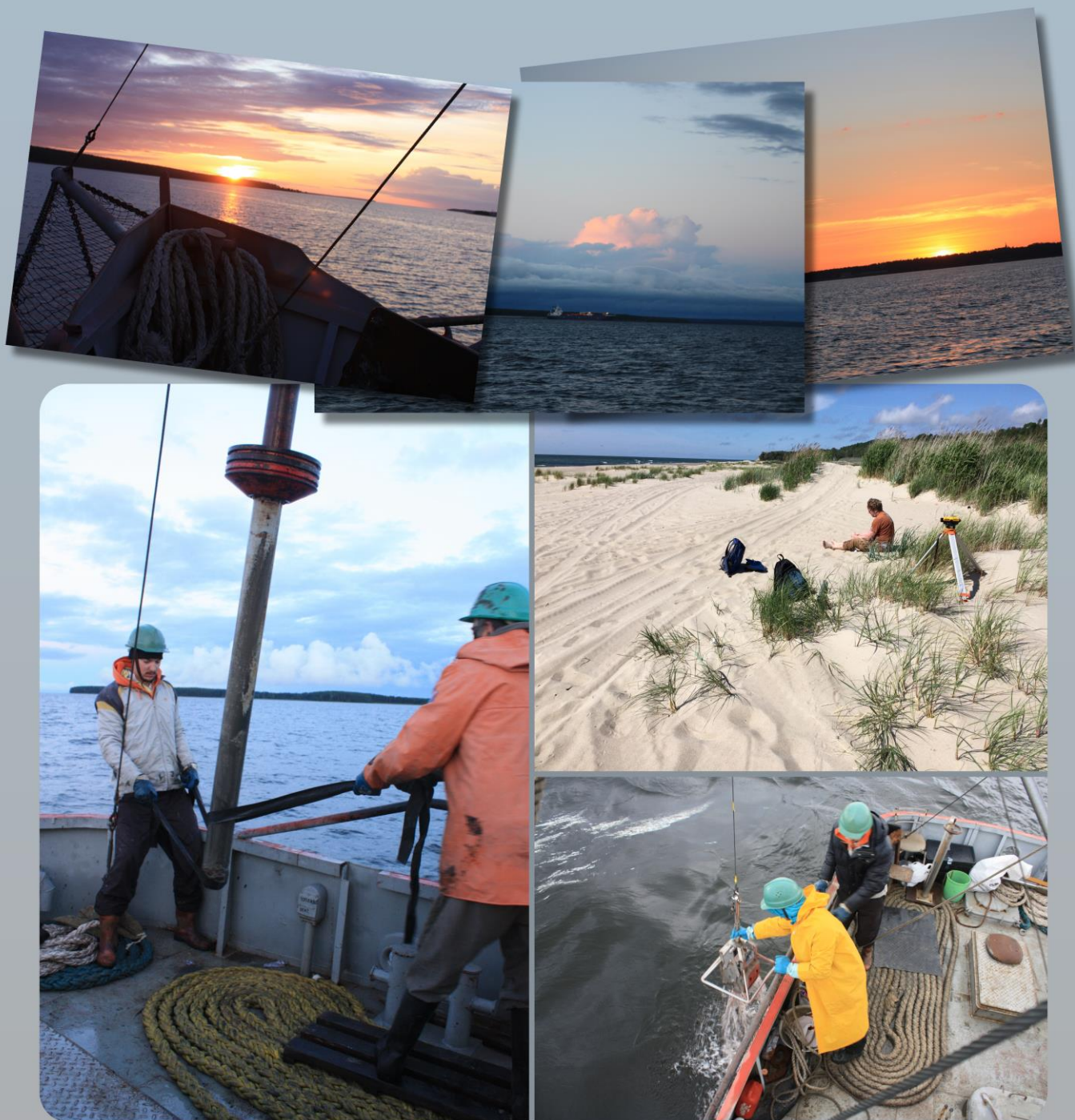


ИНФОРМАЦИОННЫЙ БЮЛЛЕТЕНЬ

о состоянии геологической среды прибрежно-шельфовой зоны Баренцева, Белого и Балтийского морей в 2015 году



МИНИСТЕРСТВО ПРИРОДНЫХ РЕСУРСОВ И ЭКОЛОГИИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО НЕДРОПОЛЬЗОВАНИЮ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ «ГИДРОСПЕЦГЕОЛОГИЯ»
(ФГБУ «ГИДРОСПЕЦГЕОЛОГИЯ»)

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
«ВСЕРОССИЙСКИЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ГЕОЛОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ им. А.П.КАРПИНСКОГО»
(ФГБУ «ВСЕГЕИ»)

ИНФОРМАЦИОННЫЙ БЮЛЛЕТЕНЬ

О СОСТОЯНИИ ГЕОЛОГИЧЕСКОЙ СРЕДЫ ПРИБРЕЖНО-ШЕЛЬФОВЫХ ЗОН
БАРЕНЦЕВА, БЕЛОГО И БАЛТИЙСКОГО МОРЕЙ В 2015 ГОДУ

САНКТ-ПЕТЕРБУРГ
2016

УДК:502.12:504.5:551.462.32(268.4)

Информационный бюллетень о состоянии геологической среды прибрежно-шельфовых зон Баренцева, Белого и Балтийского морей в 2015 г. – СПб.: Картографическая фабрика ВСЕГЕИ, 2016. – 110 с.

В 2015 г. выполнен очередной этап работ в подсистеме Государственного мониторинга состояния недр (геологической среды) прибрежно-шельфовой зоны Баренцева, Белого и Балтийского морей. Геолого-геофизические работы и последующие лабораторные исследования были осуществлены в пределах контрольных полигонов мониторинга: Кольский залив Баренцева моря; Двинской залив Белого моря; восточная часть Финского залива и Российский сектор юго-восточной части Балтийского моря (Калининградский шельф). Целевым назначением работ являлось обеспечение рационального и безопасного использования недр прибрежно-шельфовых зон.

Авторы - составители

*В.А. Жамойда, Д.В. Рябчук, А.Ю. Сергеев, А.Г. Григорьев, Е.Н. Нестерова, А.В. Амантов,
Л.М. Буданов, О.В. Дронь, А.В. Евдокименко, О.А. Ковалева, Ю.П. Кропачев,
Н.Б. Малышева, С.Ф. Мануйлов, И.А. Невин, Д.В. Прищепенко, М.А. Спиридонов,
А.Н. Сукнотова, В.А. Шахвердов, М.А. Шахвердова (ФГБУ «ВСЕГЕИ»),
О.Ю. Корнеев, Е.В. Корнеева, А.П. Павлов, А.Е. Рыбалко,
М.А. Никитин, С.С. Ларин (ОАО «Севморгео»)*

Научные редакторы *О.В. Петров, А.М. Лыгин*

ISBN 978-5-00193-234-5

© Федеральное агентство по недропользованию, 2016
© Коллектив авторов, 2016
© Картографическая фабрика ВСЕГЕИ, 2016

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	3
РАЙОН РАБОТ БАРЕНЦЕВО МОРЕ	4
Контрольный полигон «Кольский залив (Баренцево море)»	5
РАЙОН РАБОТ БЕЛОЕ МОРЕ	13
Контрольный полигон «Двинской залив» (Белое море)	14
КОНТРОЛЬНЫЙ ПОЛИГОН «ВОСТОЧНАЯ ЧАСТЬ ФИНСКОГО ЗАЛИВА» (БАЛТИЙСКОЕ МОРЕ)	22
ЭКЗОГЕННЫЕ ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ	26
Ключевой участок «Северная береговая зона в пределах Курортного района»	26
Ключевой участок «Южная береговая зона в районе пос. Большая Ижора»	32
Пункт наблюдений «Нарвский залив»	35
Ключевой участок «Пролив Бьеркезунд – Ермиловский залив»	42
Ключевой участок «Копорский залив»	48
ЛИТОГЕОХИМИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ	50
Результаты литогеохимического мониторинга открытой части залива	50
Ключевой участок «Невская губа»	56
Ключевой участок «Выборгский залив»	66
Ключевой участок «Пролив Бьеркезунд – Ермиловский залив»	70
КОНТРОЛЬНЫЙ ПОЛИГОН «РОССИЙСКИЙ СЕКТОР ЮГО-ВОСТОЧНОЙ ЧАСТИ БАЛТИЙСКОГО МОРЯ (КАЛИНИНГРАДСКИЙ ШЕЛЬФ)»	75
Эндогенные и экзогенные процессы в береговых зонах	77
Ключевой участок «Северное побережье Самбийского полуострова»	77
Ключевой участок «Западное побережье Самбийского полуострова»	84
Ключевой участок «Основание Куршской косы»	94
Литогеохимический мониторинг Российского сектора юго-восточной части Балтийского моря	99
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	104
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ	105

ВВЕДЕНИЕ

В 2015 г. выполнен очередной этап работ в подсистеме Государственного мониторинга состояния недр (геологической среды) прибрежно-шельфовой зоны Баренцева, Белого и Балтийского морей. Заказчиком работ являлось ФГУП «Гидроспецгеология»).

Пространственные границы объекта ограничены акваторией Баренцева, Белого и Балтийского морей в пределах листов: R-36,37, Q-36,37, P-35,36, O-35,36, N-34.

Целевым назначением работ являлось обеспечение рационального и безопасного использования недр прибрежно-шельфовых зон Белого, Баренцева и Балтийского морей на основе ведения государственного мониторинга состояния недр с оценкой состояния и прогноза развития опасных геологических процессов, возникающих под действием природных и техногенных факторов.

Комплексные полевые геолого-геофизические работы выполнялись на ранее выделенных ключевых участках в пределах контрольных полигонов мониторинга: Кольский залив Баренцева моря; Двинской залив Белого моря; восточная часть Финского залива и Российский сектор юго-восточной части Балтийского моря (Калининградский шельф). В состав мониторинга в соответствии с принятым открытым методическим стандартом [Информационный бюллетень ..., 2012; 2013] на прибрежном шельфе и в береговой зоне входило: непрерывное сейсмоакустическое профилирование (НСАП) в разных частотах, гидролокация бокового обзора (ГЛБО); донный геологический пробоотбор; опробование придонных и иловых вод; береговые эколого-геологические маршрутные исследования; профильное инструментальное нивелирование и георадиолокация субаэральной части береговой зоны. Большая часть работ выполнена специалистами отдела Региональной геоэкологии и морской геологии ФГУП «ВСЕГЕИ». Региональный геохимический мониторинг восточной части Финского залива выполнен ОАО

«Севморгео». При работах на Калининградском шельфе привлекались специалисты ООО «Морское венчурное бюро» и Атлантического отделения института океанологии им. П.П. Ширшова РАН.

Лабораторно-аналитические исследования проводились преимущественно в Центральной лаборатории ВСЕГЕИ. Часть работ проведена в литологической лаборатории отдела региональной геоэкологии и морской геологии ВСЕГЕИ и в лабораториях ОАО «Севморгео». Ряд специальных исследований был выполнен в испытательной лаборатории «АНАЛЭКТ» Института токсикологии ФМБА России и в ОАО «ЛенморНИИпроект».

Обработка геохимических данных включала в себя определение фоновых значений, выделение аномальных концентраций, изучение площадного распределения поллютантов, оценку степени загрязнения донных осадков. Выделение аномальной составляющей геохимического поля проводилось по стандартной геохимической формуле, имеющей вид: $S = (C - N\sigma) / N$, где S – концентрация элемента, N – переменная зависящая от уровня значимости, σ – стандартное отклонение. Оценка величины содержания ряда химических элементов в донных отложениях по уровню опасности проводилась путем сопоставления с классификациями загрязнения донных осадков Шведского (Swedish Sediment Quality Criteria – SSQC) (WGMS, 2003) и Норвежского (SFT) [Molvær et al., 1997] агентств по контролю над загрязнением окружающей среды, что обусловлено отсутствием подобных российских классификаций.

ПДК содержания нефтепродуктов и хлорорганических пестицидов (ХОП (ГХЦ, ГХБ, ДДТ), полихлорированных бифенилов (ПХБ) и бенз(а)пирена (БП)) в донных осадках в России официально не установлены, поэтому в качестве критериев загрязнения использовался региональный норматив, разработанный ОАО «ЛенморНИИпроект» [Нормы ..., 1996].

РАЙОН РАБОТ БАРЕНЦЕВО МОРЕ



Контрольный полигон Кольский залив (Баренцево море)

Состав наблюдательной сети Виды наблюдений

В 2015 г. морские эколого-геологические исследования проводились в пределах южного и среднего колен Кольского залива. Основное внимание было направлено на оценку динамики изменения загрязнения геологической среды. Отбор проб донных осадков производился с помощью коробчатого пробоотборника «бокскорер». Комплексные геолого-геохимические работы в пределах морской акватории Южного и Среднего колен полигона «Кольский залив» проводились в целом по точкам мониторинга (27 станций) предшествующих лет (рис. 1).

Оценка состояния донных отложений

Практически на всех станциях пробоотбора поверхностные донные отложения представлены алевро-пелитовыми илами. Как показали исследования предыдущих лет, распределение большинства определяемых химических элементов в донных осадках весьма неоднородно и характеризуется высокими фоновыми значениями и наличием аномальных и резко аномальных концентраций ряда микроэлементов.

Статистические параметры распределения наиболее важных поллютантов, определенных в 2015 г., приведены в табл. 1.

В пределах площади южного и среднего колен Кольского залива выделено значительное количество станций с повышенным уровнем загрязнения донных осадков согласно классификации Шведского агентства по контролю над загрязнением окружающей среды – SSQC (WGMS, 2003) (рис. 2, 3, 4, 5, 6). Почти на всех станциях опробования в пределах Южного и Среднего колен Кольского залива зафиксировано комплексное загрязнение по Ni, Cr, Cu, Co, As, Cd. Повышенные содержания Zn и Pb зафиксированы на отдельных станциях опробования.

Наиболее загрязнены донные осадки Ni: на большинстве станций уровень загрязнения по классификации SSQC соответствует IV классу – высокое и V классу – очень высокое, на остальных станциях III классу – существенное. Несколько более низкий уровень загрязнения характерен для

Cr, Cu: на большинстве станций уровень загрязнения соответствует III и IV классам. Для Co, As, Cd наиболее типичен II класс загрязнения – незначительное, но на отдельных станциях отмечен III класс загрязнения, а по As, Cd кроме того IV и V классы. Для Pb на отдельных станциях отмечены III и IV классы загрязнения, а для Zn – II и III классы.

Станции с наиболее значительным загрязнением широкой группой поллютантов расположены в центральной части среднего колена (район пос. Росляково) и в районе г. Мурманск, наиболее интенсивное загрязнение фиксируется по Ni, Cr и Cu.

Рассматривая результаты геохимического мониторинга за период 2001–2015 годов, можно отметить отсутствие общей тенденции в изменении фоновых концентраций (табл. 2). Максимальные фоновые концентрации для большинства элементов фиксируются, как правило, в 2011 и 2012 годах. Минимальные фоновые концентрации в основном отмечаются в 2013 и 2015 годах.

Для сопоставления между собой геохимических выборок, характеризующих каждый год опробования, использовался один из методов математической статистики – сравнение по средним и дисперсиям. В итоге были получены следующие результаты. По V значимое на уровне ($Q = 5\%$) различие получено только между выборками 2001 и 2011 годов опробования, то есть в 2011 году наблюдалось значительное повышение фоновых концентраций по отношению к 2001 г., далее произошла стабилизация фоновых значений, среднее содержание V в пределах площади работ практически не изменилось. Поскольку значимого различия между 2001 и 2012–2015 годами опробования не зафиксировано, то можно считать, что в целом фон по V в течение всего срока мониторинга достаточно стабилен.

Для Cr по отношению к выборкам, характеризующим остальные годы опробования, значимое различие фиксируется для выборок 2011 года (максимальная фоновая концентрация) и 2013 года (минимальная фоновая концентрация). Для остальных лет исследований геохимический фон по хрому является достаточно стабильным.

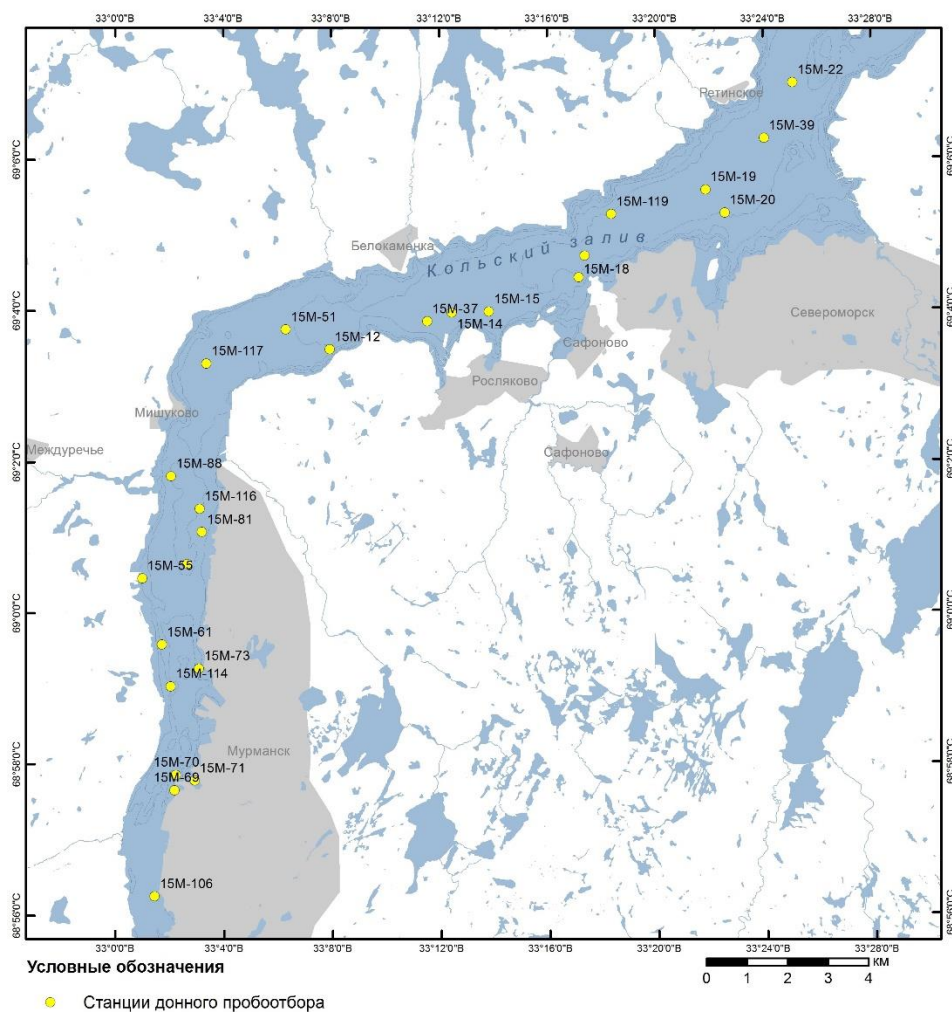
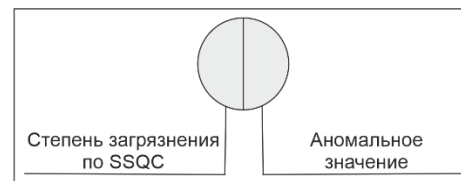
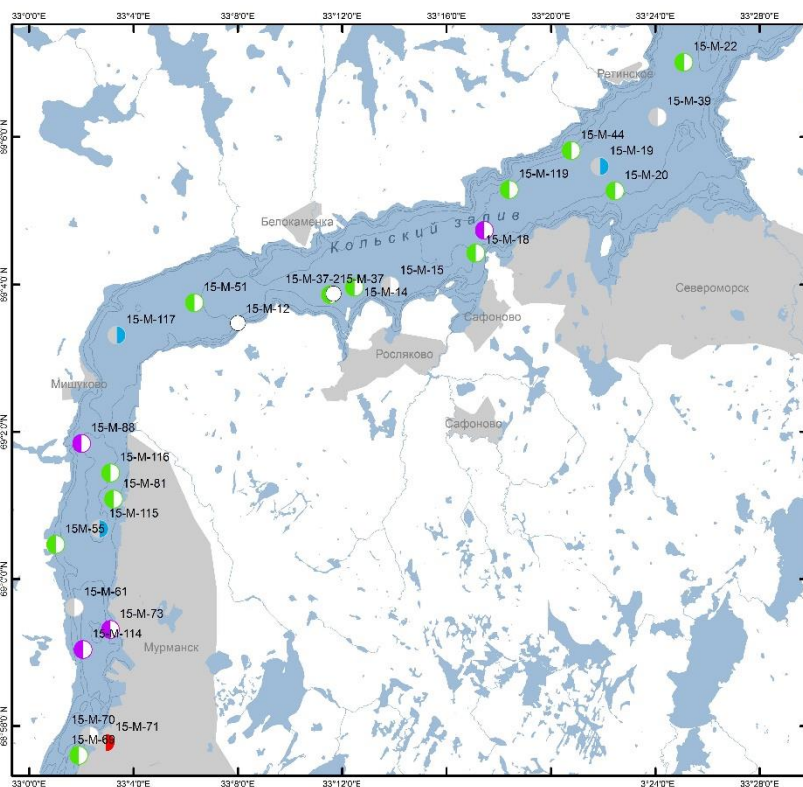


Рисунок 1. Карта фактического материала полевых работ 2015 г.

Таблица 1. Статистические параметры распределения металлов в донных осадках южного и среднего колен Кольского залива (ppm)

Элементы	N набл.	Среднее	Медиана	Минимум	Максим.	Ст. откл.
Cr	27	164,5	165,0	123,0	214,0	24,5
Co	27	17,5	18,0	12,0	23,0	2,9
Ni	27	77,3	77,0	48,0	134,0	18,8
Cu	27	59,1	49,0	31,0	183,0	32,7
Pb	27	22,8	18,0	7,5	90,0	18,2
Zn	27	69,3	66,0	29,0	152,0	32,4
Cd	27	0,42	0,23	0,05	3,16	0,61
As	27	15,19	13,20	3,37	40,50	7,23

а



Загрязнение донных осадков:

- Аномальные значения в интервале $S_f+1\delta - S_f+2\delta$
- Аномальные значения в интервале $S_f+2\delta - S_f+3\delta$
- Аномальные значения $> S_f+3\delta$
- Фоновое значение
- Класс II (небольшое)
- Класс III (Существенное)
- Класс IV (Большое)
- Загрязнение отсутствует

б

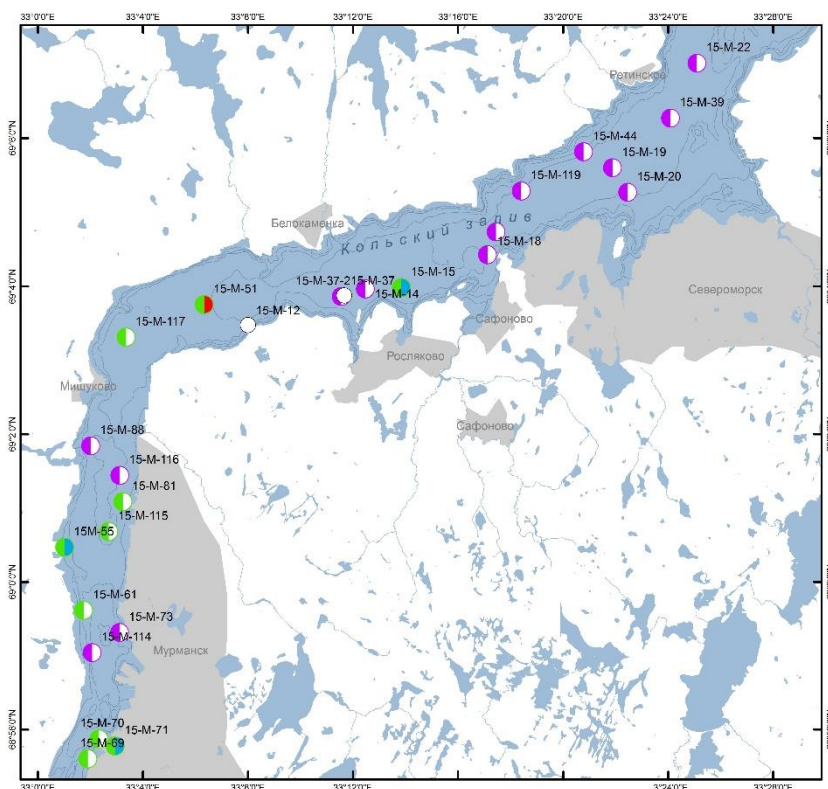
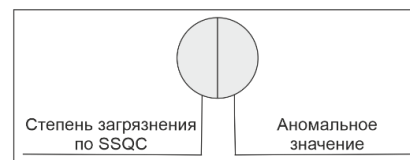
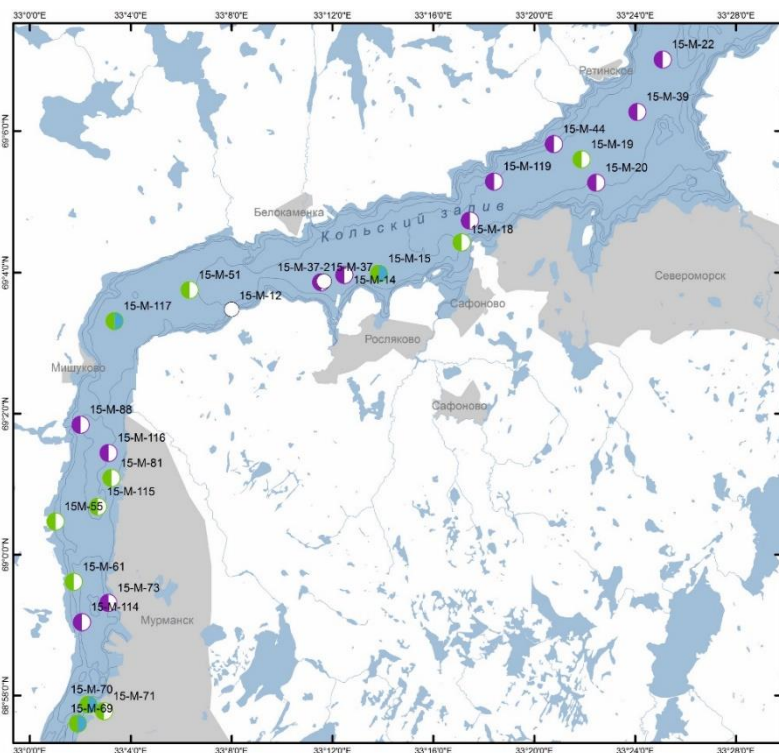


Рисунок 2. Схема площадного распределения концентраций Ni (а) и Cu (б) в донных осадках Южного и Среднего колен Кольского залива

а



Загрязнение донных осадков:

- Аномальные значения в интервале $C_{ф+1\delta} - C_{ф+2\delta}$
- Аномальные значения в интервале $C_{ф+2\delta} - C_{ф+3\delta}$
- Аномальные значения $> C_{ф+3\delta}$
- Фоновое значение
- Класс II (небольшое)
- Класс III (Существенное)
- Класс IV (Большое)
- Загрязнение отсутствует

б

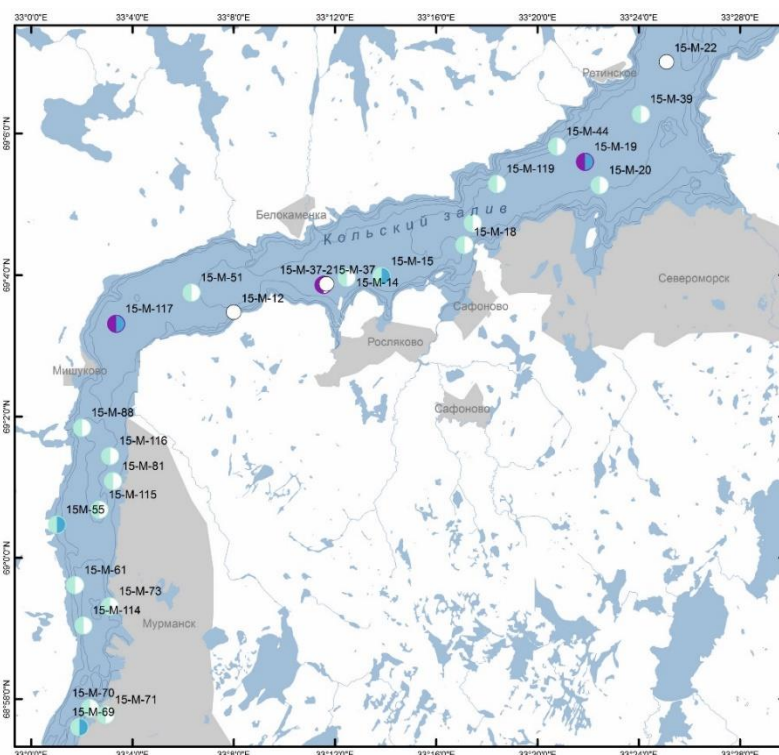


Рисунок 3. Схема площадного распределения концентраций C_{Pb} (а) и C_{Cd} (б) в донных осадках Южного и Среднего колен Кольского залива

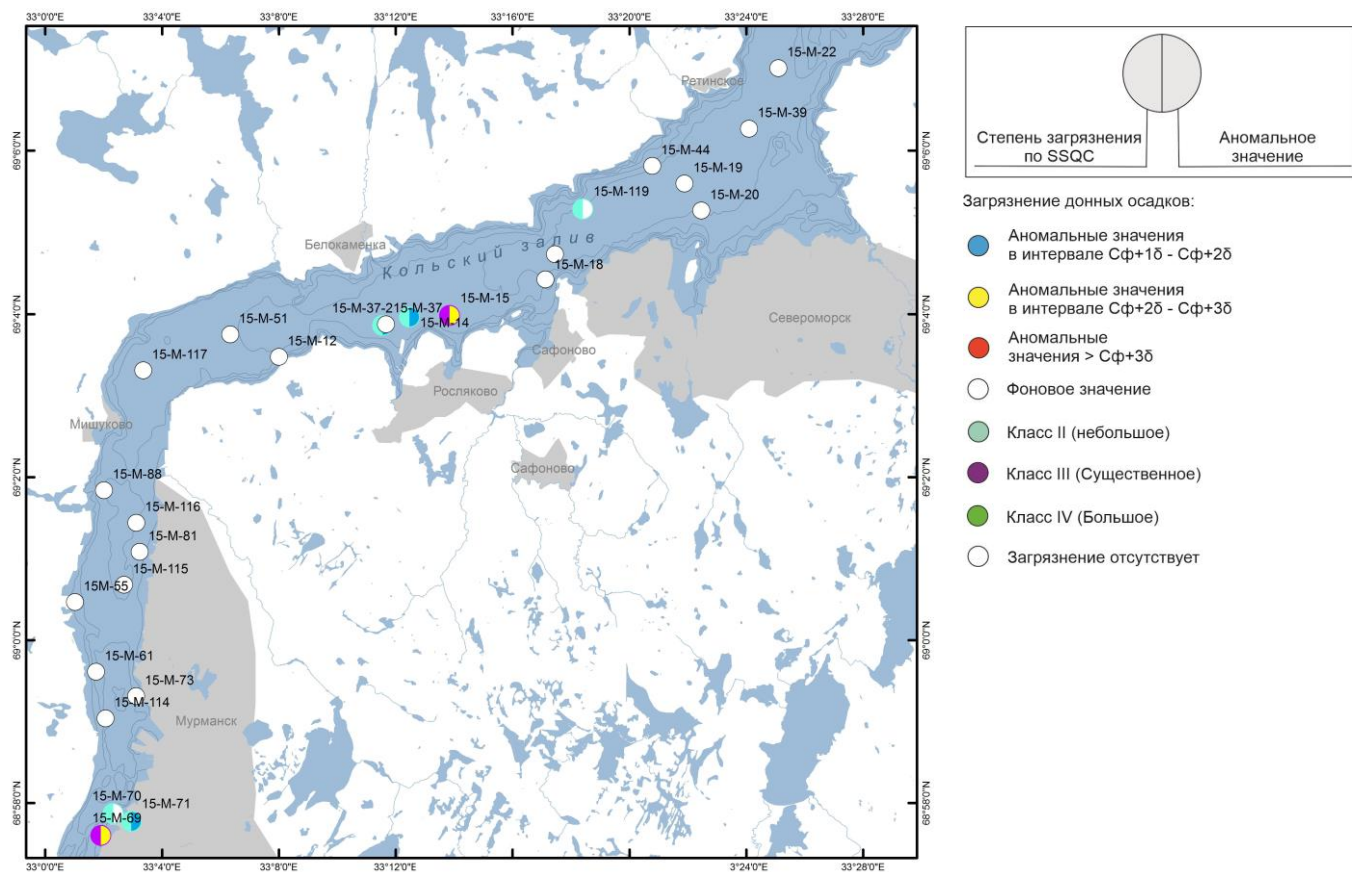


Рисунок 4. Схема площадного распределения концентраций Zn в донных осадках Южного и Среднего колен Кольского залива

Таблица 2. Сопоставление средних медианных значений, нормируемых по SSQC компонентов в донных осадках Южного и Среднего колен Кольского залива (ppm) за 2001–2015 годы

	2001	2011	2012	2013	2014	2015
V ppm	96,0	138,0	122,0	119,5	120,0	115,0
Cr ppm	174,0	282,0	210,0	125,5	170,0	165,0
Co ppm	17,8	20,0	19,9	17,5	19,0	18,0
Ni ppm	85,0	115,0	120,0	84,5	110,0	77,0
Cu ppm	50,0	59,5	99,7	36,5	50,0	49,0
Pb ppm	34,0	125,0	70,6	24,5	28,0	18,0
Zn ppm	100,0	144,0	150,0	85,0	140,0	66,0
Cd ppm	*	0,1	*	0,2	0,2	0,2
As ppm	*	14,5	15,4	14,3	14,3	13,2
Hg ppm	*	0,08	0,08	*	0,22	*

* Либо нет данных, либо большинство значений концентрации данного элемента ниже порога обнаружения.

Для Ni по результатам статистической обработки можно выделить две значимо различающиеся между собой группы выборок: выборки с высокими фоновыми значениями Ni

(2011, 2012 и 2014 года опробования) и выборки с низкими фоновыми значениями Ni (2001, 2013 и 2015 гг.). В данном случае наблюдается полное отсутствие закономерности в изменении фоновых характеристик распределения Ni.

Для Cu значимое различие фиксируется для выборки 2012 г. Исходя из приведенных в табл. 2 данных видно, что, начиная с 2001 г., наблюдается тенденция повышения фоновых значений меди, достигая максимума в 2012 г., далее следует резкое понижение и ситуация стабилизируется.

Для Pb соотношение выборок, характеризующих различные годы опробования крайне сложное. На достаточно стабильном уровне фоновых значений Pb, характерных для всего срока мониторинга, выделяется группа выборок с аномально высокими фоновыми значениями, относящимися к 2011 и 2012 гг., при этом максимальное скачкообразное повышение фоновой концентрации отмечено в 2011 г.

Для Zn характерны достаточно стабильные фоновые значения в течение большей части срока мониторинга, существенное понижение фона фиксируется только в 2015 г.

Для Co, As, Cd и Hg статистически значимых различий между выборками, характеризующими различные годы опробования, не установлено, то есть фон по этим элементам в течение всего срока мониторинга является достаточно стабильным.

Данные геохимического мониторинга по конкретным станциям также показывают отсутствие общего тренда изменения концентраций химических элементов во времени (рис. 5, 6).

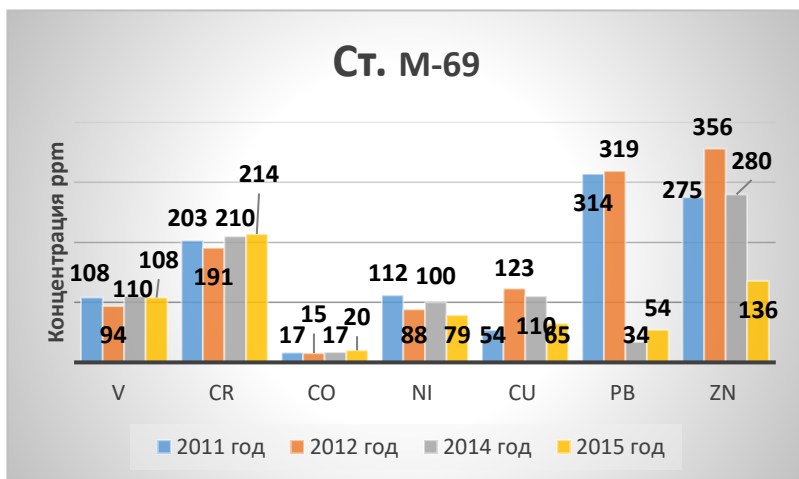


Рисунок 5. Графики распределения концентраций тяжелых металлов в донных осадках по годам опробования на станции мониторинга М-69

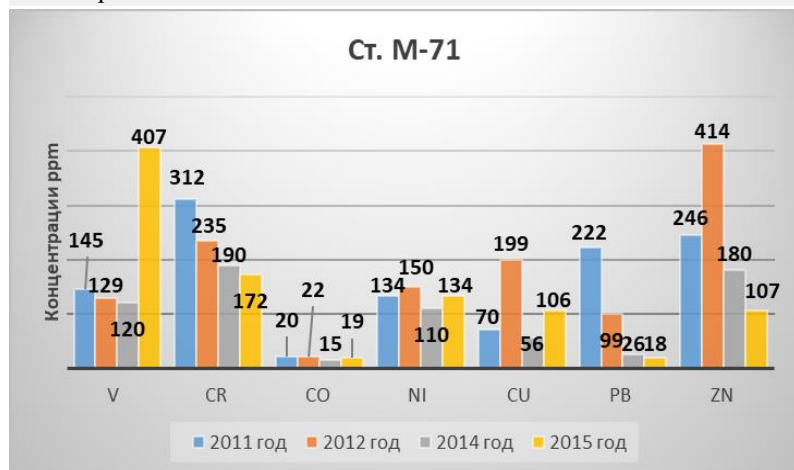


Рисунок 6. Графики распределения концентраций тяжелых металлов в донных осадках по годам опробования на станции мониторинга

В редких случаях наблюдается общая тенденция в изменении содержания отдельных элементов (рис. 7).

Распределение основных техногенных радионуклидов ^{137}Cs и ^{60}Co в донных осадках Кольского залива достаточно однородно. Значения уровней загрязнения донных отложений ^{137}Cs в пределах изученной площади Кольского залива не превышают уровня глобального загрязнения донных отложений северных морей европейской

территории России, который, в зависимости от литологического состава, колеблется от 0,3 Бк/кг до 14,3 Бк/кг. Рассматривая данные мониторинга за 2001, 2012, 2013, 2014, 2015 гг., можно отметить, что все станции опробования по тренду изменения удельной активности ^{137}Cs можно условно разделить на три группы. На станциях, относящихся к первой группе, максимальные активности ^{137}Cs отмечены в 2001 г. К 2012 г.

удельная активность ^{137}Cs значительно падает, и далее до 2014 г. концентрация ^{137}Cs варьирует в интервале естественной дисперсии фоновых значений. В 2015 г. на части станций фиксируется резкое понижение активности ^{137}Cs в осадках. Типичным примером такого временного изменения активности являются данные по станции М-19 (рис. 8). На станциях, относящихся ко второй группе, отмечается хотя и слабая, но достаточно уверенно выраженная тенденция увеличения удельной активности за период мониторинга 2001–2014 гг. В 2015 г., так же, как и для станций первой группы, на части станций второй группы также фиксируется заметное понижение активности ^{137}Cs в осадках. Типичным примером проявления такой тенденции является станция М-22 (рис. 4), расположенная в среднем колене залива, несколько севернее Североморска, на участке с большими глубинами.

К станциям третьей группы относятся станции с крайне низкой активностью ^{137}Cs , без выраженной тенденции его изменения.

Концентрация ^{60}Co в донных осадках Кольского залива незначительна и в большинстве случаев не превышает минимально детектируемую активность, составляющую для используемого аналитического комплекса – 1,3 Бк/кг. Общей тенденции в

изменении удельной активности в верхнем слое донных осадков не наблюдается (рис. 8). Слабое повышение концентраций ^{60}Co отмечалось в 2012, 2013 гг. Сам по себе факт наличия ^{60}Co в верхних слоях донных осадков ряда станций, учитывая достаточно короткий период его полураспада, может говорить о периодическом поступлении незначительного количества ^{60}Co в акваторию залива.

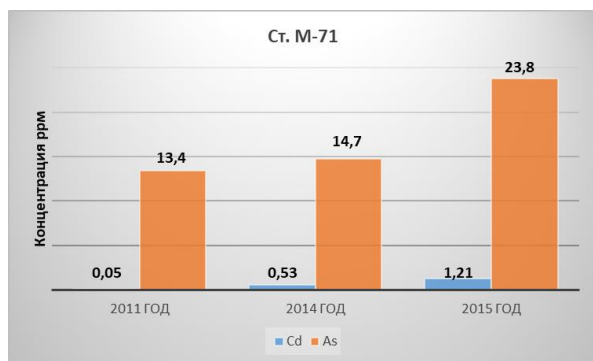


Рисунок 7. Графики распределения концентраций (ppm) ряда химических элементов по годам опробования на станции мониторинга М-71

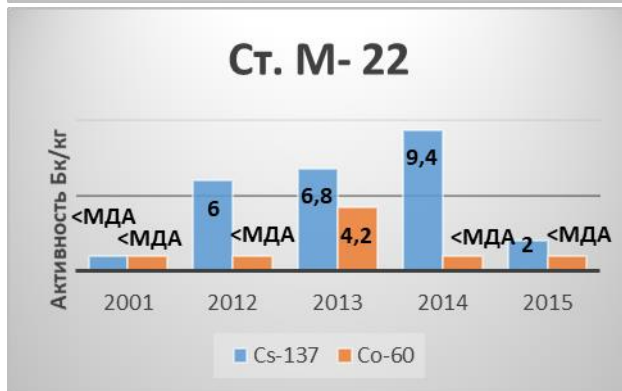
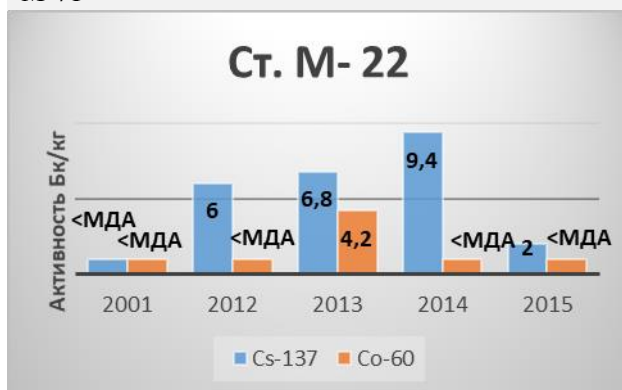


Рис. 8. Графики распределения удельной активности техногенных радионуклидов ¹³⁷Cs и ⁶⁰Co по годам опробования в донных осадках станций мониторинга М-22, М-19

Содержание нефтепродуктов в донных осадках. Содержание нефтеуглеводородов (НУВ) в донных осадках Южного и Среднего колен Кольского залива незначительно (табл. 3). Некоторое повышение концентраций НУВ наблюдается в южной части залива в районе г. Мурманск (станции 15-М-19, 15-М-70, 15-М-71, 15-М-116, 15-М-117) и в среднем колене в районе Североморска. Изменение концентраций НУВ во времени (2011–2015 гг.) не превышает

статистическую величину колебаний фонового значения при $Q = 5\%$ ($C_f \pm 2\delta$). Для ряда станций наблюдается крайне слабое повышение концентраций НП (станция М-116, отчасти станция М-70) (рис. 9).

Таблица 3. Содержание нефтепродуктов в донных осадках южного и среднего колен Кольского залива, 2015 год

№ п/п	№ ст.	Долгота	Широта	Содержание нефтепродукто в, мг/г
1	15М-14	69,0662	33,2077	2,075
2	15М-19	69,0931	33,3644	4,213
3	15М-55	69,0078	33,0169	1,656
4	15М-70	68,9644	33,0376	3,306
5	15М-71	68,9631	33,0491	4,213
6	15М-73	68,9878	33,0518	0,610
7	15М-88	69,0303	33,0347	1,788
8	15М-114	68,9839	33,0343	0,798
9	15М-116	69,0231	33,0522	3,725
10	15М-117	69,0551	33,0564	3,500

Суммарное содержание полихлорированных бифенилов (ПХБ) в донных осадках Кольского залива в 2015 г. во всех измеренных пробах находилось ниже целевого уровня, т. е. согласно используемому нормативу донные осадки на всех опробованных станциях относятся к классу «0» – чистые отложения [Нормы ..., 1996]. Максимальные содержания ПХБ установлены в осадках Южного колена залива (табл. 4). Концентрации хлорорганических пестицидов (ГХЦГ, ГХБ, ДДТ) в осадках залива достигают очень высоких значений, причем наблюдается их неравномерное распределение по площади залива. В осадках залива установлены крайне высокие концентрации гексахлорбензола (ГХБ), зачастую превышающие «проверочный уровень», соответственно такие осадки относятся к классу сильно загрязненных [Нормы ..., 1996]. Максимальные содержания ГХБ зафиксированы в осадках Южного колена. В частности на станции 15-М-55 содержание в осадках ГХБ достигает 234,1 мкг/г, что почти в 100 раз превышает целевой уровень, разделяющий чистые и слабозагрязненные осадки [Нормы ..., 1996]. Высокие концентрации Σ ДДТ и их метаболитов отмечены в Среднем колене залива, где на ряде станций степень загрязнения этими веществами соответствует II классу (умеренно загрязненные) и III классу (сильно загрязненные). Высокие концентрации бенз(а)пирена (БП) установлены в донных осадках Южного колена, где, согласно Норвежской классификации (SFT) [Molvær et al.,

1997], загрязнение донных осадков соответствует III классу (явное). Загрязнение осадков среднего колена соответствует II классу (умеренное).

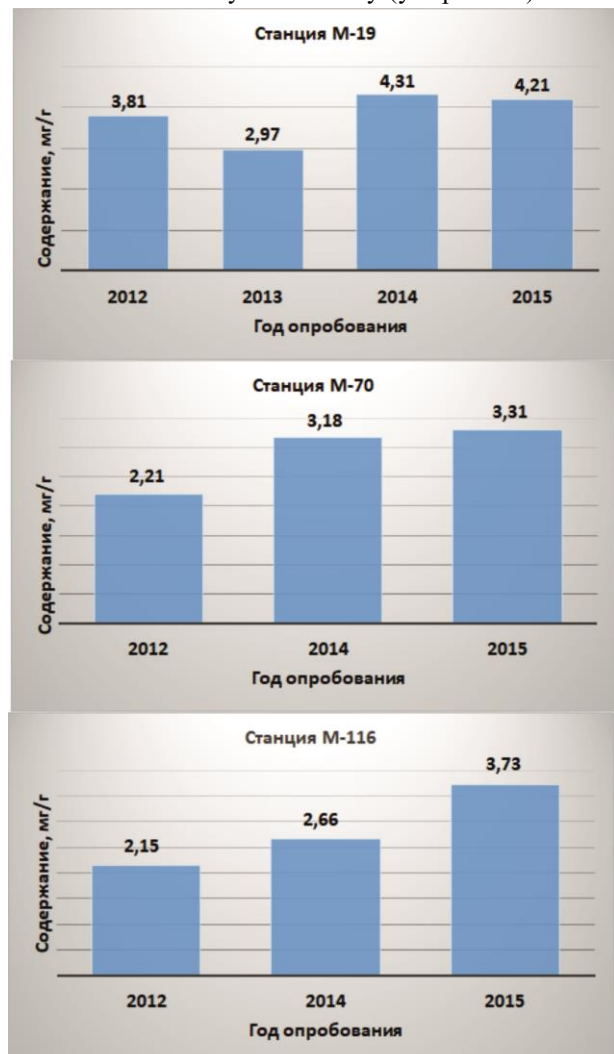


Рисунок 9. Сопоставление концентраций НУВ в донных осадках. Станции М-19, М-70, М-116

Выводы по состоянию геологической среды на полигоне «Кольский залив» в 2015 г.

1. Уточнены фоновые геохимические характеристики поверхностных донных отложений Кольского залива, а также уровень концентрации ряда канцерогенных химических элементов в ранее выделенных геохимических районах Среднего и Южного колен.

2. Южное колено характеризуется наиболее высоким уровнем загрязнения по Cu, Pb, Hg, Cd и Zn.

3. Фоновые концентрации V, Co, As, Cd, Hg в донных осадках среднего колена Кольского залива в течение всего срока мониторинга остаются стабильными.

4. Для таких элементов как Cr, Cu, Zn, Pb в отдельные годы фиксируется существенное изменение фона. Так, для Cr значимое повышение фона отмечалось в 2011 г., а значимое понижение в 2013 г. Для Cu значимое повышение утановлено в 2011 г. Для Pb максимальные фоновые концентрации отмечены в 2011 г., а минимальные в 2015 г. Для Zn значимое понижение фоновых концентраций зафиксировано в 2015 г. Практически только для Pb можно отметить наличие определенной тенденции в изменении фоновых концентраций. Высокие фоновые значения Ni фиксировались в 2011, 2012, 2014 гг. Низкие фоновые значения фиксировались в 2001, 2013, 2015 гг.

5. Уровни загрязнения донных отложений техногенными радионуклидами ¹³⁷Cs и ⁶⁰Co не превышают уровней глобального загрязнения донных отложений северных морей европейской России.

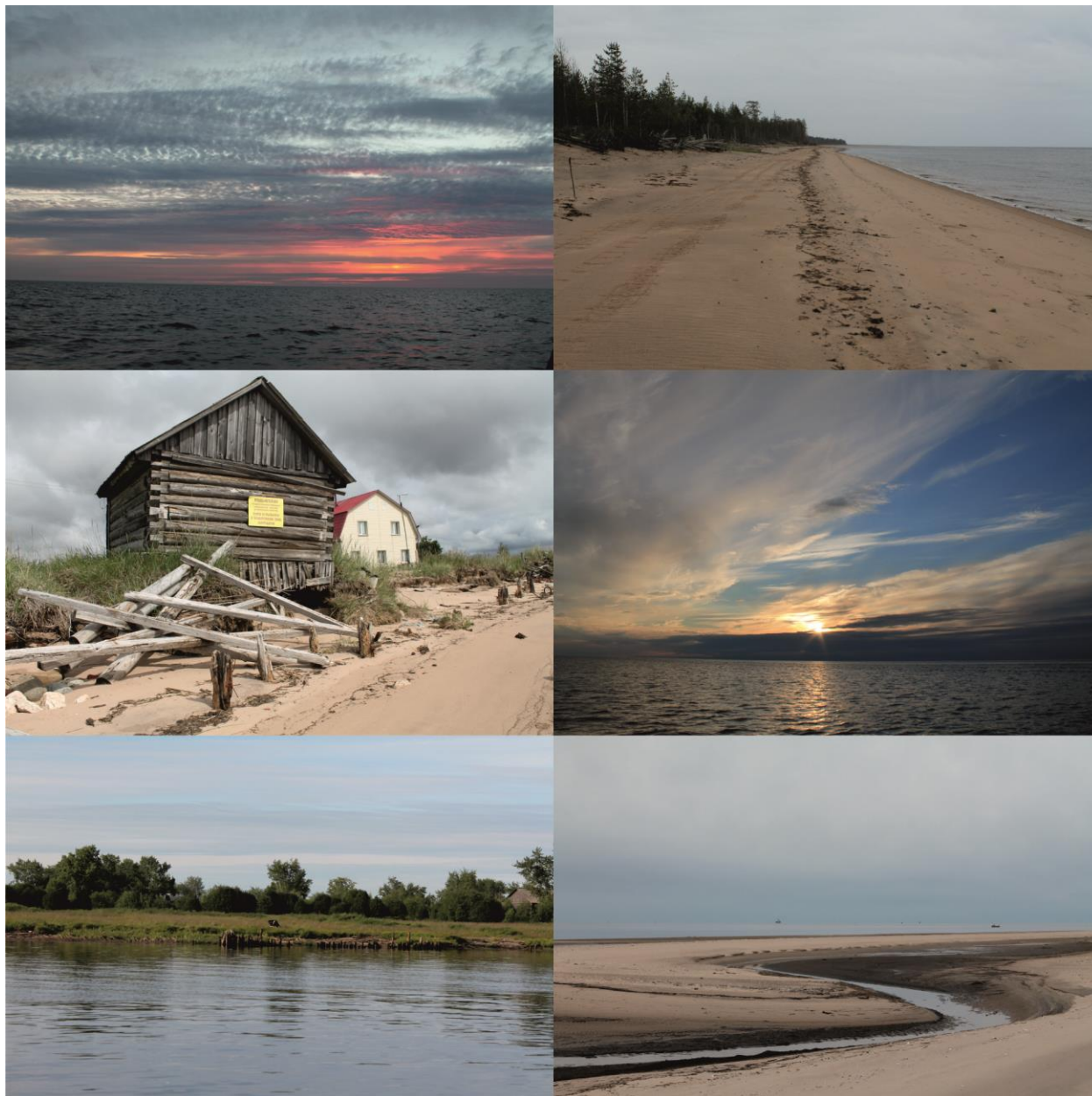
6. Значимое загрязнение нефтепродуктами донных отложений южного и среднего колен Кольского залива не установлено. Значительное изменение концентрации нефтепродуктов во времени не установлено. То есть ситуация является достаточно стабильной.

7. В южном колене Кольского залива установлены ураганные концентрации гексахлорбензола (ГХБ) до 234,1 мкг/г и бенз(а)пирена до 232 мкг/г.

