Укладка труб (J-Lay - метод укладки с вертикальным наращиванием)на участке 3											
	Афалина китовый		Морская свинья китовый		Тихоокеанская сельдь		Желтоперая хамса		Американский шэд		Озерный осетр	
	R _{95%}	A _e	R _{95%}	A _e	R _{95%}	A _e	R _{95%}	A _e	R _{95%}	A _e	R _{95%}	A _e
90	700	0,01	700	0,01	700	0,01						
80	700	0,02	500	0,06	500	0,04						
75	500	0,06	403	0,19	702	0,12						
70	403	0,16	474	0,68	602	0,51						
60	750	1,83	1480	7,22	1200	4,48	700	0,01				
50	3590	23,6	5380	58,7	3760	46,6	700	0,01	400		700	0,01
40	8120	143	12000	339	14600	698	501	0,09	700	0,01	700	0,01

А.3.10. Сценарий VG10: Смена экипажа (укладка трубопровода) на Площадке 3

Таблица А-33. Диапазоны 95% (м) поведенческого эффекта и приравненные к ним участки (км²) приведены в таблице для смены экипажа (укладка труб) на участке мелководья (S03), основанной на горизонтальных расстояниях от источника до моделируемых максимальных по глубине порогов уровня звукового давления широкой полосы пропускания (10-20000 Гц) для февраля и августа с коррекцией по аудиограмме, применяемой для афалины, морской свиньи, сельди, хамсы, шэда и осетра.

Февраль												
ДБпс	Деятельность: Смена экипажа (прокладка труб) на Площадке 3											
	Афалина китовый		Морская свинья китовый		Тихоокеанская сельдь		Желтоперая хамса		Американский шэд		Озерный осетр	
	R _{95%}	A _e	R _{95%}	A _e	R _{95%}	A _e	R _{95%}	A _e	R _{95%}	A _e	R _{95%}	A _e
90	500	0,02	400	0,07	500	0,01						
80	461	0,18	626	0,56	400	0,03						
75	602	0,49	906	1,67	501	0,1						
70	856	1,44	3040	13,9	501	0,38						
60	4610	44,2	6770	146	966	2,93	500	0,01				
50	12000	386	20200	1170	6510	138	500	0,01	283		500	0,01
40	29900	2650	48200	7290	63400	11000	501	0,07	500	0,01	500	0,01

Август												
ДБпс	Деятельность: Смена экипажа (прокладка труб) на Площадке 3											
	Афалина китовый		Морская свинья китовый		Тихоокеанская сельдь		Желтоперая хамса		Американский шэд		Озерный осетр	
	R _{95%}	A _e	R _{95%}	A _e	R _{95%}	A _e	R _{95%}	A _e	R _{95%}	A _e	R _{95%}	A _e
90	500	0,02	400	0,07	500	0,01						
80	461	0,18	650	0,66	400	0,03						
75	632	0,56	1010	2,28	501	0,1						
70	922	1,89	1570	6,81	501	0,4						
60	2470	18,3	4010	50,9	1060	3,54	500	0,01				
50	6090	119	9330	272	3330	36,7	500	0,01	283		500	0,01
40	13200	529	14300	605	13300	576	501	0,07	500	0,01	500	0,01

А.4. Кумулятивное воздействие

Таблица А-34. Области поражения (км²) приведены в таблице для сценария укладки трубопровода С1 на прибрежном участке S01 для 24-часового кумулятивного УЗВ для неоткорректированных, откорректированных в отношении рыб, а также СЧК и ВЧК Типа I и II, с использованием максимального по глубине акустического поля, рассчитанного на февраль месяц.

Сценарий С1: Укладка трубопровода на мелководном участке S01						
УЗВ (дБ относительно 1 мкПа ²)	Неоткорректированный	Рыба (0,01 - 2 кГц)	Тип I СЧК	Тип I ВЧК	Тип II СЧК	Тип II ВЧК
	Площадь (км ²)	Площадь (км ²)	Площадь (км ²)	Площадь (км ²)	Площадь (км ²)	Площадь (км ²)
215	0,015	0,015	н/д	н/д	н/д	н/д
210	0,055	0,055	0,02	0,005	н/д	н/д
200	0,097	0,097	0,084	0,077	н/д	н/д
198	0,17	0,17	0,088	0,084	н/д	н/д
190	3,95	3,6	1,36	0,81	0,048	0,012
187	6,76	6,16	3,34	2,57	0,073	0,03
180	23,8	23	12,1	9,46	0,39	0,13
172	214	203	102	74,7	2,92	1,1
170	329	313	182	141	4,18	1,69

Таблица А-35. Области поражения (км²) приведены в таблице для сценария укладки трубопровода С2 на среднеглубинном участке S02 для 24-часового кумулятивного УЗВ для неоткорректированных, откорректированных в отношении рыб, а также СЧК и ВЧК Типа I и II, с использованием максимального по глубине акустического поля, рассчитанного на февраль месяц.

Сценарий С2: Укладка трубопровода на среднеглубинном участке S02						
УЗВ (дБ относительно 1 мкПа ²)	Неоткорректированный	Рыба (0,01 - 2 кГц)	Тип I СЧК	Тип I ВЧК	Тип II СЧК	Тип II ВЧК
	Площадь (км ²)	Площадь (км ²)	Площадь (км ²)	Площадь (км ²)	Площадь (км ²)	Площадь (км ²)
215	н/д	н/д	н/д	н/д	н/д	н/д
210	0,055	0,055	0,02	0,012	н/д	н/д
200	0,13	0,13	0,12	0,1	н/д	н/д
198	0,13	0,13	0,13	0,12	н/д	н/д
190	2,97	2,82	0,61	0,32	0,045	0,03
187	6,28	5,97	2,23	1,5	0,08	0,04
180	20,6	19,8	9,89	8,42	0,22	0,13
172	246	234	128	91	1,69	0,59
170	471	457	228	194	3,04	0,91

Таблица А-36. Области поражения (км²) приведены в таблице для сценария укладки трубопровода С3 на глубоководном участке S03 для 24-часового кумулятивного УЗВ для неоткорректированных, откорректированных в отношении рыб, а также СЧК и ВЧК Типа I и II, с использованием максимального по глубине акустического поля, рассчитанного на февраль месяц.

Сценарий С3: Укладка трубопровода на глубоководном участке S03						
УЗВ (дБ относительно 1 мкПа²)	Неоткорректированный	Рыба (0,01 - 2 кГц)	Тип I СЧК	Тип I ВЧК	Тип II СЧК	Тип II ВЧК
	Площадь (км²)	Площадь (км²)	Площадь (км²)	Площадь (км²)	Площадь (км²)	Площадь (км²)
215	н/д	н/д	н/д	н/д	н/д	н/д
210	0,033	0,03	0,018	0,012	н/д	н/д
200	0,23	0,22	0,084	0,07	н/д	н/д
198	0,31	0,3	0,16	0,11	0,0075	н/д
190	1,39	1,07	0,94	0,88	0,045	0,04
187	4,63	3,91	1,78	1,63	0,06	0,045
180	14,4	13,8	10,2	8,94	0,53	0,16
172	466	431	300	219	1,83	1,34
170	1170	1100	677	574	2,48	1,65