Таблица 4. Содержание хлорорганических пестицидов ХОП (ГХЦ, ГХБ, ДДТ), ПХБ и бенз(а)пирена (БП) в донных осадках Кольского залива

№ п/п	№ пробы	ПХБ мкг/кг	ХОП мкг/кг			БП мкг/кг
			Σ ГХЦ	ГХБ	Σ ДДТ и метаболиты	
1	15-М-71	16,7	<1	166,7	<1	173
2	15-М-55	18,5	<1	234,1	<1	232
3	15-М-22	24,2	<1	45,6	12,6	10
4	15-М-19	<10	6,1	98,0	7,4	34
5	15-М-14	<10	10,8	15,2	40,2	80
Показатель точности ±δ %		35	35	35	35	35
ПДК химических веществ в почве		60	100	30	100	20

РАЙОН РАБОТ БЕЛОЕ МОРЕ



Контрольный полигон «Двинской залив» (Белое море)

Состав наблюдательной сети Виды наблюдений

Мониторинг состояния недр на полигоне «Двинской залив» в 2015 г. включал в себя работы, проводимые как в акватории залива, так и в пределах его береговой зоны.

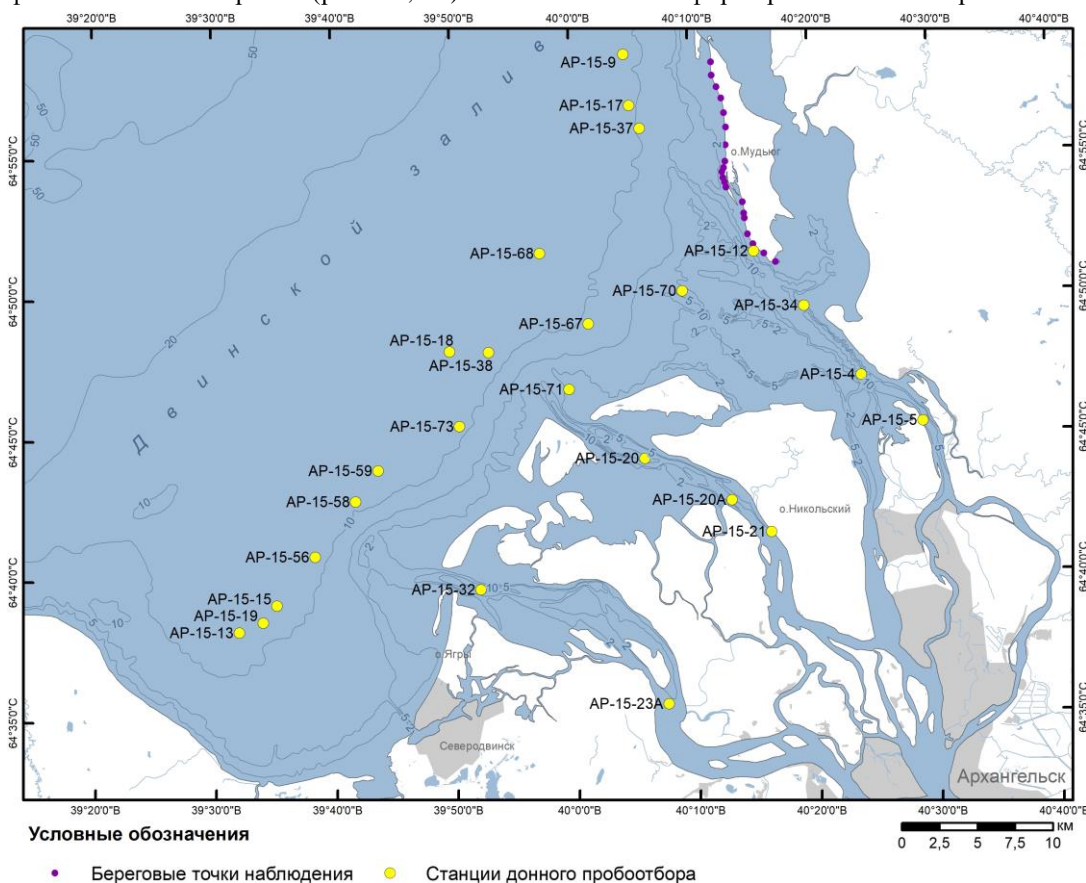
Донное опробование было осуществлено по сети из 25 базовых станций при помощи герметичной грунтовой трубкой (ГТТ) и малой драги (рис. 10). Отобраны 64 пробы донных осадков для геохимических, радиогеохимических, токсикологических и литологических исследований.

Береговые работы выполнялись в июле 2015 г. на ключевом участке «остров Мудьюгский» в рамках ежегодных (мониторинговых) исследований по сети базовых точек и опорных профилей. Общая длина маршрутов составила 20 км. На 20 станциях отобрано 20 проб для литологических и геохимических исследований. Расположение станций опробования представлено на карте фактического материала (рис. 10, 11).

Экзогенные геологические процессы в пределах береговых зон

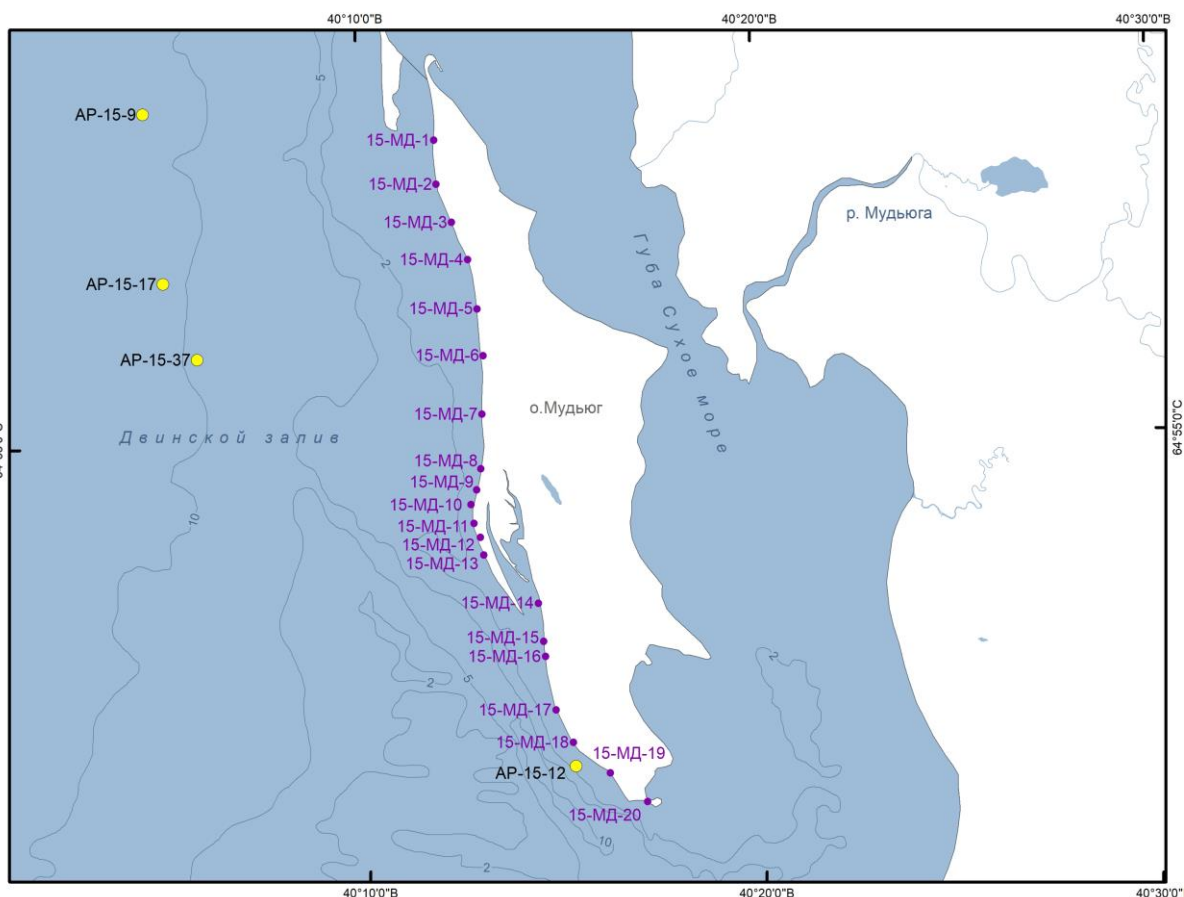
Целью эколого-геологических береговых маршрутов являлся мониторинг морфо- и литодинамики субаэральной части береговой зоны, выявление геоморфологических аномалий, оценка характера и уровня техногенной нагрузки на береговую зону опасных геологических процессов и их воздействия на береговую инфраструктуру.

Анализ результатов мониторинговых наблюдений за 2011–2015 гг. показывает, что пространственное распределение участков различной направленности и интенсивности экзогенных геологических процессов в береговой зоне о. Мудьюгский (Мудьюг) характеризуется относительной стабильностью во времени. В северной части острова (абразионный берег) наблюдаются активные абразионные уступы высотой до 3–4 м (точки наблюдения МД-1 – МД-7), в центральной береговой зоне острова (аккумулятивный берег) продолжается формирование современных кос (точки



наблюдения МД-8 – МД-15). На юге острова происходит интенсивная абразия берега (точки наблюдения МД-15–МД-20), в пос. Мудьюгский за счет абразии продолжается активное разрушение зданий и берегозащитных сооружений (рис. 12). Значительные изменения береговой зоны произошли севернее о. Мудьюгский. В результате штормового воздействия

Рисунок 10. Карта фактического материала полевых работ на полигоне «Двинской залив» в 2015 г.



Условные обозначения

- Станции донного пробоотбора
- Береговые точки наблюдения

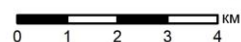


Рисунок. 11. Карта фактического материала береговых эколого-геологических работ на участке «о. Мудьюгский» в 2015 г.



Рисунок 12. Разрушение зданий в результате активных абразионных процессов в южной части о. Мудьюгский (а – 2013 год, б – 2015 год)

о. Голая Кошка разрушен в центральной части с образованием пролива (рис. 13). Формирование двух островов иллюстрируют космоснимки из Google Earth (рис. 14).



Рисунок 13. Образование пролива в центральной части о. Голая Кошка



Рисунок 14. Прорыв о. Голая Кошка с образованием пролива

Современное состояние донных отложений

Распределение большинства определяемых химических компонентов в донных осадках однородно, а их фоновые концентрации, как правило, близки к кларковым. Статистические параметры распределения ряда металлов приведены в табл. 5.

Таблица 4. Статистические параметры распределения металлов в донных осадках

Элемент	Кол-во проб	Среднее	Медиана	Мин.	Макс.	Ст. откл.
V	26	41,27	37,00	17,00	87,00	20,95
Cr	26	125,12	110,00	26,00	570,00	101,32
Co	26	7,13	6,75	2,60	12,00	2,35
Ni	26	20,11	17,00	7,80	46,00	11,01
Cu	26	9,95	9,65	2,90	18,00	4,84
Pb	26	7,65	7,55	4,10	20,00	2,88
Zn	26	37,35	36,00	26,00	52,00	6,51
Hg	26	0,02	0,02	0,00	0,06	0,02
As	26	5,62	5,59	1,43	12,60	3,00
Cd	26	0,09	0,05	0,05	0,21	0,05

В то же время для ряда элементов в результате статистической обработки выделено несколько участков и отдельно расположенных станций с аномальными (при $Q = 5\%$) концентрациями, часть которых соответствует повышенному уровню загрязнения, согласно норвежской [SFT - Molvæg et al., 1997] и шведской классификациям (SSQC – WGMS 2003), (рис. 15, 16, 17). Наибольший интерес, как и в прошлые годы,

представляет участок, расположенный в районе Северодвинска – устье Никольского рукава, где отмечены аномальные концентрации V, Co, Ni. В пределах этого участка зафиксировано загрязнение по Ni, соответствующее II и III классам загрязнения по классификации SSQC (незначительное и существенное) и II классу по классификации SFT, а также по Cu и Hg, соответствующие III классу загрязнения по SSQC. Загрязнение выделенного по работам прошлых лет участка зоны дампинга в районе северо-западной оконечности о. Мудьюгский в 2015 году проявлено крайне слабо. Лишь на станции AP-15-9 отмечено загрязнение соответствующие III классу по

классификации SSQC. В пределах слабо проявленной зоны загрязнения в районе устья Маймаксинского рукава Северной Двины (район дампинга № 150) работами 2015 года зафиксировано загрязнение Cd, соответствующее III классу SSQC. В целом уровень загрязнения донных осадков в районах дампинга у о. Мудьюгский и устья Маймаксинского рукава в 2015 году заметно понизился по отношению к уровню прошлых лет. Определенный интерес представляет повышение концентраций ряда микроэлементов в районе станции AP-15-21, расположенной в районе просачивания с берега нефтепродуктов со свалки горюче-смазочных материалов, где отмечены высокие аномальные концентрации Ni, Pb, Cd и зафиксировано загрязнение по Ni и Cu, соответствующее II классу по классификациям SSQC и SFT. Вероятно, обогащение донных осадков этими элементами связано со свалкой ГСМ.

Комплексное загрязнение Ni, Cu, Hg, As, соответствующее II классу по SSQC, зафиксировано на станции AP-15-18, где загрязнение донных осадков по ряду элементов наблюдалось в течение ряда лет. Аномальные концентрации Zn отмечены на ряде точек, спорадически разбросанных по площади.

Наиболее высокий уровень загрязнения донных осадков для всей площади работ характерен для Cr (II-V классы загрязнения SSQC и II-III класс по SFT). Можно предположить, что его распределение связано в основном с исходным составом осадков, о чем в частности говорит тесная корреляционная

связь между Cr и Zr ($R = 0,92$), что характерно для природных геохимических ассоциаций. Кроме того, для хрома характерно типичное одномодальное фоновое распределение без значительных аномальных выбросов, что может говорить об отсутствии наложенных процессов. Наличие значительного техногенного источника Cr маловероятно.

Обобщая полученные материалы, можно прийти к выводу, что в 2015 году основным участком локального загрязнения донных осадков химическими элементами является район Северодвинска и отчасти участок акватории, расположенный в районе впадения Мурманского рукава (станция AP-18). Выделенные по результатам работ предыдущих лет зоны загрязнения в районе устья Маймаксинского рукава и о. Мудьюгский в 2015 году практически

не проявлены. В целом уровень загрязнения донных осадках можно признать незначительным.

Результаты геохимического мониторинга за 2012–2015 годы свидетельствуют об отсутствии общей тенденции в изменении фоновых концентраций (табл. 6). Для большинства элементов колебания фоновых концентраций во времени не превышают величину стандартного отклонения. Некоторым исключением является Си, для которой наблюдается резкое понижение фоновых концентраций в 2015 году, и отчасти V, фоновые концентрации которого в 2014, 2015 годах заметно выше чем в 2012, 2013 гг.

Данные геохимического мониторинга по конкретным станциям также показывают отсутствие общего тренда изменения концентраций химических элементов во времени (рис. 18, 19).

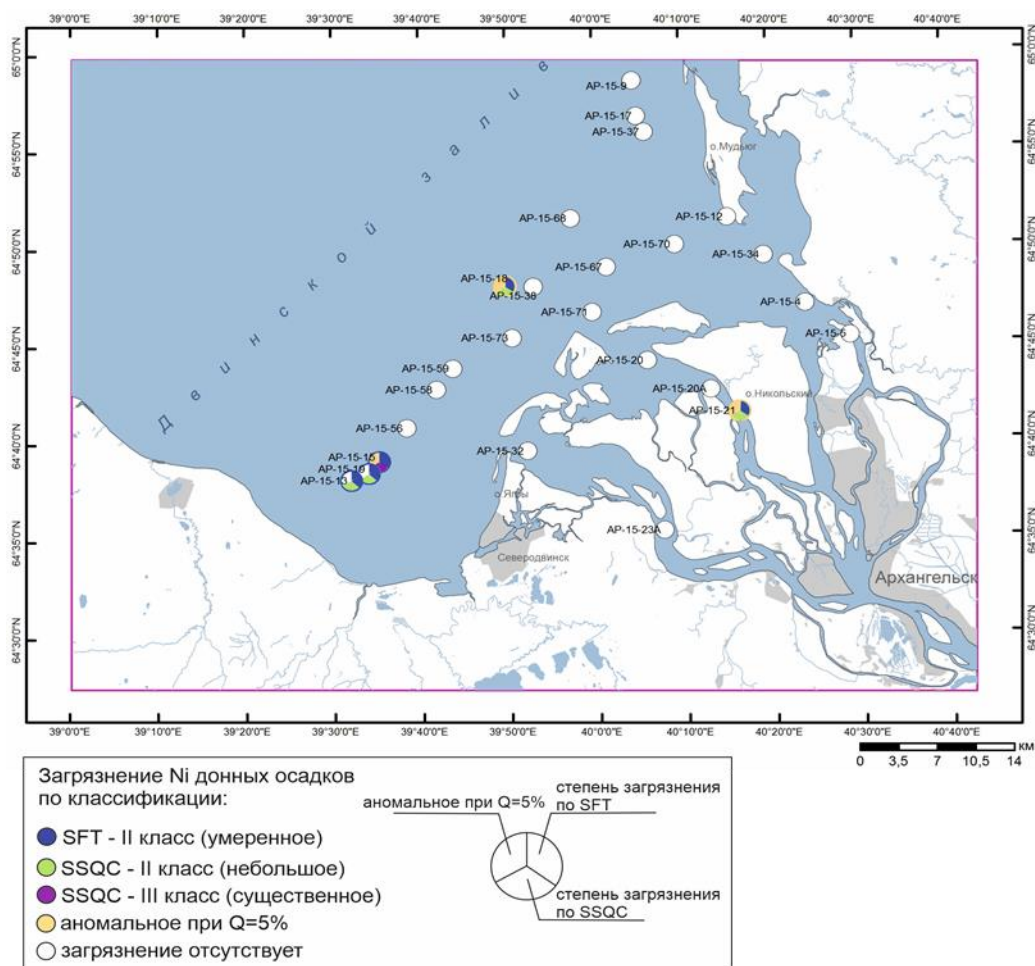


Рисунок 15. Схема площадного распределения концентраций Ni в донных осадках восточной части Двинского залива по степени аномальности и классам загрязнения

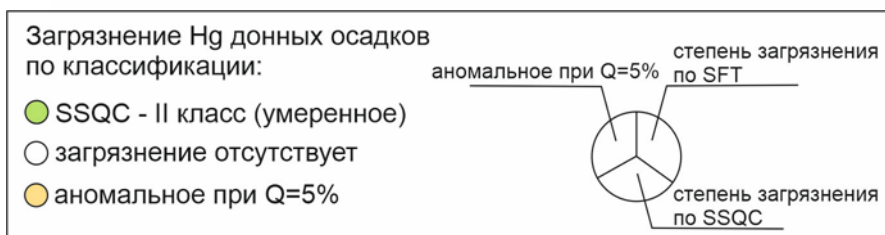
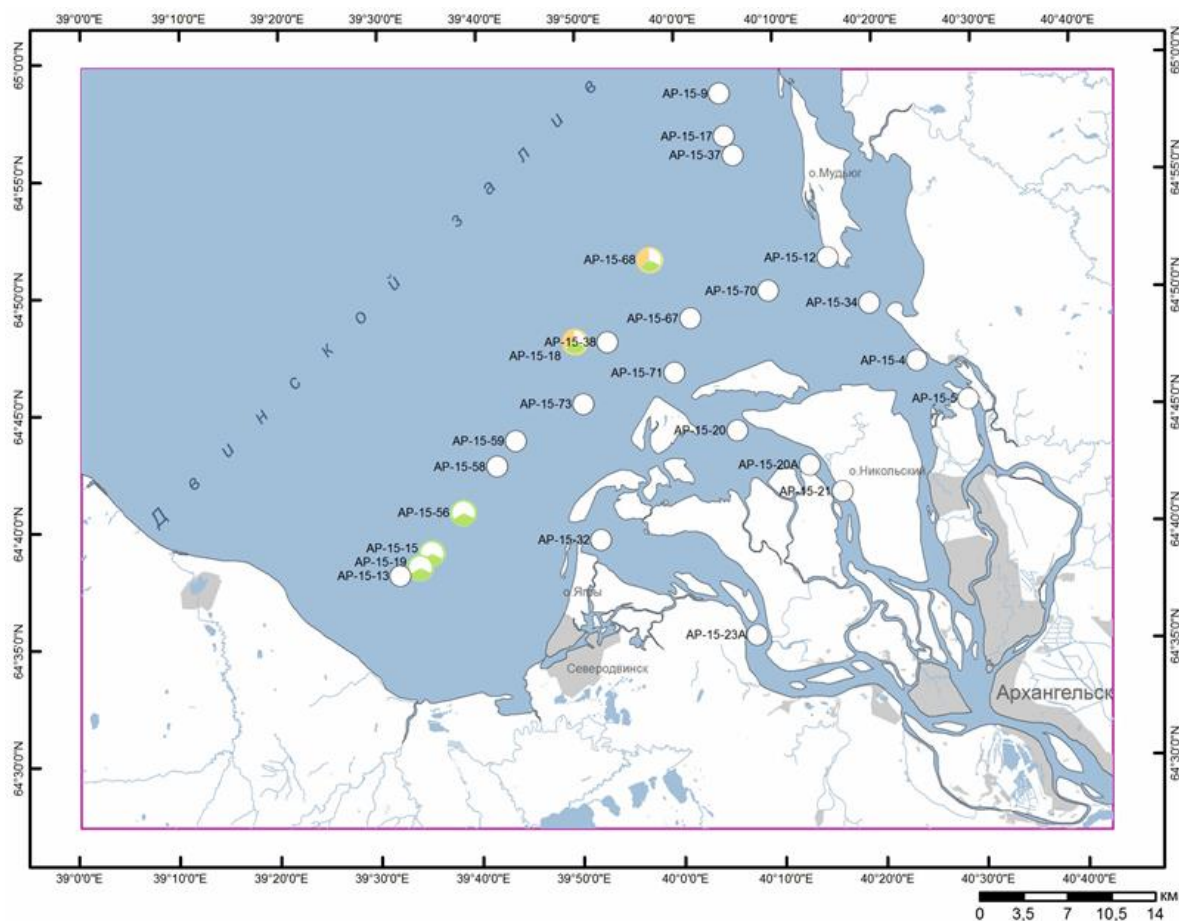


Рисунок 16. Схема площадного распределения концентраций Ni в донных осадках восточной части Двинского залива по степени аномальности и классам загрязнения

Таблица 5. Сопоставление фоновых концентраций ряда химических элементов в донных осадках восточной части Двинского залива (ppm) в 2012–2015 гг.

Год/Элемент	V	Cr	Co	Ni	Cu	Pb	Zn	Hg	As	Cd
2012	23,0	151,2	8,1	25,8	29,7	9,2	30,5	0,03	4,5	*
2013	24,0	93,8	14,3	18,0	23,4	11,6	32,4	0,03	5,3	*
2014	38,0	163,2	8,3	36,8	29,0	6,6	29,4	0,04	4,0	0,05
2015	37,0	110,0	6,7	17,0	9,6	7,5	36,0	0,02	5,5	0,05

*В 2012 и 2013 годах в большей части измеренных проб концентрации Cd ниже порога обнаружения (0,1 ppm), в связи с чем расчет статистических параметров распределения невозможен

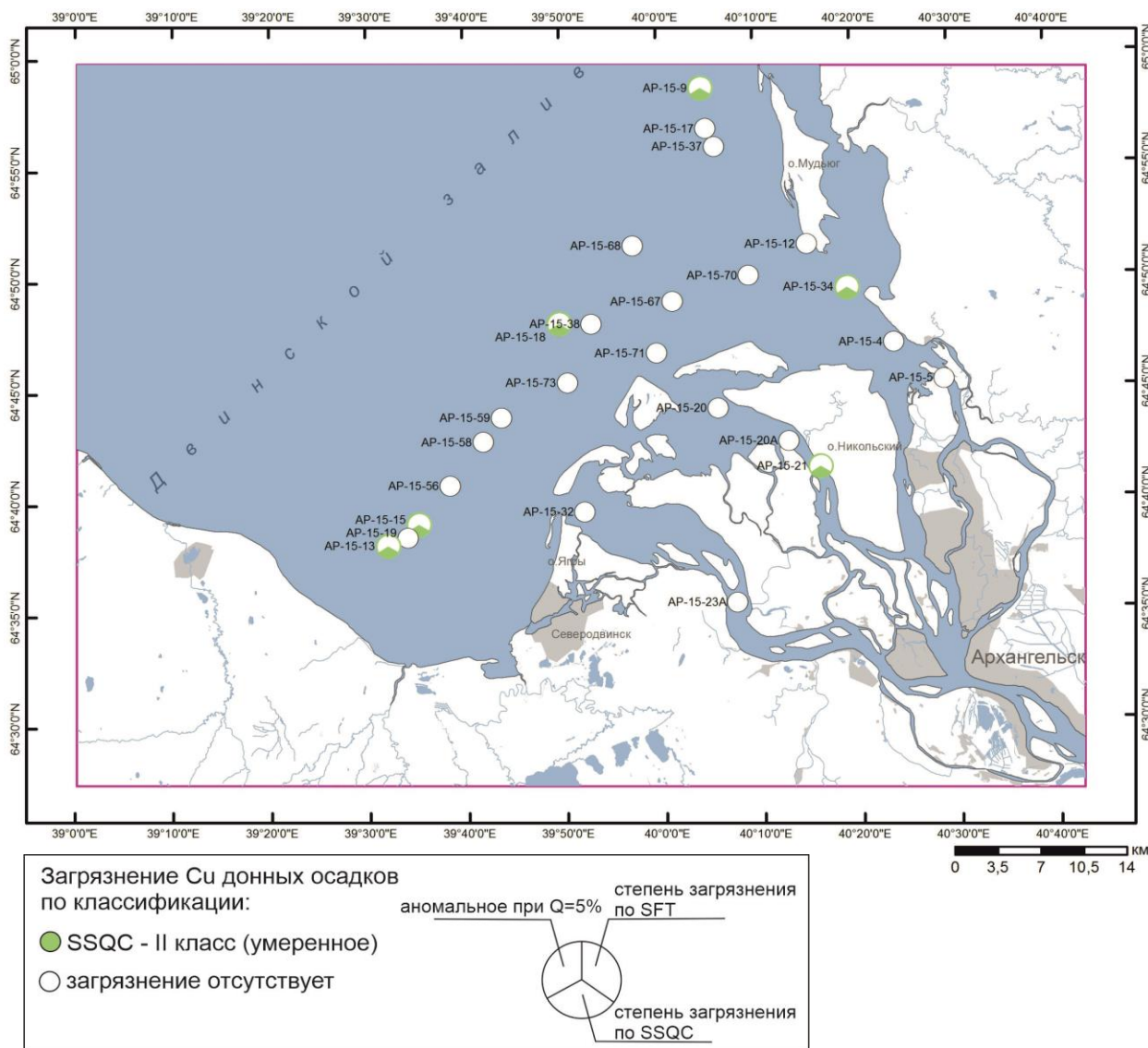


Рисунок 17. Схема площадного распределения концентраций Си в донных осадках восточной части Двинского залива по степени аномальности и классам загрязнения

Целью радиогеохимических исследований являлась оценка степени загрязнения донных осадков в пределах площади исследований основными природными (^{40}K , ^{226}Ra , ^{232}Th) и техногенными радионуклидами (^{137}Cs , ^{60}Co). Наблюдаемые значения уровней загрязнения донных отложений ^{137}Cs в пределах восточной части Двинского залива соответствуют уровню глобального загрязнения донных отложений северных морей Европейской России. Удельные активности ^{60}Co , как правило, близки к порогу обнаружения. В пробах донных осадков, отобранных в примыкающей к Северодвинску части залива, активности ^{137}Cs , ^{60}Co также невелики. Полученные результаты не дают основания говорить о поступлении в акваторию залива техногенных радионуклидов, связанных с деятельностью Северодвинского промышленного комплекса. На рисунках 20, 21

приведены примеры изменения во времени активности ^{137}Cs на ряде базовых станций мониторинга.

Результаты определения нефтеуглеводородов (НУВ) в донных осадках приведены в табл. 7.

Таблица 7. Содержание нефтепродуктов (НУВ), мг/кг сухого грунта

№ п/п	Точка отбора	Содержание нефтепродуктов, мг/кг
1	AP-15-21 (НП-1) [выше по течению]	6
2	AP-15-21 (НП-2) [ниже по течению]	18
3	AP-15-12	5
4	AP-15-15	23
5	AP-15-38	<5
6	AP-15-5	29

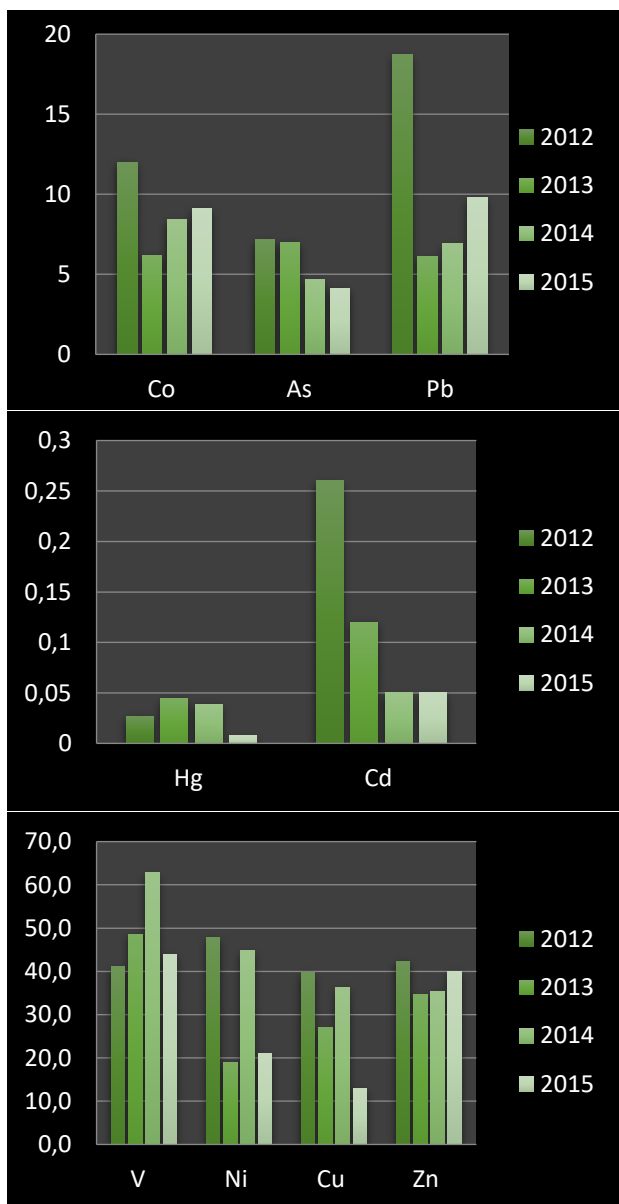


Рисунок 18. Графики распределения концентраций (ppm) ряда химических элементов по годам опробования на станции мониторинга AP-38

Из приведенных в табл. 7 данных видно, что содержание НУВ в донных осадках устья Северной Двины и акватории восточной части Двинского залива достаточно мало. Даже в районе, где было отмечено просачивание нефтепродуктов в Мурманский рукав (станция AP-21), отсутствует заметное загрязнение осадков. Согласно [Нормативы ..., 1996], донные осадки на всех опробованных станциях относятся к классу «0» – чистые отложения [Нормы ..., 1996].

Сопоставляя данные за 2012–2015 годы о содержании НУВ в донных осадках восточной части Двинского залива можно отметить, что их концентрация в осадках акватории залива за время проведения мониторинга остается стабильной. При

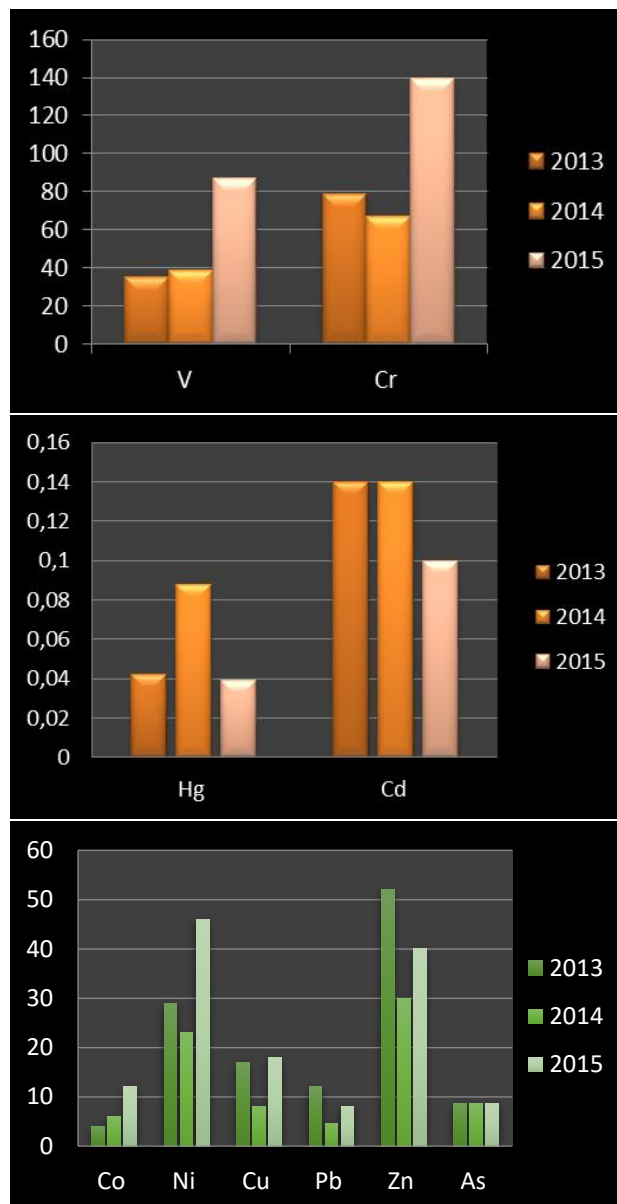


Рисунок 19. Графики распределения концентраций (ppm) ряда химических элементов по годам опробования на станции мониторинга AP-15

этом на отдельных локальных участках содержание НУВ может изменяться в заметном диапазоне. Так на станции мониторинга AP-21, расположенной в районе просачивания с берега нефтепродуктов, при общей тенденции понижения содержания НУВ в донных осадках, в 2014 году зафиксировано разовое повышение их концентрации (табл. 8).

Суммарное содержание полихлорированных бифенилов (ПХБ), а также хлорорганических пестицидов ХОП (ГХЦ, ГХБ, ДДТ) в 5 пробах донных осадков Двинского залива, отобранных равномерно по площади, находилось ниже порога обнаружения. Значимые содержания бенз(а)пирена – 10 мкг/кг установлены только в осадках станции AP-15-9.



Рис. 20. Изменение удельной активности ¹³⁷Cs в верхнем слое донных осадков (станция-AP-15)



Рис. 21. Изменение удельной активности ¹³⁷Cs в верхнем слое донных осадков (станция-AP-13)

Выводы по состоянию геологической среды на полигоне «Двинской залив» в 2015 г.

1. Существенное загрязнение донных отложений радионуклидами и тяжелыми металлами (за исключением Сг и Ni), не установлено. Основная часть площади контрольного полигона представляет собой зону транзита осадочного вещества.

2. Аномальные концентрации ряда поллютантов выявлены на участке, расположенном в районе Северодвинска (Hg, As, Cd), а также в зоне дампинга в районе северо-западной оконечности о. Мудьюгский, где отмечены аномальные концентрации Hg, Zn, V, Co, Nb, Sc. Аномальные концентрации Pb, Cu отмечены в единичных случаях.

3. Результаты радиомониторинга показывают стабильность радиоэкологической обстановки в пределах восточной части Двинского залива в течение ряда лет.

4. В юго-восточной части морской береговой зоны о. Мудьюгский установлены абразионные процессы опасного уровня, приводящие к разрушению жилых построек.

Таблица 8. Сопоставление концентраций НУВ в донных осадках Двинского залива на станции AP-21, расположенной в районе поступления с берега нефтепродуктов за 2012–2015 гг. (мг/кг)

Год	Точка отбора	Содержание нефтепродуктов, мг/кг
2012	12-AP-21	41
2013	13-AP-21	21
2014	14-AP-21	32
2015	AP-15-21 (НП-2) (ниже по течению)	18
2015	AP-15-21 (НП-1) (выше по течению)	6

КОНТРОЛЬНЫЙ ПОЛИГОН «ВОСТОЧНАЯ ЧАСТЬ ФИНСКОГО ЗАЛИВА» (БАЛТИЙСКОЕ МОРЕ)



Состав наблюдательной сети Виды наблюдений

Работы в пределах контрольного полигона «Восточная часть Финского залива» в 2015 г. осуществлялись на семи ключевых участках, а также по сети станций эколого-геологического мониторинга в открытой части Финского залива (25 станций) и Невской губе (41 станция); радиогеохимического мониторинга – в Копорском заливе (6 станций). Процессы железомарганцевого конкрециеобразования исследовались в Выборгском заливе (20 станций). Экзогенные геологические процессы изучались на ключевых участках «Северная береговая зона Финского залива в пределах Курортного района» и «Южная береговая зона Финского залива между пос. Лебяжье и Большая Ижора». В качестве дополнительных районов мониторинга экзогенных геологических процессов и уровня загрязнения донных отложений в 2015 г. были выполнены исследования на ключевых участках «Нарвский залив» и «Пролив Бьеркезунд – Ермиловский залив», а также береговые маршруты в Копорском заливе. Кроме того, были выполнены 5 профилей НСАП в районе мелководий, примыкающих к о. Мощный, в рамках ежегодных геофизических исследований, направленных на выявления возможных активных тектонических нарушений и подводных оползней.

Эндогенные и экзогенные геологические процессы дна открытой части Финского залива

Региональные субмеридиональные профили, выполненные в крайне восточной части Финского залива (между островом Котлин и линией мыс Устинский – мыс Флоткий) (рис. 22), не выявили в толще верхнеэоценов-голоценовых отложений активизированных тектонических нарушений и явных следов проявления склоновых гравитационных процессов (рис. 23).

В то же время, анализ профилей НСАП, выполненных в центральной части российской зоны Финского залива в районе о. Мощный и на западной периферии Стирсудденских банок (рис. 24–25), позволил выявить разрывные нарушения. Характер сейсмоакустической записи свидетельствует о том, что установленные тектонические нарушения сформировались в доголоценовое время и в настоящий момент не активны (рис. 25).

По данным анализа профилей НСАП в открытой части акватории выявлены многочисленные зоны интенсивного подводного размыва, приуроченные к подводным поднятиям. У подножья склона подводной террасы к юго-востоку от о. Мощный установлен предполагаемый подводный оползень (рис. 24), аналогичный выявленным ранее на восточном склоне Кургальского рифа.

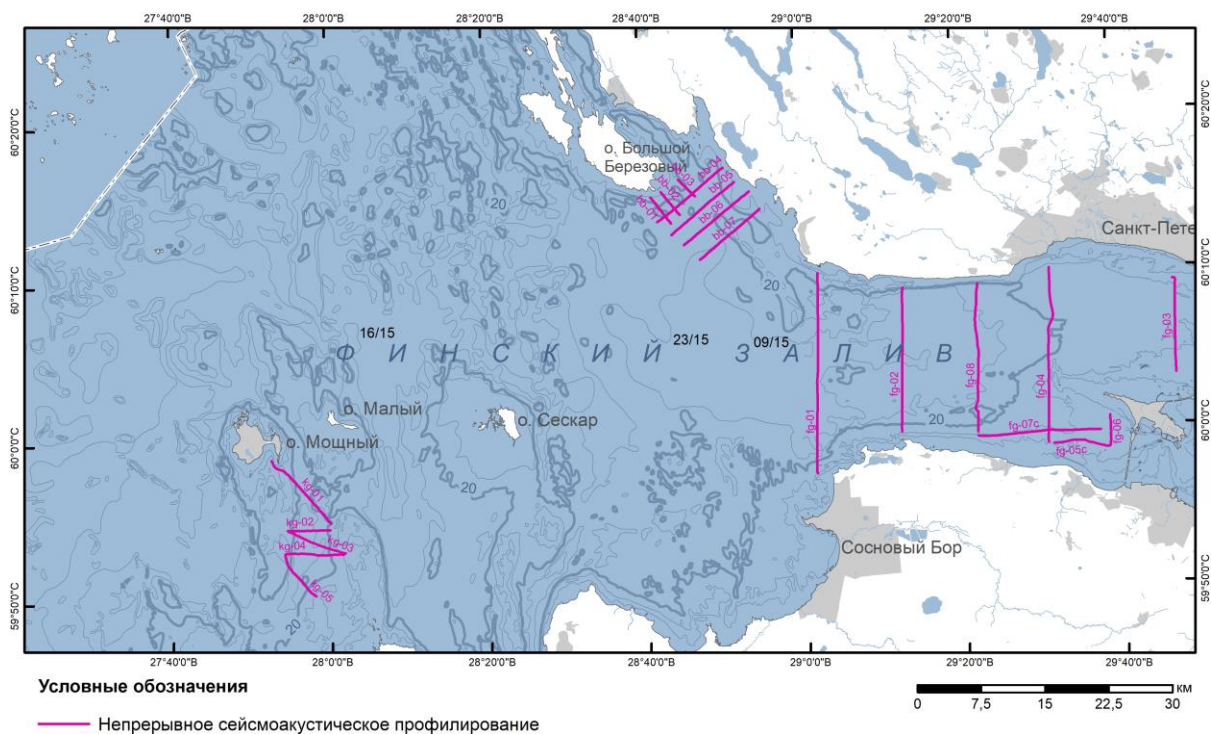


Рисунок 22. Карта фактического материала НСАП в Финском заливе в 2015 г.

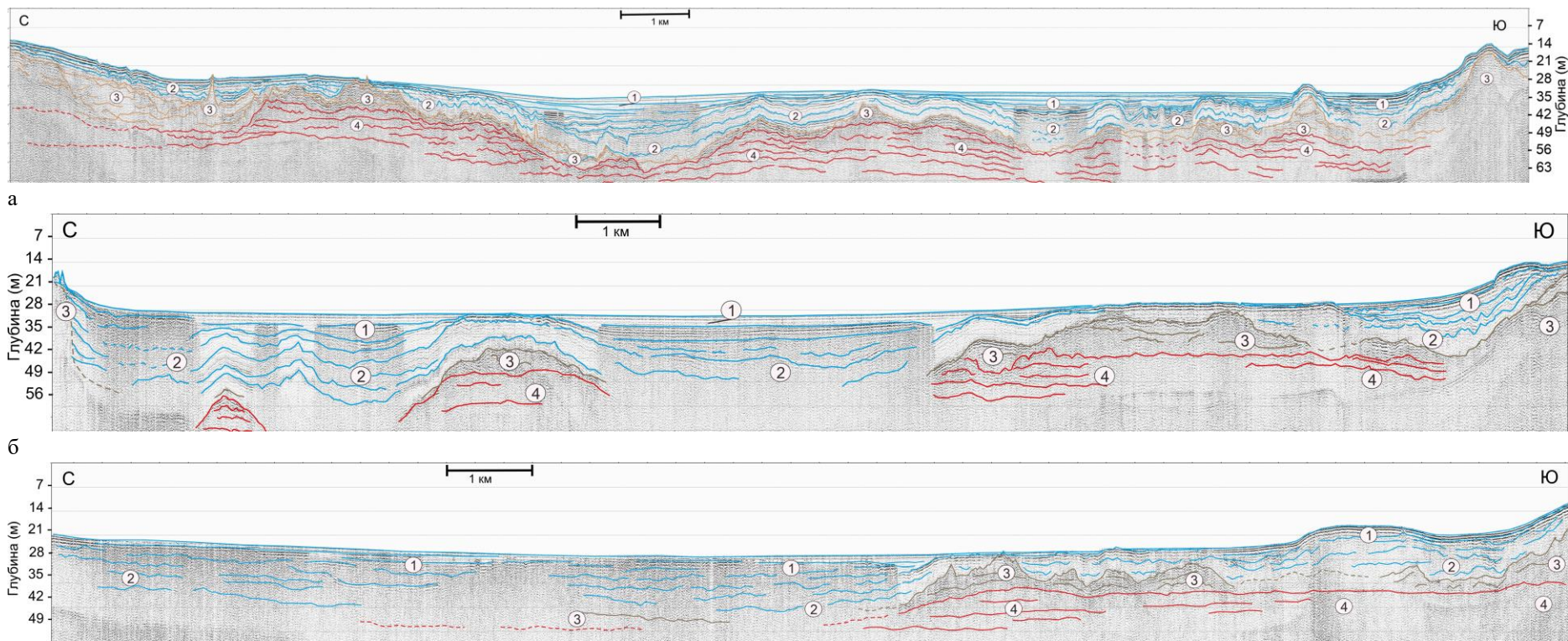


Рисунок 23. Субмеридиональные профили НСАП, выполненные в восточной части Финского залива. *а* – fg-01; *б* – fg-02; *в* – fg-08. Сейсмокомплексы: 1 – морские (пост-литориновые и литориновые) и озерные (анциловые) голоценовые осадки нерасчлененные; 2 – ледниково-озерные отложения верхнего неоплейстоцена; 3 – ледниковые отложения (морена); 4 – предположительно, коренные породы венда

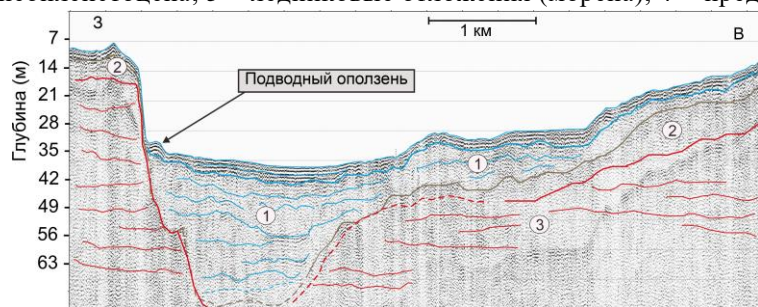


Рисунок 24. Профиль НСАП kg-04, пересекающий подводную террасу к юго-востоку от о. Мощный. Сейсмокомплексы: 1 – ледниково-озерные отложения верхнего неоплейстоцена, 2 – морена, 3 – предположительно, отложения венда

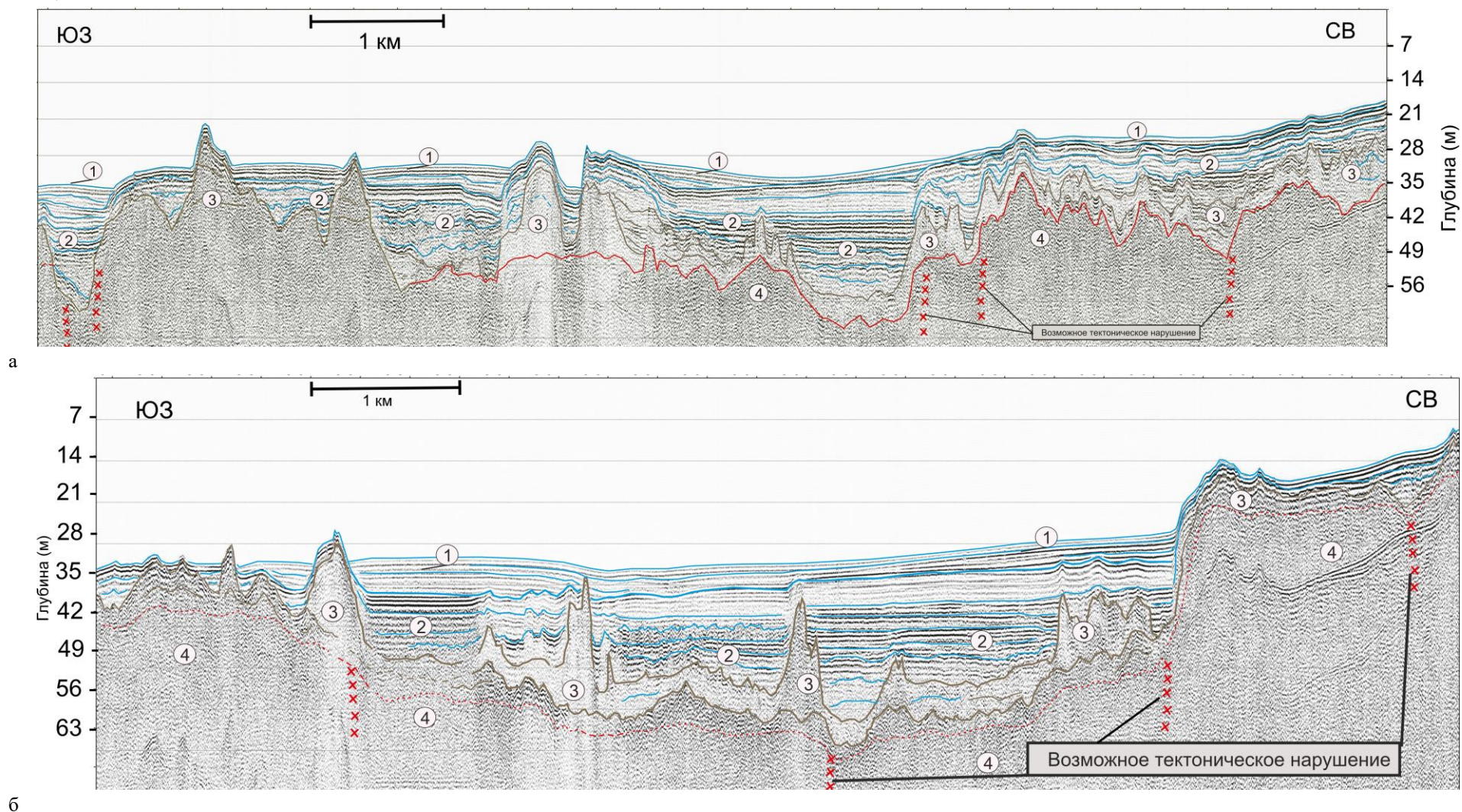


Рисунок 25. Профили НСАП, выполненные в районе Стирсудденских банок: а – bb04; б – bb05. Сейсмокомплексы: 1 – морские (пост-литориновые и литориновые) и озерные (анциловые) голоценовые осадки нерасчлененные; 2 – ледниково-озерные отложения верхнего неоплейстоцена; 3 – ледниковые отложения (морена); 4 – предположительно, коренные породы протерозоя

ЭКЗОГЕННЫЕ ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ

Ключевой участок «Северная береговая зона в пределах Курортного района»

Состав наблюдательной сети. Виды наблюдений

В субаквальной части береговой зоны было выполнено профилирование ГЛБО в общем объеме 125 км, а также 5 станций подводного телепрофилирования для заверки геофизических данных. Работы на 12 профилях, перпендикулярных береговой линии, выполнялись в режиме мониторинга, что позволяет проследить тенденции развития лито- и морфодинамических процессов с 2006 по 2015 гг. (рис. 26). Кроме того, в западной части ключевого участка было организовано профилирование ГЛБО по сети сближенных профилей с получением сплошного покрытия дна.

Береговое маршрутное обследование в пределах ключевого участка вдоль побережья Курортного района Санкт-Петербурга проводилось в период с 25 июня по 9 июля 2015 г. В ходе маршрутов обследовано около 40 пог. км береговой линии, проведено описание береговой зоны на 61 точке наблюдения. В ходе маршрута проведено

нивелировочное профилирование на 18 базовых профилях.

Результаты мониторинга экзогенных геологических процессов

По результатам геолого-геофизических исследований и эхолотирования по сети сближенных профилей построена цифровая модель рельефа поверхности дна подводного берегового склона Курортного района с наложенной мозаикой гидролокационного профилирования для полигона напротив пос. Солнечное. В результате интерпретации данных выделены четыре литодинамические зоны, расположение которых контролируется геологическим строением рассматриваемого участка дна.

Первая зона расположена на глубинах менее 6 м и развивается в условиях интенсивного волнового воздействия на дно (рис. 27). В результате размыва на дне обнажаются моренные отложения, образующие холмисто-грядовый рельеф.

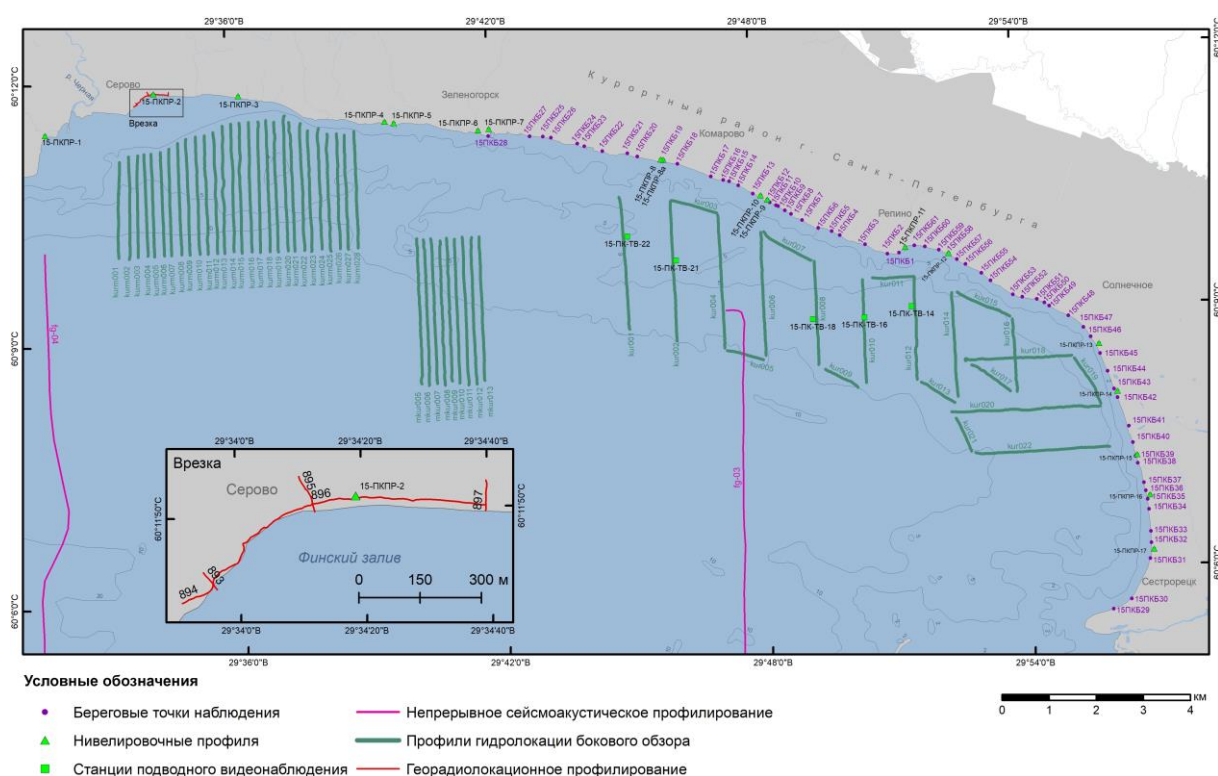


Рисунок 26. Карта фактического материала полевых работ 2015 г. на ключевом участке «Северная береговая зона Финского залива в пределах Курортного района Санкт-Петербурга»

Гряды шириной около 100 м и высотой около 2–4 м простираются в юго-восточном направлении с погружением в том же направлении. На поверхности гряд по данным пробоотбора и подводной видеосъемки сформирован покров валунно-галечных отложений, частично перекрытый песком.

Вторая зона, выделенная на глубинах 5–8 м, расположена у подножия подводной террасы, протягивающейся в западном направлении. Покров поверхностных осадков представлен маломощным слоем песчаных отложений, подстилаемых моренными образованиями (рис. 27). В пределах этой зоны выделяется серия устойчивых во времени и положении ложбин с четкими знаками

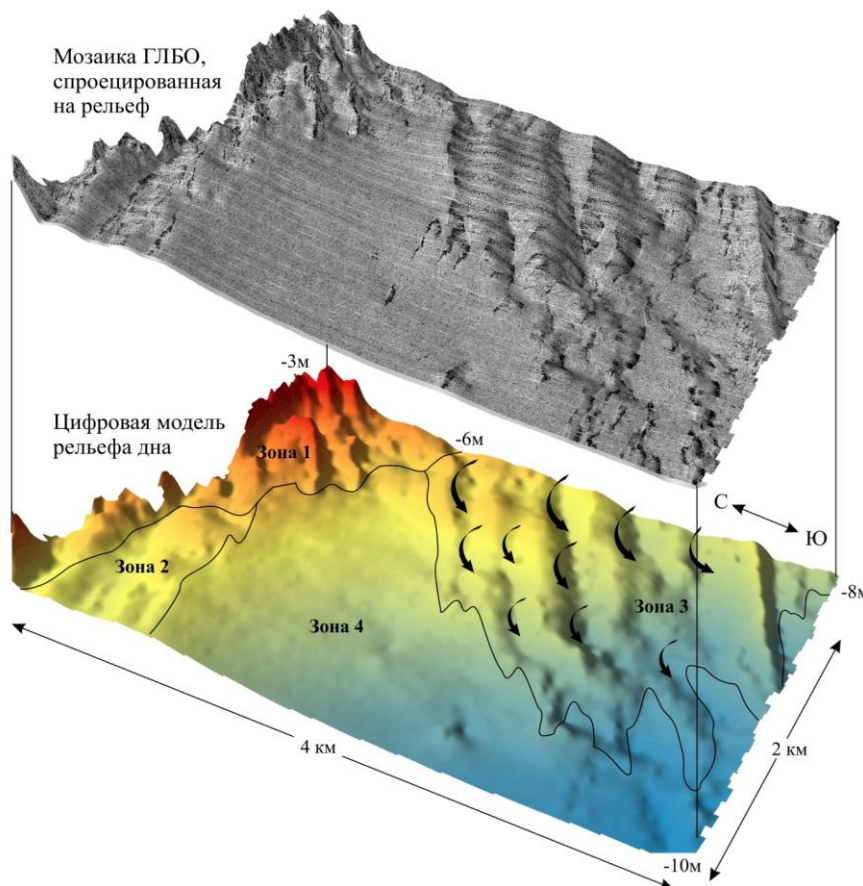


Рисунок 27. Мозаика ГЛБО, спроецированная на цифровую модель рельефа дна в районе пос. Солнечное. Пояснения в тексте

ряби в их пределах. Рябь образована преимущественно грубо- и крупнозернистыми песками. Наличие динамических микроформ рельефа указывает на активные процессы придонной гидродинамики, в результате которой происходит образование на дне линейных эрозионных форм.

Третья зона (рис. 27) характеризуется схожими экзогенными геологическими процессами и

близким геологическим строением. На сонограммах и схеме рельефа выделяется серия параллельных валов шириной около 150-200 м (ориентированных сонаправленно с моренными грядами первой зоны), поверхность валов сложена песками различного гранулометрического состава. Предположительно, песчаные валы наследуют свою форму от подстилающих их моренных образований, аналогичным представленным на дне первой зоны. Особенностью валов является различие в развитых на их склонах песчаных осадках. Северные склоны валов, преимущественно выровненные и сложены однородными песками. Южные склоны валов покрывают более грубозернистые пески, с ярко

выраженными знаками ряби (рифелями). Ориентировка знаков ряби указывает на перемещение песчаных наносов вдоль склонов валов. Объяснить преобладание ряби только на южном склоне валов можно, если предположить наличие здесь турбулентности в потоке, идущем вниз по ложбине. В результате завихрения южный склон вала испытывает размыв и перемещение наносов, а на северном происходит его аккумуляция с образованием однородной выровненной поверхности. Четвертая зона расположена между выступами моренного рельефа в локальном понижении рельефа, расширяющемся в сторону открытой части залива. Поверхность дна здесь покрыта хорошо сортированными мелкозернистыми песками без выраженных знаков ряби. Предположительно, здесь не проявляются опасные экзогенные геологические процессы.

Анализ полученных данных позволил проследить в западном направлении выделенные ранее зоны интенсивного подводного размыва и транспортировки осадочного материала (глубины 10-12 м), выраженные протяженными эрозионными ложбинами стока, на дне которых наблюдаются крупные рифели, сложенные крупно-грубозернистым песком (рис. 28, 29).

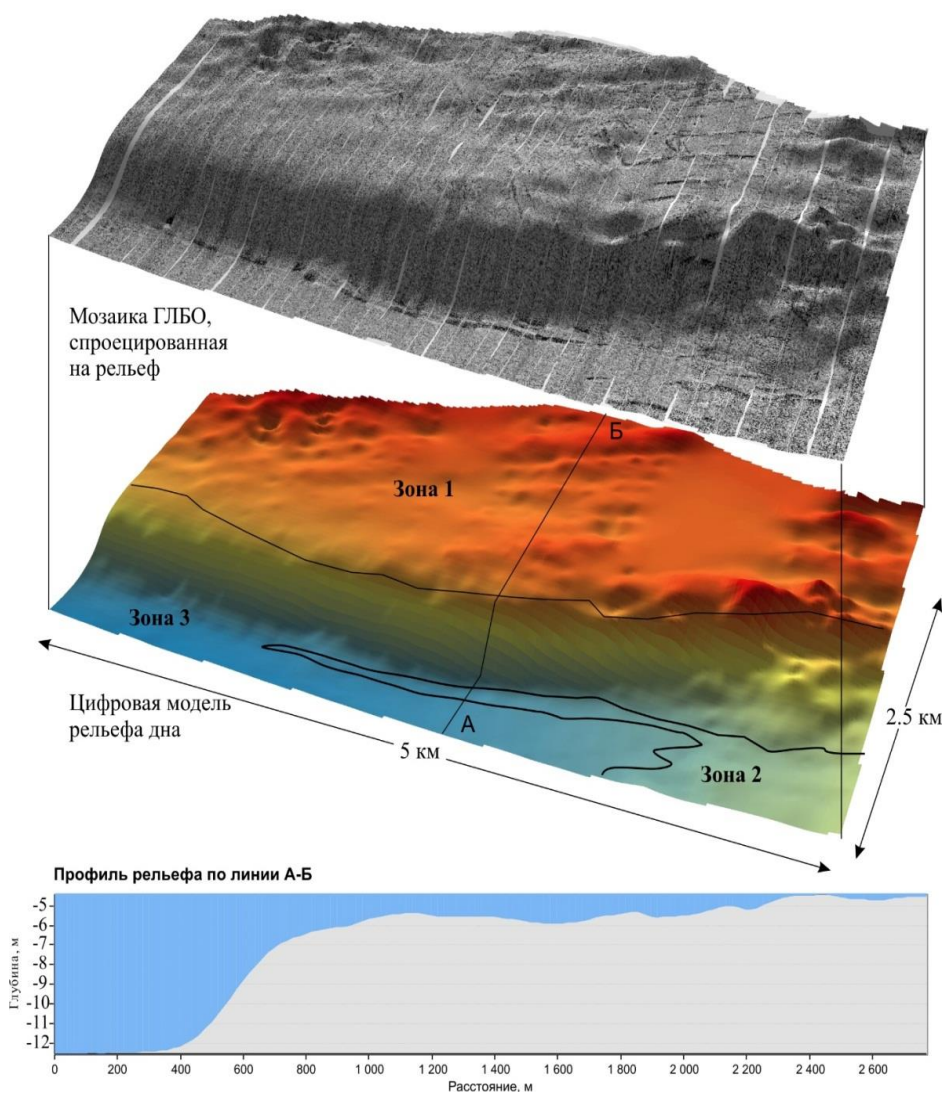


Рисунок 28. Мозаика ГЛБО, спроецированная на цифровую модель рельефа дна в районе пос. Ушково

Модель рельефа, построенная по данным эхолотного профилирования и результатам съемки ГЛБО 2015 г. для участка подводного берегового склона вблизи пос. Ушково, демонстрирует поверхность подводной террасы. Площадка террасы полого опускается от берега до глубины 6–7 м, где обрывается довольно крутым склоном. Подножье террасы расположено на глубинах 12–13 м. По вещественному составу отложения на поверхности террасы, склоне и у подножья представлены песками различного гранулометрического состава от грубо- до мелкозернистых.

Результаты интерпретации данных ГЛБО и анализ рельефа позволили выделить три зоны дна, различающиеся по проявлениям экзогенных геологических процессов.

Первая зона ограничена поверхностью площадки террасы, где широко развит

мелкогрядовый рельеф, с ориентировкой гряд в юго-западном направлении, параллельно серии современных песчаных валов. В пределах зоны развиты процессы размыва дна, на что указывает увеличение глубины поверхности дна относительно данных промеров навигационных карт 1958 года. За период в 57 лет глубины в западной части террасы увеличились более чем на 1 м.

Вторая зона выделена по развитым в ее пределах динамическим формам микрорельефа дна – знакам ряби, сложенным грубо- и крупнозернистыми песками, формирующимися на дне удлиненных ложбин, протягивающихся вдоль подножья склона. Наиболее сильно выраженная на записях ГЛБО ложбина прослеживается практически на 2 км. Выделенная зона относится к возможной области наиболее активных гидродинамических процессов, приводящих к миграции

донного материала.

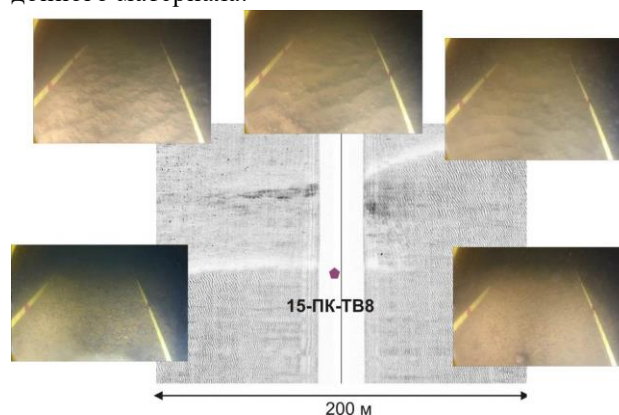


Рисунок 29. Результаты подводной видеосъемки в пределах эрозионной ложбины стока и фрагмент профиля ГЛБО

Третья зона расположена у подножья террасы и характеризует выровненное дно, сложенное преимущественно среднезернистым и

мелкозернистым песком. Выделенная зона относится к области накопления, выносимого с террасы и ложбин мелкообломочного материала.

Проявления экзогенных геологических процессов в 2015 г. зафиксированы на локальных участках берега. Отсутствие сильных осенне-зимних штормов в 2014 г. благоприятно отразилось на состоянии береговой зоны. Большинство абразионных уступов, выработанных в авантюнах

Курортного района, было стабилизировано с формированием в тыловой части пляжа малых эоловых образований (зачаточных авандюн и эоловых бугров). По данным нивелировочного профилирования по регулярной сети профилей выявлено отступление абразионного уступа на опорных профилях ПКПР-2 (пос. Серово), ПКПР-3 (пос. Ушково), ПКПР-5 и 7 (г. Зеленогорск), ПКПР-8 и 12 (пос. Репино) (рис. 30).

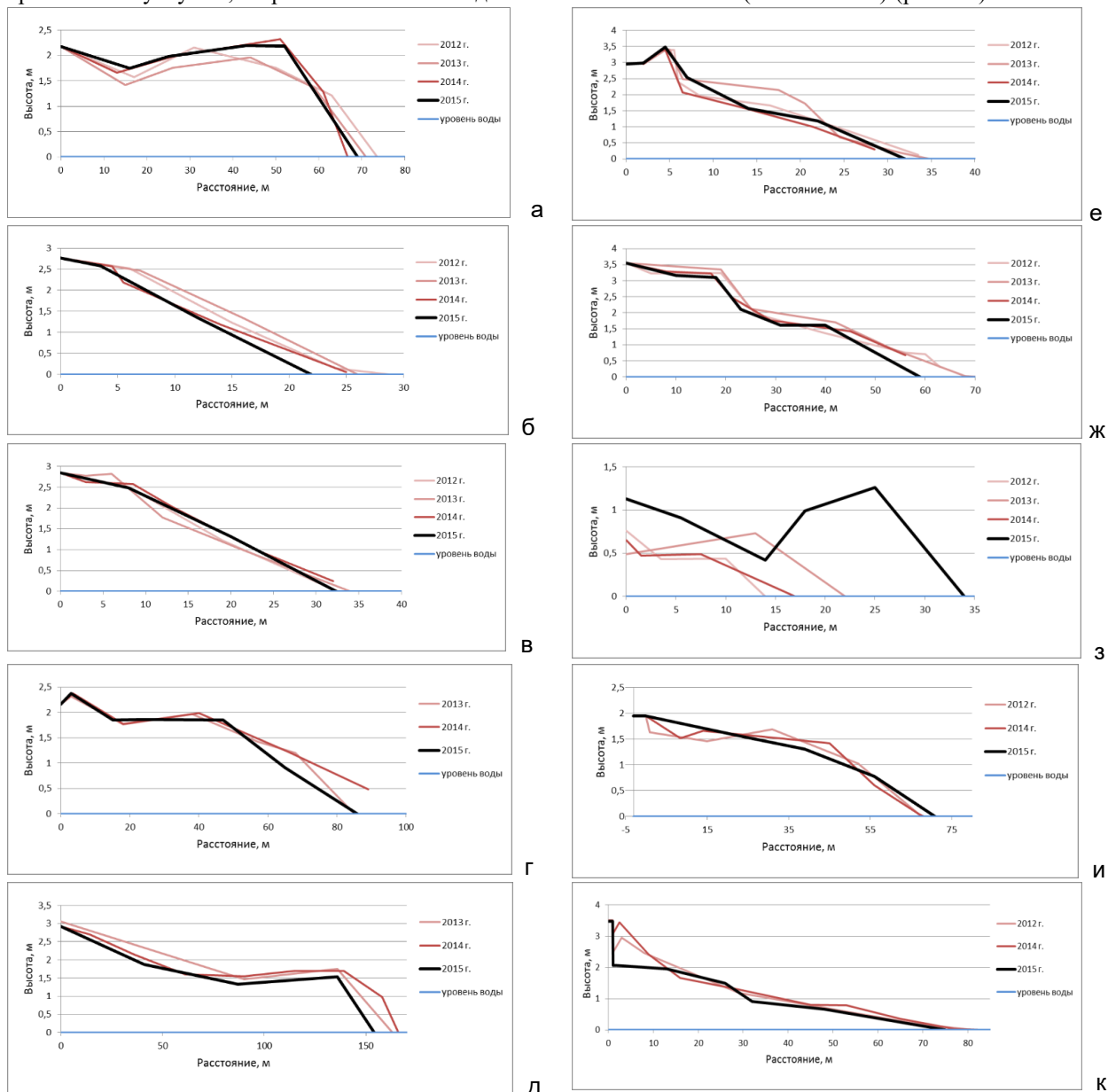


Рисунок 30. Изменение профиля пляжа с 2012 по 2015 гг. для разных частей Курортного района. а - профиль ПКПР-1 (пос. Смолячково); б - профиль ПКПР-2 (пос. Серово); в - профиль ПКПР-3 (пос. Ушково); г - профиль ПКПР-5 (западная часть г. Зеленогорск); д - профиль ПКПР-7 (г. Зеленогорск); е - профиль ПКПР-8а (западная часть пос. Комарово); ж - профиль ПКПР-9 (восточная часть пос. Комарово); з - профиль ПКПР-11 (пос. Репино); и - профиль ПКПР-12 (восточная часть пос. Репино); к - профиль ПКПР-13 (пос. Солнечное); л - профиль ПКПР-16 (г. Сестрорецк)

Расширение пляжа в районе пос. Репино имеет аномальный характер. На протяжении прошлых

лет наблюдения в районе расположения профиля фиксировался узкий пляж, имеющий тенденцию к

сокращению (рис. 31). С мая 2014 г. произошло формирование нового аккумулятивного тела, нарастающего от западного выступа берега по принципу образования «песчаной волны». В результате в 2015 г. образованная песчаной косой лагуна полностью отчленилась от акватории.

Наибольшая активность экзогенных геологических процессов наблюдается в приустьевой части р. Приветная (рис. 32). В 2014 г. устье реки, отклоненное в восточном направлении широкой аккумулятивной приустьевой косой, в результате прорыва косы изменило свое положение. Образование нового русла привело к началу развития процессов переработки пляжа, продолжающихся и в настоящее время. При этом старое русло, протягивающиеся вдоль берега, продолжает оказывать эрозионное воздействие, приводящее к обрушению объектов пляжной инфраструктуры.

Расположенные в береговой зоне Курортного района многочисленные берегозащитные сооружения, разрушенные в ходе многолетней эксплуатации, остаются в аварийном состоянии и в значительной мере не выполняют свою функцию. Также сохраняется негативное воздействие на береговую зону стихийных берегозащитных мероприятий. Расположенные к западу от пляжа «Ласковый» (пос. Солнечное) коттеджные строения на береговой террасе, высота которой не превышает 3 м, находятся в пределах абразионного участка берега. В 2013 г. было произведено укрепление берега бетонными плитами, однако ноябрьский шторм того же года привел к полному уничтожению сооружений и разрушению уступа (рис. 33). В 2014 г. склон уступа был отсыпан валунно-глыбовым материалом. В 2015 г. состояние берега не изменилось.



Рисунок 31. Формирование современной аккумулятивной формы в районе пос. Репино. Красная линия показывает положение профиля ПКПР-11

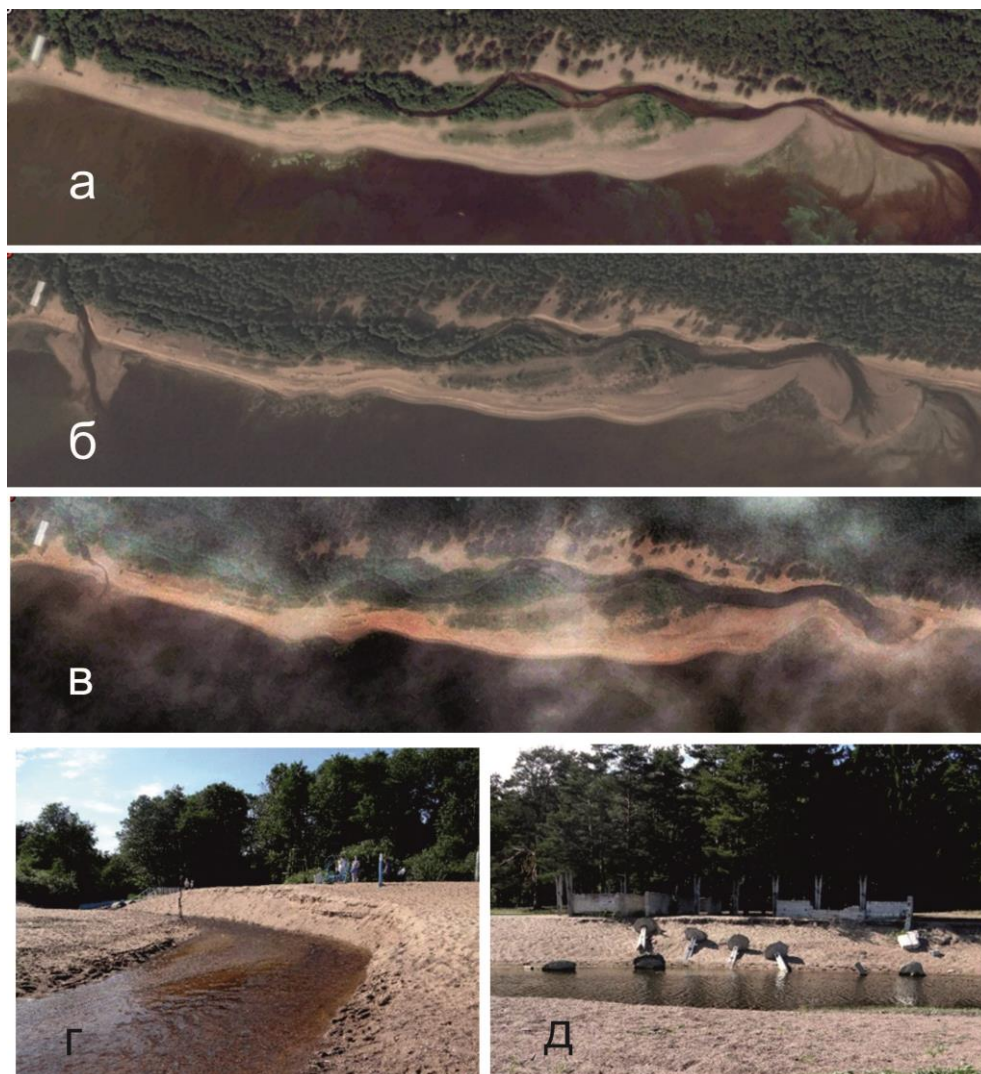


Рисунок 32. Изменение положения устья р. Приветной в период с 2014 по 2015 г. *а* – космоснимок июня 2014 г., *б* – космоснимок сентября 2014 г., *в* – космоснимок июня 2015 г. (Google Earth); *г* – новое русло р. Приветная; *д* – старое русло р. Приветная (фото июня 2015 г.)



Рисунок 33. Развитие абразионных процессов и разрушение берегозащитных сооружений в районе пос. Солнечное

Ключевой участок «Южная береговая зона в районе пос. Большая Ижора»

Состав наблюдательной сети. Виды наблюдений

Береговое маршрутное обследование в пределах ключевого участка вдоль южного побережья в районе пос. Большая Ижора проводилось 10 июля 2015 г. В ходе маршрутов было обследовано около 10 пог. км береговой линии, проведено описание береговой зоны на 7 точках наблюдения (рис. 34). В ходе маршрута было проведено нивелировочное профилирование на 6 базовых профилях.

Результаты мониторинга экзогенных геологических процессов

Результаты мониторинга береговой зоны в районе пос. Большая Ижора показывают, что тенденции развития экзогенных геологических процессов сохраняются, значительные изменения не наблюдаются. Новые экстремальные размывы в пределах исследуемого участка в 2015 г. не установлены. Техногенные нарушения геологической среды фиксируются в устье р. Чёрная, где производятся дноуглубительные

работы. В точке наблюдения 15-БИБ-1 (западная часть пос. Большая Ижора) в тыловой части пляжа обнаружена, по-видимому, несанкционированная выемка пляжевого песка (рис. 35), представляющая собой большую опасность с точки зрения нарушения баланса наносов.

Результаты непрерывной GPS-съемки берегового контура, наложенные на космоснимок от 06.06.2014 г. (Google Earth), показаны на рис. 36. В западной части участка наблюдается трансформация береговой линии (по принципу «песчаных волн»), при котором дугообразные выступы береговой линии перемещаются с запада на восток, с возрастанием амплитуды от 10 до 20 м, соответственно. В результате на западном участке береговая линия отступила в сторону суши 12 м за прошедший год. В устье р. Чёрная наблюдаются процессы заносимости фарватера, в результате роста песчаной косы, что препятствует передвижению маломерных судов. В устье реки проводятся дноуглубительные работы при помощи экскаватора.

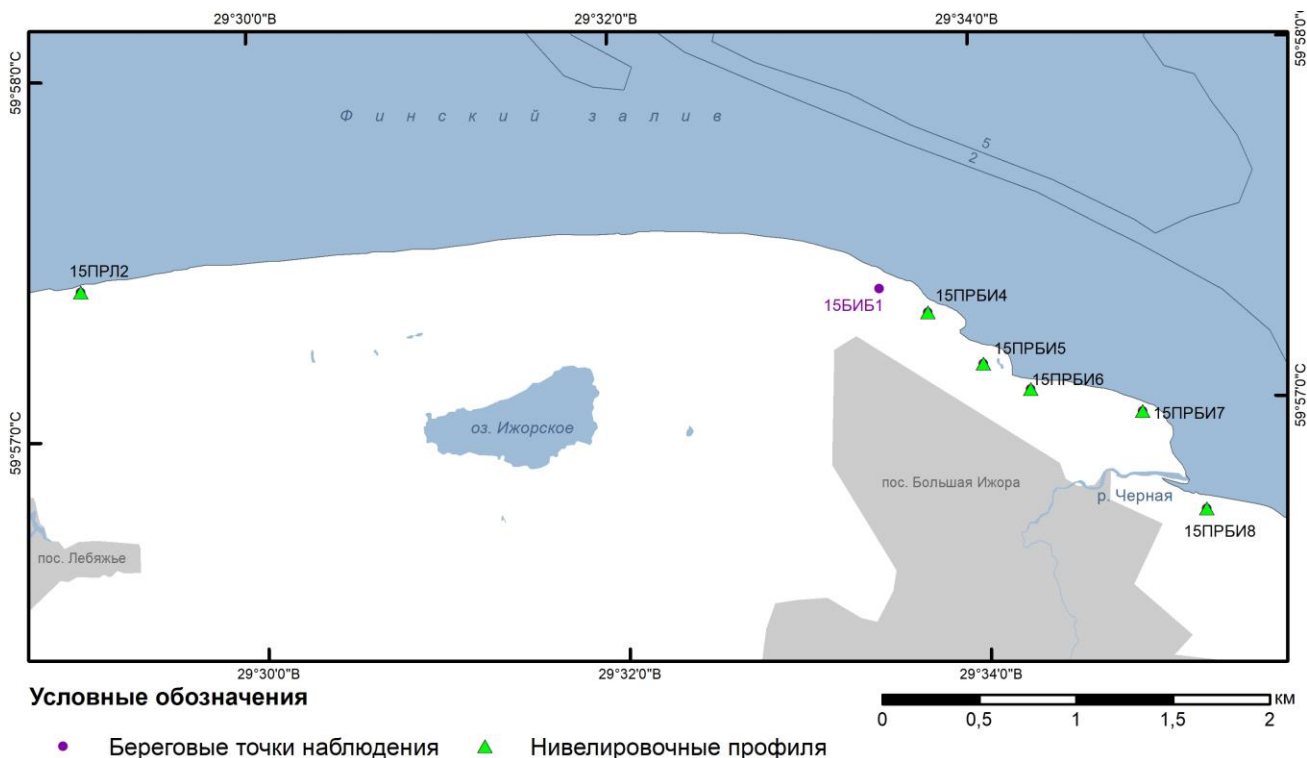


Рисунок 34. Карта фактического материала полевых работ 2015 г. на ключевом участке «Южная береговая зона Финского залива в районе Лебяжье – Большая Ижора»



Рисунок 35. Результаты выемки песка с тыловой части пляжа

Нивелировочные работы по измерению формы профиля пляжа проводились в районе пос. Большая Ижора на пяти профилях. Три из них расположены на участках развития «песчаных волн» (рис. 37), где наблюдается наибольшая динамика процессов трансформации берега.



Рисунок 36. Результаты актуальной GPS съемки берегового контура, наложенные на космоснимок от 09.07.2014 г. (Google Earth)

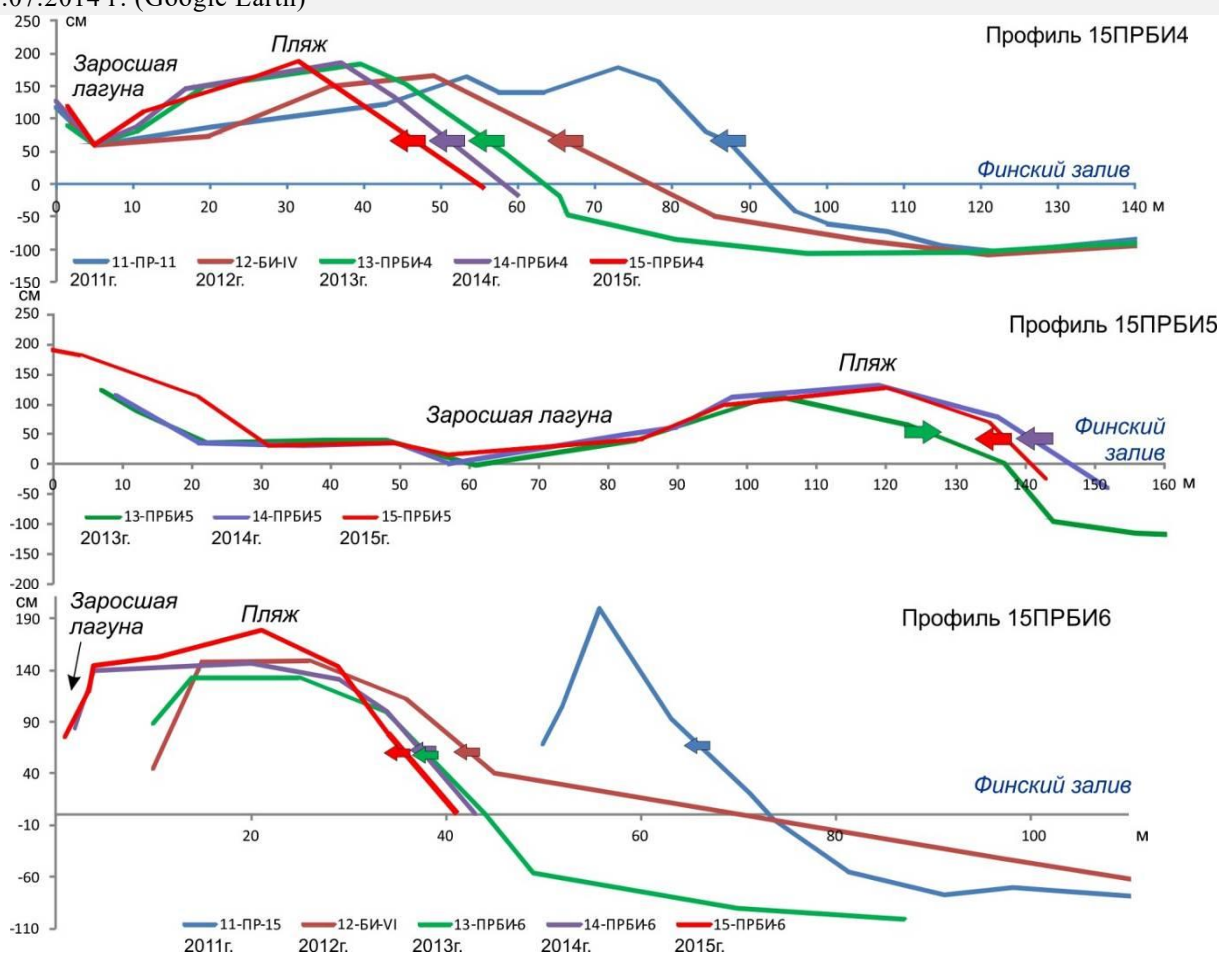


Рисунок 37. Мониторинговые нивелировочные профили: 15-ПРБИ-4, 15-ПРБИ-5, 15-ПРБИ-6

Профиль 15-ПРБИ-4 расположен на абразионном участке берега, что подтверждается ежегодными измерениями отступления береговой линии. За период 2014–2015 г. береговая линия сместилась в сторону суши на 3,5 м. За весь период наблюдений ВСЕГЕИ с 2011 г. по 2015 г. смещение составило 38 м. Профиль 15-ПРБИ-5 расположен на транзитном участке берега, переходящем от аккумулятивного к абразионному.

Этот участок характеризуется неустойчивостью направленности процессов размыва и аккумуляции, что подтверждается данными мониторингового профилирования. В период с 2013 по 2014 г. берег прирос на 12 м; с 2014 по 2015 г. берег отступил на 4 м. В настоящее время берег продолжает отступать. Профиль 15-ПРБИ-6 расположен на абразионном участке берега, где наиболее заметны процессы размыва пляжа и

отступления его в сторону суши, что сопровождается обрушением деревьев (рис. 38). В результате размыва на урезе обнажаются позднеголоценовые лагунные органогенные отложения (гиттия), смешивающиеся с современными водорослями.

Профиль 15-ПРБИ-7 расположен на абразионном участке берега. С 2011 по 2015 г. береговая линия отступила здесь на расстояние около 20 м и этот процесс продолжается. Такая же тенденция наблюдается к востоку от устья р. Чёрная, где продолжается размыв берега со смещением пляжевого вала в сторону палеолагуны (рис. 39). За последний год наблюдений темп размыва значительно сократился. В 2011–2013 гг. средняя скорость отступления берега составляла 8 м/год, с 2013 по 2015 г. эта величина не превышает 2–3 м/год.



Рисунок 38. Результаты последствия абразии песчаного берега в районе пос. Большая Ижора

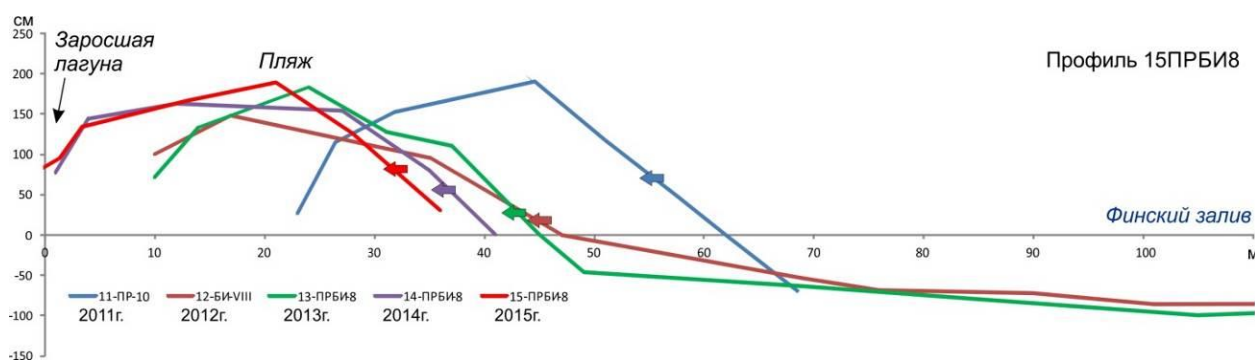


Рисунок 39. Мониторинговые нивелировочные профили: 15-ПРБИ-8

Пункт наблюдений «Нарвский залив»

Состав наблюдательной сети Виды наблюдений

На ключевом участке «Нарвский залив» наблюдения выполнялись впервые с 2006 г. Задачей работ была предварительная оценка лито- и морфодинамики береговой зоны, определение направленности и интенсивности экзогенных геологических процессов в пределах наиболее обширной в российской части Финского залива зоны аккумуляции песчаного материала, имеющей большой потенциал с точки зрения развития рекреационных зон.

литодинамики), и также НСАП с целью установления строения верхней части геологического разреза, выявления возможных затопленных подводных террас и форм ледникового и флювиогляциального рельефа (50 км – как совпадающих с профилями ГЛБО, так и расположенных в зоне контрастного рельефа открытой части акватории).

Для интерпретации геофизических данных при помощи бокс-корера были отобраны 20 образцов поверхностных отложений, и выполнены видеонаблюдения на 11 станциях.

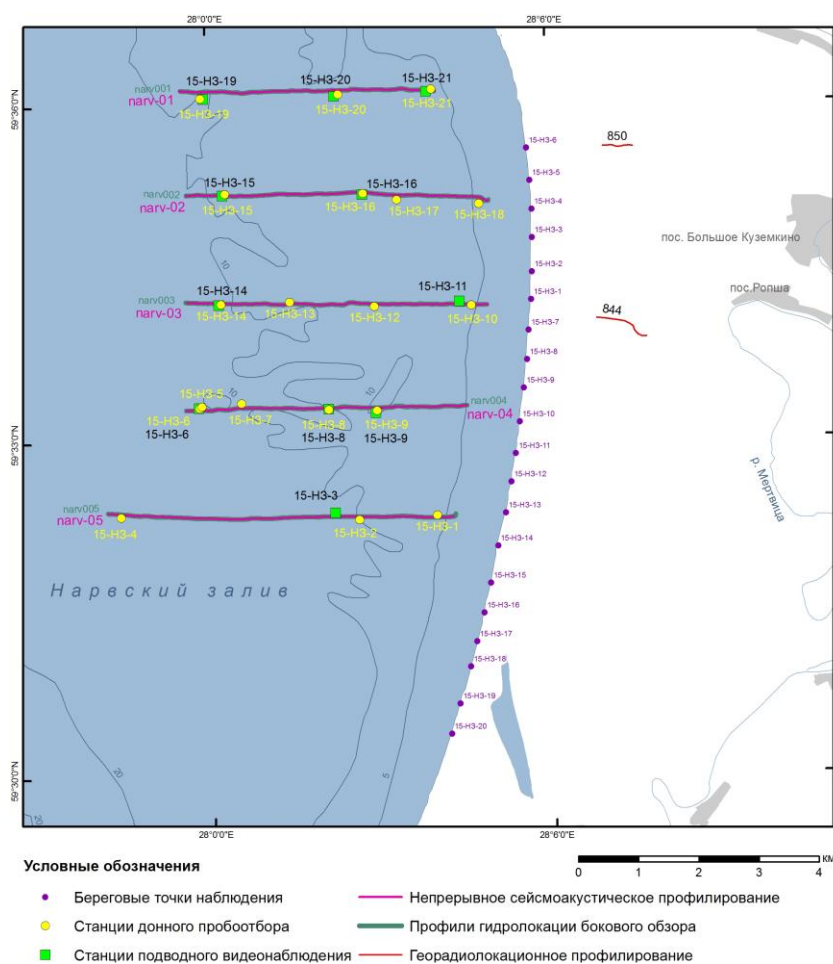


Рисунок 40. Карта фактического материала полевых работ на ключевом участке «Нарвский залив» в 2015 г.

В 2015 г. было выполнено ГЛБО по пяти профилям, перпендикулярным береговой линии (25 км) (рис. 40) (разреженная сеть для предварительного анализа характера поверхностного рельефа и осадочного покрова и выявления возможных зон активной придонной

Результаты мониторинга экзогенных геологических процессов

Субаэральная часть береговой зоны Нарвского залива представляет собой наиболее широкую (более 10 км) зону развития песчаных отложений в российской части Финского залива. Профили НСАП, выполненные в субаквальной части береговой зоны Нарвского залива (глубины от 5 до 15 м), как по результатам выполненной ранее геологической съемки (Атлас ..., 2010), а также по данным пробоотбора и подводной видеосъемки 2015 г., не выходили за пределы площадей развития песков. На основе интерпретации профилей narv-04, narv-03 и narv-02 выделены невыдержанные по латерали террасовидные уступы амплитудой менее 5 м, в то же время четко выраженных подводных песчаных террас не выявлено.

На всех профилях обращает на себя внимание расчлененная поверхность дчетвертичных отложений (гляциодислокации), вероятно, обусловленная экзарационным воздействием ледника. Мощность перекрывающей их морены достигает 10 м, постепенно уменьшаясь по склону уступа. Сильно расчлененная поверхность морены в пределах террасовидного уступа перекрыта

телом песков, скорее всего флювиогляциальных (мощностью до 8 м), выклинивающих в сторону открытого моря, где морена перекрыта толщей слоистых ледниково-озерных глин (рис. 41). Отложения неоплейстоцена перекрываются голоценовыми песками. В западной части профилей 3 - 5 в рельефе ледниковых отложений просматривается долинообразное понижение с относительной глубиной до 25 м (до абс. глубин 60 м).

Интерпретация данных ГЛБО, пробоотбора и подводной видеосъемки в береговой зоне Нарвского залива позволила выявить зоны развития динамичных песков, вытянутые в направлении с северо-востока на юго-запад. По

данным видеосъемки на отдельных участках дна установлены зоны подводного размыва (рис. 42, 43), а также ложбины, на дне которых наблюдаются крупные песчаные рифели с расстоянием между гребнями от 20 до 50 см и высотой около 20 см, сложенные крупно-грубозернистым песком. Сходные поля с характерным микрорельефом дна были выявлены ранее на других участках береговой зоны Финского залива и Калининградского шельфа (подводный склон Куршской косы). По-видимому, их можно считать индикаторами подводных течений, выносящих песчаный материал из береговой зоны в глубоководные части акватории (рис. 44, 45).

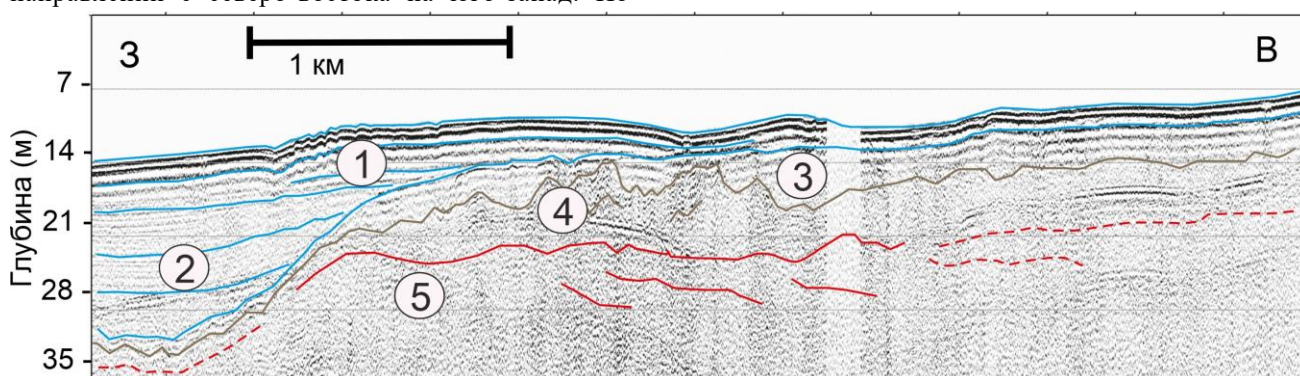


Рисунок 41. Интерпретация профиля НСАП (narv-04): 1 – морские отложения голоцена, преимущественно пески, 2 – глины Балтийского Ледникового озера, 3 – предположительно флювиогляциальные отложения (пески), 4 – ледниковые отложения (морена) ошастковского оледенения, 5 – осадочные породы венда

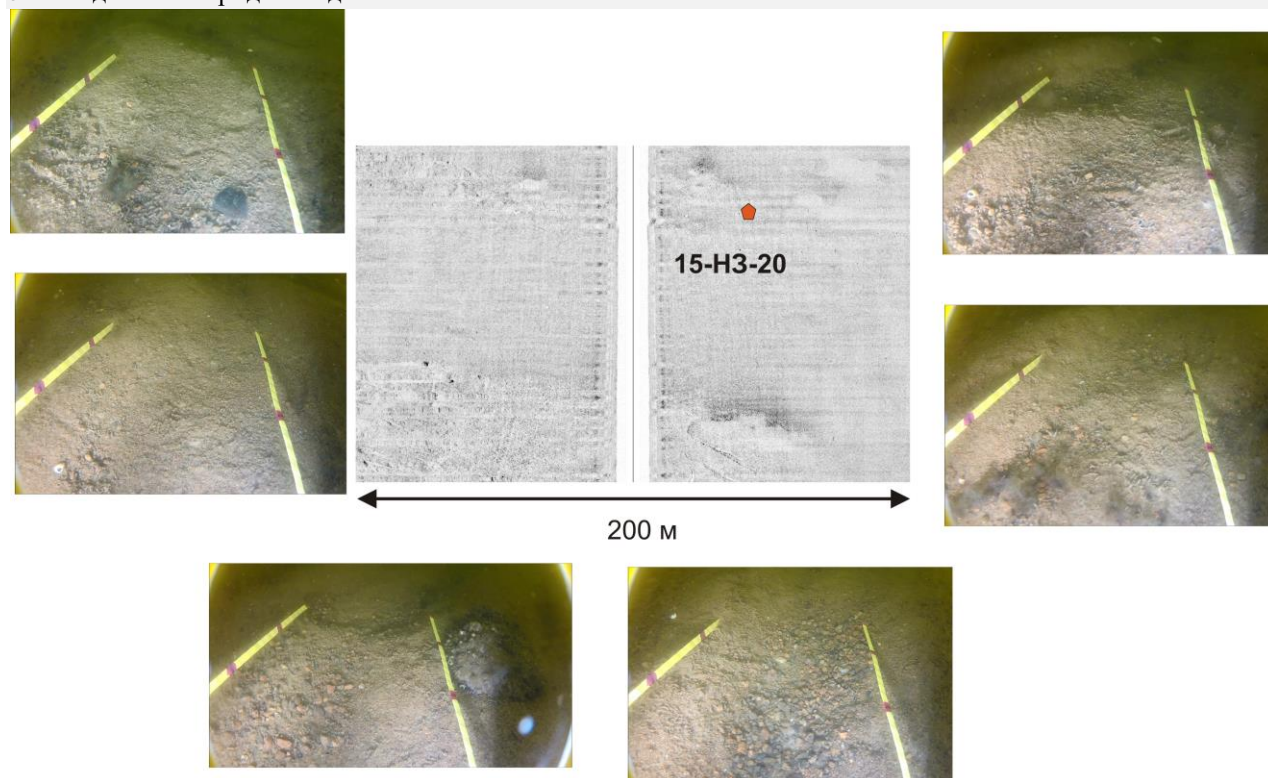


Рисунок 42. Зона подводного размыва в Нарвском заливе (профиль 1, станция наблюдения 15-N3-20)

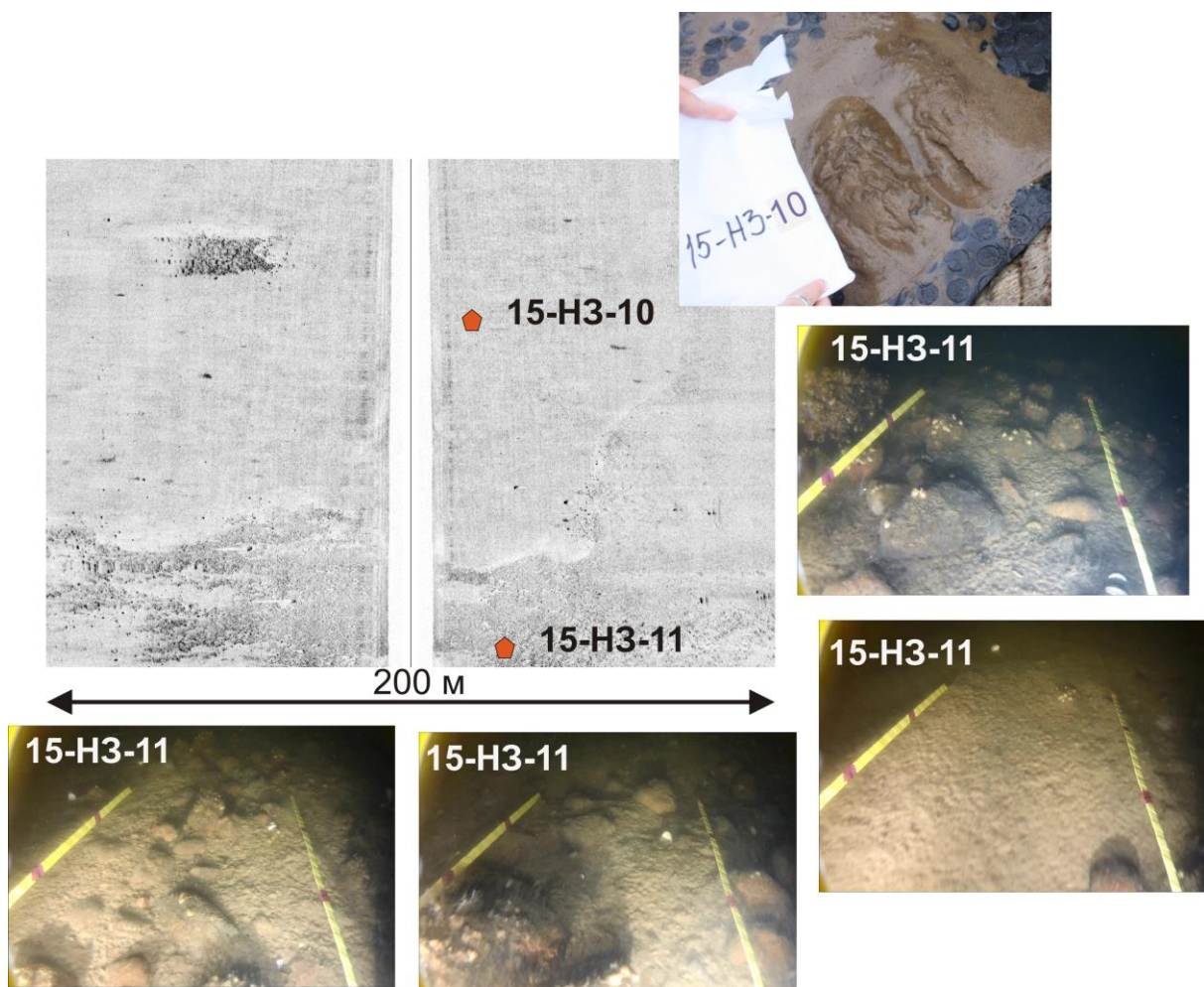


Рисунок 43. Зона подводного размыва в Нарвском заливе (профиль 3, станция наблюдения 15-НЗ-10)

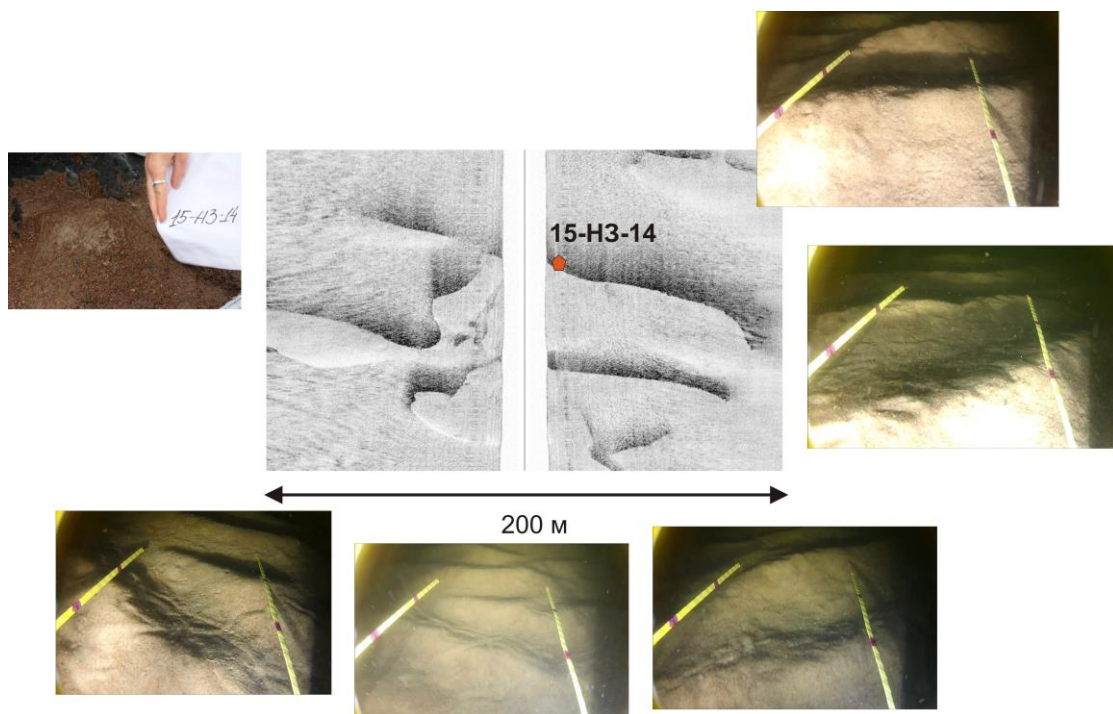


Рисунок 44. Подводная ложбина с крупными рифелями на дне. Нарвский залив. Профиль 3, точка наблюдения 15-НЗ-14

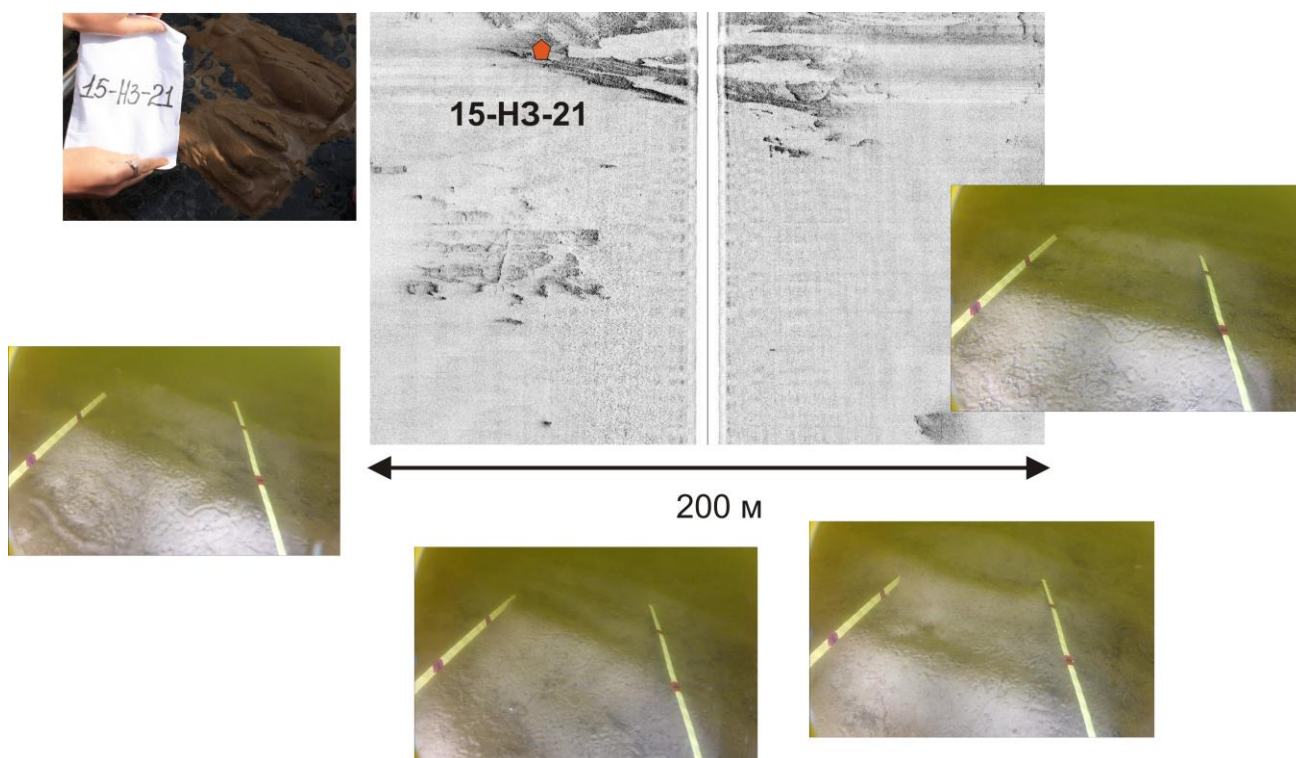


Рисунок 45. Подводная ложбина с крупными рифелями на дне. Нарвский залив. Профиль 1, точка наблюдения 15-НЗ-21

Для оценки лито- и морфодинамики береговой зоны были выполнены береговые маршруты (20 км), сопровождавшиеся описанием характера берега и фотографированием.

Береговая зона российской части Нарвского залива подразделяется на два морфогенетических типа – аккумулятивный песчаный (от устья р. Нарва до валунного мыса в районе дер. Кирьямо) и абразионный валунный мелкобухтовый (северо-западное побережье Кургальского полуострова). Северный сегмент береговой зоны за счет слабых уклонов подводного берегового склона, представленных валунными отмостками, и значительного расчленения береговой линии характеризуется крайне слабой динамикой.

Зона песчаной аккумуляции представляет несомненный интерес с точки зрения рекреационного использования. По данным наблюдений 2006 и 2015 гг. и анализа космоснимков на всем протяжении наблюдается пляж неполного профиля, авантюна развита локально, максимальная ширина пляжа не превышает 50 м. В то же время, по данным стационарных наблюдений, проводившихся Ленинградским государственным университетом (ЛГУ) в 1969–1975 гг., ширина пляжа до экстремального шторма 1975 года составляла в

среднем 80 м, в тыловой части пляжа располагалось дюнное поле шириной до 500 м. В результате этого шторма пляж испытал катастрофический размыв, а в аванюне наблюдался активный абразионный уступ [Логвиненко и др., 1988]. В 2006 г. на всем протяжении российской части Нарвского залива ширина пляжа составляла от 10 до 40 м, в южной части наблюдались низкие аванюны. Не произошло восстановления ширины пляжа и дюнного пояса и к 2015 г.

Южная часть рассматриваемого пляжа, по данным сравнения результатов полевых наблюдений 2006 и 2015 гг., не претерпела изменений (рис. 46). Пляжевая ступень полого-наклонная (пляж неполного профиля) сложена хорошо сортированным мелкозернистым песком, практически без примеси грубозернистого материала. В тыловой части пляжа наблюдается невысокая (максимальная высота 1,5 м) стабильная аванюна без признаков как деградации, так и нарастания.

К северу от станции наблюдения 15-НЗБ-17 (Об-НЗ-6) аванюна на пляже не сформирована. В тыловой части наблюдается серия слабо выраженных эловых бугров, также без признаков размыва либо нарастания (рис. 47).



Рисунок 46. Южная часть пляжа Нарвского залива. а – станция наблюдения 15-НЗБ-19 (правое фото) и 06-НЗ-5 (левое фото); б – станция наблюдения 15-НЗБ-18 (правое фото) и 06-НЗ-5 (левое фото)

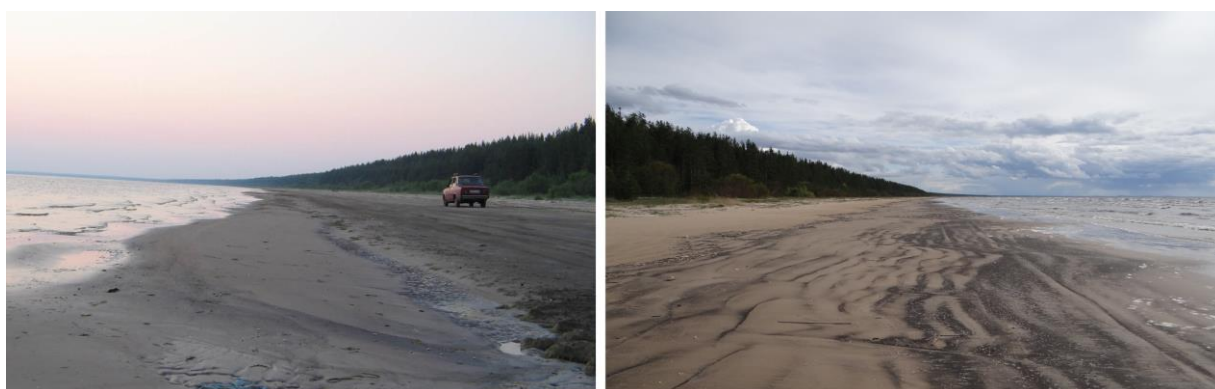


Рисунок 47. Центральная часть пляжа, станции наблюдения 15-НЗБ-12 (06-НЗ-12)

В южной части побережья наблюдаются древние береговые валы и дюны высотой до 20 м. В северной части рельеф побережья более низменный, ложбины между реликтовыми валами заболочены. В период наблюдений в мае 2015 г. в приуезовой зоне между станциями 15-НЗБ-1 и 15-НЗБ-8 отмечалось скопление водорослей и раковинного детрита. К северу от устья ручья (точка с координатами 59,58953 с. ш., 28,09544 в. д.) берег заболочен и практически непроходим.

Ширина зоны подводных песчаных валов увеличивается от 60–70 м в районе устья р. Нарва до 300 м в северной части зоны песчаной аккумуляции. В южной части описываемой зоны, по данным анализа космоснимков, подводные валы прерывистые, видны участки развития разрывных течений. К северу валы становятся более

выдержанными (рис. 48). Устья водотоков отклонены в северном направлении, что является косвенным индикатором аналогичного направления потока наносов. Приуезовые отложения береговой зоны представлены мелкозернистым песком с содержанием доминирующей фракции от 75 % (станция 15-НЗБ-20у) до 96 % (станции 15-НЗБ-13у, 15-НЗБ-14у, 15-НЗБ-17у). Специалисты ЛГУ при исследованиях 1970-х гг. также отмечали преобладание мелкозернистых песков с колебанием количества доминирующей фракции (0,25–0,1 мм) в пределах 65–95 %. Крупноалевритовый материал (<0,05 мм) практически отсутствует в приуезовых отложениях и составляет менее 0,05 % по данным гранулометрического опробования 2015 г. и 5–8 % по данным [Логвиненко и др., 1974].

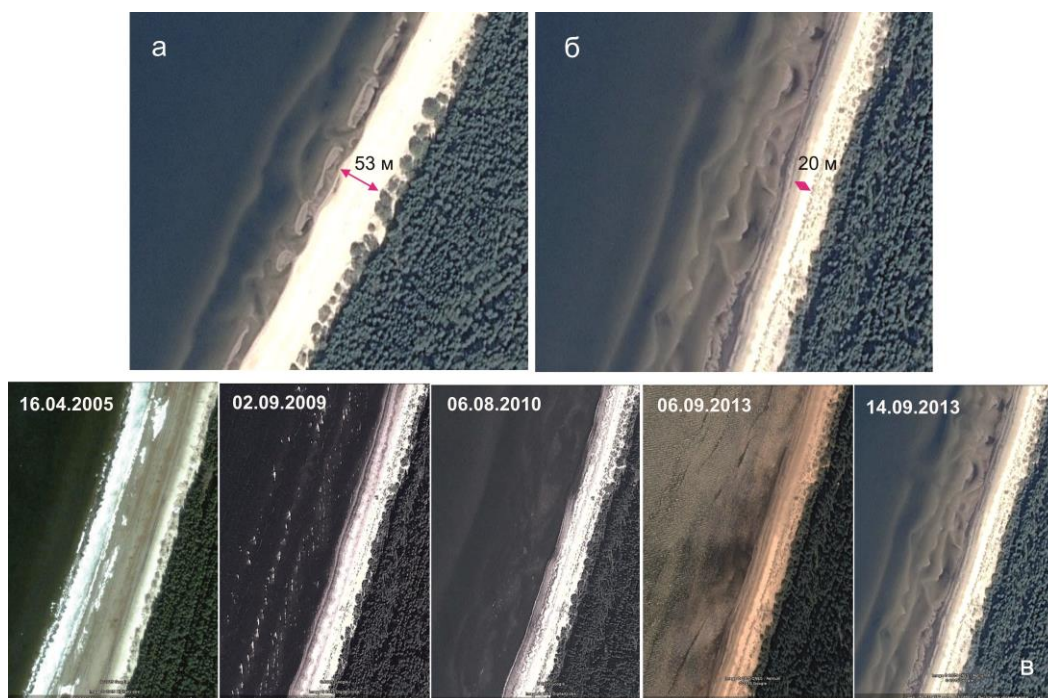


Рисунок 48. Южная (А) и северная (Б) части пляжа Нарвского залива по данным космосъемки 14.09.2013 г. В – космоснимки северной части пляжа Нарвского залива (2005–2013) (Google Earth)

Применение методики [MacLaren, Bowles, 1985] показало, что на протяжении всего участка береговой зоны, где проводилось гранулометрическое опробование, можно выделить два потока материала, направленных как на север, так и с севера. Для более детального анализа было выделено два подучастка по 10 станций пробоотбора в каждом. На участке 15-НЗБ-11 ... 15-НЗБ-20 определяется перенос материала от вершины к середине восточной дуги залива с уровнем значимости 0.01. На северном участке (станции 15-НЗБ-6 ... 15-НЗБ-10) было выделено два противоположно направленных потока также с высоким уровнем значимости 0.01. Такое распределение литодинамических характеристик может быть объяснено преобладанием речного стока в кутовой части залива и усиливающимся влиянием волнения, вызванного преобладающими западными ветрами, в центральной части и у входа в залив (рис. 49).

На ключевом участке проведены георадиолокационные работы с целью определения мощностей и строения

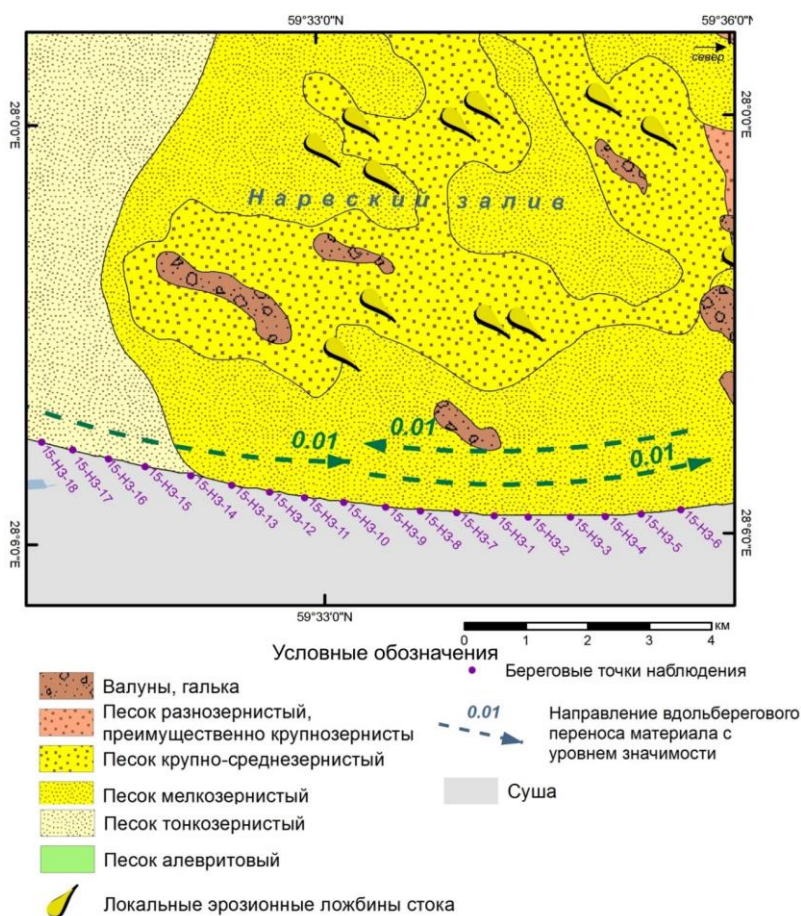


Рисунок 49. Фрагмент литологической карты ключевого участка «Нарвский залив» с указанием направления движения береговых наносов, рассчитанного по методике [MacLaren, Bowles, 1985]

песчаных аккумулятивных образований для оценки интенсивности эоловых процессов и определения мощности песчаных голоценовых отложений и положения кровли морены (рис. 50).

По результатам интерпретации георадиолокационного профилирования, выполненного на побережье Нарвского залива, было выделено три георадиолокационных комплекса отложений. Верхний комплекс (рис. 50, комплекс 1) соответствует голоценовым прибрежно-морским отложениям, образованным в регрессивную стадию развития Литоринового моря. Верхняя часть комплекса подвержена эоловой переработке. Комплекс сложен косослоистыми песчаными отложениями, с падением слоев в западном направлении (в сторону современного берега Нарвского залива). Мощность комплекса увеличивается в том же направлении, достигая мощности вблизи берега около 10 м.

Нижележащий комплекс (рис. 50, комплекс 2) характеризуется наличием наклонных и горизонтальных осей синфазности различной интенсивности. Такой тип записи характерен для увлажненных песков с прослоями более

Формирование второго комплекса происходило в условиях активной придонной динамики, о чем свидетельствует высокая степень переработки песчаных отложений и наличие многочисленных эрозионных горизонтов. Самый нижний комплекс (рис. 50, комплекс 3) характеризуется шероховатой поверхностью кровли и большой интенсивностью отражений от нее. Кровля комплекса погружается в западном направлении с абсолютных отметок –6 м до –13 м. По характеру осей синфазности и морфологии рельефа кровли комплекс был интерпретирован как ледниковые отложения (морена).

Результаты интерпретации георадиолокационного профилирования не противоречат геологическому разрезу расположенной к югу от этого района скважины [Саммет и др., 1980ф], вскрывшей моренные валунные суглинки на абсолютной глубине около –20 м. Геофизический разрез был продлен на акваторию Нарвского залива средствами непрерывного сейсмоакустического профилирования.

Таким образом, геофизическое профилирование на совмещенных площадях суши и дна акватории позволило установить важные особенности

геологического строения береговой зоны Нарвского залива. Выявлены слои отложений, различающиеся по степени устойчивости к размыву: пески и ледниковый диамиктон. Ключевой участок расположен в непосредственной близости от наиболее крупной реки южного берега Финского залива – Нарвы, а также ряда других рек, отчасти унаследовавших свое положение от палеодолин, выработанных в дочетвертичном рельефе [Саммет и др., 1980ф]. Определение мощности поверхностного покрова песчаных отложений и положение кровли морены, наряду с определением направленности и интенсивности современных лито- и морфодинамических процессов,

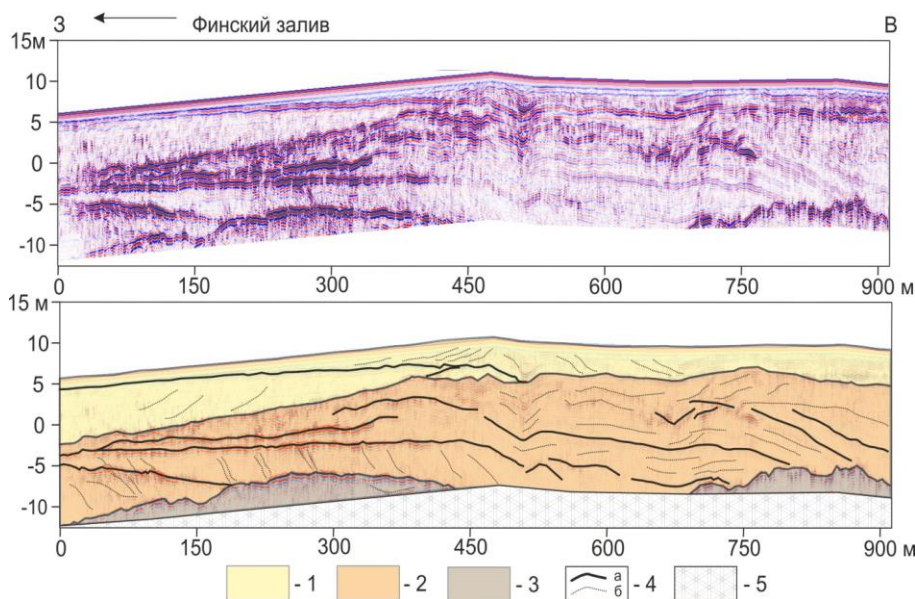


Рисунок 50. Георадиолокационный профиль FILE844 и его интерпретация: 1 – комплекс прибрежно-морских голоценовых отложений (песок); 2 – комплекс полигенетических раннеголоценовых(?) отложений (песок с гравийно-галечными прослоями); 3 – комплекс ледниковых отложений (морена); 4 – оси синфазности: а – сильной, б – слабой; 5 – отсутствие записи

грубообломочных осадков. Комплекс прослеживается на протяжении всего профиля и представлен пачками косослоистых песчаных отложений, ограниченных горизонтами размыва, сложенными преимущественно гравийно-галечным материалом. Мощность его не постоянна и изменяется с запада на восток.

имеет чрезвычайно важное значение с точки зрения прогноза развития экзогенных геологических процессов в береговой зоне российской части Нарвского залива.

Ключевой участок «Пролив Бьеркезунд – Ермиловский залив»

Состав наблюдательной сети. Виды наблюдений

В 2015 г. в пределах ключевого участка было выполнено 50 км ГЛБО (по сближенной сети профилей для создания мозаики ГЛБО) на восточном подводном береговом склоне о. Большой Берёзовый, 50 км НСАП (субширотные профили на подводном береговом склоне о. Большой Берёзовый и субмеридиональные через Стирсудденские банки), эколого-геологический донный пробоотбор в проливе Бьеркезунд (11 станций) и подводное телепрофилирование (9 станций) (рис. 22, 51). Профили НСАП позволяют проследить изменчивость строения приповерхностного геологического разреза, положение зон газонасыщенных осадков, тектонических нарушений, существование гляциодислокаций, следов подводных гравитационных перемещений грунта и т.д.

Результаты мониторинга экзогенных геологических процессов

В 2015 г. были выполнены комплексные геолого-геофизические исследования участка подводной террасы на юго-восточном подводном склоне о. Большой Берёзовый, где до 1990-х гг. проводилась добыча песчаного материала. Положение подводных карьеров хорошо фиксируется на записях ГЛБО. Профили НСАП были проложены несколько в стороне от карьеров и характеризуют геологическое строение ненарушенной подводной террасы (рис. 52), цоколь которой сложен препарированной поверхностью дочетвертичных образований. Мощность морены, сплошным плащом перекрывающей коренные породы, достигает в отдельных грядах 15 м. Поверхность террасы покрыта песками, отчасти реликтовыми, отчасти современными. Ниже бровки террасы развита толща

бассейновых отложений от глин Балтийского ледникового озера до современных алевропелитовых илов. Площадка подводной песчаной террасы на юго-восточном склоне о. Большой Берёзовый расположена на глубинах 10 м и прослежена профилями bb001 и bb002. Батиметрически ниже (глубины 20–25 м) расположена выровненная пологонаклонная поверхность. По данным геологической съемки относительно слабо расчлененная поверхность

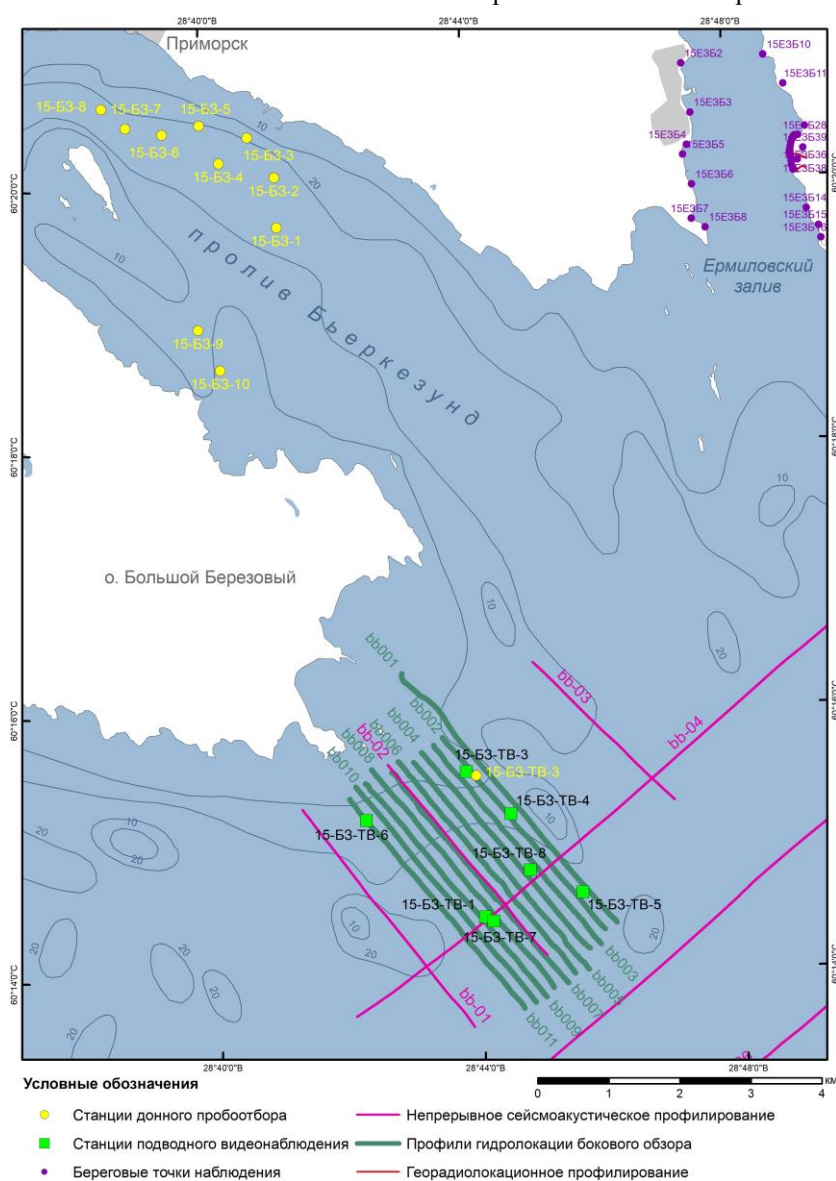


Рисунок 51. Карта фактического материала полевых работ на ключевом участке «Пролив Бьеркезунд – Ермиловский залив» в 2015 г.

ледниковых и флювиогляциальных отложений перекрыта здесь маломощным покровом голоценовых песчаных отложений (в центральной части полигона) или глин анцилового возраста. Вторая ступень песчаной террасы, по данным геологической съемки, расположена на глубинах около -5 м.

По данным ГЛБО и подводной видеосъемки у подножия террасы на глубинах от -10 до -14 м микрорельеф поверхности дна представлен крупными рифелями, сложенными грубозернистым песком и гравием, что является свидетельством высокой интенсивности придонных течений (рис. 53, 54).

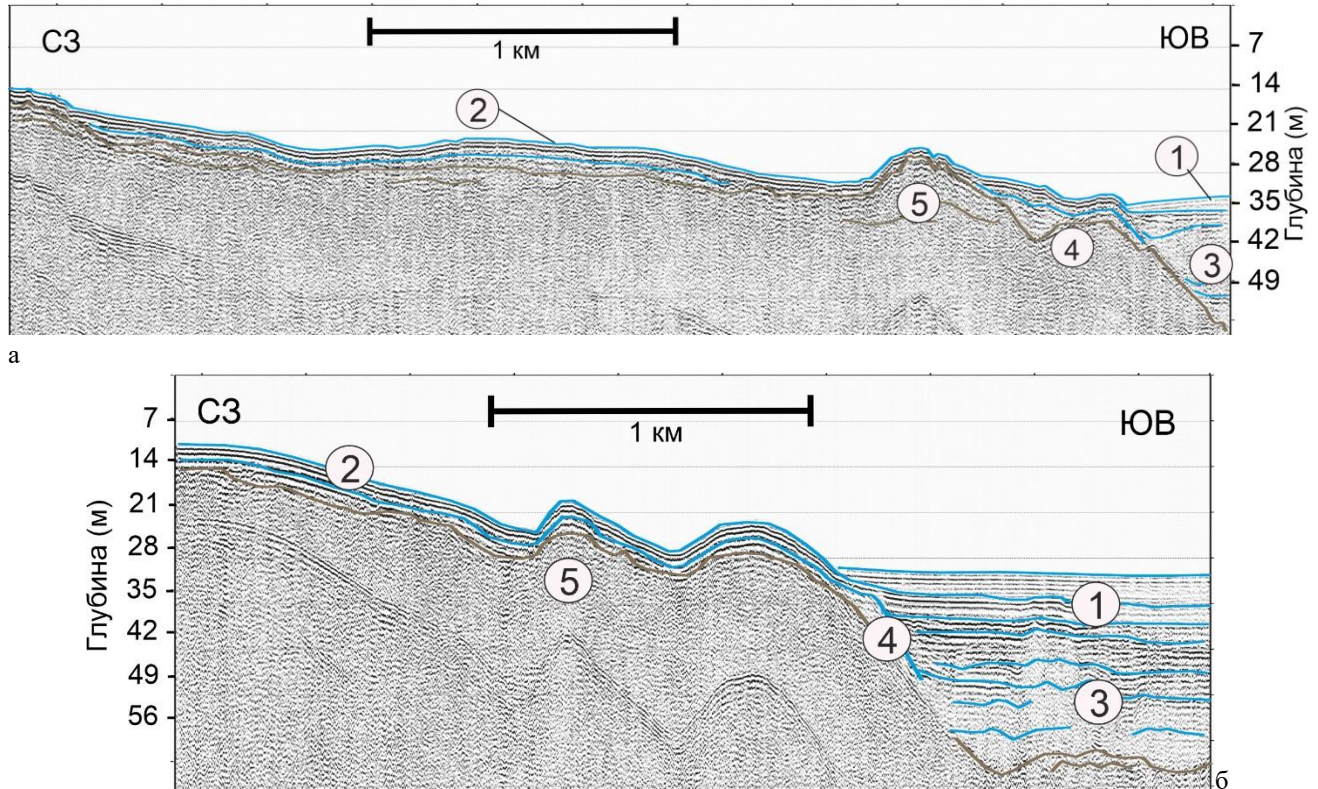


Рисунок 52. Примеры профилей НСАП (а – bb-01, б – bb-02), 2015 г.: 1 – голоценовые литориновые морские и анциловые озерные отложения (алевропелиты, глины) нерасчлененные, 2 – покровные пески и песчано-гравийные отложения, 3 – глины Балтийского ледникового озера, 4 – предположительно флювиогляциальные отложения (пески), 5 – ледниковые отложения (морена)

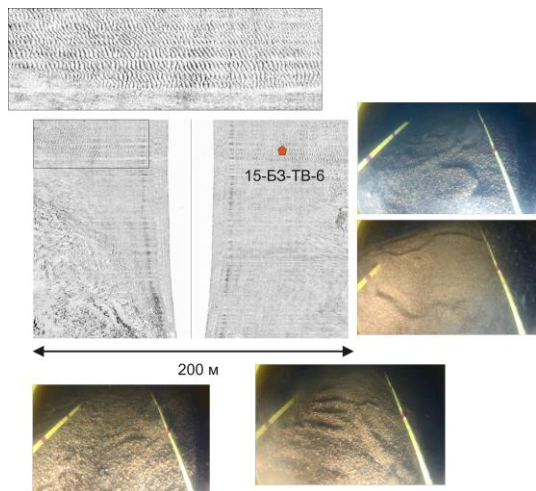


Рисунок 53. Крупные рифели, сложенные гравийным песком. Профиль ГЛБО bb011

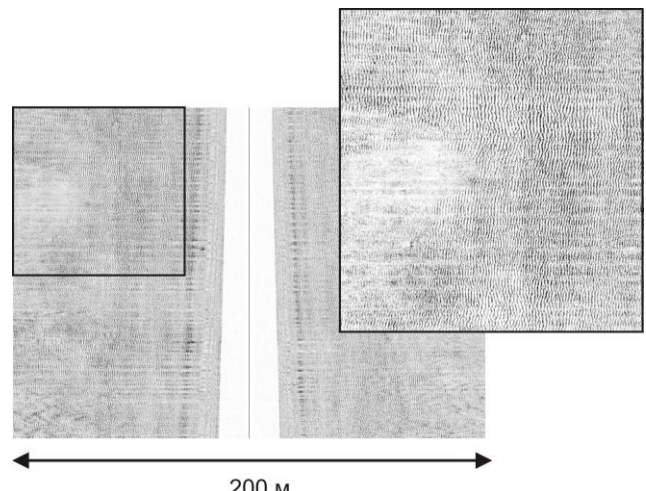


Рис. 54. Крупные рифели. Профиль ГЛБО bb010

Подводные обнажения морены, приуроченные к зонам подводного размыва, маркируются скоплениями грубообломочного материала на поверхности дна (рис. 55).

По данным анализа сонограмм (профили bb004 – bb001) рельеф подводной террасы в значительной степени изменен техногенными процессами. Глубина подводных карьеров по

добыче песчаного материала достигает 14–15 м, поверхность останцов ненарушенного рельефа располагается на глубинах от –5 до –8 м (рис. 56).

Останцы ненарушенного рельефа в районе бывших карьеров по добыче песка сложены крупнозернистыми песками с примесью гравия и гальки (рис. 57). На сонограмме профиля bb004 виден корпус затонувшего судна (рис. 58).

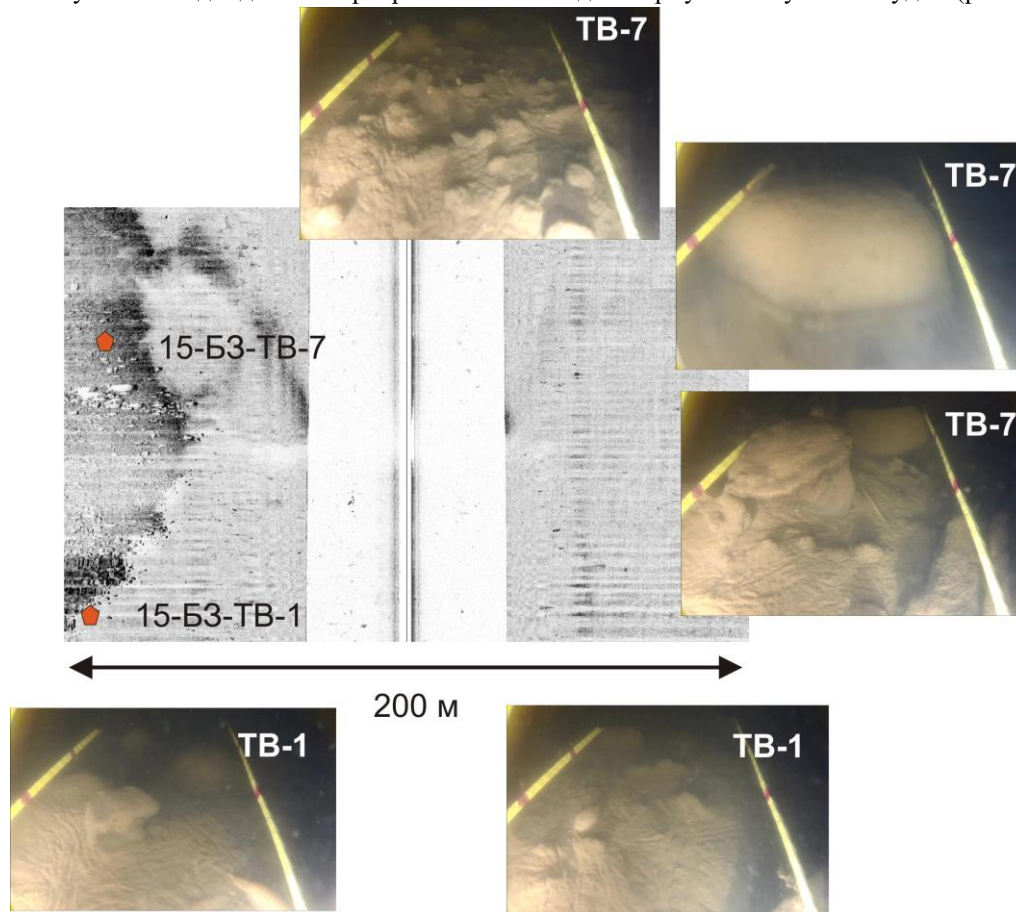


Рисунок 55. Подводные выходы морены. Профиль ГЛБО bb009, станция наблюдения 15-БЗ-ТВ-7

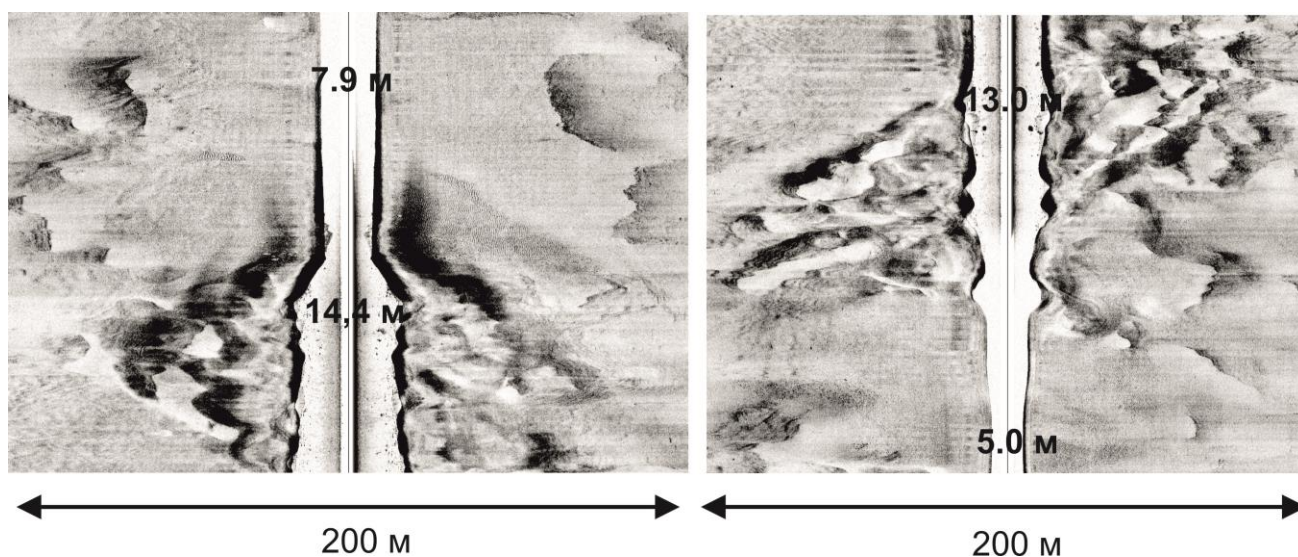


Рисунок 56. Техногенно-нарушенный рельеф морского дна. Подводный карьер. Профиль ГЛБО

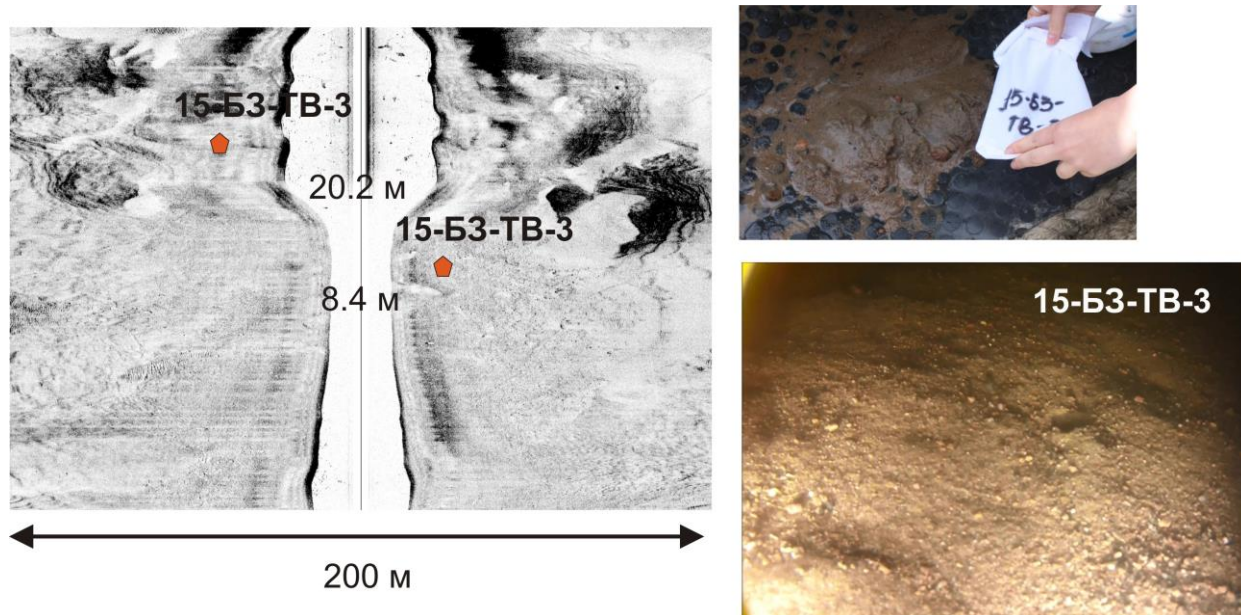


Рисунок 57. Профиль bb002. Подводный карьер и останцы ненарушенного песчаного рельефа

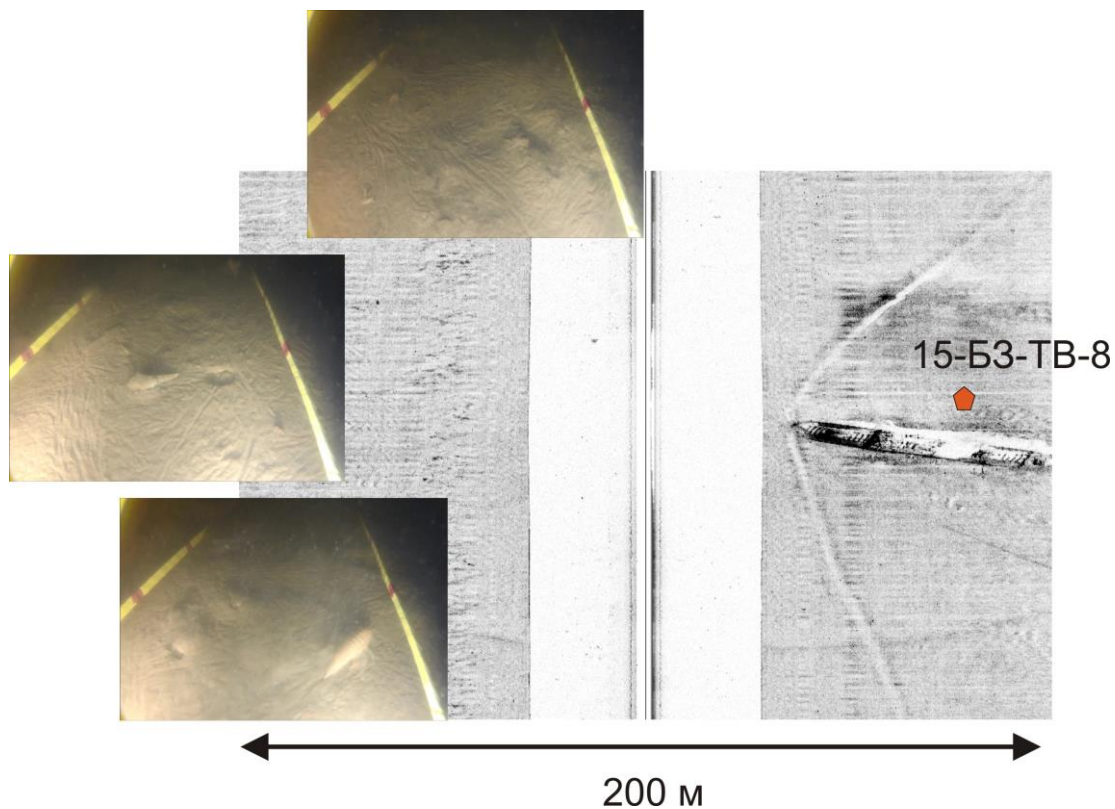


Рисунок 58. Затонувшее судно. Глубина моря 28 м. Фрагмент профиля ГЛБО

Интенсивная экзогенная динамика была выявлена в береговой зоне Ермиловского залива. Западный берег залива низменный, реликтовая береговая терраса, выработанная в ледниковых отложениях, вследствие гляциоизостатического поднятия в настоящее время практически на всем протяжении выведена из зоны волнового воздействия (за исключением локального участка в

районе мыса Топорок, где в террасе наблюдается активный абразионный уступ на протяжении 20–30 м). На подводном береговом склоне активно развивается водная растительность, в кутовой части Ермиловского залива расположено устье р. Ермиловка, берега низменные, заболоченные.

Восточный берег Ермиловского залива характеризуется интенсивным вдольбереговым

перемещением песчаного материала в северном направлении. Результатом является формирование аккумулятивного песчаного тела, выдвигающегося на расстояние около 900 м в сторону центральной части залива.

Аккумулятивное тело сформировано в результате падения интенсивности волнового потока при рефракции волн [Зенкович, 1962] и, по данным ретроспективного анализа материалов космосъемки, демонстрирует стабильность формы на протяжении длительного времени.

Кроме того, в ходе выполненных в 2015 г. береговых маршрутов в субаэральной части северной зоны восточного берега Ермиловского

Установленные в ходе маршрутного обследования береговой зоны Ермиловского залива песчаные косы были обследованы методом



Рисунок 59. Схема роста аккумулятивной формы на восточном берегу Ермиловского залива. Красные линии – георадарные профили



Рисунок 60. Активные абразионные процессы на восточном берегу Ермиловского залива

залива была выявлена система вдольбереговых песчаных кос различных генераций (рис. 59). Участок береговой зоны к югу от зоны развития кос характеризуется наличием активного абразионного уступа, на отдельных участках располагающегося в опасной близости от автотрассы «Приморск–Санкт-Петербург» (рис. 60).

георадиолокации (рис. 61, 62). В результате было установлено приповерхностное геологическое строение аккумулятивных форм, подтверждающее

гипотезу об их генезисе. На построенном вдоль пляжа разрезе отчетливо фиксируются косослоистые серии с северным азимутом падения слоев. Регулярность напластования показывает продолжительность и перманентность нарастания косы в одном направлении. Направление роста косы (с юга на север) также подтверждено результатами исследования по методике (MacLaren, Bowles, 1985). Гранулометрический анализ 11 последовательно отобранных образцов пляжевых отложений показали, что происходит перемещение материала вдоль побережья исследуемого участка от корня к дистальной части косы (уровень значимости 0,01, $Z = 4,94$). Следует отметить, что, несмотря на то, что образцы представлены в 50 % случаев гравийными отложениями (табл. 9), присутствующий песок вовлекается во вдольбереговые течения и формирует аккумулятивное тело.

Учитывая геологическое строение береговой зоны и проведенные геоморфологические наблюдения, построена схема развития береговой зоны,

отражающая направленность протекающих геологических процессов (рис. 59). В результате перемещения песчаного материала вдоль подводного склона залива в северном направлении, происходит постепенное нарастание пляжа. Существование подводной отмели напротив рассматриваемого участка способствует ослаблению движущей наносы силы и аккумуляции обломочного материала в береговой зоне.

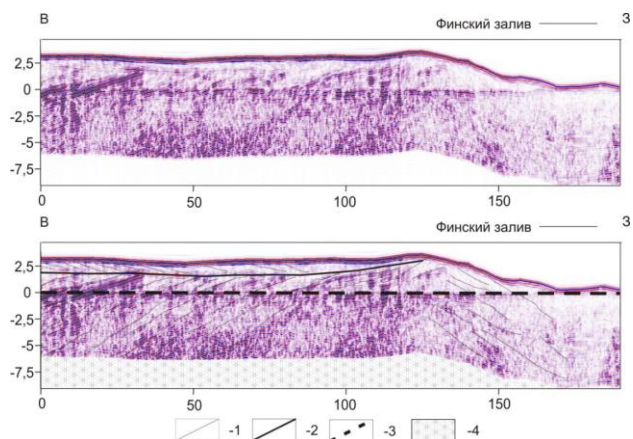


Рисунок 61. Георадиолокационный разрез вдоль пляжа Ермиловского залива. Профиль 891. 1 – направление слоистости; 2 – граница несогласия (горизонт размыва); 3 – уровень грунтовых вод; 4 – нет данных

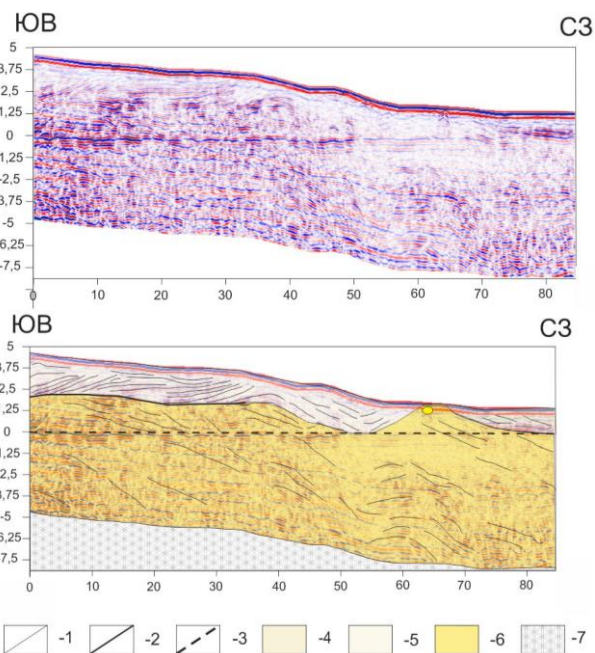


Рисунок 62. Георадиолокационный разрез вкост пляжа Ермиловского залива. Профиль 891. 1 – слоистость, 2 – граница несогласия (горизонт размыва), 3 – уровень грунтовых вод, 4 – пески сухие (1), 5 – пески сухие(2). 6 – влажные пески, 7 – нет данных

Таблица 9. Гранулометрические распределения пляжевых отложений ключевого участка «Ермиловский залив»

Фракции, мм	15-ЕЗБ-27	15-ЕЗБ-28	15-ЕЗБ-29	15-ЕЗБ-30	15-ЕЗБ-31	15-ЕЗБ-32	15-ЕЗБ-33	15-ЕЗБ-34	15-ЕЗБ-35	15-ЕЗБ-36	15-ЕЗБ-37
>2,0	12,04	47,12	7,21	45,10	2,65	55,03	67,87	52,90	50,26	17,96	65,09
2,0-0,05	87,88	52,84	92,79	53,96	96,95	44,75	31,34	45,24	49,38	81,62	33,47
<0,05	0,08	0,04	0,00	0,94	0,40	0,22	0,79	1,86	0,36	0,42	1,44

Ключевой участок «Копорский залив»

Состав наблюдательной сети. Виды наблюдений

Задачей морских работ в Копорском заливе было продолжение многолетнего радиогеохимического мониторинга донных осадков на прибрежных мелководьях, прилегающих к району ЛАЭС. Пробоотбор был выполнен на 6 станциях (рис. 63).

В субаэральной части береговой зоны Копорского залива было выполнено 10 км береговых маршрутов, обследовано 13 станций наблюдения, сделано 197 фотографий, отобрано 19 образцов осадков пляжей для определения направления перемещения осадочного материала (рис. 63). Работы в береговой зоне г. Сосновый Бор выполнялись в режиме повторных наблюдений (по сети станций 2008 г.).

Результаты мониторинга экзогенных геологических процессов

Анализ результатов показывает, что исследованный участок береговой зоны является стабильным. На всем протяжении пляжа наблюдается широкая пляжевая ступень, сложенная хорошо сортированным мелкозернистым песком; в тыловой части пляжа – золотые формы (от золотых бугров в южной части ключевого участка до дюн высотой 2,5–3 м в северной части), подводный береговой склон крайне отмелый, на его поверхности – слой хорошо сортированного мелкозернистого песка. Как при наблюдениях 2008 г., так и летом 2015 г. в субаквальной части береговой зоны фиксировалась серия подводных песчаных вдольбереговых валов (рис. 64).

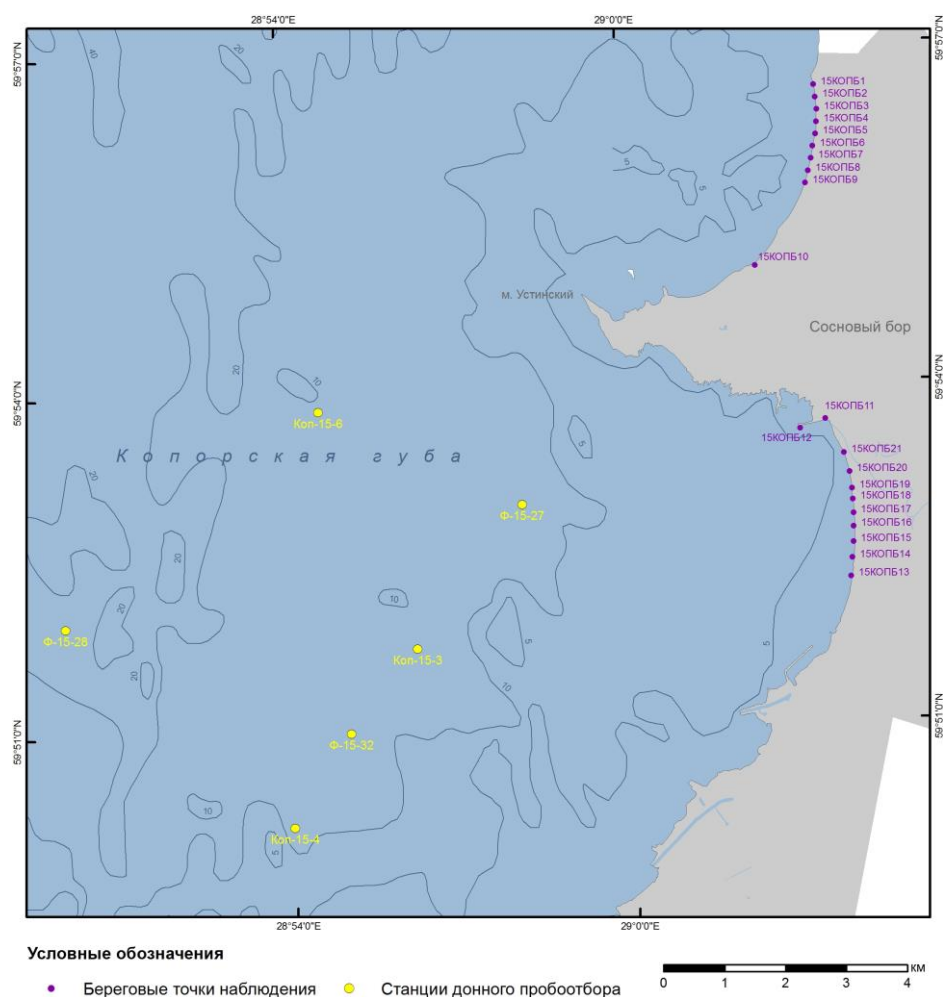


Рисунок 63. Карта фактического материала полевых работ 2015 г. на ключевом участке «Копорский залив»

В северной части береговой зоны, как и при наблюдениях 2008 г., наблюдается интенсивное разрушение дюнного пояса под воздействием дефляции и антропогенных процессов (рис. 65).



Рисунок 64. Южная часть песчаного пляжа г. Сосновый Бор



Рисунок 65. Дефляционные воронки в дюнах южной части пляжа г. Сосновый Бор



Рисунок 66. Восстановленные осадки пляжа и скопление водорослей (береговая зона г. Сосновый Бор)

ЛИТОГЕОХИМИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ

Результаты литогеохимического мониторинга открытой части залива

Литогеохимический мониторинг выполнялся ОАО «Севморгео». Расположение 27 станций литогеохимического мониторинга, работы на которых выполнялись в 2015 г., показано на рис. 67.

В состав лабораторных исследований донных отложений входило:

- 1) определение содержания тяжелых металлов методом рентгеноспектрального флуоресцентного анализа (РСФА) (табл. 10);
 - 2) определение содержания нефтепродуктов (табл. 11);
 - 3) определение гранулометрического состава донных отложений;
 - 4) радиогеохимические исследования (табл. 12).
- Мониторинг содержания нефтепродуктов в донных отложениях является важным компонентом исследований (рис. 68), особенно учитывая возрастающий трафик морских судов и активные гидротехнические работы на берегах залива и Невской губы.

В целом, во всей восточной части залива, в том числе в пределах Зеленогорского плеса и на

большей части Шепелевского плеса донные осадки содержат повышенные (более ОДК) концентрации нефтепродуктов [Нормы ..., 1996]. Такие же концентрации были зафиксированы и вдоль главного фарватера. Концентрации нефтепродуктов нигде не превышали уровня среднего загрязнения, т. е. по существующей классификации относились к грунтам первой категории загрязнения.

На рисунке 69 видно, что максимальное загрязнение в заливе было зафиксировано в 2007 году, что связано с выносом взвеси из Невской губы и ее аккумуляцией на Шепелевском плесе, а в 2012 году впервые уровень средних концентраций стал ниже, чем ОДК (данные 2010 г. не принимаются во внимание, так как для оценки среднего были привлечены всего четыре результата).

В 2015 г. по сравнению с 2012–2014 гг. средние концентрации нефтепродуктов в донных осадках выросли, при этом ареал углеводородного загрязнения возрос, хотя контрастность его и снизилась.

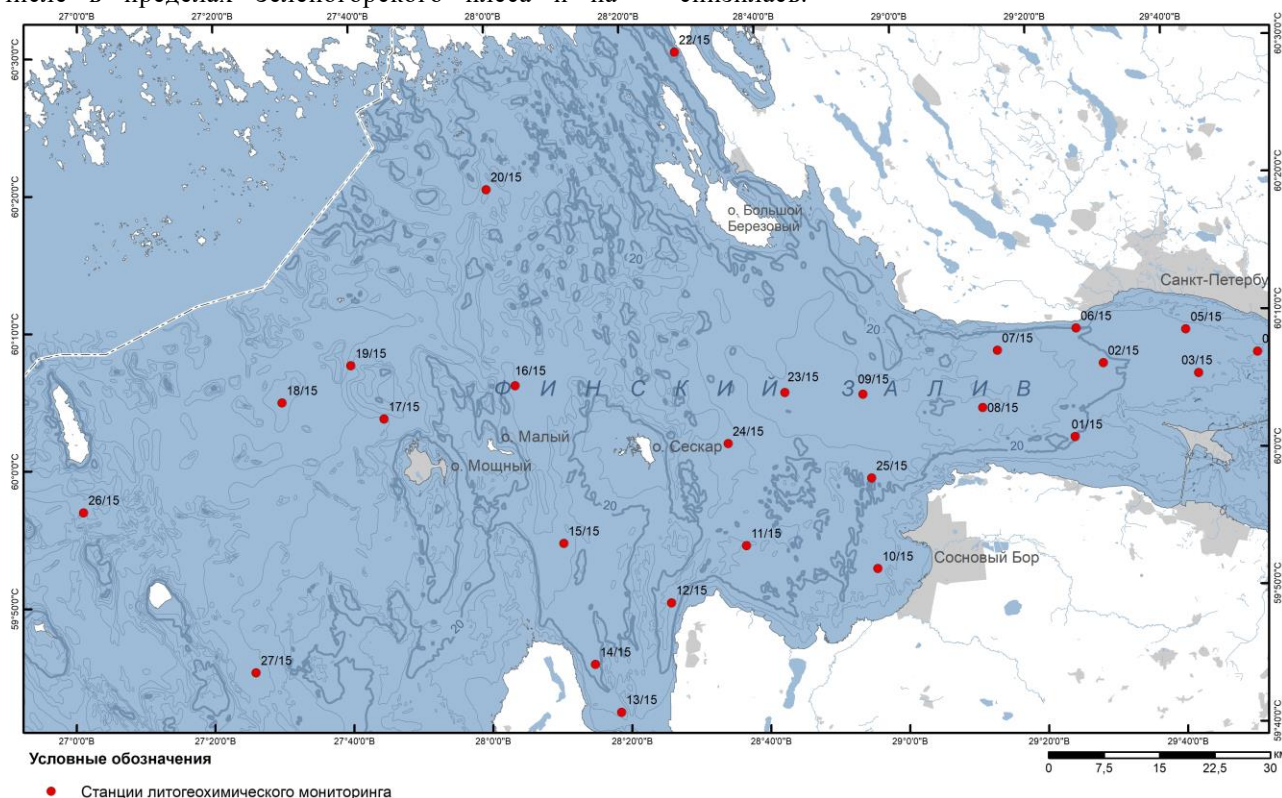


Рисунок 67. Карта фактического материала полевых работ ОАО «Севморгео» в восточной части Финского залива в 2015 г.

Таблица 10. Содержание металлов в пробах донных отложений

№ п/п	№ пробы	ppm											%				
		Sr	Rb	Pb	As	Ga	Zn	Cu	Ni	Co	Cr	V	Ca	Ti	Ba	Fe	Mn
1	01/15	198	127	28	65	10	15	60	43	25	81	148	1,47	0,62	0,16	4,73	0,067
2	02/15	161	109	39	53	11	131	52	47	15	83	139	1,3	0,59	0,085	5,71	0,061
3	03/15	162	122	<20	69	10	122	67	44	20	69	131	1,2	0,55	0,046	4,4	0,08
4	04/15	222	129	<20	51	12	106	58	7	6	47	70	1,21	0,28	0,088	2,17	0,028
5	05/15	163	122	22	22	15	131	64	27	12	48	107	1,69	0,44	0,11	3,18	0,029
6	06/15	146	114	<20	45	12	151	59	5	9	70	142	1,48	0,69	0,082	5,22	0,048
7	07/15	208	121	37	72	13	156	61	56	<5	74	138	1,36	0,58	0,043	6,24	0,14
8	08/15	173	119	40	51	13	151	40	52	14	82	139	1,22	0,59	0,085	6,34	0,29
9	09/15	188	106	<20	<20	14	57	6	8	15	49	45	1,19	0,17	0,077	1,78	0,15
10	11/15	184	136	<20	40	14	135	71	57	21	71	128	1,67	0,53	0,098	5,17	0,1
11	12/15	186	130	30	31	10	98	63	33	6	60	99	1,6	0,41	0,071	3,79	0,057
12	13/15	171	118	26	74	11	86	42	15	14	62	94	1,45	0,38	0,049	3,31	0,17
13	14/15	155	130	<20	67	12	99	42	34	12	64	127	1,56	0,53	0,048	4,45	0,064
14	15/15	168	131	24	56	12	133	65	46	19	68	122	1,16	0,51	0,053	4,96	0,072
15	16/15	161	122	22	36	11	189	73	48	28	59	111	1,39	0,47	0,055	5,39	0,15
16	18/15	138	137	21	63	11	242	67	69	26	74	114	1,54	0,48	0,063	4,82	0,43
17	19/15	136	104	36	40	15	241	68	60	30	69	100	1,27	0,41	0,054	5,44	0,78
18	20/15	162	111	<20	41	9	200	43	36	27	84	114	1,21	0,48	0,087	5,48	0,32
19	21/15	270	123	<20	75	11	121	62	15	22	58	69	1,56	0,28	0,08	3,44	0,11
20	22/15	263	106	<20	<20	13	52	22	<5	9	28	49	1,65	0,19	0,054	1,75	0,018
21	23/15	178	156	21	36	15	189	30	49	18	117	145	1,4	0,61	0,075	5,8	0,24
22	24/15	203	128	49	55	13	166	60	47	18	113	136	1,51	0,57	0,076	5,53	0,19
23	24F	150	132	60	71	12	130	32	33	20	75	125	1,36	0,52	0,041	4,64	0,11
24	35F	165	138	41	75	16	245	51	56	22	67	106	1,25	0,44	0,058	5,74	0,27

Таблица 11. Содержания нефтепродуктов в пробах донных отложений

№ п/п	№ пробы	НП, мг/г	№ п/п	№ пробы	НП, мг/г
1	01/15	0,140	13	14/15	0,082
2	02/15	0,215	14	15/15	0,185
3	03/15	0,251	15	16/15	0,578
4	04/15	0,170	16	18/15	0,201
5	05/15	0,182	17	19/15	0,236
6	06/15	0,272	18	20/15	0,173
7	07/15	0,355	19	21/15	0,050
8	08/15	0,156	20	22/15	0,021
9	09/15	0,201	21	23/15	0,121
10	11/15	0,139	22	24/15	0,141
11	12/15	0,146	23	24F	0,097
12	13/15	0,121	24	35F	0,222

Карты-схемы содержания некоторых нефтепродуктов и некоторых из определяемых элементов в сочетании с показателем ОДК [Нормы ..., 1996] приведены на рисунках 70–73. Пространственное распределение Си в донных осадках Финского залива в 2015 г. представлено на рисунке 71. Традиционно данный элемент имеет повышенные значения практически на всей донной поверхности российской части Финского залива. В 2015 г. минимальные значения

данного элемента (ниже ОДК) наблюдались в центральной части залива (ст. 9), а также в Нарвском заливе (станция 24) и Лужской губе (станция 14). Наиболее высокие содержания Си были зафиксированы на тех же станциях, что и по Cd – на станциях 16, 18 и 19. Эти станции располагаются на пути распространения взвеси от о. Мощный в открытую часть Балтийского моря. В районе данного острова поверхностные осадки представлены скоплениями железомарганцевых конкреций.

Анализ временной межгодовой изменчивости средних содержаний Си в донных отложениях залива в 2015 г. показывает, что уровень загрязнения в текущем году относительно 2014 г. увеличился и превысил уровень ОДК [Нормы ..., 1996].

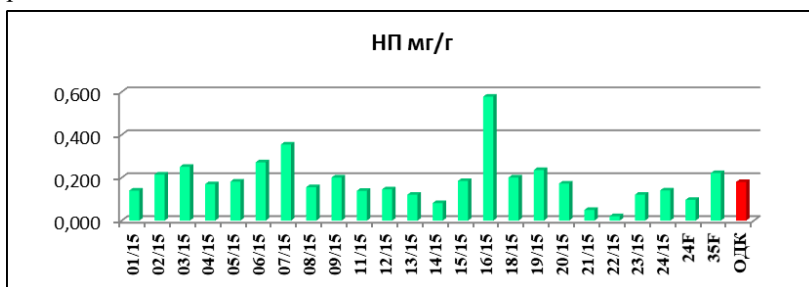


Рисунок 68. Распределение нефтепродуктов в донных осадках Финского залива в 2015 г.

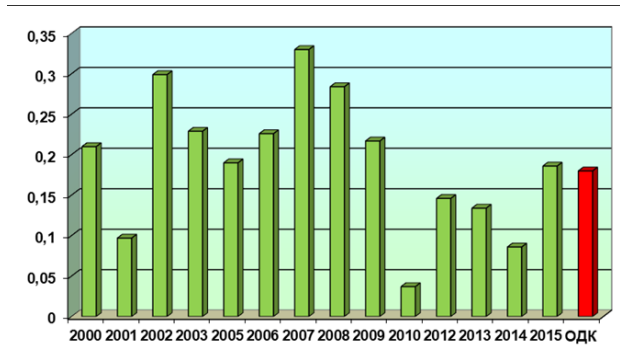


Рисунок 69. Распределение нефтепродуктов на Финском заливе в 2000–2015 гг.

Мониторинг содержания Ni в донных отложениях показал, что в целом его содержание находится ниже уровня ОДК, однако на тех же станциях в западной части залива, что и для Cd и Cu, в 2015 г. наблюдаются повышенные значения относительно ОДК, почти в 1,5 раза. Также выявлены повышенные содержания Ni в восточном районе залива на станциях 1 и 7. Анализ межгодовой изменчивости показывает, что относительно 2014 г. данный элемент сохранил

уровень загрязнения на уровне ОДК, но относительно 2013 г. наблюдается все же увеличение содержания.

Анализ пространственного распределения содержания Zn в донных отложениях показывает, что картина достаточно похожа на распределение Ni. Также повышенные значения наблюдаются в западной и северо-западной частях полигона мониторинга (станции 34, 18, 19 и 20). Межгодовая изменчивость средних содержаний Zn свидетельствует о некотором снижении уровня загрязнения данным элементом по сравнению с 2014 г., тем не менее, данные значения несколько превосходят уровень ОДК.

Сравнительный ретроспективный анализ концентраций тяжелых металлов в донных осадках с 2005 года по 2015 год показывает, что с момента окончания масштабных дноуглубительных работ в Невской губе в 2008 году, на востоке Российской части Финского залива установился устойчивый режим с низкими концентрациями тяжелых металлов и нефтепродуктов (рис. 74).

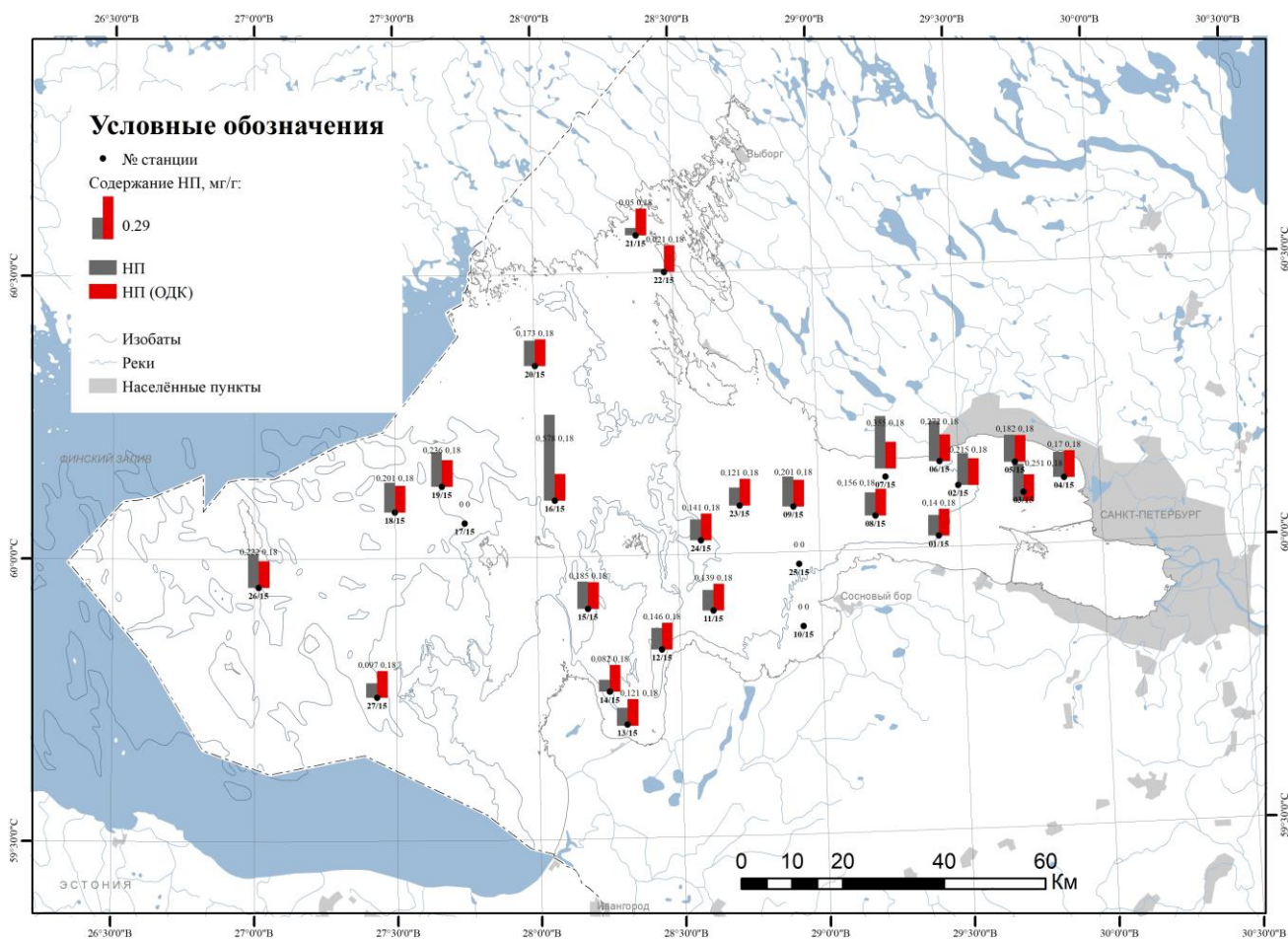


Рисунок 70. Содержание нефтепродуктов в донных осадках Финского залива, 2015 г.

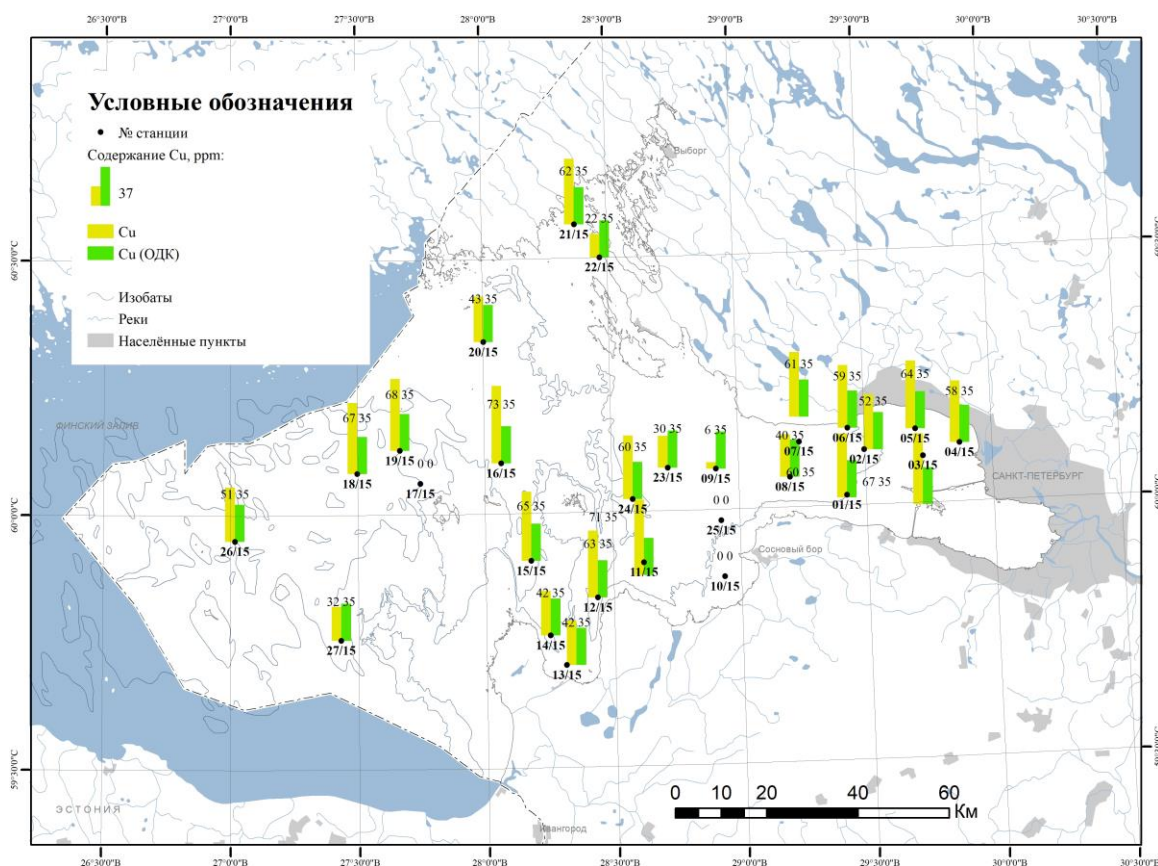


Рисунок 71. Содержание Cu в донных осадках Финского залива, 2015 г.

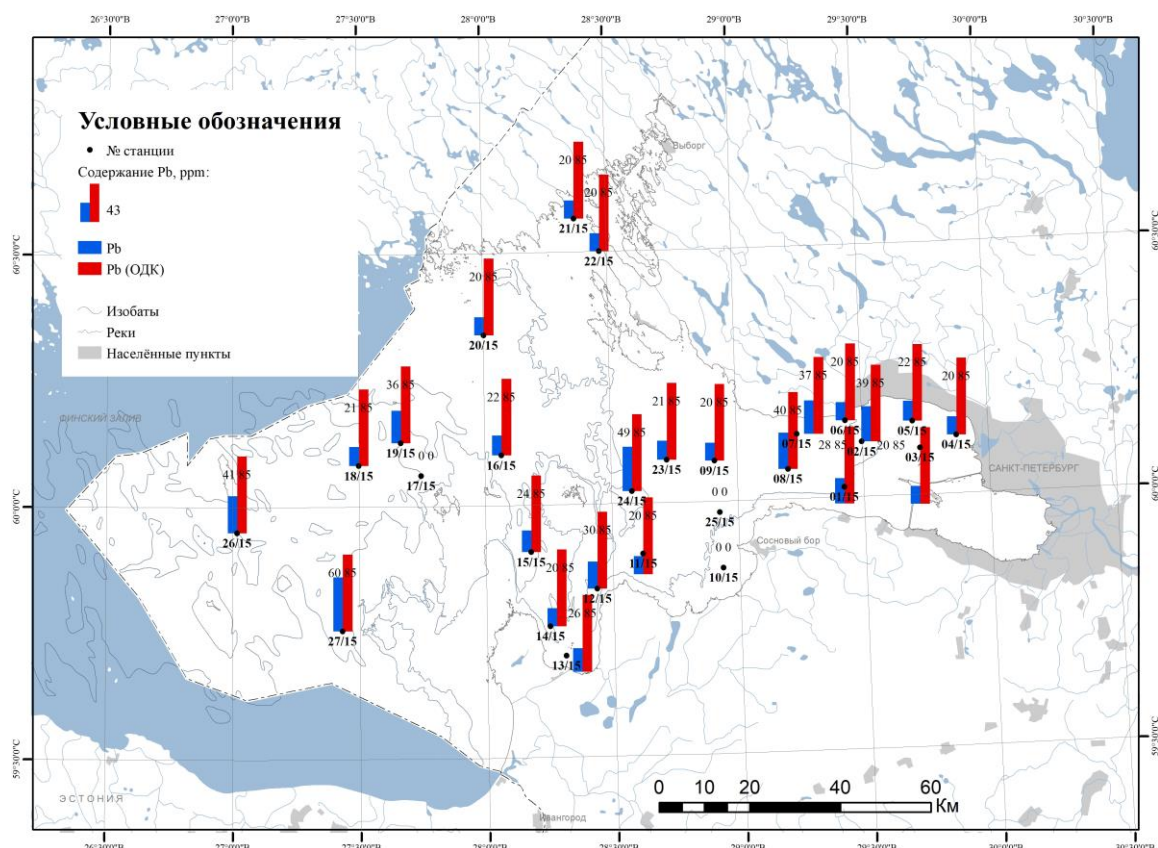


Рисунок 72. Содержание Pb в донных осадках Финского залива, 2015 г.

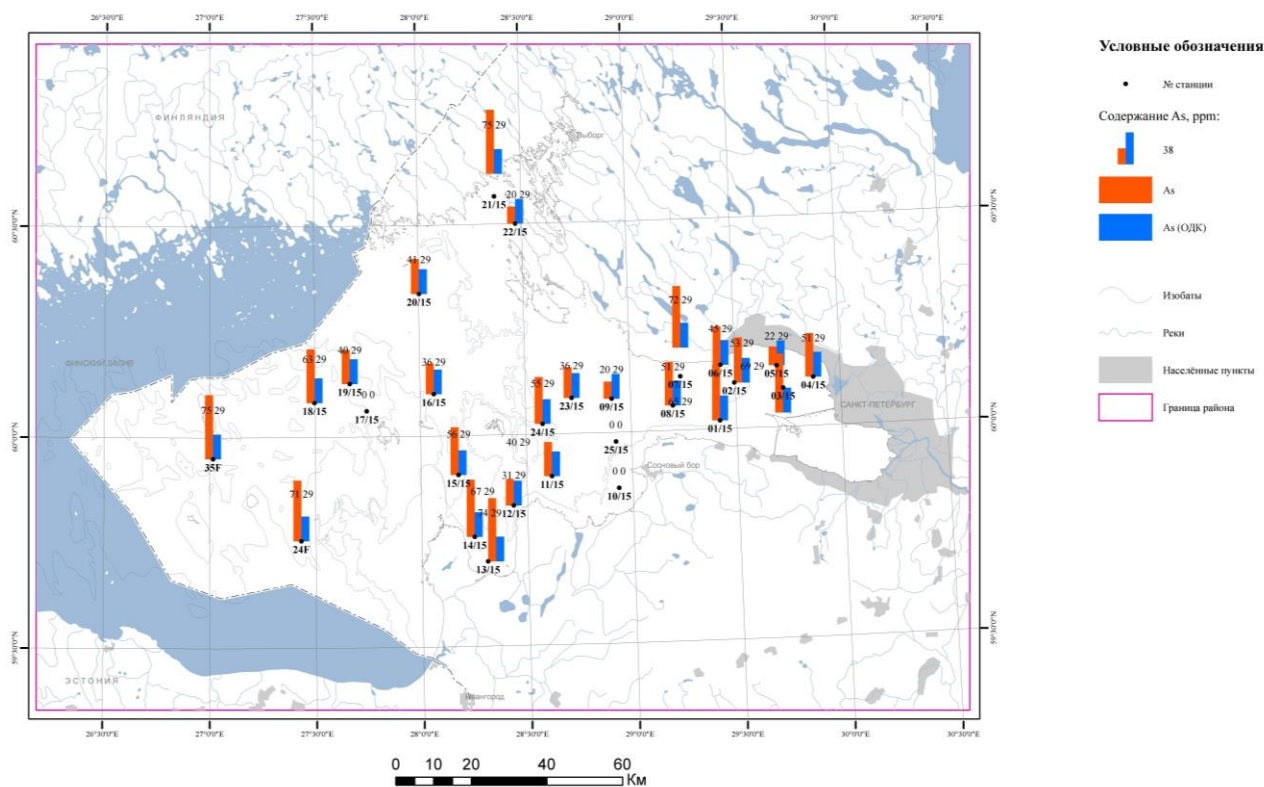


Рисунок 73. Содержание As в донных осадках Финского залива, 2015 г.

До 2008 года был зафиксирован максимальный суммарный вклад ТМ в донные осадки, который отразил реальный вклад гидротехнических работ в загрязнение Финского залива, когда практически на всех станциях Шепелевского плеса были зафиксированы максимальные концентрации большинства тяжелых металлов (в Невской губе этот пик пришелся на 2006–2007 гг.).

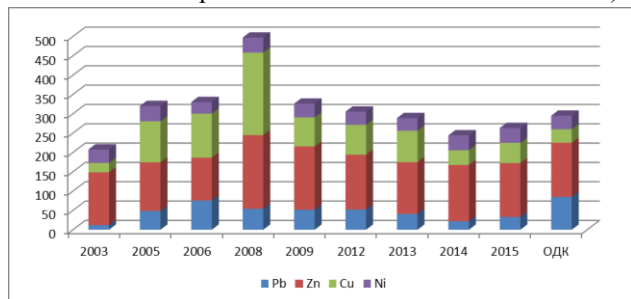


Рисунок 74. Содержание тяжелых металлов в донных осадках Финского залива по годам

В последние годы на ряде станций (Нарвский залив, внешняя часть Выборгского залива, а также у о. Тютере) постоянно фиксировались высокие значения активности ^{137}Cs , связанные с перераспределением чернобыльских выпадений (рис. 75) [Рыбалко, Корнеев, 2010ф].

В таблице 12 приведены данные по активности радиоизотопов в донных осадках Финского залива

в 2015 г. Пространственное распределение ^{137}Cs в 2015 г. представлено на рис. 76.

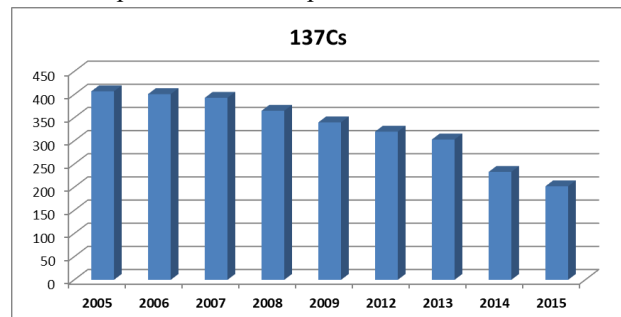


Рисунок 75. График изменения средней удельной активности ^{137}Cs (Бк/кг) в донных осадках Финского залива в 2005–2015 гг.

Установлено снижение активности ^{137}Cs в восточной части Финского залива. Нигде в последние годы не встречались значения более 1000 Бк/кг. Максимальные значения данного элемента наблюдались на станциях: 19 – 680 Бк/кг, 26 – 590 Бк/кг, 18 – 520 Бк/кг и 27 – 470 Бк/кг (рис. 76). Данные станции приурочены к западному, более глубокому району полигона, в котором, как следствие его глубоководности, происходит осаждение взвеси. Сравнение средних значений удельной активности ^{137}Cs , начиная с 2005 года, указывает на неуклонное снижение активности в целом (рис. 76).

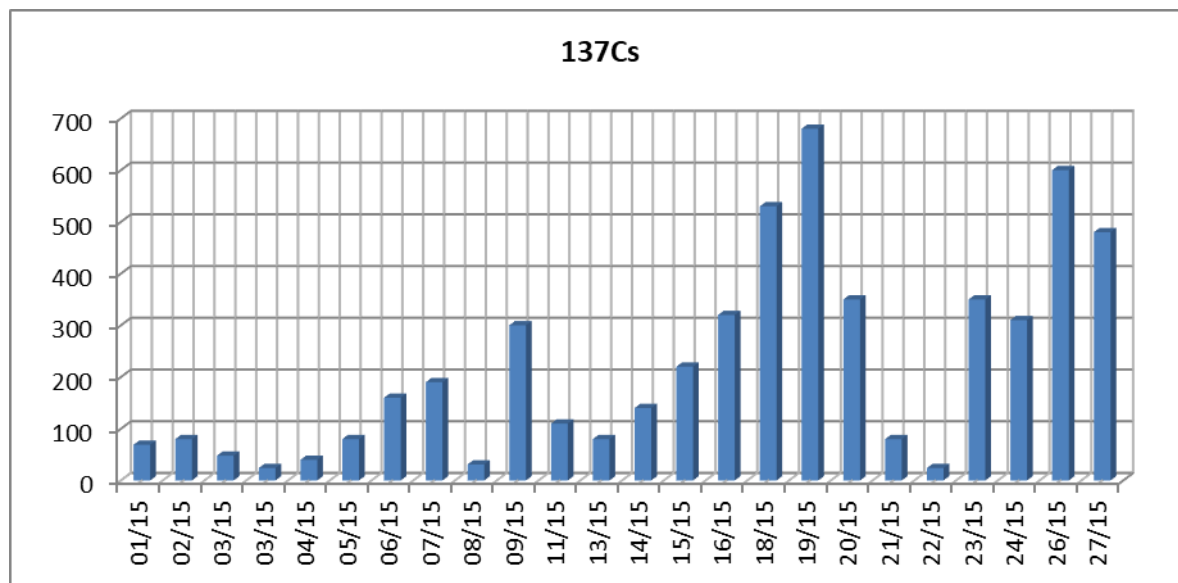


Рисунок 76. Пространственная изменчивость удельной активности ¹³⁷Cs в донных осадках российской части Финского залива в августе 2015 г.

Таблица 12. Радиогеохимическое исследование проб донных отложений в Финском заливе в 2015 г.

№ п/п	Шифр пробы	вес пробы, г	Активность пробы, Бк/кг					
			²²⁶ Ra	²³² Th	⁴⁰ K	¹³⁷ Cs	⁶⁰ Co	¹³⁴ Cs
1	01/15	23.3	(41)	50 ± 40%	740 ± 20%	69 ± 40%	<МДА	<МДА
2	02/15	20.7	(23)	(40)	770 ± 20%	80 ± 40%	<МДА	<МДА
3	03/15	22.3	(21)	(35)	750 ± 20%	(48)	<МДА	<МДА
4	04/15	27.5	(34)	(31)	630 ± 20%	(24)	<МДА	<МДА
5	05/15	24.4	(43)	(23)	600 ± 20%	(40)	<МДА	<МДА
6	06/15	19.2	50 ± 40%	(21)	720 ± 20%	80 ± 40%	<МДА	<МДА
7	07/15	19.6	(39)	60 ± 40%	730 ± 20%	160 ± 30%	<МДА	<МДА
8	08/15	20.9	65 ± 40%	65 ± 40%	790 ± 20%	190 ± 30%	<МДА	<МДА
9	09/15	28.0	44 ± 40%	(19)	580 ± 30%	(31)	<МДА	<МДА
10	11/15	21.6	(47)	50 ± 40%	700 ± 20%	300 ± 20%	<МДА	<МДА
11	12/15	24.6	(42)	45 ± 40%	650 ± 20%	110 ± 30%	<МДА	<МДА
12	13/15	25.1	(26)	41 ± 40%	660 ± 20%	80 ± 40%	<МДА	<МДА
13	14/15	22.8	(48)	54 ± 40%	730 ± 20%	140 ± 30%	<МДА	<МДА
14	15/15	20.2	(47)	57 ± 40%	740 ± 20%	220 ± 20%	<МДА	<МДА
15	16/15	19.2	60 ± 40%	54 ± 40%	640 ± 20%	320 ± 20%	<МДА	<МДА
16	18/15	22.6	75 ± 40%	90 ± 30%	820 ± 20%	530 ± 20%	<МДА	<МДА
17	19/15	19.7	70 ± 40%	57 ± 40%	720 ± 20%	680 ± 20%	<МДА	<МДА
18	20/15	20.6	66 ± 40%	72 ± 40%	690 ± 20%	350 ± 20%	<МДА	<МДА
19	21/15	25.2	48 ± 40%	54 ± 40%	780 ± 20%	80 ± 40%	<МДА	<МДА
20	22/15	31.2	40 ± 40%	35 ± 40%	850 ± 20%	(24)	<МДА	<МДА
21	23/15	22.0	48 ± 40%	54 ± 40%	700 ± 20%	350 ± 20%	<МДА	<МДА
22	24/15	22.3	55 ± 40%	68 ± 40%	840 ± 20%	310 ± 20%	<МДА	<МДА
23	24F	21.3	69 ± 40%	(42)	800 ± 20%	480 ± 20%	<МДА	<МДА
24	35F	18.2	90 ± 30%	71 ± 40%	550 ± 30%	600 ± 20%	<МДА	<МДА

Ключевой участок «Невская губа»

Состав наблюдательной сети. Виды наблюдений

В акватории Невской губы выполнен донный пробоотбор на 41 станции многолетнего мониторинга с целью оценки изменения содержания тяжелых металлов, нефтепродуктов, органических загрязнителей и т. д. (рис. 77).

Полевые работы в береговой зоне Невской губы начались в конце апреля и закончены в середине июля 2015 г. Пройдено 13 эколого-геологических береговых маршрутов (из них три с использованием автотранспорта) общей длиной 70 км. Отобраны пробы на различные виды лабораторных анализов в береговой зоне – на 72 точках наблюдения (106 проб).

Результаты мониторинга

Невская губа с завершением строительства комплекса защитных сооружений Санкт-Петербурга от наводнений стала, по сути, техногенной лагуной (рис. 78), внутренним морским водоемом Санкт-Петербурга – мегаполиса с пятимиллионным населением, высокой концентрацией промышленных, транспортных, социальных объектов. Невская губа с момента

основания Санкт-Петербурга испытывает постоянно возрастающую техногенную нагрузку. Комплексное воздействие ряда техногенных факторов привело к полной перестройке природного донного рельефа и процессов седиментации, значительному изменению механического и химического состава отложений. В настоящий момент трансформация геологической среды продолжается в связи с выполнением проекта «Морской фасад», расширением пассажирского портового терминала, строительством порта Бронка, в ходе которого перемещаются значительные объемы осадочного материала, углублением фарватеров, сбросом грунта в подводные отвалы и т. д. Основная задача работ – эколого-геологический мониторинг загрязнения донных отложений. Природные экзогенные геологические процессы, стремящиеся сnivelировать антропогенное воздействие в береговой зоне Невской губы, проявлены относительно слабо и рассматриваются в основном с точки зрения их воздействия на современное состояние (загрязнение) донных и береговых осадков.

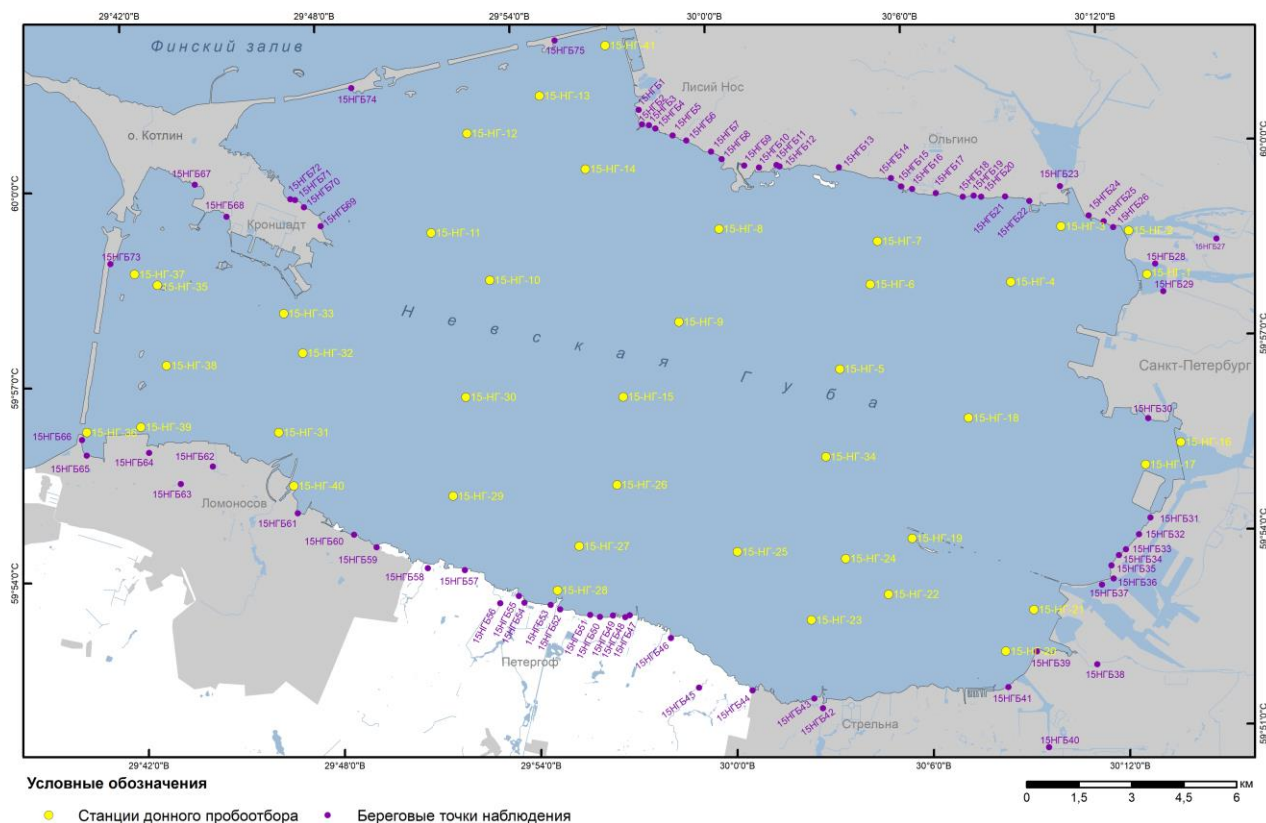


Рисунок 77. Карта фактического материала полевых работ 2015 г. на ключевом участке «Невская губа»

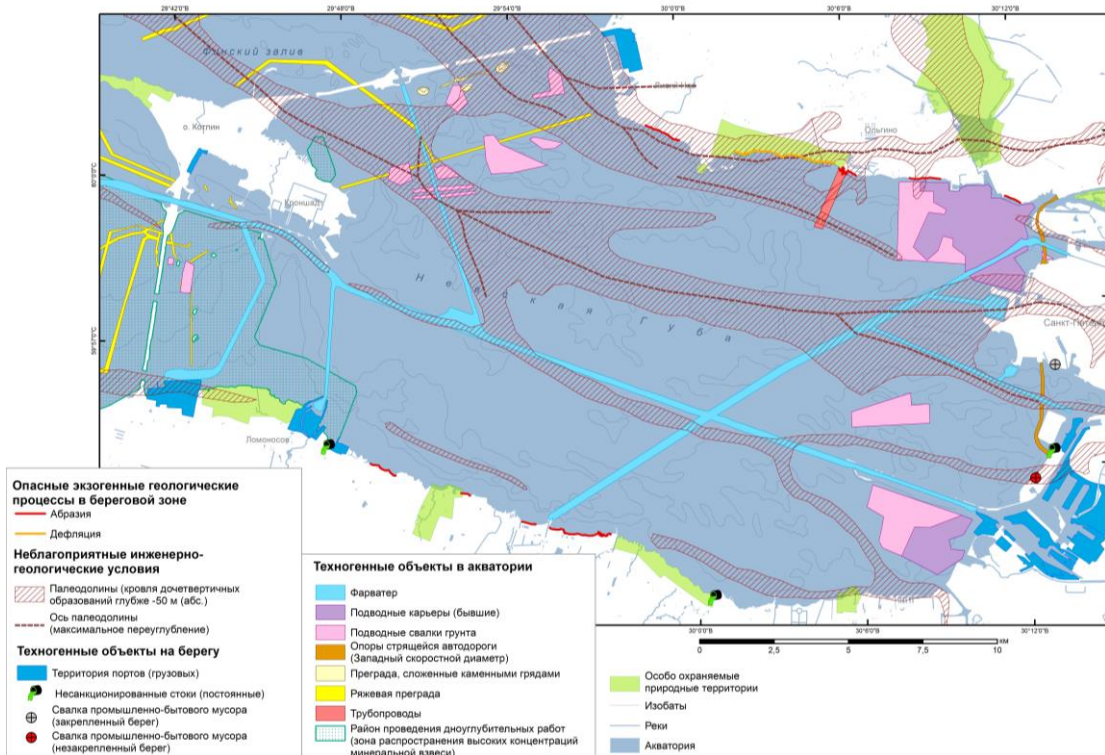


Рисунок 78. Карта-схема развития опасных геологических процессов и техногенной нагрузки в пределах ключевого участка «Невская губа»

В 2015 году продолжалось интенсивное хозяйственное освоение дна и береговой зоны Невской губы. Вдоль восточного берега в акватории возводятся опоры под автостраду Западного Скоростного Диаметра от Планерной улицы на севере к Канонерскому острову, через Крестовский и Васильевский острова (рис. 79–81).

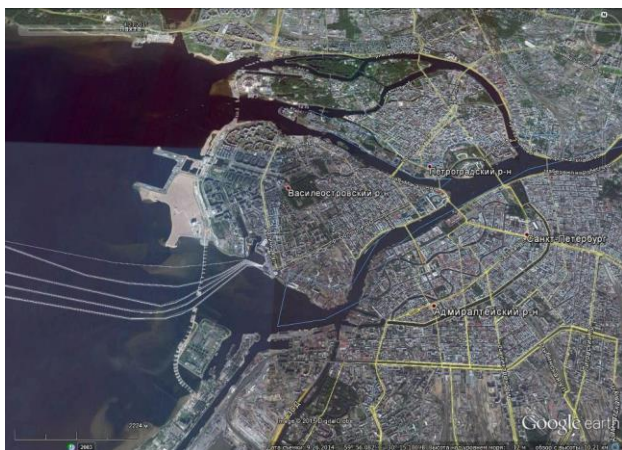


Рисунок 79. Цепочка опор в акватории Невской губы для прокладки автострады Западного Скоростного Диаметра (ЗСД), космический снимок 26 сентября 2014 г.

В юго-западной части Невской губы произведена отсыпка грунта на участке размером

1,8 на 0,9 км с формированием террасы под порт «Бронка» (рис. 82, 83).



Рисунок 80. Строительство автодороги от Крестовского острова на Васильевский через Малую Невку и Малую Неву. Снимок сделан с северного берега В. О. 23 июня 2015 г., район т.н. 15-НГБ-В01 (15-НГБ-29). Фото Н.Б. Малышевой

В акватории наблюдается повышенное содержание взвеси, явившееся результатом дноуглубительных работ. Осваивается междуречье р. Красенькой и Дудергофского канала. За последний год выполнена дополнительная отсыпка на берегу и создана техногенная терраса под строительство жилого комплекса на заболоченном участке восточнее устья речки Красенькой (рис. 84).



Рисунок 81. Опоры, установленные в акватории Невской губы под ЗСД от Васильевского острова к Канонерскому острову. Снимок сделан со Шкиперской свалки В. О. 23 июня 2015 г., район т. н. 15-НГБ-В02 (15-НГБ-30). Фото Н.Б. Малышевой



Рисунок 84. Междуречье Красенькой и Дудергофского канала, поднятый, отсыпанный, закрепленный берег под жилищное строительство, с опережающим благоустройством территории. Снимок сделан 30 июня 2015 г., т. н. 15-НГБ-К-02(15-НГБ-39). Фото Н.Б. Малышевой



Рисунок 82. Засыпанная часть акватории Невской губы под порт «Бронка», доходящая до южного пропускного канала. В море ведутся дноуглубительные работы, вода сильно загрязнена взвесью. Космический снимок 2 июля 2015 г.



Рисунок 83. Строящийся порт «Бронка» в акватории Невской губы. Вид с КЗС. 2 июня 2015 г., район т. н. 15-НГБ-ЛОБ-01 (15-НГБ-66)

В южной береговой зоне продолжают наблюдаться процессы заиления. Заросли прибрежной растительности распространяются на запад от устья р. Стрелка до Кронштадтской колонии, прерываясь небольшими участками размыва в районе пос. Просвещения (15-НГБ-57), Нижнего парка Петергофа (15-НГБ-50), в районе Мартышкино (т. н. 15-НГБ-60).

Сохраняется загрязнение прибрежных вод и заиливание берега от неочищенных стоков в Стрельне, в тупике ул. Крылова (рис. 85) и в Ломоносовской бухте (рис. 86).



Рисунок 85. Стрельна, ул. Крылова, заиление акватории и пляжа, вода у берега зеленоватого цвета с сильным гнилостным запахом. 30 июня 2015 г., т. н. 15-НГБ-44. Фото Н.Б. Малышевой

На северном берегу губы наблюдался в основном размыв пляжей. Размывается пляж в парке 300-летия Санкт-Петербурга (рис. 87). В Лахте также зафиксированы процессы размыва берегового вала (рис. 88).



Рисунок 86. Сток загрязненных вод в бухту восточнее Ломоносовского порта. 4 июня 2015 г., т. н. 15-НГБ-61



Рисунок 89. Разрушение береговой террасы в западной части пляжа пос. Морские Дубки, высачивание железистых грунтовых вод, снимок 11 июня 2015 г., т. н. 15-НГБ-7. Фото Н.Б. Малышевой



Рисунок 87. Размыв террасы на пляже 300-летия Санкт-Петербурга, снимок 21 апреля 2015 г., т. н. 15-НГБ-25. Фото Н.Б. Малышевой



Рисунок 88. Размыв берегового вала в Лахте, снимок 18 июня 2015 г., т. н. 15-НГБ-21. Фото Н.Б. Малышевой

Размывается западный угол пляжа в пос. Морские Дубки, разрушается терраса, обнажая уреза серые суглинки. Наблюдается высачивание грунтовых железистых вод (рис. 89).

Результаты статистической обработки приближенно-количественного эмиссионного спектрального анализа (ПКЭСА) 97 проб донных отложений (40 проб поверхностных отложений дна акватории и 57 проб осадков береговой зоны) приведены в табл. 13. В стоках, поступающих в Невскую губу, отобраны и проанализированы 12 водных проб на 12 химических элементов. Результаты анализов 2011–2015 гг. приведены в табл. 14.

В семи пробах грунта методом ICP-MS определено содержание As, Cd и Hg (табл. 15). В 10 пробах проведен анализ на содержание $C_{\text{общ}}$ и $C_{\text{орг}}$ (табл. 16). Выборочно (в пяти пробах) определено суммарное содержание нефтепродуктов (табл. 17). В пяти пробах определено содержание хлорорганических соединений и бенз(а)пирена (табл. 18).

По результатам ПКЭСА с использованием статистических методов обработки, включая метод главных компонентов факторного анализа [Белонин и др., 1982], рассчитаны фоновые и аномальные содержания химических элементов, выделены и закартированы по площади ассоциации загрязняющих компонентов и построены две карты-схемы, отражающие распределение основных полиэлементных групп: 1) суммарного загрязнения по значениям I фактора и 2) загрязнения тяжелыми металлами и фосфором по значениям II фактора (рис. 90, 91), на схемы также вынесены точки с аномальными содержаниями элементов, превышающими фоновые значения на полигоне на 2–3 стандартных отклонения.

В течение 2015 г. в юго-западной части акватории Невской губы, в районе строящегося порта «Бронка», продолжались интенсивные дноуглубительные работы.

Таблица 13. Фоновые содержания и статистические параметры распределения химических элементов в поверхностных донных осадках акватории и береговой зоны Невской губы по работам 2011, 2012, 2013, 2014 и 2015 гг. (x – среднее арифметическое значение, ст. откл. – стандартное отклонение от среднего, мин.-минимальное содержание, макс. – максимальное содержание)

Хим.эле-мент	2011 год (81 проба)				2012 год (175 проб)				2013 год (173 пробы)				2014 год (162 пробы)				2015 год (98 проб)				Кларк в ЗК	Рег. фон.
	x	ст. откл.	мин	макс	x	ст. откл.	мин	макс	x	ст. откл.	мин	макс	x	ст. откл.	мин	макс	x	ст. откл.	мин	макс		
MgO%	0,1	0,1	0,0	0,4	0,1	0,1	0,0	0,6	0,2	0,2	0,0	1,5	0,2	0,2	0,0	1,0	0,3	0,2	0,0	1,2	3,10	0,155
CaO%	0,4	0,2	0,1	1,2	0,4	0,2	0,1	1,4	0,4	0,2	0,1	1,8	0,5	0,3	0,03	1,3	0,5	0,2	0,2	0,9	4,62	0,446
Fe ₂ O ₃ %	1,6	1,2	0,4	9,1	2,1	1,2	0,3	7,4	3,5	2,3	0,4	15,3	2,7	1,9	0,2	17,2	3,6	2,4	0,7	16,2	6,64	2,79
K ₂ O%	4,5	1,0	2,2	7,2	2,9	0,7	0,8	5,1	3,1	0,7	0,9	4,4	3,1	0,8	0,6	5,1	3,4	0,8	0,8	5,0	3,01	4,1
Na ₂ O%	2,1	0,7	0,6	4,2	1,9	0,7	0,1	4,7	1,8	0,9	0,3	4,5	2,0	0,7	0,0	4,0	2,0	0,5	0,5	3,4	3,01	2,15
P ₂ O ₅ %	0,148	0,084	0,110	0,654	0,154	0,049	0,064	0,418	0,164	0,095	0,064	0,617	0,168	0,084	0,064	0,840	0,212	0,122	0,084	0,766	0,205	0,131
Sr%	0,012	0,004	0,008	0,022	0,014	0,004	0,008	0,028	0,016	0,005	0,006	0,031	0,011	0,002	0,007	0,017	0,016	0,004	0,011	0,027	0,034	0,013
Ba%	0,051	0,016	0,017	0,095	0,035	0,010	0,013	0,072	0,041	0,013	0,012	0,100	0,038	0,011	0,002	0,072	0,040	0,010	0,017	0,064	0,065	0,040
TiO ₂ %	0,059	0,042	0,012	0,200	0,084	0,058	0,019	0,287	0,107	0,068	0,015	0,493	0,098	0,067	0,013	0,297	0,141	0,089	0,020	0,380	0,750	0,096
MnO%	0,034	0,025	0,009	0,120	0,043	0,040	0,006	0,418	0,048	0,038	0,007	0,201	0,068	0,046	0,011	0,256	0,052	0,041	0,007	0,277	0,129	0,038
V г/т	12	12	2	51	10	5	4	42	29	28	4	167	23	20	5	89	28	21	4	87	90	16
Cr г/т	28	23	4	100	41	34	7	203	47	39	5	250	40	36	4	231	50	33	8	190	83	27
Co г/т	2,4	2,0	0,3	7,1	5,4	4,2	0,4	21,0	3,2	4,5	1,0	26,0	4,8	3,4	0,6	18,0	5,5	4,0	1,0	19,0	18	3,9
Ni г/т	11	12	1	50	13	13	1	65	19	16	2	92	16	13	1	58	10	8	2	46	58	8,7
Zr г/т	128	99	23	425	115	96	24	550	145	118	16	967	113	74	6	382	143	88	17	432	170	97
Nb г/т	11	5	6	35	11	7	1	54	13	10	8	113	11	3	8	24	11	4	6	27	20	12
Sc г/т	2,2	1,5	0,8	6,7	2,9	2,1	0,5	13,0	3,3	2,4	0,6	15,3	2,8	1,8	0,8	8,8	3,8	2,3	0,8	13,0	10	2,9
La г/т	48	19	29	118	45	18	2	107	44	19	1	122	47	20	11	112	65	33	15	184	49	
Y г/т	16	6	7	32	14	5	7	29	20	10	5	47	15	6	4	29	18	8	7	43	29	13
Yb г/т	0,8	0,3	0,3	1,4	1,1	0,5	0,4	2,3	1,4	0,8	0,3	4,3	1,1	0,5	0,3	2,8	1,2	0,6	0,4	3,3	3,3	1,2
Mo г/т	0,2	0,1	0,1	0,7	0,8	0,4	0,3	1,7	1,0	0,8	0,6	6,9	1,2	1,2	0,5	11,0	1,0	0,6	0,4	4,3	1,1	0,9
Sn г/т	2,8	2,0	0,8	11,5	4,8	4,7	2,0	26,9	4,4	5,5	1,6	42,0	4,1	4,5	2,2	32,4	2,8	2,5	1,6	13,0	2,5	2,6
Cu г/т	25	21	5	86	35	33	5	253	56	62	2	427	43	46	2	320	42	34	6	195	47	18
Pb г/т	25	9	12	53	24	14	10	115	43	52	12	383	19	10	2	88	29	27	7	125	16	20
Zn г/т	28	19	8	89	41	27	6	168	96	87	1	637	73	54	12	343	54	48	7	270	83	40
Ag г/т	0,033	0,039	0,016	0,198	0,034	0,036	0,015	0,180	0,036	0,043	0,015	0,170	0,062	0,127	0,015	0,900	0,039	0,038	0,005	0,167	0,070	0,094
Ga г/т	11	3	5	20	14	5	6	36	18	8	7	75	13	4	3	28	16	7	7	45	19	13

Таблица 14. Содержания химических элементов в естественных и техногенных стоках, поступающих в акваторию Невской губы 2012, 2013, 2014 и 2015 гг. опробования

Хим. эл.	ПДК, мкг/л	год	ручей на восточной окраине пляжа в пос. Морские Дубки (15-НГБ-8)				р. Красненькая вблизи устья (15-НГБ-38)				сток по ул Крылова в Стрельне (15-НГБ-44)				сток в Ломоносовскую бухту (15-НГБ-61)				сток на о-ве Канонерском (15-НГБ-31)		Вблизи пос. М. Дубки (15-НГБ-7)	Ср. Невка (15-НГБ-25)	Нев. губ. у Шкип. Свалки (15-НГБ-30)	Морск. кан. на Кан о-ве (15-НГБ-36)	р. Стрелка (15-НГБ-42)	Петергофский канал (15-НГБ-53)	Сток воды в Бронке (15-НГБ-56)
			2012	2013	2014	2015	2012	2013	2014	2015	2012	2013	2014	2015	2012	2013	2014	2015	2014	2015							
P	50-300	20	151	4050	177	43,9	467	169	235	52,4	4360	5470	2100	729	3280	3770	3540	4540	343	16,4	27,9	<10	<10	<10	77,4	<10	<10
Mn	100	7	749	2710	1080	1,16	865	97	218	0,51	705	469	713	1,68	493	360	285	307	410	514	0,81	0,025	0,19	0,18	0,22	0,053	0,31
Fe	300	67	1820	34300	1820	61,7	11500	2830	3950	56,2	3110	1440	8250	47,1	5370	3190	751	58,1	7290	1000	29,8	<10	19,2	20,2	<10	<10	<10
Cu	100		5,84	56,7	1,84	2,53	17,90	8,6	20,5	4,22	3,22	0,8	3,8	3,73	8,59	0,8	0,4	2,38	112	2,99	2,6	2,15	17,7	1,68	0,84	0,76	1,06
Zn	5 000		20,1	543	15,8	1,77	40	35,1	37,9	4,74	13,1	10,3	42,4	34,9	167	70,5	52,3	10,9	911	12,2	0,56	14,2	17,6	6,49	0,7	1,05	3,73
As	50	2	0,87	6,22	0,8	0,56	5,02	1,47	1,64	0,63	2,56	4,5	3,59	1,08	1,14	0,48	0,32	0,53	2,12	1,19	0,66	0,26	0,27	0,28	0,47	0,3	0,19
Se	10	0,02	<0,1	1,68	<0,01	<0,1	0,94	0,26	0,22	<0,1	0,17	0,17	0,71	0,11	0,16	0,41	0,33	<0,1	1,04	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	0,11	<0,1	<0,1
Cd	1	0,1	0,040	4,67	0,0073	0,0051	0,250	0,22	0,4	0,043	0,056	0,024	0,078	0,11	0,170	0,073	0,028	0,0059	1,65	0,03	0,027	0,023	0,071	0,017	0,0012	0,012	<0,001
Sn		0,5	<0,01	0,045	0,038	0,01	<0,01	0,063	0,021	0,0089	<0,01	0,12	0,24	0,051	0,017	0,078	0,12	0,087	0,091	0,029	0,0067	0,0095	0,0068	0,0065	0,0031	0,005	0,0019
Ba	100	10	58,5	255	46,3	5,62	150,0	41,5	82,5	34,6	42,4	60,5	32,6	22,2	95,2	104	66,4	34,5	183	139	14,8	20,5	25,6	15,1	40,3	34,2	71
Hg	0,5	0,07	<0,01	<0,01	0,082	0,43	<0,01	0,042	0,075	0,48	<0,01	0,07	0,084	0,96	<0,01	0,17	0,17	0,43	0,14	0,72	0,39	<0,3	0,48	<0,3	<0,3	0,43	0,34
Pb	30	3	0,39	36,3	0,27	0,044	17,2	5,91	12,5	0,11	4,35	1,89	1,77	0,084	14,20	3,13	0,66	0,19	55,4	0,56	0,073	0,064	0,11	0,08	0,056	0,48	0,03
*>ПДК			P, Mn, Fe	P, Mn, Fe, Cd, Ba, Pb	P, Mn, Fe		P, Ti, Mn, Fe, Ba	P, Ti, Mn, Fe	P, Mn, Fe, Cd, Cs, U	P, Hg	Na, P, Mn, Fe	Na, P, Mn, Fe	Na, Mg, P, Mn, Fe, Cr, Ni, As	P, Hg	P, Mn, Fe	P, Mn, Fe, Ba	P, Mn, Fe	P, Mn, Hg	P, Mn, Fe, Cd, Ba, Pb, Se	Mn, Fe, Ba, Hg	As, Hg	Sn	Hg, Cd, Sn		P, As	Hg	Ba

красным цветом выделены химические элементы, содержания которых превышает ПДК в воде;

синим – содержания меньше ПДК (1998), но наибольшие по объекту или превышающие средние содержания в речных водах,

* внизу таблицы выписаны элементы, превышающие ПДК

Таблица 15. Содержание Hg, Cd, As в донных осадках Невской губы в 2012, 2014, 2015 гг. по результатам ICP-MS (ppm)

Номер на карте	Шифр пробы	Hg	Cd	As	Район местоположения
15-НГБ-13	15-НГБ-М-03 дон	0,13	4,3	5,42	ст. Морская
15-НГБ-44	15-НГБ-С-03 ур	0,045	2,68	2,84	Стрельна, створ ул. Крылова
14-НГБ-52	14-НГБ-С-3у2	0,023	<0.1	2,27	
15-НГБ-61	15-НГБ-ПЛ-02 ур	0,42	0,27	1,72	Ломоносовская бухта
14-НГБ-68	14-НГБ-ПЛ-5с2	0,58	<0.1	1,14	
12-НГБ-58	12-НГБ-ПЛ-3у	0,44	0,24	1,22	
15-НГБ-72	15-НГБ-Кр-04 ур	0,66	0,46	2,32	Кронштадт северный берег
14-НГБ-77	14-НГБ-КР-6д1	0,15	0,1	1,3	
15-НГБ-38	15-НГБ-К-01 дон	0,35	1,07	4,36	р. Красенькая
14-НГБ-43	14-НГБ-К-1д	0,1	1,03	4,14	
12-НГБ-35	12-НГБ-К-01д	0,044	0,86	7,63	
15-НГ-14	15-НГ-14	0,025	1,14	28,3	Северо-западная Часть Невской губы
14-НГ-14 (10)	14-НГ-10 (13-14)	0,046	0,56	31,1	
15-НГ-35	15-НГ-35	0,072	0,63	3,44	Южнее Кронштадта
Нижние пределы обнаружения		0,005	0,1	1	
Кларк ЗК по А.П. Виноградову (1982)		0,083	0,13	1,7	
ПДК (1998)		2	2	2	

 Таблица 16. Содержание $C_{\text{общ}}$ и $C_{\text{орг}}$ в донных осадках Невской губы, 2015 г.

Номер образца	Шифр пробы	$C_{\text{общ}}$, %	$C_{\text{карб}}$, %	$C_{\text{крб}}/C_{\text{об}}$
15-НГБ-44	15-НГБ-С-3ур	2,31	0,3	0,130
15-НГБ-46	15-НГБ-С-05ур	13,3	1,7	0,128
15-НГБ-57	15-НГБ-ПЛ-05 д	0,23	0,1	0,435
15-НГБ-61	15-НГБ-ПЛ-02ур	2,18	0,18	0,083
15-НГБ-72	15-НГБ-КР-04ур	5,76	0,44	0,076
15-НГ-11	15-НГ-11	2,26	0,28	0,124
15-НГ-14	15-НГ-14	0,19	0,18	0,947
15-НГ-26	15-НГ-26	1,04	0,14	0,135
15-НГ-27	15-НГ-27	0,15	0,11	0,733
15-НГ-39	15-НГ-39	0,2	0,1	0,500

На карте-схеме общего суммарного загрязнения, построенной по значениям ведущего, I фактора (вес 41,2 %) область наибольшего накопления химических компонентов, преобладающих в глинах (Fe, Sc, V, Ti, Cr, Ni), сосредоточена именно в этом районе (рис. 90). Кроме того, повышенные содержания этих химических элементов зафиксированы в 2015 г. у северо-восточного побережья о. Котлин, где также проводились дноуглубительные работы (т. н. 15-НГБ-71). Область накопления повышенных концентраций протягивается вдоль главного фарватера, примыкая к берегу в районе Лисьего Носа на севере (т. н. 15-НГБ-1, 6, 7) и в районе пос. Просвещения на юге (т. н. 15-НГБ-57), а также на участках развития тростниково-камышовой растительности, с ослабленной гидродинамической обстановкой (о. Верперлуда (т. н. 15-НГБ-13,1 4), Знаменка – Стрельна (т. н. 15-НГБ-44, 45, 41-1). Также традиционно суммарное загрязнение

приурочено к районам свалок на Васильевском острове и в междуречье Красенькой и Дудергофского канала.

Таблица 17. Содержание нефтепродуктов (НП) в отложениях Невской губы и ее береговой зоны, 2015 г.

Номер образца	НП (мг/кг сухого вещества)
15-НГ-12	17
15-НГ-21	3125
15-НГ-35	141
15-НГБ-61	654
15-НГБ-38	1405
ПДК [1998]	180–1000

Анализ на токсичные, наиболее опасные для человека химические соединения, был проведен в осадках с аномальными содержаниями химических элементов в местах с визуально отмеченной неблагополучной экологической ситуацией.

В 2015 г., как и в предыдущие годы, осадки загрязнены бенз(а)пиреном. Запредельные концентрации в 2015 г., превышающие ПДК в десятки раз, зафиксированы в стоках р. Красненькая, в Ломоносовской бухте, на северном берегу г. Кронштадт. В 2015 г. содержания БП самые высокие по сравнению с предыдущими годами наблюдений. На береговом склоне, зарастающем тростником, в районе усадьбы Знаменка в Петергофе в илистом осадке установлено самое высокое содержание БП-998 мкг/кг (т. н. 15-НГБ-С5). В воде р. Красненькая концентрации БП превышают ПДК в 2015 г. в 7 раз.

Ассоциация тяжелых металлов (Sn, Cu, Pb, Zn, Mn) и P выделяется по II фактору (вклад в общую дисперсию матрицы геохимических признаков – 15 %). Поля загрязняющих компонентов, построенные по II фактору (рис. 91), распространены в районе северо-восточного берега о. Котлин (т. н. 15-НГБ-71, высокие содержания (Sn, Cu, Pb и P, а также Hg и As), в районе о. Верперлуда (т. н. 15-НГБ-13), аномальные содержания (Cd, As, P, Ag, Cu, Pb). В южной береговой зоне повышенные концентрации этих металлов приурочены к участку, расположенному вблизи Петергофских очистных сооружений. В связи с продолжающимся спуском неочищенных сточных вод в Ломоносовскую бухту (т. н. 15-НГБ-61, в отложениях пляжа зафиксированы высокие концентрации P, Ba, Pb, Hg и нефтепродуктов (до 654 мг/кг). Установлено загрязнение тяжелыми металлами донных осадков Невской губы в районе свалок Канонерского и Васильевского островов,

отложений Малой и Средней Невки в районе Крестовского острова. Локальной зоной экологического бедствия остается устье р. Красненькая (т. н. 15-НГБ-38), где установлены аномальные содержания Ca, Cr, Sn, Cu, Pb, Hg и As. Содержание нефтепродуктов в донных отложениях р. Красненькая достигает 1405 мг/кг, а в Невской губе, напротив устья реки 3125 мг/кг (т. н. 15-НГ-21). Сравнение средних содержаний химических элементов в береговых пробах и в донных осадках акватории в 2015 г. показывает, что в отложениях дна акватории повышены концентрации Al, Fe, Ti, V, Cr, Sc, Be и Li, в то время как в отложениях побережья наибольшие содержания зафиксированы для Sn, Cu, Pb, Ag.

В таблице 14 приведены результаты анализов водных проб из стоков, поступающих в акваторию. В 2015 году отмечались в основном повышенные концентрации фосфора и ртути. Наиболее загрязнены стоки на Канонерском о-ве, в Стрельне, в Ломоносове, в р. Красненькая. Повышены концентрации Hg, As, P и Sn в Невской губе вблизи спасательной станции в пос. Морские Дубки, у Шкиперской свалки, в р. Стрелка. В Петергофском канале, который спускается к морю от фонтанов, повышено содержание ртути. Доля карбонатного углерода в осадках невелика, соотношение $C_{\text{карб}}/C_{\text{общ}}$ в морских пробах песчанистого состава приближается к 1, а в прибрежных заиленных отложениях составляет около 0,1.

В целом за годы мониторинга 2011–2015 годов наибольшее накопление химических компонентов в осадках Невской губы отмечалось в 2013 году.

Таблица 18. Содержание хлорорганических пестицидов ХОП (ГХЦ, ГХБ, ДДТ), ПХБ и бенз(а)пирена (БП) в донных отложениях береговой зоны Невской губы за 2011–2015 гг.

Номер станции	ПХБ мкг/кг	ХОП мкг/кг					Местоположение
		Σ ГХЦГ	ГХБ	ΣДДТ и метаболиты	БП мкг/кг	БП мкг/л	
15-НГБ-К-1	<10	<1	<1	3,5	313	0,007	Река Красненькая
14-НГБ-К1	89	22	<1	54	205	<0,0005	
13-НГБ-К-06	20	<2	<2	<10	218	0,002	
12-НГБ-К-1	14,8	<2	<2	35,6	1360		
14-НГБ-С-3	<10	<1	<1	<1	<5		Стрельна,
13-НГБ-С-1	46	<2	<2	<10	10		ул. Крылова
12-НГБ-С-2	28	<2	<2	<10	18		
15-НГБ-С-5	<10	<1	1,2	<1	998		Знаменка, береговой склон
15-НГБ-ПЛ-2	<10	2,8	1,8	16,3	856		Ломоносовская
14-НГБ-ПЛ-5	<10	<1	<1	<1	34		бухта
13-НГБ-ПЛ-1	<10	<2	<2	<10	20		
12-НГБ-ПЛ-3	<10	<2	<2	21,2	348		
15-НГБ-КР-4	<10	2,2	<1	<1	682		Город Кронштадт,
14-НГБ-КР-6	31	6	<1	21	131		сев. берег
13-НГБ-КР-6	65	<2	<2	82	67		
12-НГБ-КР-5	<10	<2	<2	74,2	132		

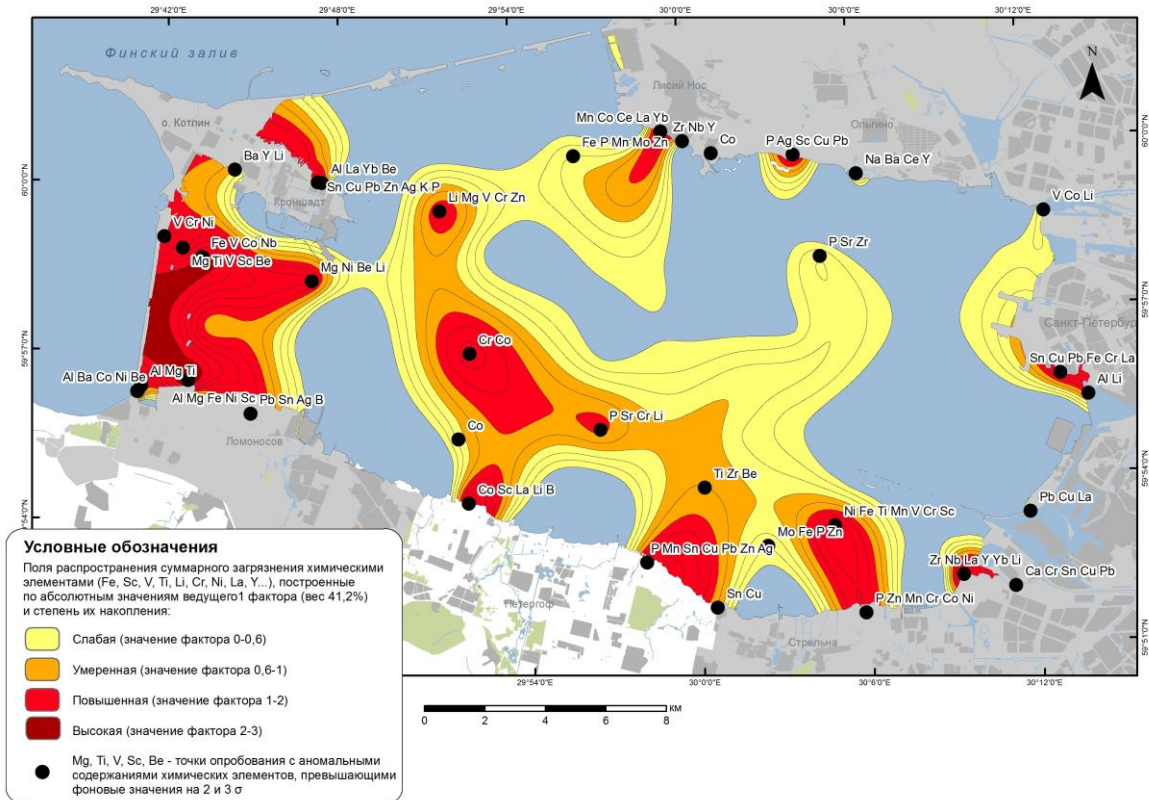


Рисунок 90. Карта полей распространения суммарного загрязнения Невской губы, построенная по значению 1-го фактора. 2015 г.

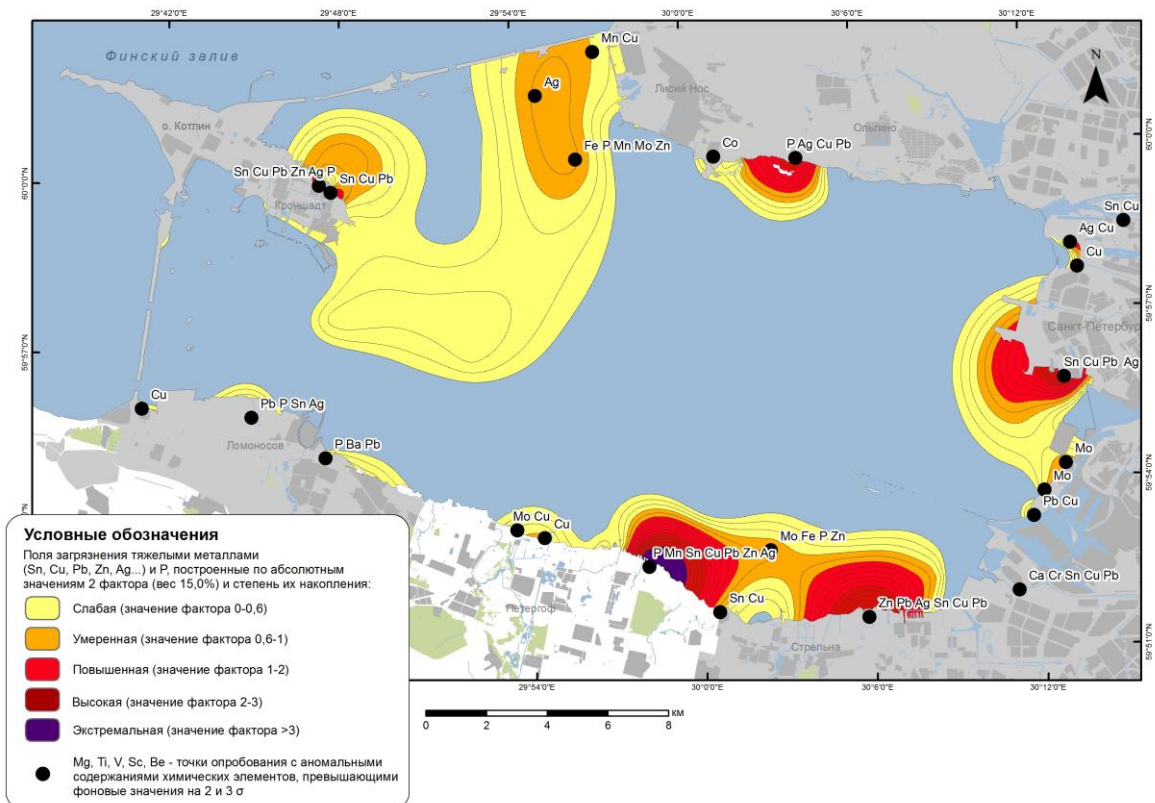


Рисунок 91. Карта полей распространения суммарного загрязнения Невской губы, построенная по значению 2-го фактора. 2015 г.

Распределение основных техногенных радионуклидов ^{137}Cs и ^{60}Co в верхнем слое донных осадков Невской губы в 2015 году характеризуется относительно невысокими концентрациями, незначительной дисперсией и в целом контролируется литологическим составом осадков. Зафиксированные удельные активности ^{137}Cs колеблются в интервале от значения менее МДА до 30 Бк/кг, а ^{60}Co от значения менее МДА до 4,8 Бк/кг. (МДА – минимально детектируемая активность, $\approx 1,2$ Бк/кг). Максимальные удельные активности, как правило, фиксируются в алевропелитовых осадках, а минимальные – в песчано-галечных осадках. По сравнению с 1993 г. активность ^{137}Cs в поверхностных отложениях в период мониторинга 2012–2015 гг. снизилась.



Рисунок 92. Изменение активности ^{137}Cs (Бк/кг) в донных осадках станции НГ-15 за 1993, 2012–2015 гг.

Активности ^{60}Co в донных осадках Невской губы крайне незначительны и, как правило, имеют значения менее МДА. На отдельных станциях

опробования спорадически фиксируются значимые удельные активности ^{60}Co (рис. 94), что может говорить о некотором периодическом его поступлении в донные осадки.



Рисунок 93. Изменение активности ^{137}Cs (Бк/кг) в донных осадках станции НГ-26 за 1993, 2012–2015 гг.



Рисунок 94. Изменение активности ^{60}Co (Бк/кг) в донных осадках станции НГ-15 за 1993, 2012–2015 годы.

Ключевой участок «Выборгский залив»

Состав наблюдательной сети.

Виды наблюдений

При работах на ключевом участке мониторинга в Выборгском заливе основной задачей был эколого-геологический мониторинг зоны подводной добычи ООО «Петротранс» в 2006–2008 гг. железомарганцевых конкреций (ЖМК) и исследование процесса возможной их регенерации. В пределах ключевого участка «Выборгский залив» выполнен донный пробоотбор поверхностных отложений на участках выемки ЖМК в районе их подводной добычи и в пределах останцов ненарушенной поверхности морского дна. Отобраны образцы на 18 станциях (рис. 95).

Результаты мониторинга

В ходе пробоотбора 2015 г. было подтверждено, что полноценный конкреционный слой сохранился только на участках, расположенных вне пределов борозд, оставленных добычным судном «Lauer». В траншеях (глубиной до 1 м) условия седиментации принципиально отличны. Изучаемое конкреционное поле до проведения добычи характеризовалось нулевой или крайне замедленной скоростью терригенной седиментации. В настоящий момент в пределах борозд наблюдается активное накопление алевроглинистых илов (до 1-1,5 см/год). Сферические конкреции (до 1 см в диаметре) в основном встречаются в слое поверхностных осадков на глубине 5-10 см. Отсутствие микроконкреций и сглаженная поверхность этих захороненных сферических ЖМК позволяет предположить, что они в настоящее время не растут. Конкреции законсервированы или, что более вероятно, растворяются, что не противоречит результатам геохимических исследований конкреций.

На рис. 96 показано расположение станций пробоотбора относительно борозд, где была проведена добыча ЖМК, которые хорошо различимы на планшете, сделанном по данным

многолучевого эхолотирования (бэкскайтер) 2011 г.

Одной из задач при проведении мониторинга зоны подводной добычи ЖМК на ключевом участке в Выборгском заливе являлось изучение геохимических характеристик конкреций, отобранных в отработанных подводных траншеях,

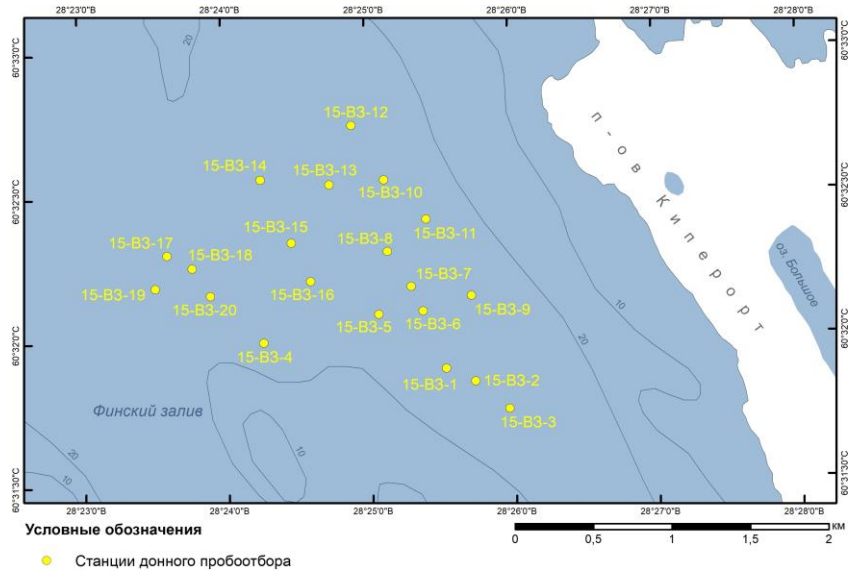


Рисунок 95. Карта фактического материала. Ключевой участок «Выборгский залив»

и сопоставления их с конкрециями, опробованными на площадях, не затронутых добычей. Статистические параметры распределения микро- и макрокомпонентов в ЖМК, отобранных в траншеях, приведены в табл. 19.

Для решения поставленной задачи проведено сопоставление геохимической структуры ЖМК, отобранных в выработках и вне выработок. Для этого использовался факторный анализ в R-модификации метода главных компонент. На диаграммах факторных нагрузок (рис. 97, 98) видно принципиальное различие в геохимической структуре ЖМК зон подводных выработок и площадей, не затронутых добычей. ЖМК, опробованные вне зон разработок, имеют четко выраженную геохимическую структуру, определяемую 4 основными ассоциациями химических элементов, подразделяемыми на преимущественно хомогенные и преимущественно терригенные.

К преимущественно хомогенным относятся две стабильные ассоциации: (Fe-P-Pb) и (Mn-Mo-Ba), с которыми достаточно тесно связана ассоциация рудных элементов (W, Zn, Cu, Ni). Таким образом,

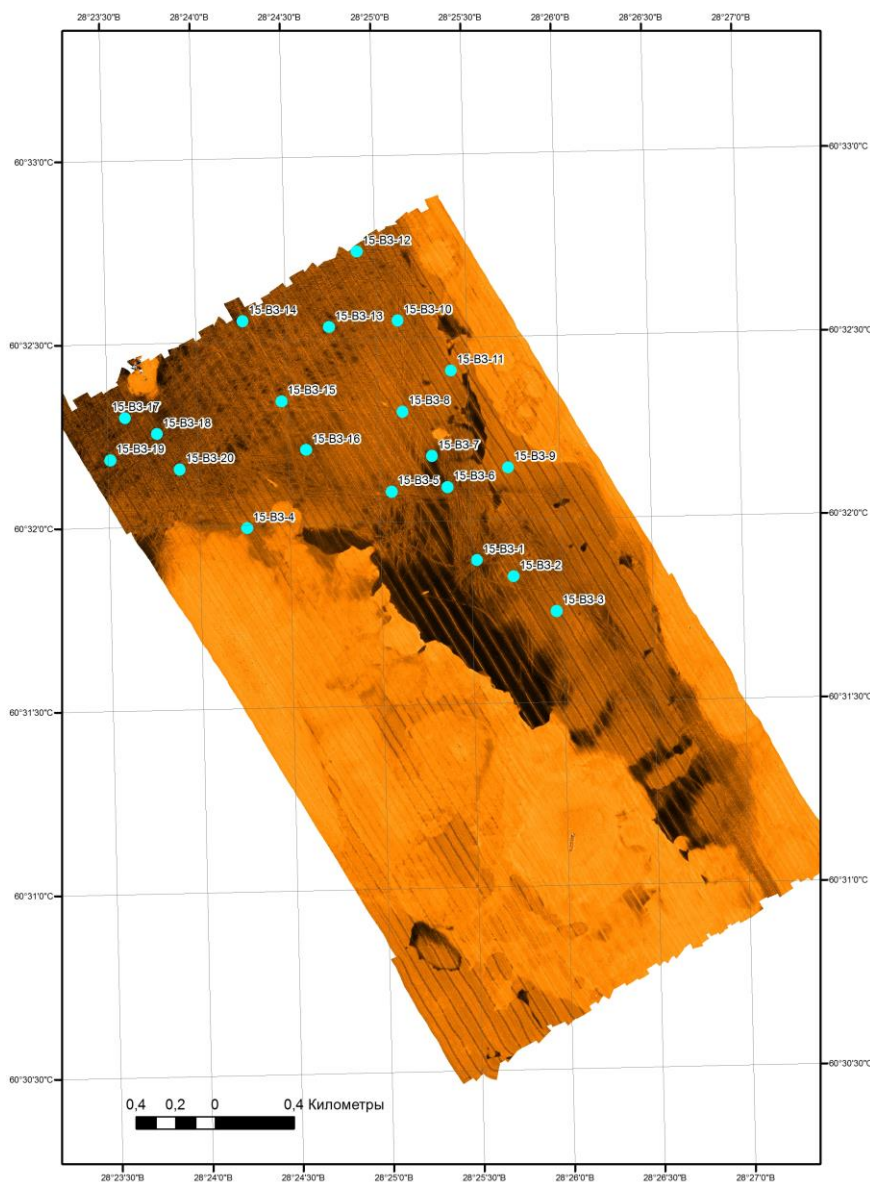


Рисунок 96. Положение станций пробоотбора 2015 г. относительно участка добычи ЖМК и зон алевропелитового осадконакопления (черные поля)

в структуре конкреций выделяются два сорбционных центра, представленных соединениями марганца и железа. К преимущественно терригенным относится жестко связанная ассоциация породообразующих элементов (Si-Na-Al-Si-Ti), к которой тяготеют K и Mg. У ЖМК зон подводных выработок геохимическая структура размытая, слабовыраженная. Наблюдается лишь одна тесная ассоциативная связь Mn-Mg. Окислы железа и рудные микрокомпоненты тяготеют к группе породообразующих, что в принципе не типично для ЖМК Финского залива.

Одним из методов математической статистики – «Сравнение по средним и дисперсиям» – проведено

сравнение выборок, характеризующих конкреции зон подводных выработок и конкреции площадей, не затронутых добычей (исходные данные представлены в табл. 20). Результаты проведенной обработки показали следующее. Значимое (при $Q = 5\%$) различие между выборками отмечено по всем элементам, за исключением SiO_2 и Al_2O_3 . То есть по содержанию химических элементов ЖМК зон подводных выработок и ЖМК площадей, не затронутых добычей, принципиально различаются между собой. Причем за исключением SiO_2 и TiO_2 средние концентрации химических элементов в сферических конкрециях акватории залива заметно превышают средние концентрации в сферических конкрециях из подводных выработок (табл. 20). При опробовании площадей выработок в подводных карьерах зафиксированы значения редокс-потенциала в интервале от 0 до -63 мВ. И только в двух случаях отмечены положительные значения Eh ($+20$, $+27$ мВ). То есть в пределах подводных выработок преобладает восстановительная обстановка и в редких случаях переходная окислительно-восстановительная обстановка. Необходимо отметить, что образование и

рост ЖМК возможны только в окислительных условиях. При восстановительных условиях начинается процесс растворения материала ЖМК.

Подводя итоги вышеизложенному, можно прийти к следующим выводам: отобранные в подводных траншеях ЖМК – это, вероятнее всего, оставшиеся после добычи «хвосты». В настоящий момент, очевидно, идет процесс их растворения. При этом происходит селективный вынос элементов хомогенной составляющей конкреций и соответственно меняется геохимическая структура ЖМК.

Таблица 19. Статистические параметры распределения химических элементов в железомарганцевых конкрециях

	N набл.	Среднее	Медиана	Мин.	Максим.	Ст.откл.
SiO ₂ %	18	23,28	21,00	12,00	39,00	7,14
Al ₂ O ₃ %	18	5,32	4,85	3,20	9,30	1,66
MgO %	18	0,37	0,33	0,12	0,74	0,16
CaO %	18	0,98	0,94	0,67	1,50	0,21
Fe ₂ O ₃ %	18	14,11	14,00	7,50	21,00	3,76
K ₂ O %	18	1,27	1,30	0,50	2,40	0,50
Na ₂ O %	18	0,47	0,44	0,22	0,84	0,17
P ₂ O ₅ %	18	0,96	0,98	0,54	1,40	0,19
Ba %	18	0,09	0,09	0,07	0,12	0,01
TiO ₂ %	18	0,11	0,10	0,02	0,31	0,07
MnO %	18	12,78	11,20	7,65	20,00	3,61
Cr г/г	18	15,79	15,00	8,20	25,00	4,01
Co г/г	18	46,00	46,50	28,00	64,00	11,62
Ni г/г	18	87,06	85,50	48,00	140,00	27,92
Mo г/г	18	31,83	24,00	15,00	64,00	16,17
Cu г/г	18	16,22	16,00	11,00	22,00	3,42
Pb г/г	18	10,47	10,50	6,90	19,00	3,33
Zn г/г	18	204,44	205,00	120,00	310,00	52,83
C _{карб} %	18	2,12	2,18	1,38	2,54	0,28
C _{общ} %	18	2,33	2,41	1,38	2,84	0,4

Таблица 20. Исходные данные для сравнения выборок, характеризующих конкреции зон подводных выработок и конкреции площадей, не затронутых добычей

Элемент	Площади вне выработок			Подводные выработки			
	Кол-во проб	Медиана	Ст.откл.	Элемент	Кол-во проб	Медиана	Ст.откл.
SiO ₂ %	30	17,55	3,83	SiO ₂ %	18	21,00	7,14
Al ₂ O ₃ %	30	4,93	0,85	Al ₂ O ₃ %	18	4,85	1,66
MgO %	30	1,87	0,30	MgO %	18	0,33	0,16
CaO %	30	1,36	0,22	CaO %	18	0,94	0,21
Fe ₂ O ₃ %	30	22,10	5,89	Fe ₂ O ₃ %	18	14,00	3,76
K ₂ O %	30	1,98	0,27	K ₂ O %	18	1,30	0,50
Na ₂ O %	30	1,75	0,09	Na ₂ O %	18	0,44	0,17
P ₂ O ₅ %	30	2,84	0,82	P ₂ O ₅ %	18	0,98	0,19
Ba %	30	0,38	0,09	Ba %	18	0,09	0,01
TiO ₂ %	30	0,01	0,03	TiO ₂ %	18	0,10	0,07
MnO %	30	27,05	7,19	MnO %	18	11,20	3,61
Co г/г	30	94,45	12,31	Co г/г	18	46,50	11,62
Ni г/г	30	116,50	55,50	Ni г/г	18	85,50	27,92
Mo г/г	30	179,00	110,75	Mo г/г	18	24,00	16,17
Cu г/г	30	26,60	7,75	Cu г/г	18	16,00	3,42
Pb г/г	30	22,50	5,73	Pb г/г	18	10,50	3,33
Zn г/г	30	276,50	99,27	Zn г/г	18	205,00	52,83

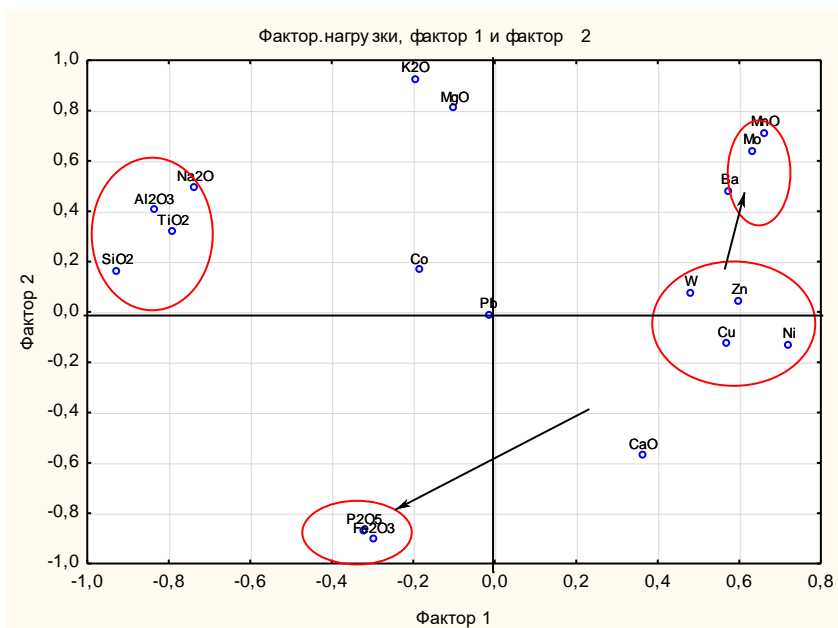


Рисунок 97. Диаграмма факторных нагрузок распределения химических компонентов для ЖМК, отобранных на площадях, не затронутых добычей

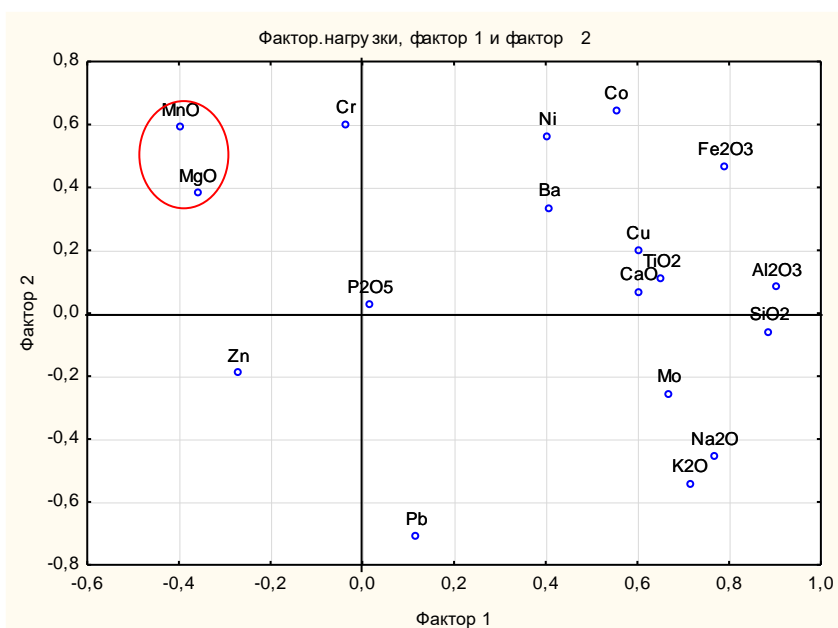


Рисунок 98. Диаграмма распределения факторных нагрузок для ЖМК, отобранных в пределах подводных выработок

Ключевой участок «Пролив Бьеркезунд – Ермиловский залив»

Состав наблюдательной сети Виды наблюдений

В рассматриваемом районе ВСЕГЕИ проводились комплексные эколого-геологические исследования в 2000 г. (до начала строительства терминала), в 2001-2003 гг. (во время первой фазы строительства) и в 2005 г. С целью мониторинга состояния геологической среды в 2015 г. были отобраны 10 образцов поверхностных отложений алевропелитовых илов в проливе Бьеркезунд, на участке, примыкающем к нефтеналивному терминалу. Карта фактического материала приведена на рис. 51 (раздел «Мониторинг экзогенных геологических процессов»).

Результаты мониторинга

Рассматриваемый ключевой участок представляет интерес с точки зрения активного воздействия техногенных процессов на геологическую среду акватории. На северном берегу пролива Бьеркезунд расположен Приморский нефтяной терминал, который является частью Балтийской трубопроводной системы. Первая очередь порта была сдана в эксплуатацию в 2001 г. В настоящее время Приморский нефтяной терминал является самым большим комплексом на Северо-Западе России и включает в себя 4 грузовых причала и 3 причала для вспомогательного флота. Пропускная способность терминала составляет 74 млн т сырой нефти в год. В состав комплекса входят в том числе 4 грузовых причала общей протяженностью 1350 м, позволяющие принимать и обрабатывать одновременно четыре танкера дедвейтом 90–150 тыс. т, осадкой до 15,5 м и общей производительностью 40 000 м³/час, а также береговые очистные

сооружения, обеспечивающие очистку всех образующихся сточных вод, включая ливневые (<http://smnpp.transneft.ru>).

Проведенные исследования показали, что характер седиментационных процессов в глубоководной части пролива Бьеркезунд не изменился за прошедшие 10 лет – донные отложения представлены темно-зеленовато-серыми (до черных) алевропелитами без существенной примеси песчаного материала. На поверхности осадков наблюдается окисленный слой бурых алевропелитов мощностью от первых миллиметров до 2 см. В то же время на четырех станциях из 10 мощность зоны окисления крайне незначительна, зафиксированы отрицательные значения Eh придонных вод, что свидетельствует о восстановительной обстановке на границе дно–вода (рис. 99).

Полученные результаты показали, что распределение основных определяемых химических компонентов в донных осадках по площади исследования за редким исключением достаточно однородно, а их фоновые концентрации, как правило, близки или даже ниже кларковых для осадочных пород. Статистические параметры распределения компонентов, нормируемых по классификации [SSQC - WGMS, 2003], приведены в табл. 21. Сопоставляя приведенные в таблице фоновые значения с нормативами классификации SSQC, можно констатировать, что фоновые для площади исследования значения по всем нормируемым элементам-загрязнителям (за исключением Cu) относятся к первому классу загрязнения («загрязнение отсутствует»). Фоновое значение по Cu соответствует II классу загрязнения – «незначительное».

Таблица 21. Статистические параметры распределения содержаний металлов (ppm) в донных осадках ключевого участка «Пролив Бьеркезунд»

	N набл.	Среднее	Медиана	Мин.	Максим.	Ст.откл.
V	10	66,0	63,5	33,0	92,0	17,9
Cr	10	51,2	49,5	28,0	84,0	17,4
Co	10	11,3	10,5	5,4	28,0	6,5
Ni	10	24,5	22,0	10,0	53,0	11,8
Cu	10	25,4	25,0	16,0	36,0	7,3
Pb	10	18,6	16,0	3,1	42,0	11,3
Zn	10	53,3	47,5	25,0	110,0	25,2

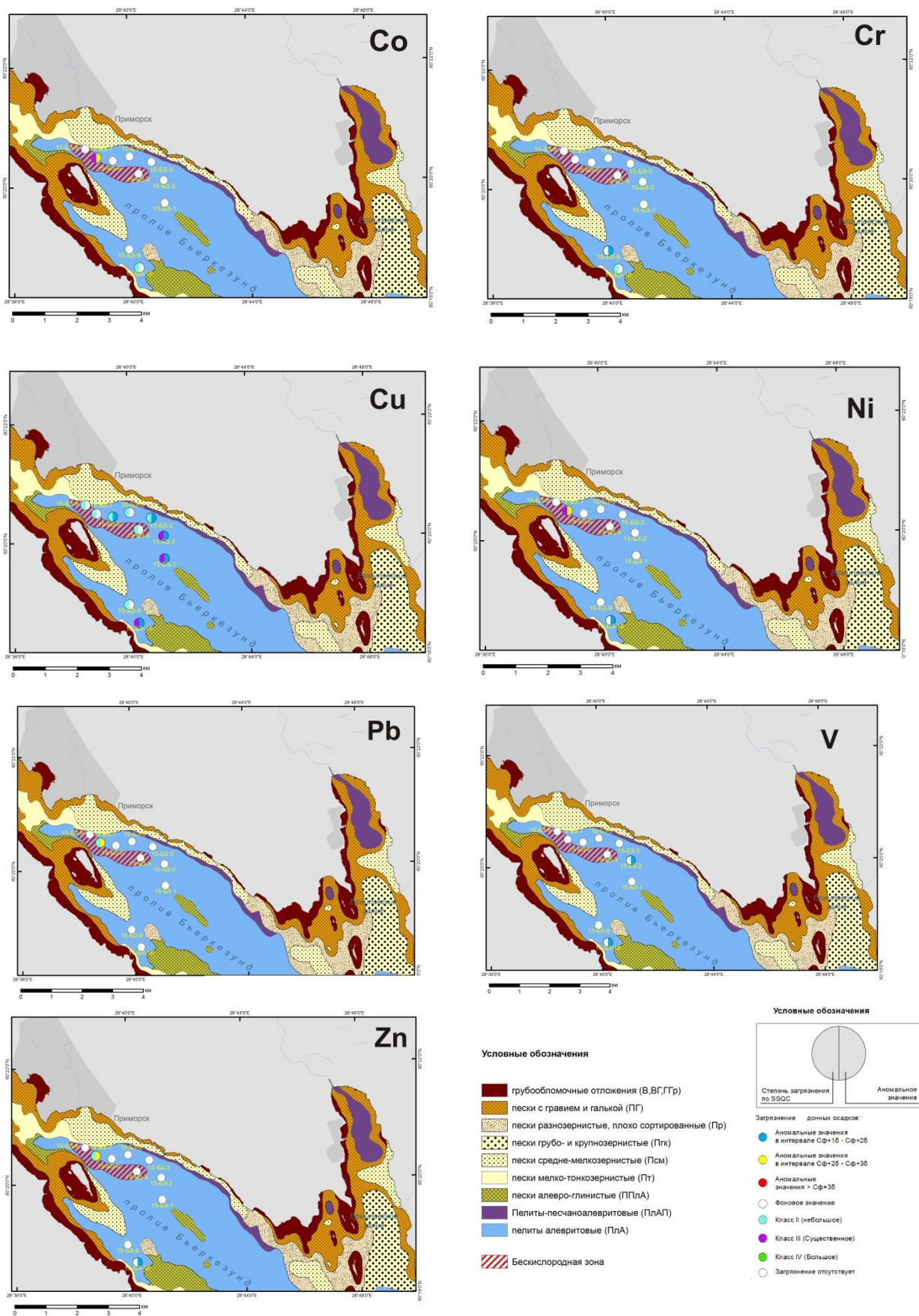


Рисунок. 99. Распределение металлов в донных осадках пролива Бьеркезунд (2015 г.)

В пределах исследуемого ключевого участка выделено несколько станций, характеризующихся аномальными концентрациями ряда химических элементов, соответствующих повышенному уровню загрязнения согласно используемой классификации (SSQC -WGMS 2003). Наибольшее загрязнение зафиксировано на станциях 15-БЗ-7 и 15-БЗ-10 (рис. 99). Станции 15-БЗ-7 с аномальными концентрациями Co, Ni, соответствующими III классу загрязнения («существенное»), Cu, Pb, Zn – II классу загрязнения («незначительное») и станции 15-БЗ-10 с аномальными концентрациями Cr, Co, Zn (II класс загрязнения) и Cu (III класс загрязнения).

Концентрация меди в осадках обращает на себя особое внимание. На всех станциях опробования донные осадки в различной степени загрязнения Cu (на станциях 15-БЗ-1, 15-БЗ-2 и 15-БЗ-10 – III класс загрязнения, на станциях 15-БЗ-3 – 15-БЗ-9 – II класс загрязнения).

Сравнительный анализ результатов геохимических исследований мониторинга за 2003–2005 и 2015 годы позволил сделать следующие выводы. В первую очередь, это отсутствие общей тенденции в изменении фоновых концентраций, что достаточно хорошо иллюстрируют данные, приведенные в табл. 22. Отчетливо видно, что значимое увеличение фоновых концентраций характерно только для V и в некоторой степени для Cu и Zn. Для большинства элементов колебания фоновых концентраций во времени не превышают величину стандартного отклонения фонового значения.

Таблица 22. Сопоставление средних медианных значений содержания металлов в донных осадках седиментационного бассейна пролива Бьеркезунд за 2005 и 2015 годы

Элементы	2005 г.	2015 г.
V ppm	40,0	63,5
Cr ppm	50,0	49,5
Co ppm	10,0	10,5
Ni ppm	20,0	22,0
Cu ppm	20,0	25,0
Pb ppm	15,0	16,0
Zn ppm	40,0	47,5

Данные геохимического мониторинга по конкретным станциям также показывают отсутствие общего тренда изменения концентраций химических элементов во времени. Это хорошо иллюстрируют данные по станции 15-БЗ-3 (рис. 100). Таким образом, приведенные результаты сопоставления данных геохимических исследований 2005 и 2015 гг. позволяют сделать

вывод о стабильности геохимической ситуации в донных осадках седиментационного бассейна пролива Бьеркезунд.

Результаты определения нефтеуглеводородов (НУВ) в донных осадках пролива Бьеркезунд приведены в табл. 23.

Таблица 23. Содержание нефтеуглеводородов (НУВ), мг/кг сухого грунта

№ п/п	Точка отбора	Содержание нефтепродуктов, мг/кг
1	15-БЗ-1	69
2	15-БЗ-2	60
3	15-БЗ-3	76
4	15-БЗ-4	155
5	15-БЗ-5	9

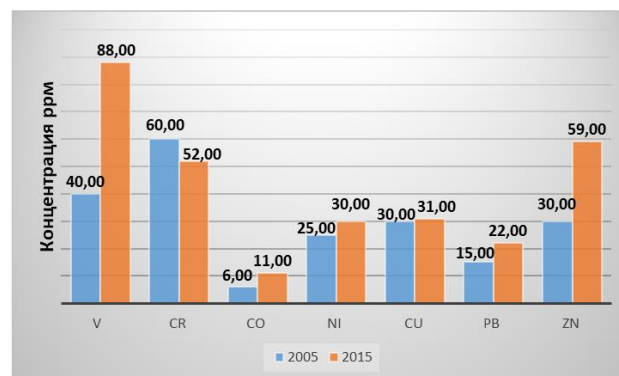


Рисунок 100. Графики распределения концентраций (ppm) ряда химических элементов по годам опробования на станции 15-БЗ-3

Согласно нормативам ОАО «ЛенморНИИпроект» [Нормы ..., 1996], донные осадки на всех опробованных станциях относятся к классу «0» – чистые отложения. Сопоставляя данные, полученные в 2015 году, с данными ОАО «Севморгео» 2012 и 2013 гг. (табл. 24) по станциям, расположенным в проливе Бьеркезунд севернее и южнее участка работ 2015 г., можно констатировать, что в целом концентрация НУВ в донных осадках пролива стабильна и, возможно, имеет определенную тенденцию к понижению.

Таблица 24. Содержание нефтеуглеводородов (НУВ), мг/кг сухого грунта (данные ОАО «Севморгео» 2012 и 2013 гг.)

№ п/п	Точка отбора	Содержание нефтепродуктов, мг/кг
1	12_07_29	181
2	13_08_35	132

Выводы по состоянию геологической среды прибрежно-шельфовой зоны Финского залива в 2015 г.

1. Результаты работ 2015 г. не выявили зон активизации опасных эндогенных процессов в пределах дна акватории и береговых зон восточной части Финского залива. По данным литературных источников, значимые сейсмические события в восточной части Финского залива в 2015 г. не зафиксированы.

2. Анализ профилей НСАП, выполненных в районе о. Мощный в центральной части российской зоны Финского залива и на западной периферии Стирсудденских банок, позволил выявить разрывные нарушения. В то же время характер сейсмоакустической записи свидетельствует о том, что все установленные тектонические нарушения сформировались в доголоценовое время и в настоящий момент неактивны.

3. По данным анализа профилей НСАП в открытой части акватории выявлены многочисленные зоны интенсивного подводного размыва, приуроченные к подводным поднятиям. На склоне террасы к юго-востоку от о. Мощный установлена зона предполагаемого подводного оползня, аналогичная выявленным ранее на восточном склоне Кургальского рифа. Проявление подводных оползней имеет большое значение с точки зрения планируемой прокладки южной ветки газопровода «Нордстрим».

4. По данным мониторинга выявлено продолжение развития интенсивных экзогенных геологических процессов в береговых зонах восточной части Финского залива:

- на ключевом участке «северная береговая зона Финского залива в пределах Курортного района» установлены аварийные участки берегов, требующие неотложных мер по берегозащите. Выявлено отступление абразионного уступа на опорных профилях ПКПР-2 (пос. Серово), ПКПР-3 (пос. Ушково), ПКПР-5 и 7 (г. Зеленогорск), ПКПР-8 и 12 (пос. Репино), а также локальное нарастание пляжа в результате формирования песчаной косы в пос. Репино. Анализ рельефа дна и записей ГЛБО позволил установить интенсивный размыв подводного склона, расположенного в непосредственной близости от рекреационного участка берега пос. Солнечное. Эрозионные ложбины стока, по которым происходит вынос песчаного материала из береговой зоны, прослежены вдоль подножия подводной террасы в западном направлении;

- результаты мониторинга береговой зоны в районе пос. Большая Ижора показывают, что тенденции развития экзогенных геологических процессов сохраняются, значительных изменений не наблюдается. В 2011–2013 гг. средняя скорость отступления берега составляла 8 м/год, с 2013 по 2015 г. эта величина не превышает 2–3 м/год. Новые экстремальные размывы в пределах исследуемого участка за прошедший год не установлены. Техногенные нарушения геологической среды фиксируются в устье р. Чёрная, где производятся дноуглубительные работы. В западной части пос. Большая Ижора на побережье зафиксирована несанкционированная выемка пляжевого песка, что представляет собой большую опасность с точки зрения нарушения баланса наносов;

- на ключевом участке «Нарвский залив» на профилях НСАП, выполненных в субаквальной части береговой зоны на глубинах от 5 до 15 м, не выявлено четко выраженных подводных песчаных террас. В западной части в рельефе ледниковых отложений просматривается долинообразное понижение с относительной глубиной до 25 м (до абс. глубин 60 м). Интерпретация профилей НСАП позволяет предположить наличие вытянутой вдоль берега моренной гряды или формы флювиогляциального происхождения. Результаты обследования субаэральной части береговой зоны не выявили развития абразионных процессов. Наибольшей интенсивностью в рассматриваемом районе характеризуется дефляция. Георадиолокационное профилирование позволило установить мощность эоловых образований, а также выполнить корреляцию положения кровли морены на берегу и подводном береговом склоне. По данным гранулометрического анализа установлены направления потока наносов. Наряду с южным трендом переноса осадочного материала установлено наличие периодически возникающего вдольберегового перемещения песка от устья р. Нарва на север, что потенциально может приводить к загрязнению пляжей торфяной крошкой при сбросах плавучих торфяных островов через плотину Нарвской ГЭС из Нарвского водохранилища;

- интенсивная экзогенная динамика была выявлена в береговой зоне Ермиловского залива. Восточный берег Ермиловского залива характеризуется вдольбереговым перемещением песчаного материала в северном направлении. В ходе выполненных в 2015 г. береговых маршрутов в субаэральной части северной зоны восточного берега Ермиловского залива была выявлена

система вдольбереговых песчаных кос различных генераций.

5. По данным мониторинга геологической среды Невской губы в 2015 г. установлено интенсивное загрязнение донных отложений тяжелыми металлами в районе свалок Канонерского и Васильевского островов и донных осадков устьев Малой и Средней Невки, Крестовского острова. Загрязнены тяжелыми металлами и нефтепродуктами донные отложения устья р. Красненькая. В седиментационном бассейне пролива Бьеркезунд (район нефтеналивного терминала «Приморск») загрязнения нефтепродуктами донных осадков не зафиксированы. В акватории пролива Бьеркезунд выделено несколько станций, которые характеризуются аномальными концентрациями ряда химических элементов, соответствующих значимому уровню загрязнения. Наибольшее загрязнение, соответствующее II и III классам, зафиксировано по Co, Ni, Cu, Pb, Zn, Cr.

Сопоставляя данные, полученные в 2015 году, с полученными ранее результатами можно констатировать, что в целом концентрация НУВ в донных осадках пролива достаточно стабильна и, возможно, имеет определенную тенденцию к понижению. Прибрежные и береговые осадки Невской губы загрязнены бенз(а)пиреном. Крайне высокие концентрации в 2015 году, превышающие ПДК в десятки раз, зафиксированы в р. Красненькая, в Ломоносовской бухте, на северном берегу г. Кронштадт. Причем в 2015 г. содержания БП самые высокие по сравнению с предыдущими годами наблюдений. На береговом склоне, зарастающем тростником, в районе усадьбы Знаменка в Петергофе в илистом осадке установлено самое высокое содержание БП-998 мкг/кг(т.н.15-НГБ-С5). В воде р. Красненькая концентрации БП превышали ПДК в 2015 г. в 7 раз.

На ключевом участке «Выборгский залив» по результатам литогеохимического опробования в пределах района экспериментальной добычи ЖМК установлено, что вследствие изменения условий седиментации после техногенного нарушения геологической среды, оставшиеся ЖМК растворяются с переходом части металлов в мобильное состояние и их селективным выносом. Таким образом, ЖМК, не выбранные при добыче, в настоящий момент являются активным источником вторичного загрязнения.

6. Результаты литогеохимического мониторинга станций открытой части залива показали, что по данным анализа сравнения по годам концентраций тяжелых металлов в донных осадках с 2005 года по 2015 год, с момента окончания масштабных дноуглубительных работ в Невской губе в 2008 году на востоке Российской части Финского залива установился режим с низкими концентрациями тяжелых металлов и нефтепродуктов. Важным является снижение активности ^{137}Cs в восточной части описываемого района. Нигде в последние годы не встречались значения, превышающие 1000 БК/кг. «Чернобыльский» пик активности в кернах трубок также существенно снизился и стал более «размазанным».

В пределах Зеленогорского плеса и большей площади Шепелевского плеса донные осадки содержат повышенные (более ОДК) концентрации нефтепродуктов. Такие же концентрации были зафиксированы и вдоль Главного фарватера. Но нигде они не превышали уровня среднего загрязнения, т. е. по существующей классификации относились к грунтам первой категории загрязнения. Тем не менее, приходится констатировать факт, что с 2010 г. ареал углеводородного загрязнения возрос, хотя контрастность его и снизилась.

КОНТРОЛЬНЫЙ ПОЛИГОН «РОССИЙСКИЙ СЕКТОР ЮГО-ВОСТОЧНОЙ ЧАСТИ БАЛТИЙСКОГО МОРЯ (КАЛИНИНГРАДСКИЙ ШЕЛЬФ)»



Состав наблюдательной сети Виды наблюдений

Мониторинговые наблюдения были выполнены на трех ключевых участках: «Северное побережье Самбийского полуострова», «Западное побережье Самбийского полуострова» и «Основание Куршской косы». Всего было выполнено 100 км НСАП, 100 км ГЛБО, поверхностный донный пробоотбор был осуществлен на 61 станции на проведение радиоизотопных исследований и литолого-геохимического анализа. Опробование поверхностных осадков выполнялось преимущественно на станциях мониторинговых наблюдений с использованием бокс-корера. Морские работы выполнялись с борта ИС «Норд-3». Береговые эколого-геологические работы были также сосредоточены на ключевых участках «Северное

побережье Самбийского полуострова», «Западное побережье Самбийского полуострова» и «Куршская коса». Выполнялись вдольбереговые маршруты (50 км), нивелировки по сети опорных профилей, отбор поверхностных отложений пляжей по ранее отработанной методике, наблюдения за интенсивностью экзогенных геологических процессов и техногенеза в береговой зоне.

Региональное литогеохимическое опробование прибрежно-шельфовой зоны было выполнено совместно со специалистами АО ИО РАН и ООО «Морское венчурное бюро» преимущественно по станциям экологического мониторинга инфраструктуры морского нефтяного месторождения «Кравцовское (Д-6)», проводимого ООО «Лукойл-КМН» с 2003 г. (рис. 101).

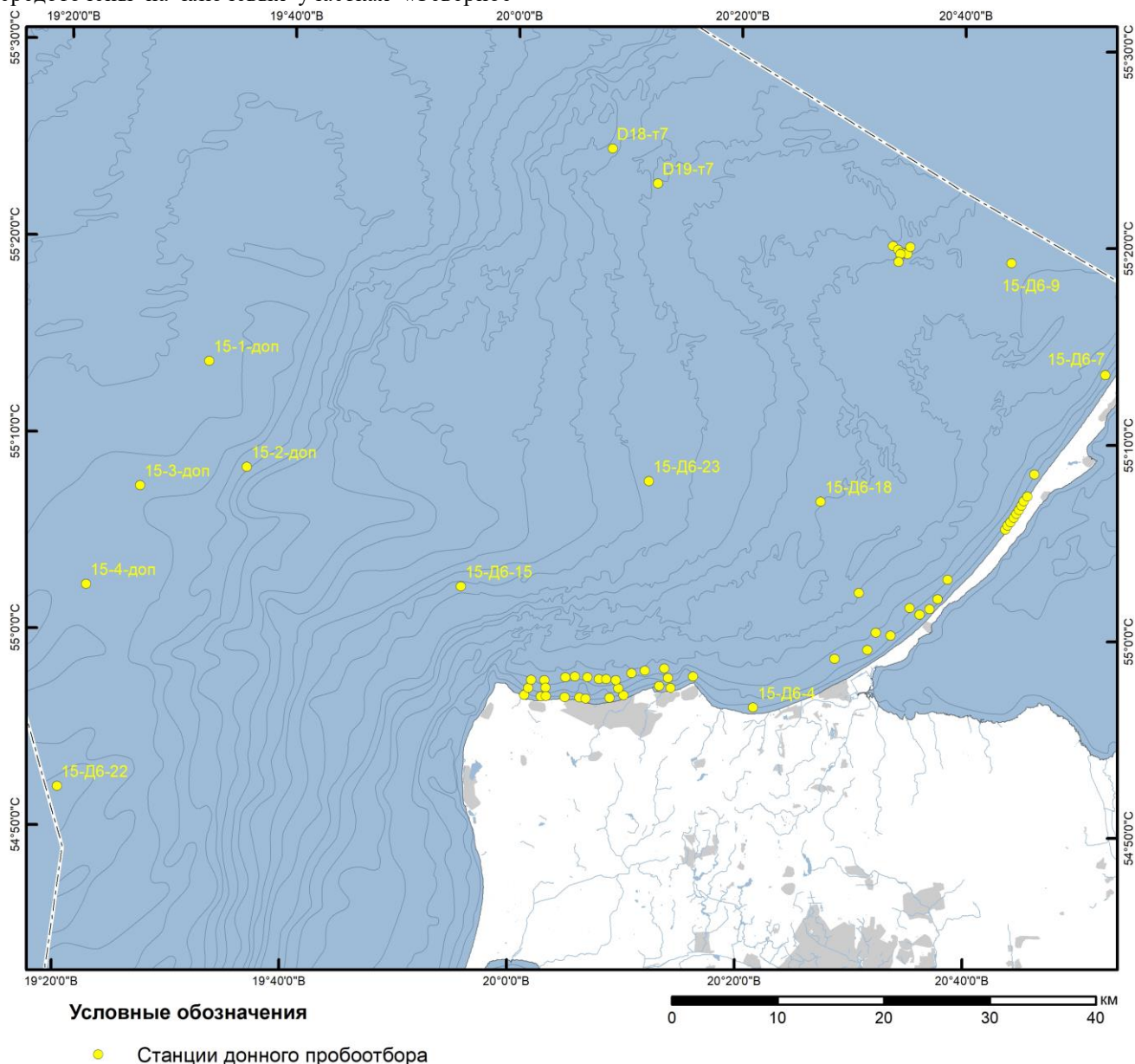


Рисунок 101. Карта фактического материала регионального литогеохимического опробования в 2015 г.

Эндегенные и экзогенные процессы в береговых зонах

Ключевой участок «Северное побережье Самбийского полуострова»

Состав наблюдательной сети

Виды наблюдений

Учитывая результаты работ на участке «Северное побережье Самбийского полуострова» на предыдущих этапах мониторинга, НСАП (общей протяженностью 40 км) было выполнено по профилям, расположенным по нормали к берегу и пересекающим все литофациальные зоны (рис. 102). Площадная съемка ГЛБО (14 профилей) проведена к востоку от мыса Гвардейский на участке дна, где ранее сонарное профилирование не выполнялось. Полученные данные позволили завершить площадную съемку субаквальной части ключевого участка с целью детализации карты распределения донных осадков и карты проявления опасных геологических процессов. Мониторинговый профиль ГЛБО был выполнен вдоль прибрежной части участка примерно по изобате 5 м, т. е. в зоне наиболее активной литодинамики. Донный пробоотбор был осуществлен на 25 станциях. Телепрофилирование выполнялось в пределах наиболее изменчивой в литодинамическом отношении мелководной зоны (9 станций),

одна видеостанция была выполнена в порту г. Пионерский.

Береговое маршрутное обследование в пределах ключевого участка вдоль северного побережья Самбийского полуострова проводилось в период с 14 по 16 июня 2015 г. В результате маршрута было обследовано около 16 погонных километров берега и проведено описание береговой зоны на 46 точках наблюдения (рис. 102). В ходе маршрута было проведено нивелировочное профилирование на 4 базовых профилях.

Результаты мониторинга

Ключевой участок «Северное побережье Самбийского полуострова» характеризуется высокой интенсивностью абразионных и обвальнo-осыпных процессов на берегу в сочетании с развитием процессов размыва морского дна и резким дефицитом наносов в прибрежной зоне, обуславливающим деградацию пляжей. Значительная концентрация в непосредственной близости от береговой полосы рекреационной инфраструктуры обуславливает повышенную степень геологической опасности.

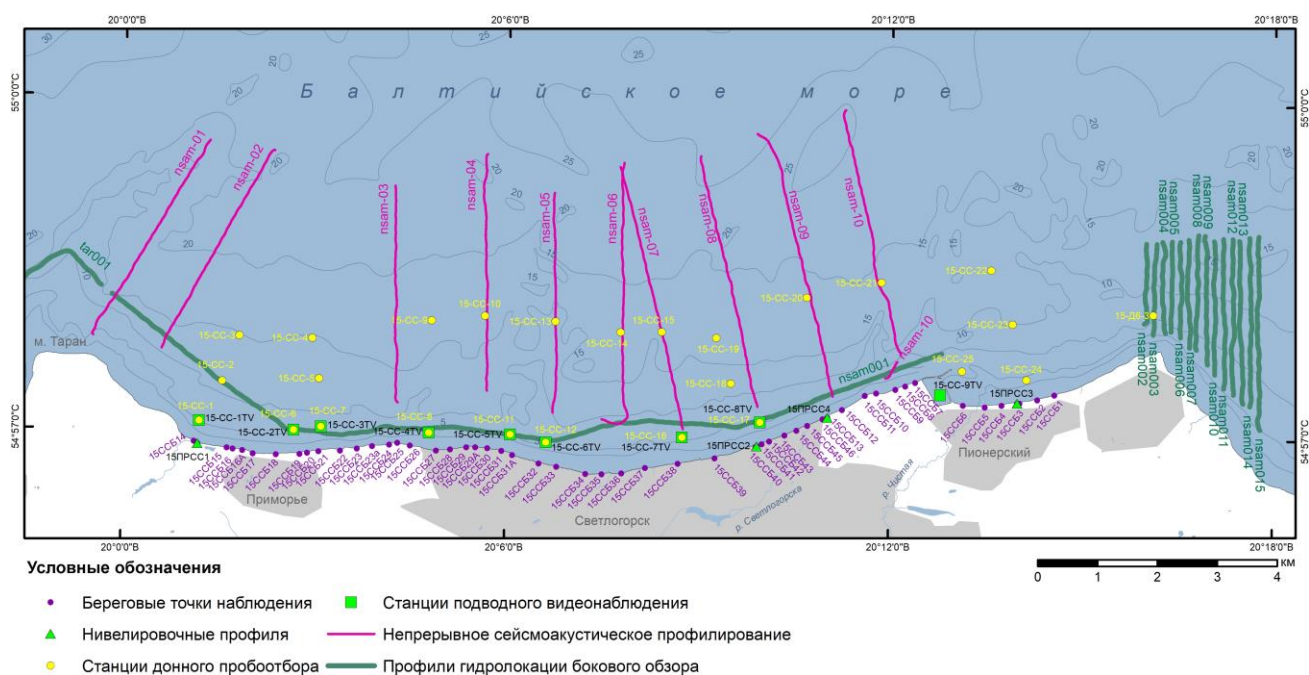
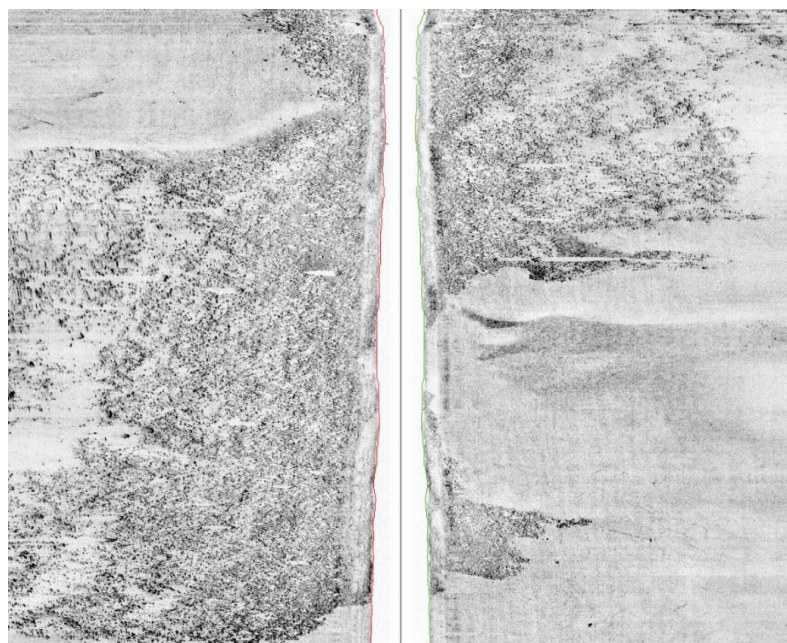


Рисунок 102. Карта фактического материала полевых работ на ключевом участке «Северное побережье Самбийского полуострова» в 2015 г.

В задачи геолого-геофизических исследований субаквальной части ключевого участка входит определение площадей и динамики размыва морского дна, что важно для прогноза развития побережья в условиях дефицита наносов. Целью работ на побережье являлась оценка проявленности и динамики экзогенных геологических процессов: оползни, обвалы, выходы подземных вод, а также фиксация основных морфологических элементов (ширина пляжа и состав осадков, наличие/отсутствие клифов, абразионных уступов или авантюны, наличие/отсутствие и состояние берегозащитных сооружений и т. д., визуальное обнаружение признаков загрязнения).

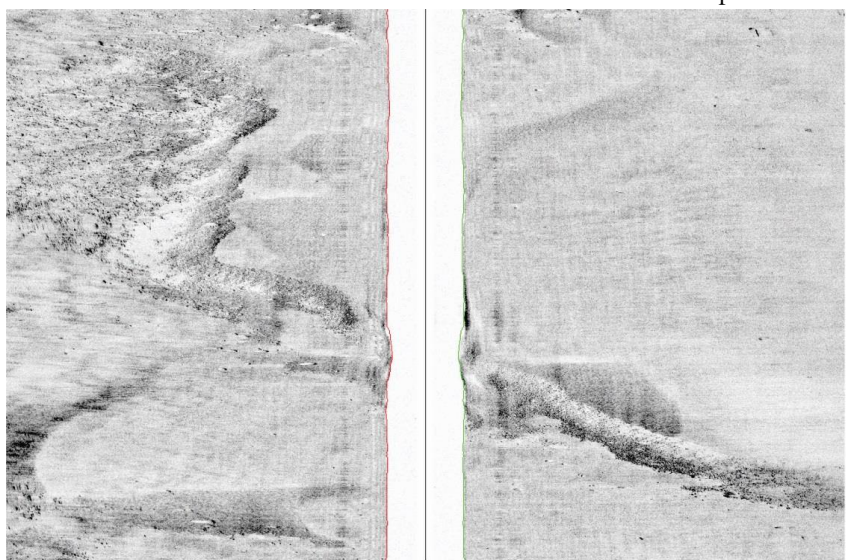
В результате проведения ГЛБО к востоку от мыса Гвардейский были околонтурены площади распространения грубообломочного материала, маркирующие зоны активного размыва морского дна (рис. 103–105), а также уточнена конфигурация этих зон и их изменений вдоль побережья Светлогорской бухты. В районе, примыкающем к порту Пионерский, установлены размываемые остатки подводной свалки грунта (рис. 106). На профилях НСАП уточнено положение выходов моренных гряд (зоны размыва),



150 м

Рисунок 103. Фрагмент записи ГЛБО (профиль nsam015). Обширные поля распространения валунно-галечного материала - зона размыва ледниковых отложений на прибрежном мелководье к востоку от мыса Гвардейский

подтверждены малые мощности современных песчаных отложений на всей площади ключевого участка (рис. 107). Совокупность данных геофизического профилирования в 2015 г. подтвердила дефицит песчаного материала на всем ключевом участке «Северное побережье Самбийского полуострова», что обуславливает невозможность естественного восстановления пляжей побережья Светлогорских курортов. Видеонаблюдения поверхности морского дна (хорошо проявленные знаки ряби) (рис. 108) в совокупности с данными ГЛБО позволили подтвердить высокую литодинамическую активность на глубинах моря до 15 м. В акватории порта Пионерский подводные видеонаблюдения позволили установить существенное загрязнение поверхности дна многочисленными техногенными объектами.



200 м

Рисунок 104. Фрагмент записи ГЛБО (профиль nsam001) – узкая каменистая гряда в Филинской бухте

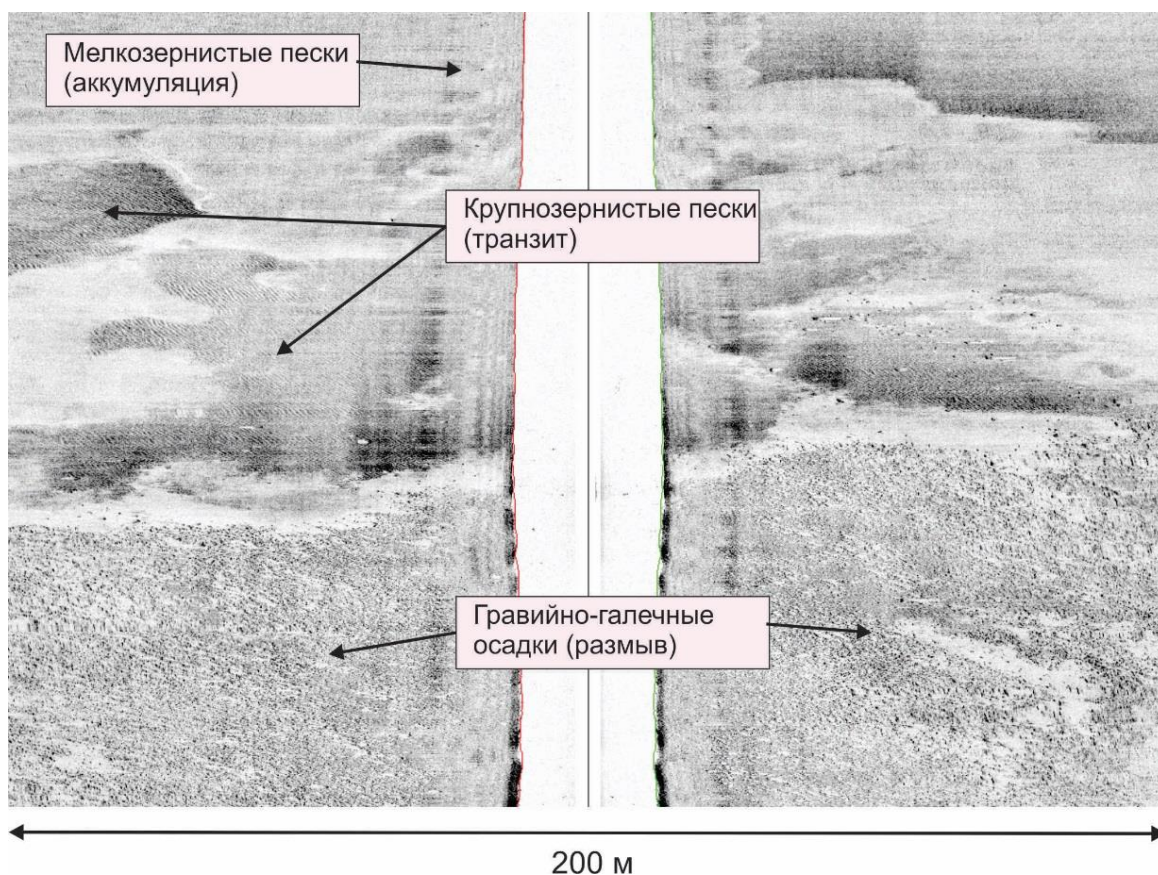


Рисунок 105. Фрагмент записи ГЛБО (профиль nsam001) – резкая фациальная изменчивость в прибрежной зоне Финлинской бухты

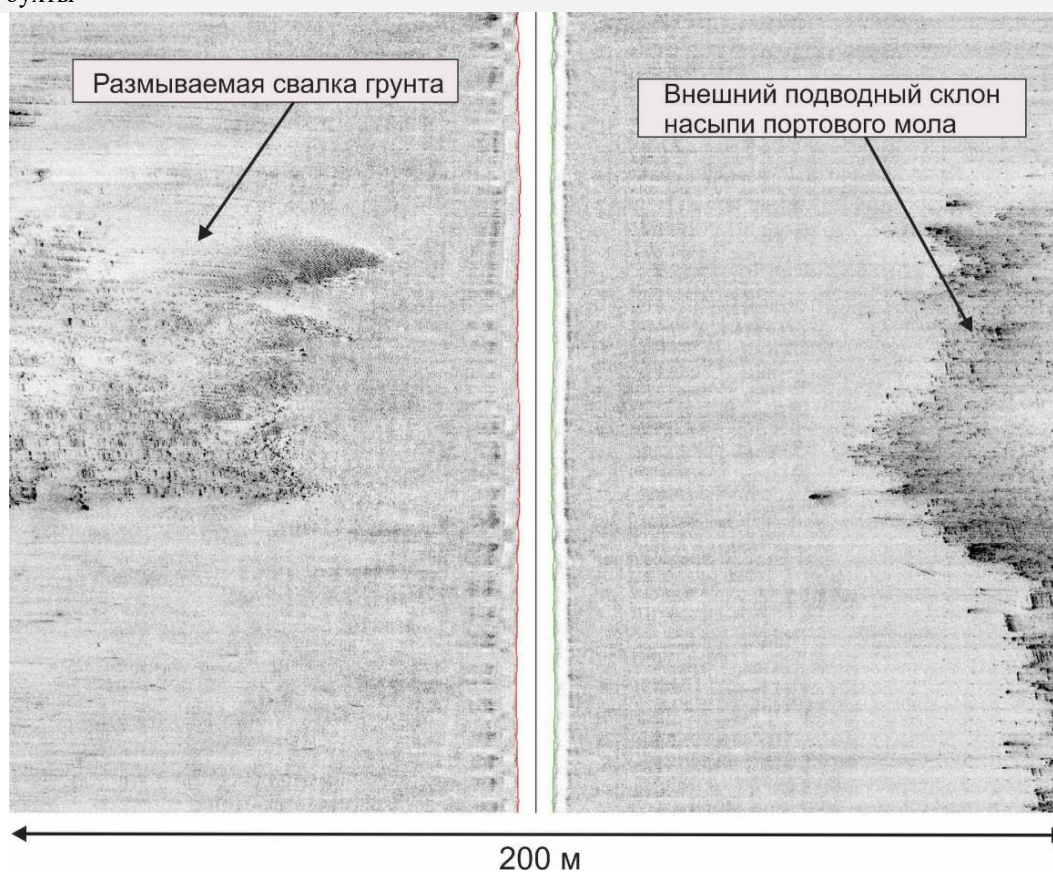


Рисунок 106. Фрагмент записи ГЛБО (профиль nsam001) с внешней стороны мола порта Пионерский

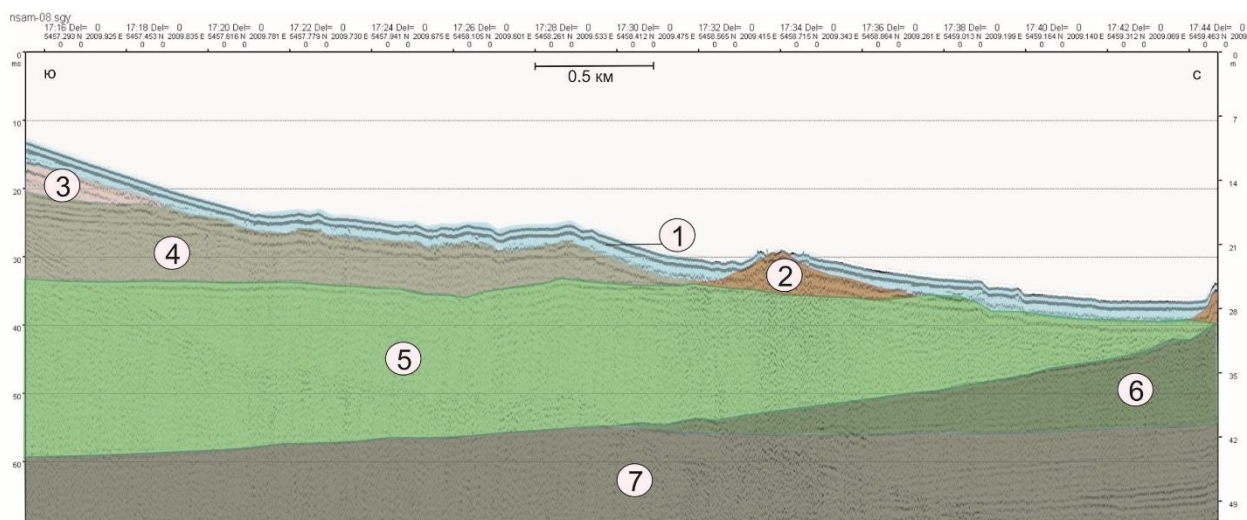


Рисунок 107. Профиль НСАП (nsam-08), восточный борт Светлогорской бухты. Сейсмокомплексы: 1 – современные пески; 2 – морена; 3 – предположительно, отложения прусской свиты верхнего эоцена («голубая земля»); 4 – предположительно, отложения прусской свиты верхнего эоцена («дикая земля»); 5 – предположительно, отложения алкской свиты нижнего эоцена; 6 – предположительно, отложения ранне-палеогенового возраста; 7 – предположительно, отложения самбийской и любавской свит палеогена



Рисунок 108. а – Поверхность морского дна (глубина 7,2 м), сложенная мелкозернистыми песками с крупными знаками ряби (т. н. 15-СС-3ТВ); б – поверхность дна (глубина 4,0 м) в порту Пионерский

В ходе маршрутного наблюдения было обследовано состояние берегозащитных сооружений и объектов береговой инфраструктуры в пределах рекреационных зон населенных пунктов северного берега Самбийского полуострова. Восточная часть г. Пионерский характеризуется развитием обвально-осыпных процессов, в значительной мере искусственно стабилизированных созданием волноотбойной стенки с расположенным на ней променадом.

Подножье открытых участков склона клифа Самбийского полуострова укреплено габионами. Нависающие на бровке уступа деревья ликвидируются, в результате чего минимизируется угроза их обрушения. В 2015 г. на отдельных участках склона производятся работы по формированию устойчивых к осыпанию откосов склонов, искусственной задерновке и дренажу. Перед техногенно-укрепленным берегом развит узкий пляж. Состояние берегоукрепительных сооружений в районе г. Пионерский на летний период 2015 г. можно характеризовать как хорошее (рис. 109).

Ширина пляжа перед променадом варьирует от 15 до 5 м, что является последствием осенне-зимних штормов. В послештормовой период пляж естественным образом восстанавливается, однако наличие дефицита песка в береговой зоне не позволяет расширяться пляжу (рис. 110).

Берег в районе курортного города Светлогорск так же, как и в г. Пионерский, представляет собой волноотбойную бетонную стенку с расположенным на ней променадом.



Рисунок 109. Состояние берегоукрепительных сооружений в районе г. Пионерский

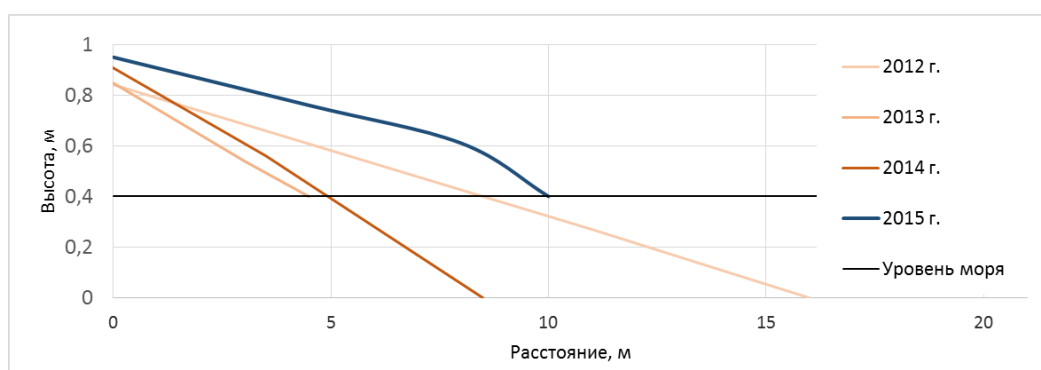


Рисунок 110. Изменение профиля пляжа с 2012 по 2015 гг. (профиль ПРСС3)

У большинства габионных укреплений целостность конструкции нарушена. Верхняя часть клифа Самбийского п-ова в этом районе сложена преимущественно супесчанистыми отложениями, нижние $\frac{3}{4}$ клифа перекрыты осыпями. Активное развитие оползневых процессов, развитых на склоне клифа в районе г. Светлогорск, приводит к наполнению грунта вместе с растительностью со склона на габионы. Процессы обрушения склона в 2015 г. продолжают развиваться, что приводит к постепенному отступанию бровки клифа. Это является прямой угрозой для расположенных на

террасе клифа строений и объектов инфраструктуры (рис. 112). Наиболее сильно склоновые процессы проявлены в районе пос. Лесное и Приморье, где из-за смены геологического строения клифа развиты оползни сплыва, чередующиеся с обвално-осыпными формами. Здесь в склоне обнажаются конечно-моренные образования, представленные валунными супесями и суглинками, перемятыми в сложные складки. Осыпи наблюдаются практически от самой вершины клифа. Просачивание грунтовых вод и выход их на склоне приводит к образованию условий для развития оползневых процессов (рис. 113).

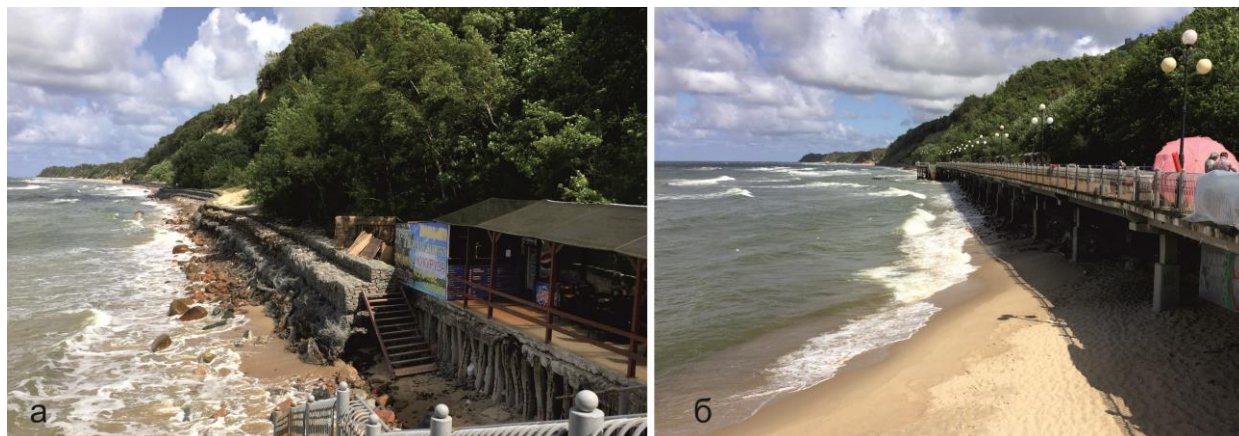


Рисунок 111. Состояние берегоукрепительных сооружений в районе г. Светлогорск: *а* – к востоку от променада, *б* – променад г. Светлогорск



Рисунок 112. Развитие склоновых процессов: *а* – 2014 г., забор на вершине клифа и дерево стабильны, *б* – 2015 г., дерево наклонено, забор нависает над склоном



Рисунок 113. Свежие следы проявления обрушения и оползания склона в районе пос. Отрадное

Наряду со склоновыми, на рассматриваемом участке береговой зоны, наблюдаются абразионные

процессы, проявляющиеся на неукрепленных участках берега со значительно менее высоким

уступом. К востоку от г. Светлогорск постройки детского лагеря, расположенные на вершине клифа, в результате размыва его подножья находятся в аварийном состоянии. Часть фундамента здания за прошедший год была обрушена, так же как растущие поблизости деревья (рис. 114).

Кроме того, в ходе маршрутного обследования преимущественно на западе ключевого участка выявлены незаконные выработки по добыче янтаря в основании клифа. Выработки представляют собой выкопанные в основании уступа ямы, имеющие водоотводные широкие траншеи, пересекающие пляж. По траншеям в штормовой период к подножью уступа легко проникает вода, что способствует развитию абразионных процессов.

Таким образом, наблюдения очередного годового этапа мониторинга зафиксировали продолжение в пределах ключевого участка «Северное побережье Самбийского полуострова» активных склоновых и абразионных процессов, достигающих на отдельных участках берега уровня опасных, а также ухудшение состояния имеющихся берегозащитных сооружений, что определяет актуальность продолжения мониторинга, а также необходимость срочной реализации программы берегозащиты, разработанной под эгидой Правительства Калининградской области. На рис. 115 представлена обобщенная схема

проявления опасных экзогенных геологических процессов в береговой зоне ключевого участка «Северное побережье Самбийского п-ва».



Рисунок 114. Развитие абразионных процессов в районе пос. Рыбное: А – 2014 г., Б – 2015 г.

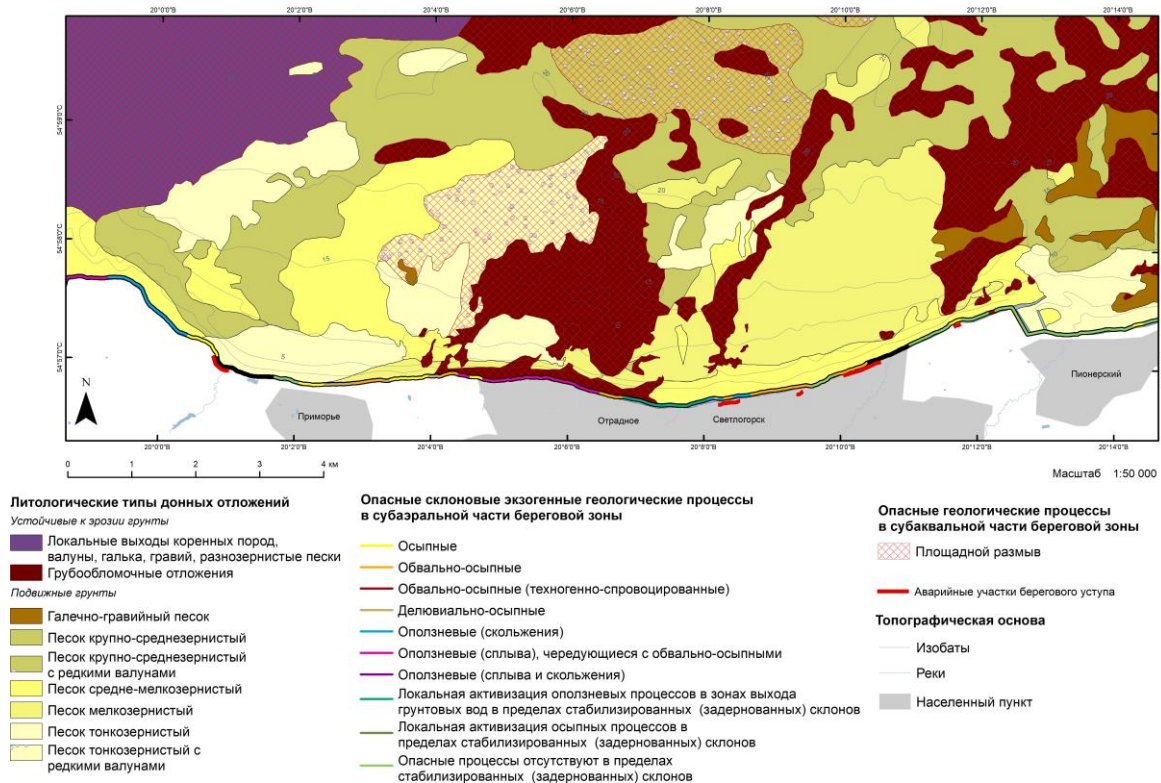


Рисунок 115. Карта-схема опасных экзогенных геологических процессов на ключевом участке «Северное побережье Самбийского п-ва»

Ключевой участок «Западное побережье Самбийского полуострова»

Состав наблюдательной сети Виды наблюдений

На рис. 116 показано положение геофизических профилей, точек и профилей береговых работ. НСАП проводилось по сети, состоящей из 10 профилей со средней протяженностью профиля – 4 км. Данная сеть позволяет детализировать основные черты геологического строения ключевого участка мониторинга (положение разрывных нарушений, гляциодислокации, наличие выходов коренных пород, древних береговых зон, маркируемых уступами и т. д.). Учитывая уже имеющиеся материалы ГЛБО в данном районе, гидролокация бокового обзора выполнена по профилям, отчасти повторяющим проведенные в 2011–2014 гг., но с продолжением к югу для картирования нового техногенного конуса выноса. Общая протяженность профилей ГЛБО составила 40 км.

Береговое маршрутное обследование в пределах ключевого участка вдоль западного побережья Самбийского п-ова проводилось в период с 17 июня по 19 июня 2015 г. В результате маршрута было обследовано около 11 км берега и проведено описание береговой зоны на 24 точках наблюдения. В ходе маршрута было выполнено нивелировочное профилирование на 6 базовых профилях.

Результаты мониторинга

По материалам НСАП в пределах участка «Западное побережье Самбийского полуострова» на сейсмических разрезах установлено нарушение сплошности прослеживаемых границ, которое интерпретируется как наличие разрывных нарушений (рис. 117, 118). О возможной

активизации этих предположительно разрывных нарушений в четвертичное время говорить трудно, но на некоторых профилях НСАП прослеживается сопряженность моренных гряд с нарушениями в разрезе подстилающих дочетвертичных образований.

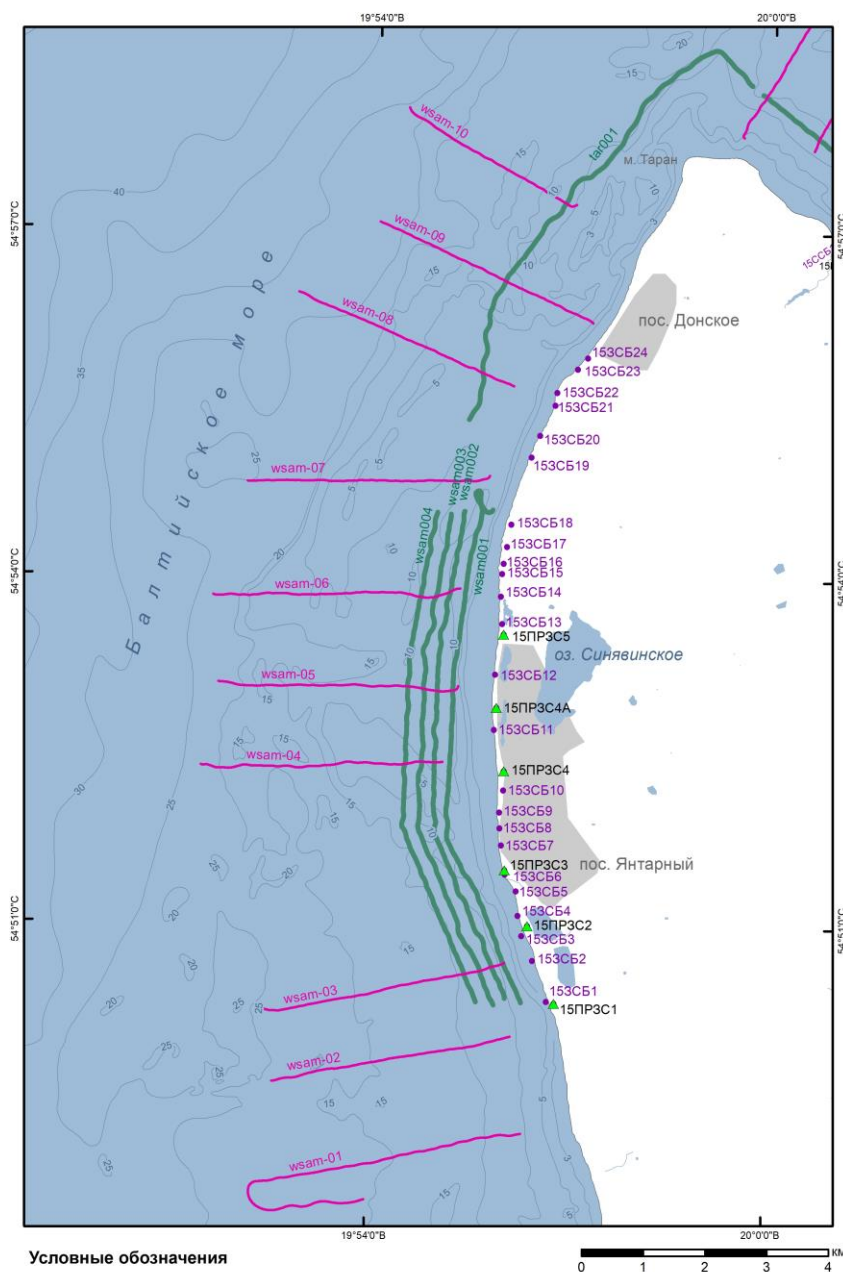


Рисунок 116. Карта фактического материала полевых работ 2015 г. на ключевом участке «Западное побережье Самбийского полуострова»

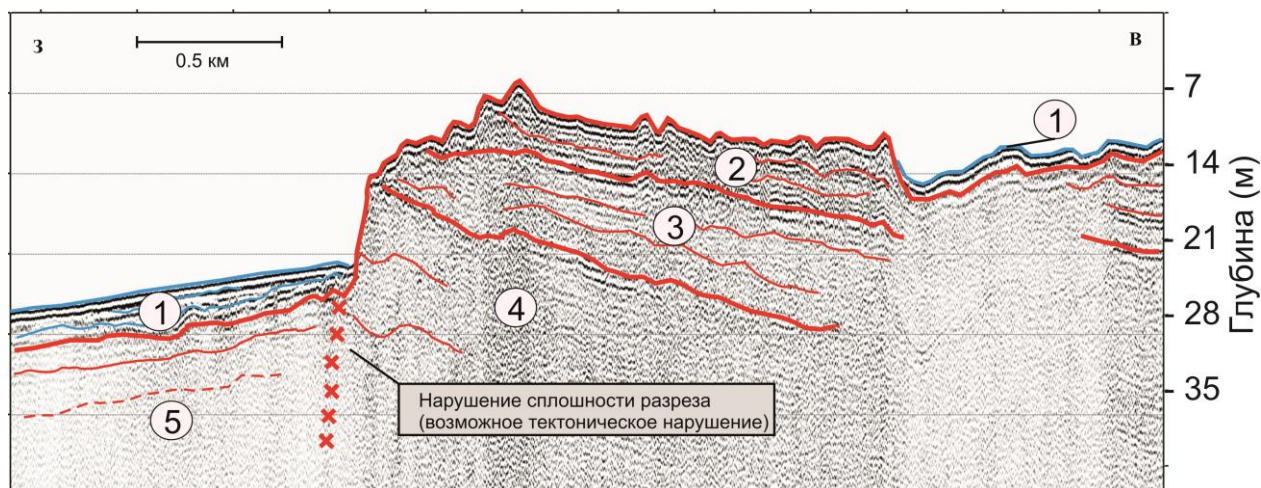


Рисунок 117. Интерпретация профиля НСАП (wsam-07), расположенного на площади между поселками Янтарный и Донское (участок «Западное побережье Самбийского п-ва»). Подводные обрывы древних береговых линий. Сейсмокомплексы: 1 – современные пески; 2 – предположительно, отложения прусской свиты верхнего эоцена; 3 – предположительно, отложения палеогена; 4–5 – предположительно, верхнемеловые отложения

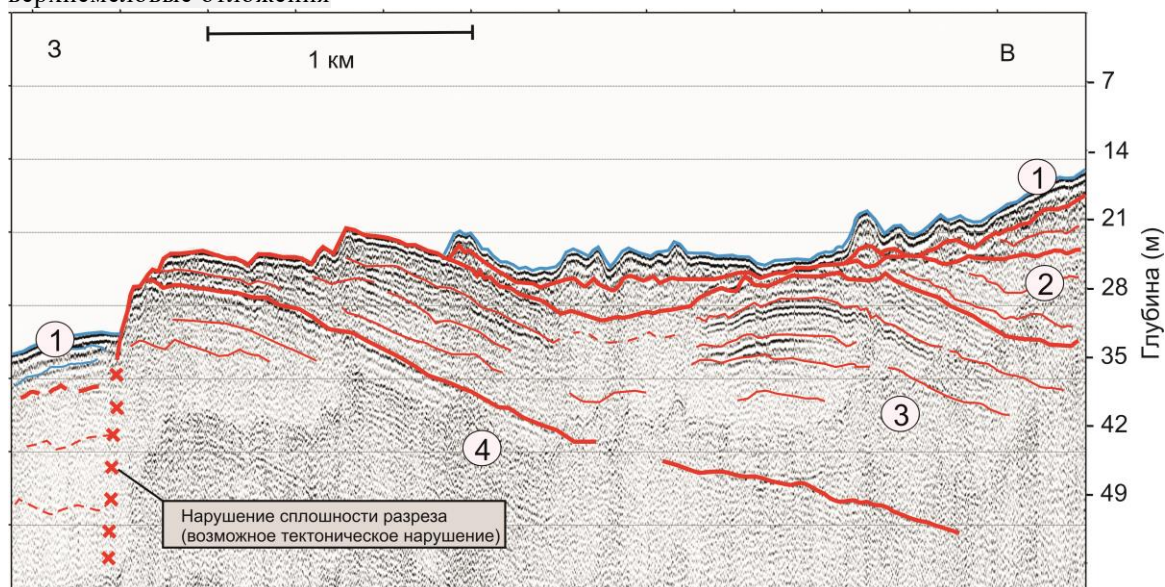


Рисунок 118. Интерпретация профиля НСАП (wsam-05), расположенного на площади между поселками Янтарный и Донское (участок «Западное побережье Самбийского п-ва»). Подводные обрывы древних береговых линий. Складки прогибания в породах палеогена (гляциодислокация(?)). Сейсмокомплексы: 1 – современные пески; 2 – предположительно, отложения прусской свиты верхнего эоцена; 3 – предположительно, отложения палеогена; 4 – предположительно, верхнемеловые отложения

Ключевой участок «Западное побережье Самбийского п-ва» характеризуется активной литодинамикой, что во многом определяется и антропогенными факторами. На берегу в пределах участка расположено крупнейшее в мире месторождение янтаря. В результате сброса алевропесчаного материала (пульпы) в процессе карьерной добычи янтаря в прибойно-волновую зону моря до конца 1980-х гг. ширина пляжа в районе пос. Янтарный достигла 400 м. На подводном береговом склоне был образован гигантский техногенный конус выноса, размыв

которого обеспечивал осадочным материалом пляжи не только прилегающей береговой зоны, но и берега Балтийской косы. В результате на значительной части побережья преобладали процессы нарастания пляжей. С прекращением сброса пульпы, вновь возникший дефицит обломочного материала обусловил возобновление процессов абразии. В последние годы сброс пульпы, хотя и с меньшей интенсивностью, возобновился, и возник новый техногенный конус выноса. Одновременно в результате зимних штормов 2014–2015 гг. произошло разрушение

дамбы, насыпанной между янтарным карьером и морем.

Как показывают материалы геофизического профилирования (НСАП, ГЛБО), подводные конусы выноса как результат несоответствия гидравлической крупности техногенных осадков естественным литодинамическим условиям быстро

размываются. При этом тонкозернистый алевритовый материал выносится в более глубоководные зоны, а более грубозернистый (песчаный) уходит на юг с потоком наносов, частично восстанавливая или наращивая песчаные аккумулятивные тела. При этом сохраняются обширные площади активного размыва морского дна и обрушения подводных уступов (рис. 119–122).

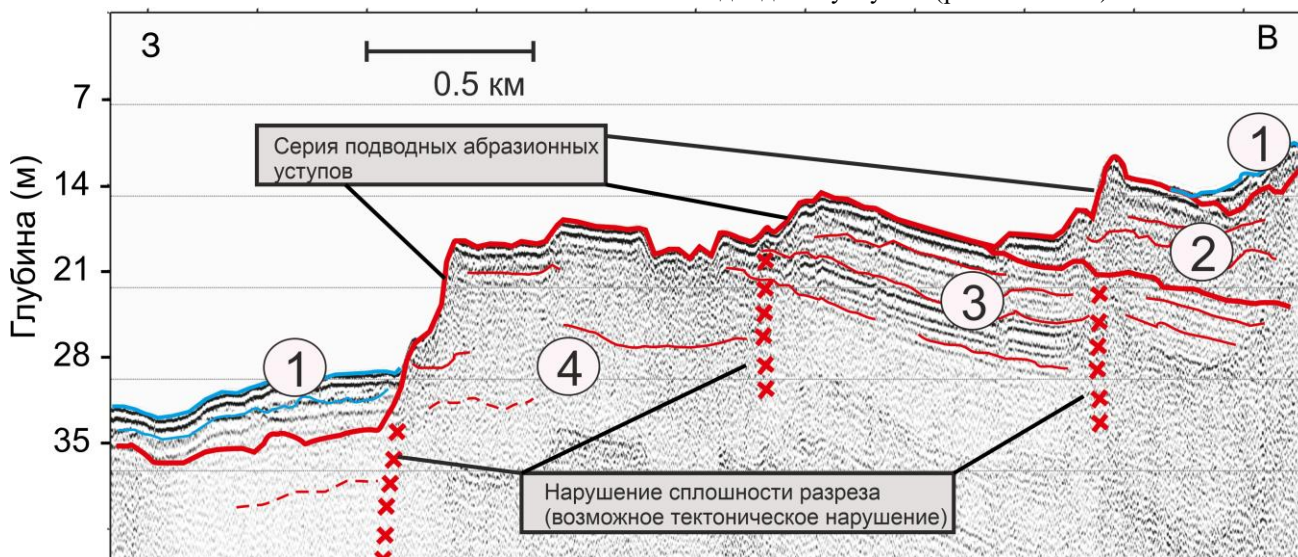


Рисунок 119. Профиль НСАП (wsam10), расположенный к западу от мыса Таран. Зона активного размыва морского дна и проявления гравитационных экзогенных геологических процессов. Сейсмокомплексы: 1 – современные пески; 2 – предположительно, отложения прусской свиты верхнего эоцена; 3 – предположительно, отложения палеогена; 4 – предположительно, верхнемеловые отложения

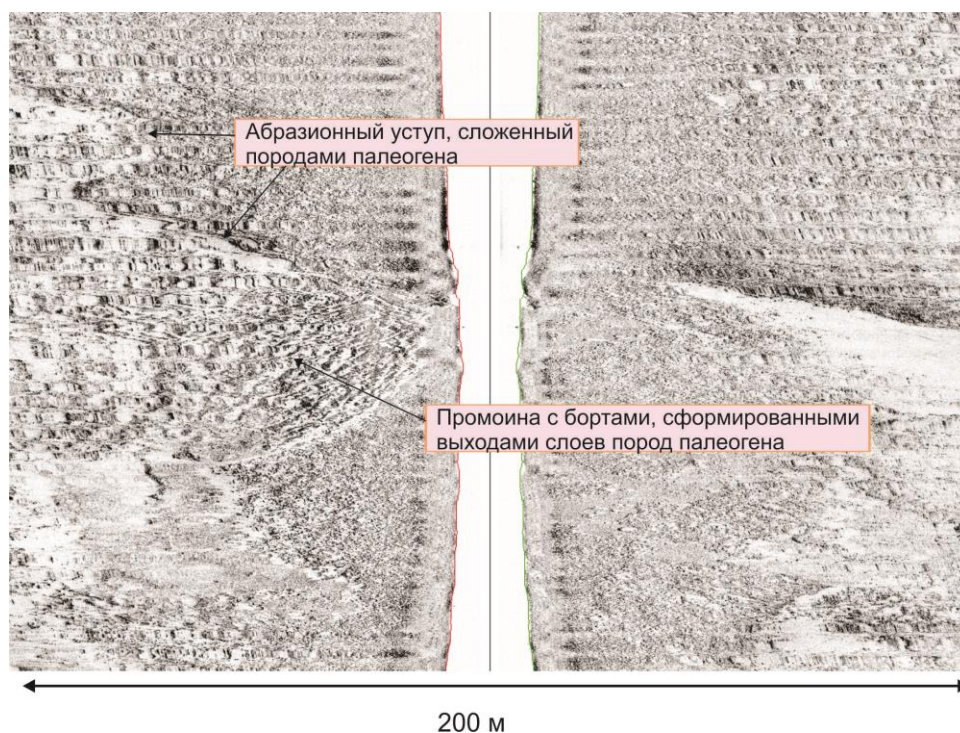


Рисунок 120. Фрагмент записи ГЛБО (профиль tar001). Обширные поля распространения валунно-галечного материала – зона размыва ледниковых отложений на прибрежном мелководье к востоку от мыса Гвардейский

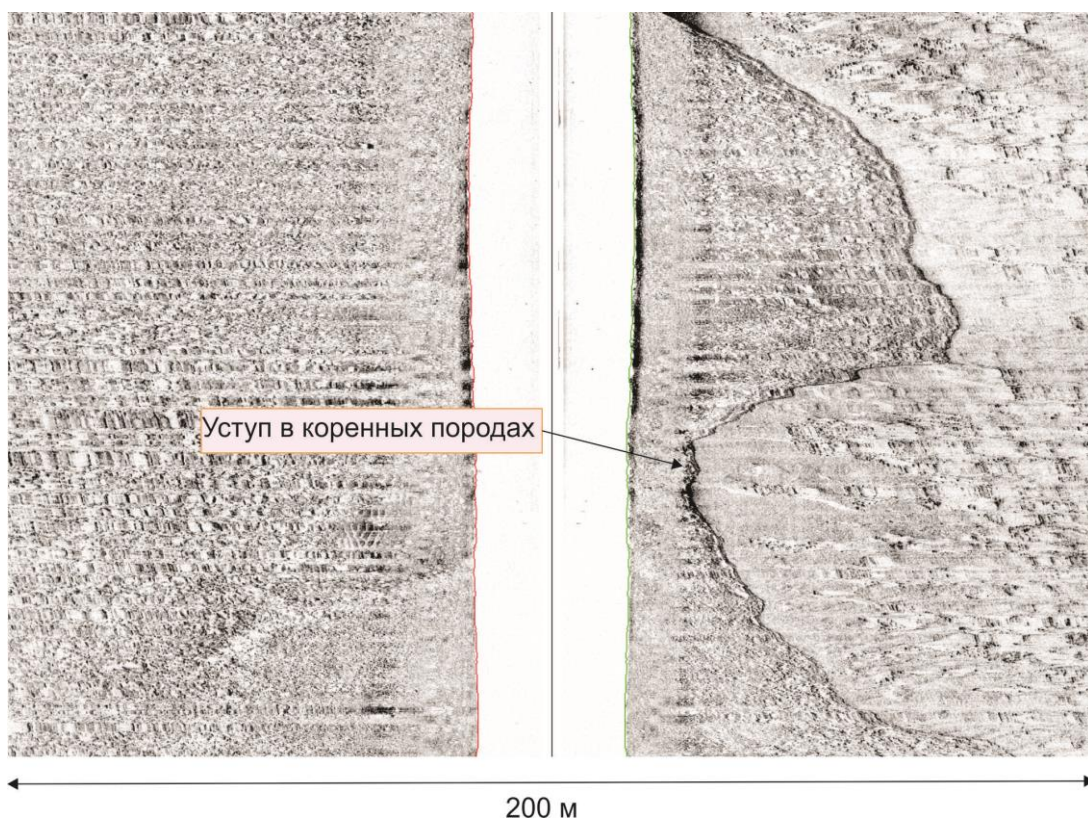


Рисунок 121. Фрагмент записи ГЛБО (профиль tar001). Небольшой уступ (возможно, бронирующая поверхность куста), сложенный коренными отложениями. Резкая смена отложений. Активный размыв морского дна

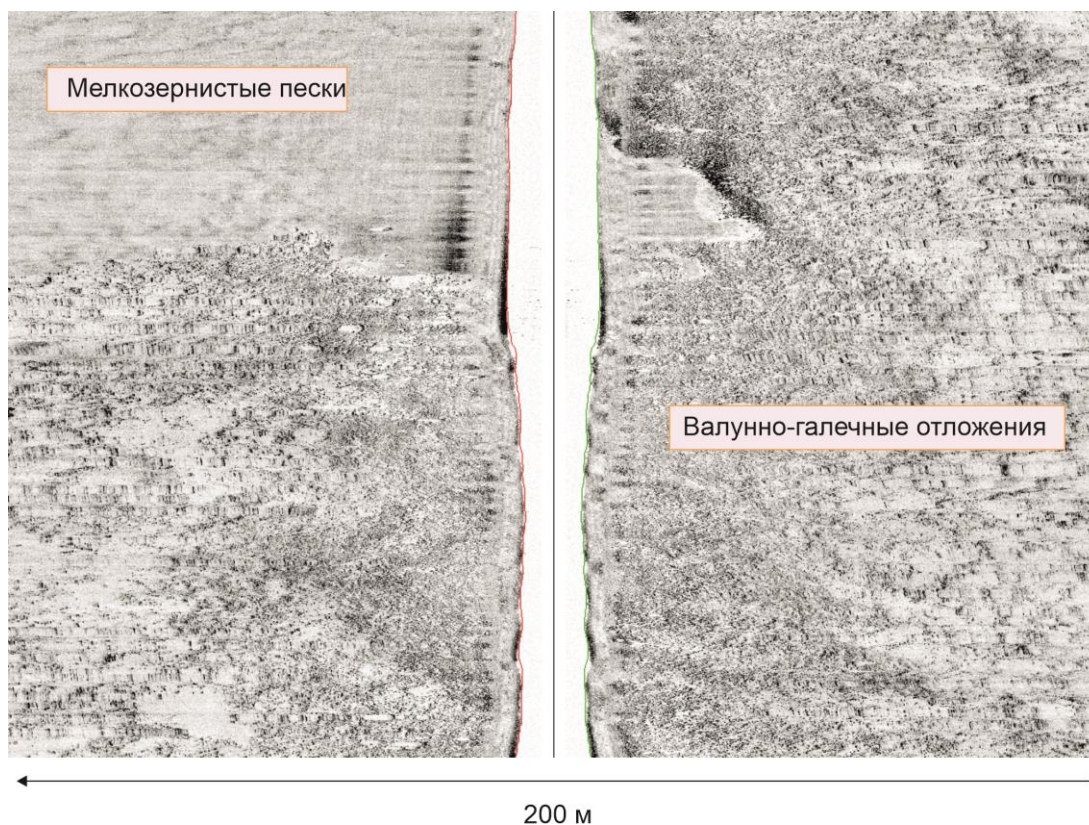


Рисунок 122. Фрагмент записи ГЛБО (профиль wsam001). Моренная гряда. Граница зон активного размыва и песчаной аккумуляции

Береговая зона в районе пос. Покровское остается зоной техногенного влияния сброса пульпы (отвала) Янтарного комбината (рис. 123). На техногенной террасе, примыкающей к отмершему клифу Самбийского п-ова, формируются терриконы алевроглинистых отложений. Между пляжем и зоной сброса пульпы сохраняется ненарушенная авантюна, отделяющая отвалы от зоны волнового воздействия.

В центральной части терриконов, напротив пос. Отрадное, периодически производится сброс пульпы непосредственно в море, что фиксируется ежегодным изменением контура береговой линии (появление характерного конуса выноса), по данным GPS-мониторинга, и визуальными наблюдениями на пляже (рис. 124). В результате волнового размыва происходит разрушение конуса выноса и образование уступа высотой до 1,5 м. На пляже расположено два пульпопровода, периодически сбрасывающих пульпу в море на разных участках пляжа. По данным наблюдений, контур береговой линии восстанавливается менее чем за год после окончания сброса пульпы. В гранулометрическом составе пляжей рассматриваемого ключевого участка преобладают

среднезернистые пески (фракция 0,25–0,5 мм). В результате сброса в береговую зону поступает глинистый алеврит. Под действием гидродинамических факторов происходит гранулометрическая дифференциация вещества, в результате чего взвесь переносится преимущественно в южном направлении, достигая г. Балтийск, что хорошо видно на космоснимках.

Выступ берега на юге пос. Янтарный (м. Песчаный) образован клифом Самбийского п-ова, сложенным в верхней части слоистыми песчанистыми отложениями. В подошве слоистого комплекса, погружающегося в северном направлении, развит валунно-галечный конгломерат. В нижней части клифа наблюдаются плотные серые суглинистые массивные отложения с мелкими валунами. На активном склоне проявлены локальные обвально-осыпные процессы с образованием мелких осыпей и глыб, перекрывающих тыловую часть пляжа. Сравнение результатов наблюдений 2014 и 2015 годов показывают активность склоновых процессов, развитие осыпей, обрушение деревьев и кустарников (рис. 125).



Рисунок 123. Отвалы пульпы Янтарного комбината, расположенные на техногенном побережье в районе пос. Покровское

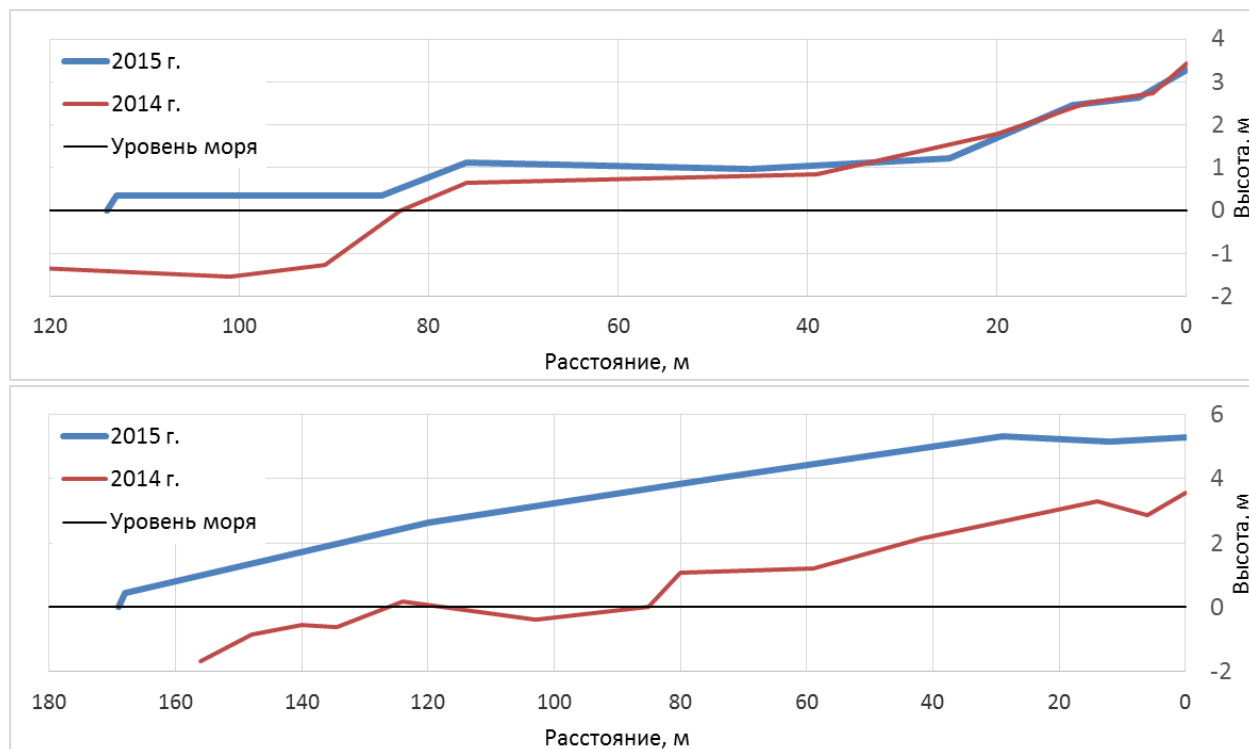


Рисунок 124. Изменение профилей пляжа за год в месте роста конуса выноса пульпы Янтарного комбината (15-ПРЗС-2) и к югу от него (15-ПРЗС-1)

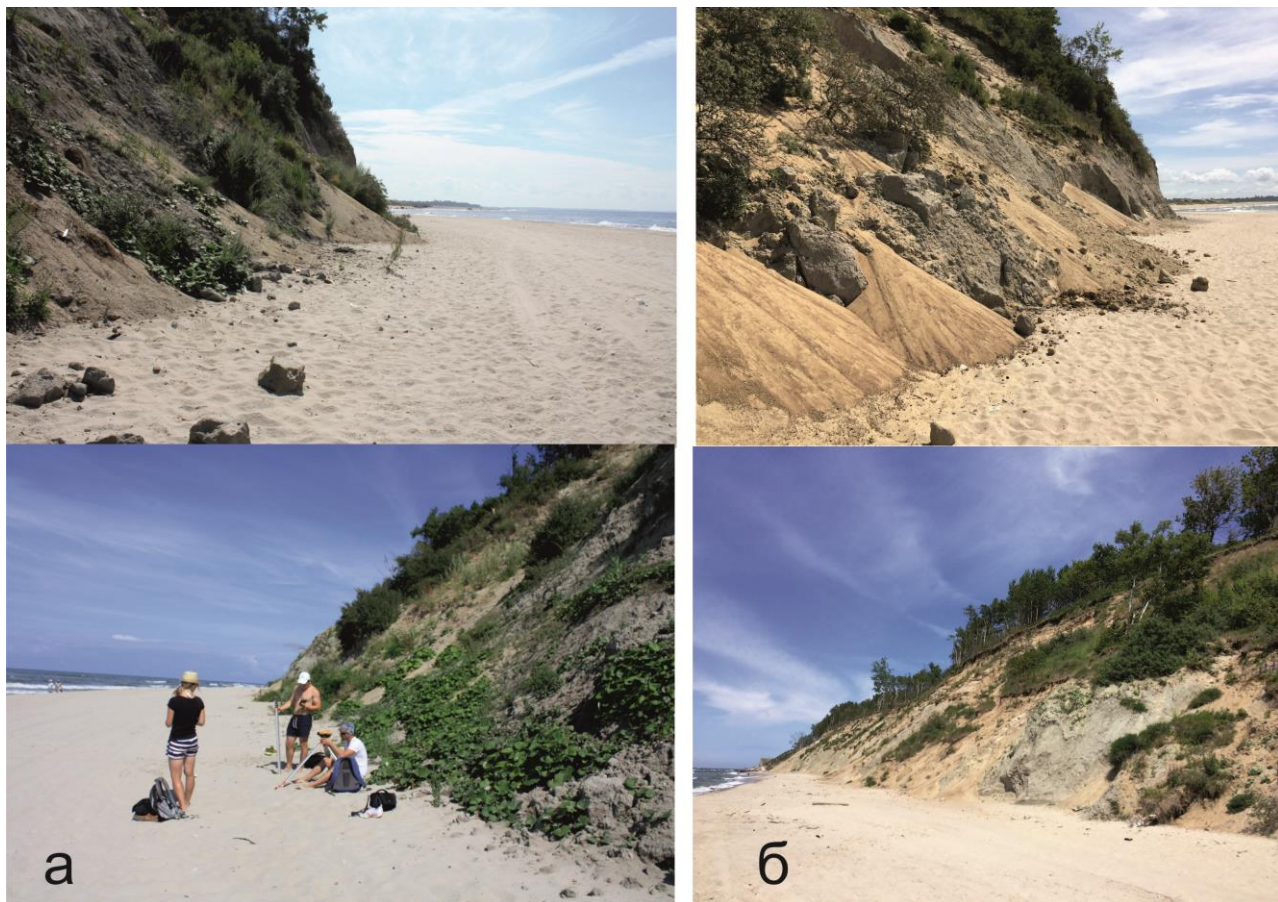


Рисунок 125. Активные обвальнo-осыпные процессы на м. Песчаный: а – 2014 г., б – 2015 г.



Рисунок 126. Активизация абразионного уступа м. Песчаный в результате сокращения пляжа: а – 2002 г., б – 2005 г., в – 2014 г.

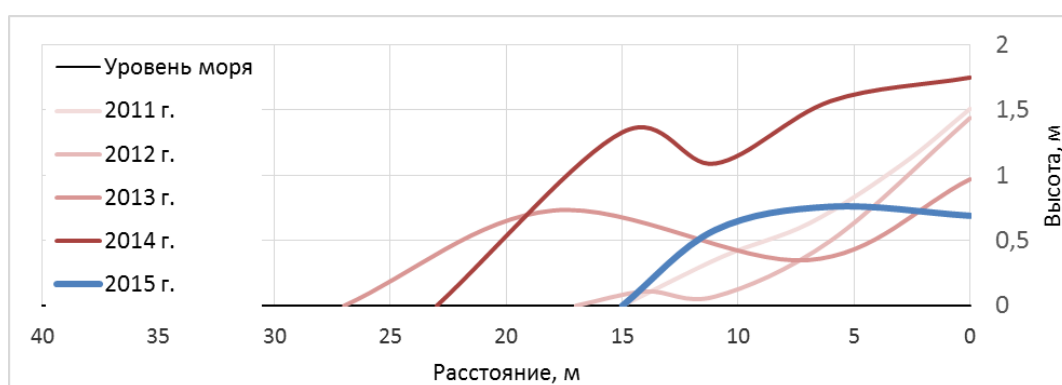


Рисунок 127. Изменение профиля пляжа на профиле ПРЗС-3 с 2011 по 2015 год

Сооружения и берегозащитные конструкции, расположенные на данном участке развития абразионно-склоновых процессов, подвержены значительному разрушению. Возведенная в 2013 г. берегозащитная стенка, закрывающая склон клифа и выступающая на пляж, была разрушена в период осенне-зимних штормов 2013–2014 гг. [Информационный бюллетень ..., 2014]. Целостность бетонных откосов была нарушена, в результате чего волновое воздействие достигло берега за шпунтовыми ограждениями и произошло вымывание песка из-под плит, что способствовало полному разрушению (фрагментации) конструкции. К 2015 г. состояние берегоукрепления ухудшилось: бетонные плиты разбежались и в значительной мере оползли, в подножье склона в большей степени обнажились габионные укрепления (рис. 128).

Состояние искусственно задернованного склона в настоящее время удовлетворительное. В районе озера Синявинское клиф отходит вглубь от берега, а его склон преимущественно задернован. Перед клифом развит широкий песчаный пляж, представляющий собой пересыпь, отделяющую от моря бывшие карьеры по добыче янтаря. Участок клифа здесь характеризуется преобладанием

стабильного склона, с редкими локальными осыпными процессами. Пляж выравнивающийся, аккумулятивный с развитыми в тыловой части ненарушенными эоловыми формами. В 2014 г. в тыловой части пляжа была произведена постройка деревянного променада. В настоящее время перед променадом производится регулярная расчистка пляжа, сопровождающаяся сгребанием песка с формированием искусственной авантюны, образующей защитный вал (рис. 129).

Регулярные нивелировочные работы, выполняемые на этом отрезке берега, показывают постепенное выполаживание профиля пляжа. В южной части описываемого пляжа наблюдается постепенное выдвигание береговой линии в сторону моря на 25 м за период с 2011 по 2015 год, в то время как северная часть пляжа испытывает нерегулярные перемещения. Это связано с образованием в 2014 г. нового карьера по добыче янтаря в береговой зоне к северу от пос. Синявино. Защитная дамба карьера, сформированная отвалами, расположена непосредственно на урезе, что привело к нарушению контура берега и активизации процессов размыва на соседних участках берега (рис. 130).

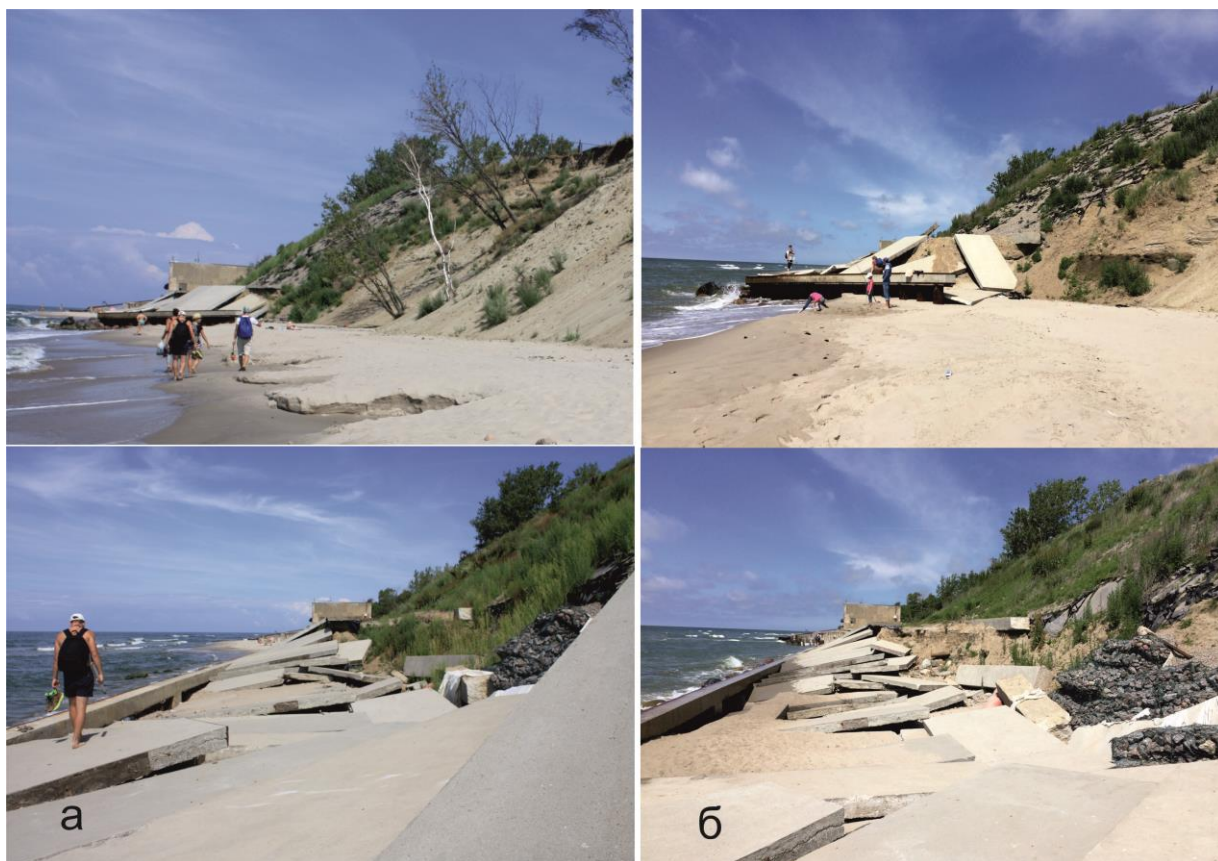


Рисунок 128. Состояние берегозащитного сооружения: *а* – 2014 г., *б* – 2015 г.



Рисунок 129. *а* – Променада в районе пос. Янтарный, *б* – искусственная защитная авантюна

Берег в северной части ключевого участка характеризуется развитием активных склоновых процессов, что связано с подходом клифа Самбийского п-ова непосредственно к береговой линии, и особенностями его геологического строения. В отличие от клифа на юге участка большая часть геологического разреза склона представлена суглинками, перемятыми в сложные опрокинутые и ныряющие складки разного порядка. Самая верхняя часть разреза представлена

супесчанистыми слоистыми отложениями с валунами и галькой. Высота клифа на севере достигает 33 м над уровнем моря, что на 10 м выше, чем в южной части берега. Все эти особенности создают предпосылки для развития здесь обвальнo-осыпных и оползневых процессов, по активности и опасности в значительной мере превосходящие склоновые процессы на юге участка.

В районе пос. Донское, где развиты осыпные процессы (точка наблюдения 15-ЗСБ-23),

зафиксировано появление локальных выработок грунта. Дно выработок находится на уровне моря. В нижней части выработок залегают ожелезненные пески. Отвалы ям насыпаны на пляж, перекрывая всю его тыловую часть. Выработки в основании высокого открытого уступа, сложенного слабосцементированными отложениями, способствуют развитию обвалов, что представляет собой потенциальную геологическую опасность в пределах рекреационной зоны пос. Донское (рис. 131).

Таким образом, результаты мониторингового обследования береговой зоны ключевого участка

«Западное побережье Самбийского полуострова» выявили преобладание процессов абразии берегов, с локальными участками аккумуляции. Высокая степень техногенного вмешательства со стороны Янтарного комбината, выраженная сбросом пульпы в морскую акваторию и возобновление добычных работ в береговой зоне, делают чрезвычайно актуальным продолжение выполнения мониторинговых наблюдений за состоянием геологической среды на данном ключевом участке. На схеме (рис. 132) показаны проявления опасных геологических процессов.

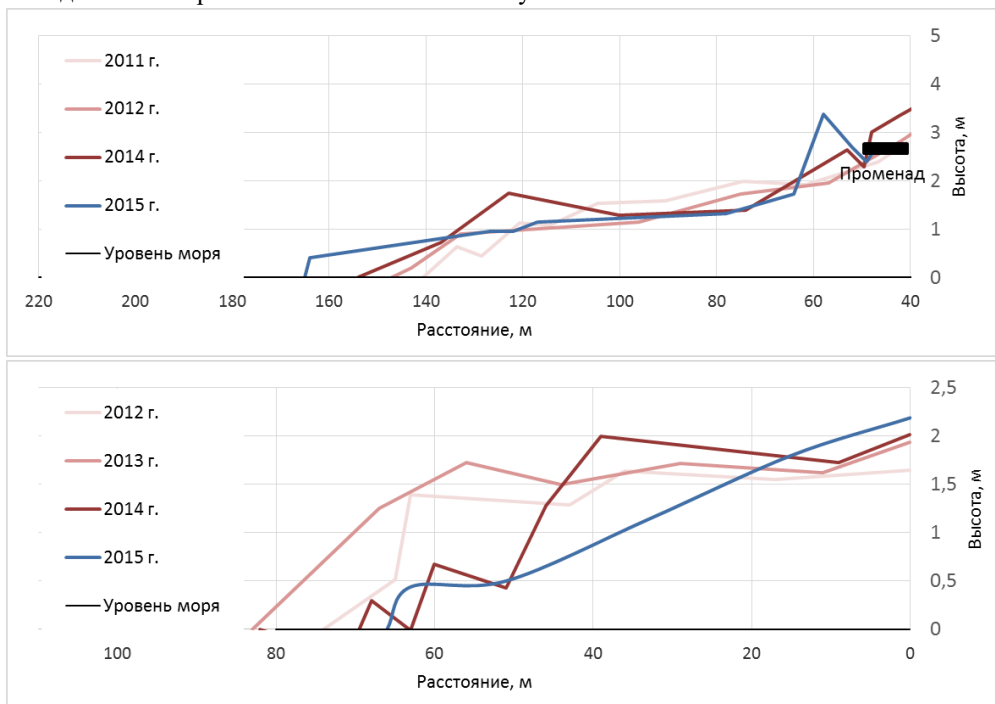


Рисунок 130. Изменение профиля пляжа на профилях: А – ПРЗС-4 и Б – ПРЗС-5



Рисунок 131. Активные обвально-осыпные процессы в районе пос. Донское

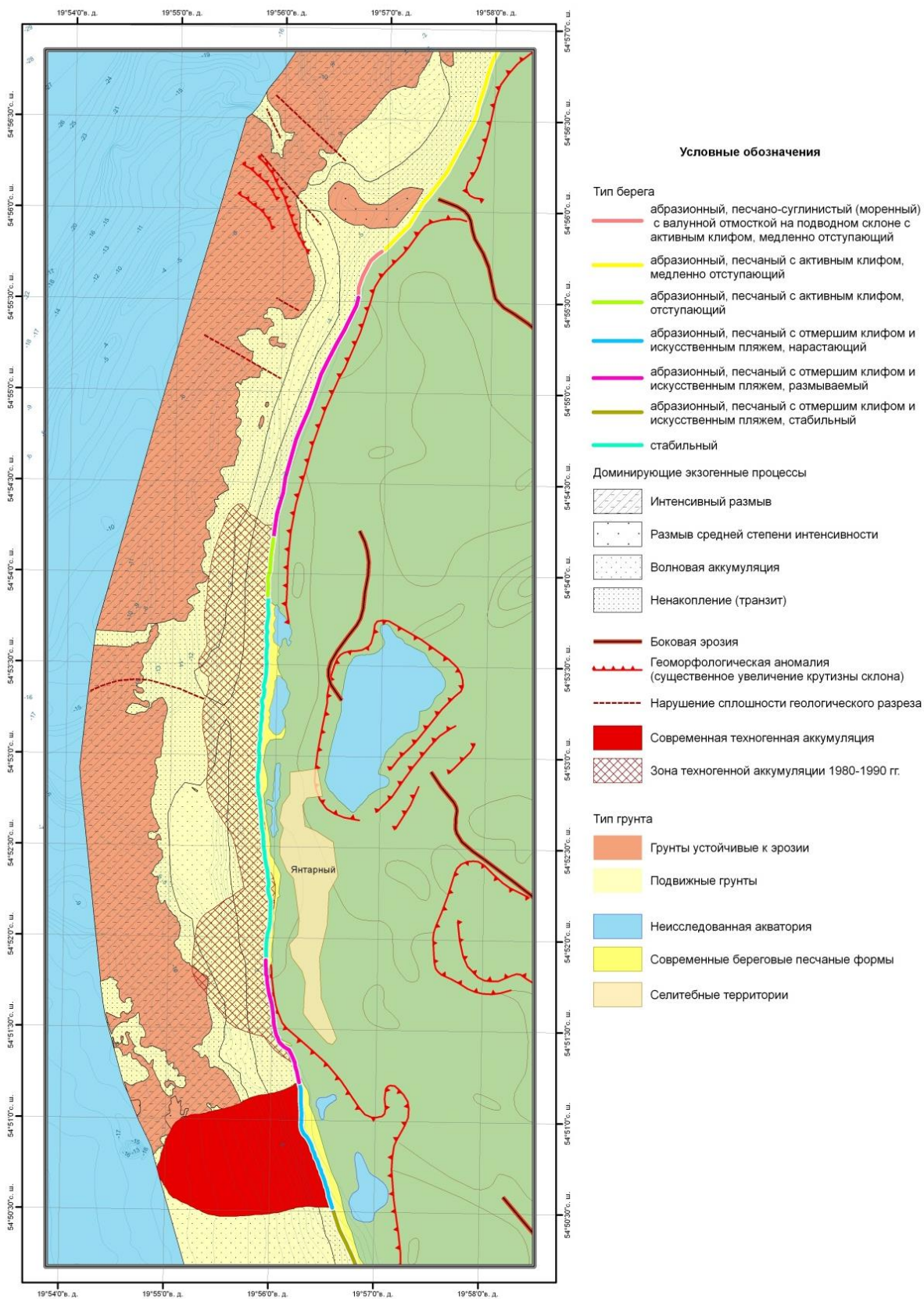


Рисунок 132. Карта-схема опасных геологических процессов на ключевом участке «Западное побережье Самбийского п-ва»

Ключевой участок «Основание Куршской косы»

Состав наблюдательной сети Виды наблюдений

В субаквальной части ключевого участка «Основание Куршской косы» было проведено профилирование методом НСАП (3 профиля общей длиной 12 км) (рис. 133) в районах развития глинистого диапиризма на площадях, примыкающих к пос. Лесной, где в предыдущие годы производилось обследование морского дна с помощью ГЛБО. Два дополнительных соединительных профиля НСАП были проложены между ранее запланированными профилями. 2 профиля НСАП (общей протяженностью 8 км) проложены в районе, примыкающем к г. Зеленоградск, где проведена сплошная съемка методом ГЛБО – 15 профилей по 2 км (30 км). Станции донного пробоотбора в южной

части участка соответствуют многолетним станциям пробоотбора, в северной дополнительно проведено опробование по сугубому мелководью вдоль берега для оценки направленности потока наносов.

Береговое маршрутное обследование вдоль морского берега Куршской косы проводилось в период с 20 июня по 22 июня 2015 г. В результате маршрутов было проведено описание береговой зоны на 25 точках наблюдения и выполнены детальные работы на отдельных участках. На побережье было проведено георадиолокационное профилирование общей протяженностью 2,2 пог. км.

Территория Куршской косы официально находится под защитой Конвенции ЮНЕСКО об охране всемирного культурного и природного наследия от 16.11.1972 г.

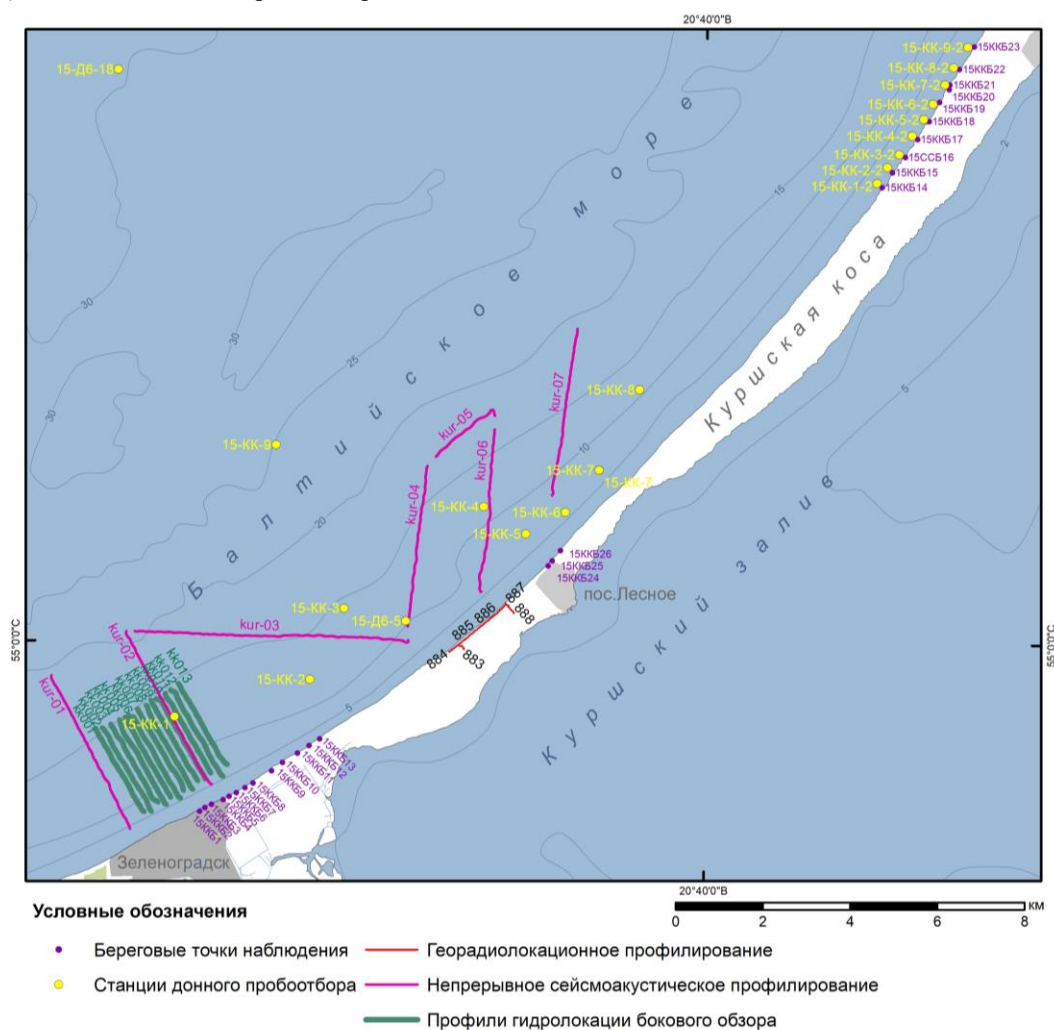


Рисунок 133. Карта фактического материала геолого-геофизических работ на ключевом участке «Основание Куршской косы» в 2015 г.

По происхождению все берега Куршской косы могут быть отнесены к аккумулятивным песчаным. Однако вследствие специфических особенностей ее геологического строения и морфологии Куршская коса является чрезвычайно уязвимым природным объектом, чувствительным к любым изменениям литодинамической обстановки. Вдоль морского побережья Куршской косы выделяется ряд участков, где при экстремальных штормах возникает угроза прорыва косы, что не только влечет за собой угрозу транспортному сообщению, но и может привести к разрушению экосистемы Куршского залива. Причиной активизации размыва берегов и прилегающей части подводного берегового склона в прикорневой части косы

является дефицит наносов, который определен в 40 млн м³. Положение усугубляется глобальными тенденциями развития климата, что сопровождается повышением уровня моря и увеличением частоты сильных штормов.

По результатам съемки ГЛБО и НСАП установлено, что на значительной части субаквальной площади ключевого участка «Основание Куршской косы» развиты преимущественно грубообломочные отложения, что свидетельствует об интенсивном размыве морского дна (рис. 134, 135, 136). Песчаная аккумуляция установлена преимущественно в мелководной прибрежной части участка проведения сплошной съемки ГЛБО.

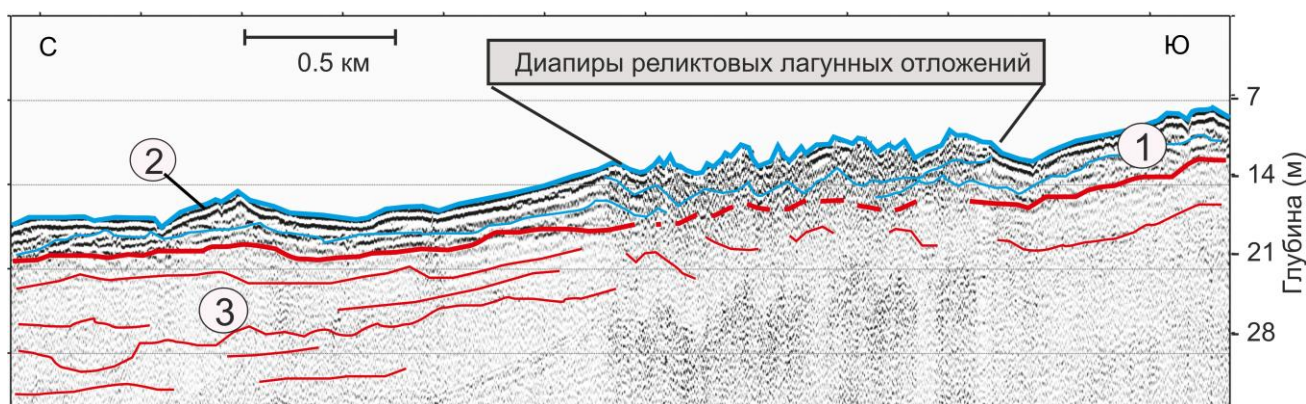


Рисунок 134. Профиль НСАП kur-06, пересекающий зону проявления активного «глинистого» диапиризма. Сейсмокомплексы: 1 – морские голоценовые отложения, 2 – ледниковые отложения верхнего неоплейстоцена (морена), 3 – предположительно, породы верхнего мела

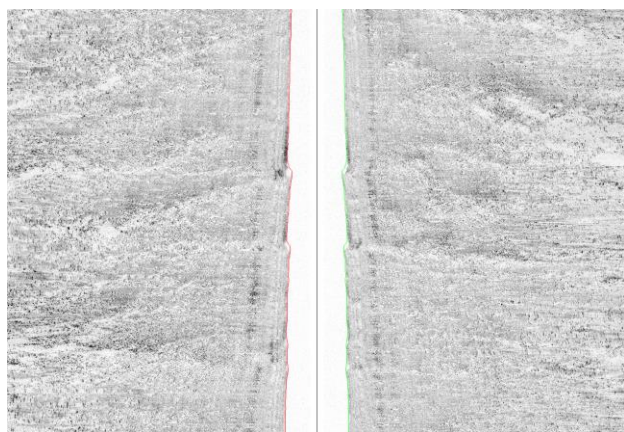


Рисунок 135. Фрагмент записи ГЛБО (профиль kk002 – диапазон 100 м на один борт). Зона активного размыва морского дна, гравийно-галечные отложения

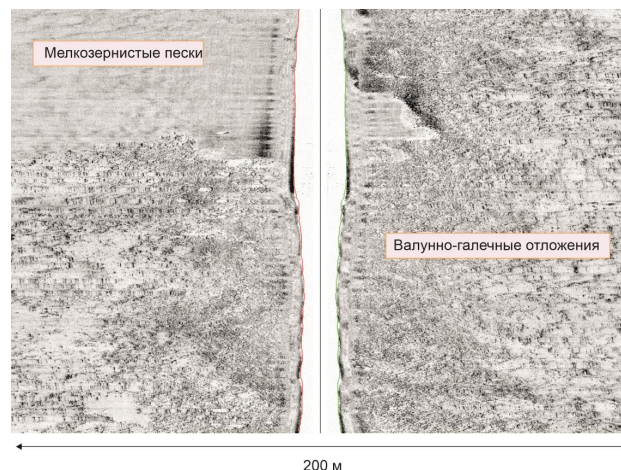


Рисунок 136. Фрагмент записи ГЛБО (профиль kk013 – диапазон 100 м на один борт). Фациальное разнообразие донных отложений: граница мелкозернистых песков волновой аккумуляции и зоны размыва морского дна (грубообломочные отложения)

Сводная карта-схема развития опасных геологических процессов в субаквальной части участка «Основание Куршской косы» представлена на рис. 137.

Как было установлено по данным предыдущих исследований [Информационный бюллетень ..., 2011; 2012; 2013; 2014], в береговой зоне Куршской косы развиты как абразионные, так и (локально) склоновые процессы.

Вдоль берега косы в пределах г. Зеленоградск построен променад, укрепленный волноотбойной стенкой. Бетонная стенка и ее волноломные опоры на момент наблюдений (летний сезон 2015 г.) находились в хорошем состоянии, следов разрушения не наблюдалось. К северу от променада начинается авантюна Куршской косы, подверженная периодическому размыву. Первый километр пляжа от променада застроен легкими сооружениями – летними кафе и пляжными домиками. Их строительство производится непосредственно на склоне авандюны, что неминуемо приводит к ее разрушению и деградации. В свою очередь, высокая штормовая активность, проявляющаяся в осенне-зимние периоды, является прямой угрозой для целостности этих сооружений (рис.138). Индикаторами разрушения авандюны в прикорневой части Куршской косы являются упавшие деревья. О вымывании песка с пляжа свидетельствует обнажившаяся корневая система палеолеса, остатки которого сохранились в

субаквальной части береговой зоны корневой части косы. В ходе маршрута по корневой части косы в прибойной зоне пляжа было обнаружено новое обнажение погребенного под пляжем торфа,

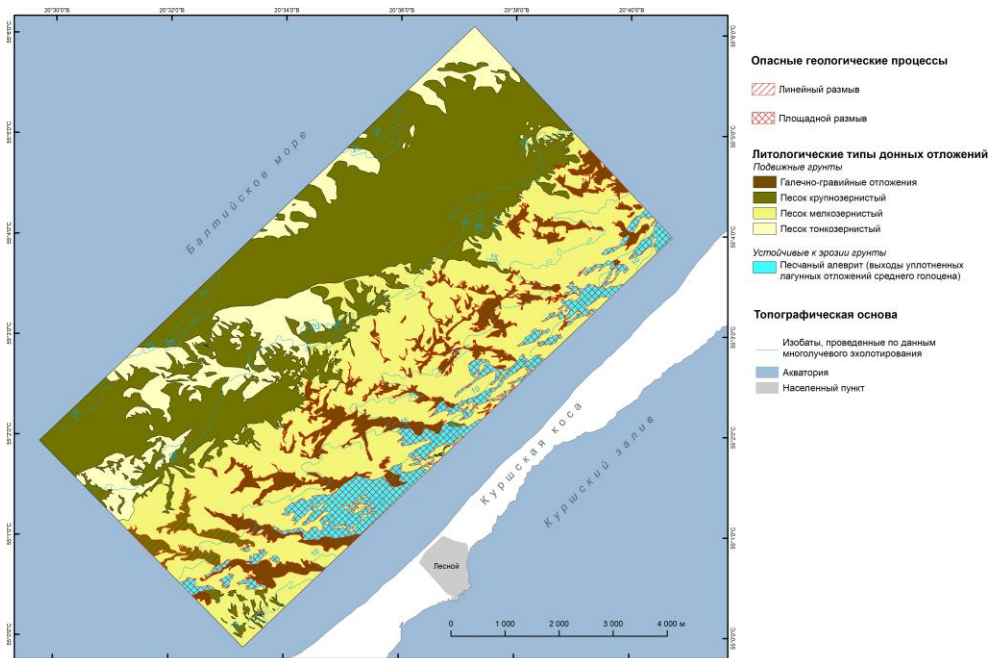


Рисунок 137. Карта-схема развития опасных геологических процессов в субаквальной части участка «Основание Куршской косы»

Первый километр пляжа от променада застроен легкими сооружениями – летними кафе и пляжными домиками. Их строительство производится непосредственно на склоне авандюны, что неминуемо приводит к ее разрушению и деградации. В свою очередь, высокая штормовая активность, проявляющаяся в осенне-зимние периоды, является прямой угрозой для целостности этих сооружений (рис.138). Индикаторами разрушения авандюны в прикорневой части Куршской косы являются упавшие деревья. О вымывании песка с пляжа свидетельствует обнажившаяся корневая система палеолеса, остатки которого сохранились в

которое не наблюдалось в 2014 г. (рис.139). Развитие абразионных процессов фиксируется также вблизи пограничного пункта технического наблюдения (ПТН), укрепленного в основании бетонными блоками с низанными на них автомобильными покрышками. Активная гидродинамика приводит к разрушению целостности конструкций и разнесу покрышек в обе стороны от пункта ПНТ. Расположенное здесь же заброшенное кирпичное строение продолжает разрушаться (рис. 140).



Рисунок 538. Строительство сооружений на склоне авандюны с частичным ее разрушением

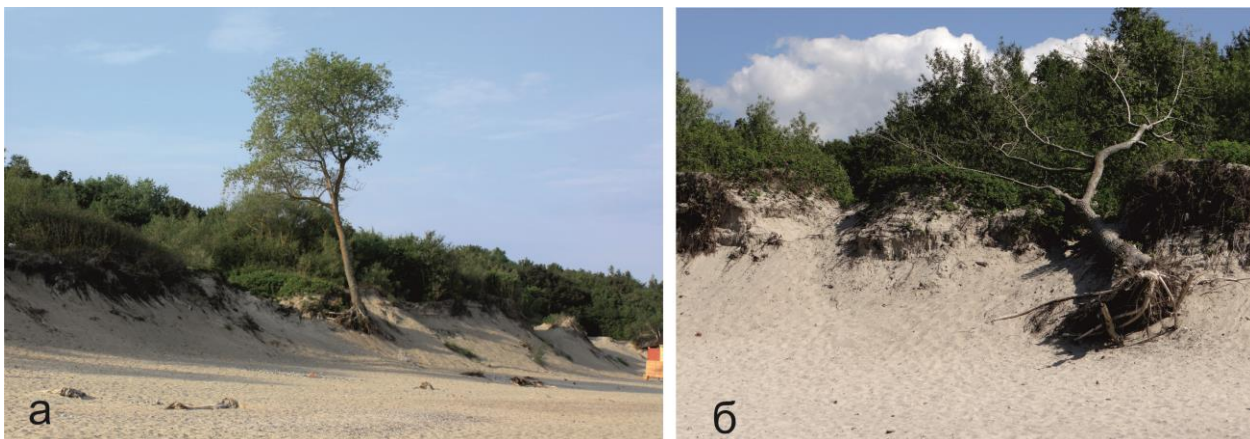


Рисунок 139. Следы проявления абразионных процессов (обрушение деревьев) в корневой части Куршской косы: *а* – 2014 г., *б* – 2015 г.



Рисунок 140. Развитие абразионных процессов с вымыванием песка с пляжа и разрушением строения и берегозащитных укреплений вблизи пограничного ПТН: *а* – 2014 г., *б* – 2015 г.

К югу от пос. Лесное на участке с преобладанием абразионных процессов было проведено георадиолокационное обследование пляжа. Интенсивность размыва побережья в значительной мере зависит от свойств, слагающих его отложений. В южной части Куршской косы достаточно широко развиты моренные валунно-галечные супеси и суглинки. Проведенное

обследование позволило установить участки пляжа, где в непосредственной близости от поверхности расположены более плотные связанные ледниковые отложения, более устойчивые к волновому размыву. В результате размыва берег приобретает мелкорасчлененный характер с локальными мысками (рис. 141).



Рисунок 141. Участок георадиолокационного профилирования. В основании активного берегового уступа обнажаются бурые массивные супеси с валунами и галькой

Георадарное профилирование позволило установить характер приповерхностного строения тыловой части пляжа, вдоль берега Куршской косы. В результате были прослежены внутренние границы песчаной толщи, слагающей пляж. Установлена существенная неоднородность этой толщи, отдельные следы небольших врезов, обусловленных вымыванием (выдуванием) песчаного материала (рис. 142).

В целом, по данным годового этапа мониторинга, наиболее интенсивные экзогенные

геологические процессы характерны для прикорневой части Куршской косы. Непосредственными причинами наблюдающейся активизации абразии является дефицит песчаного материала на подводном береговом склоне, установленный при геолого-геофизических исследованиях в субаквальной части береговой зоны, а также локальное техногенное воздействие непосредственно на пляж и авантюну.

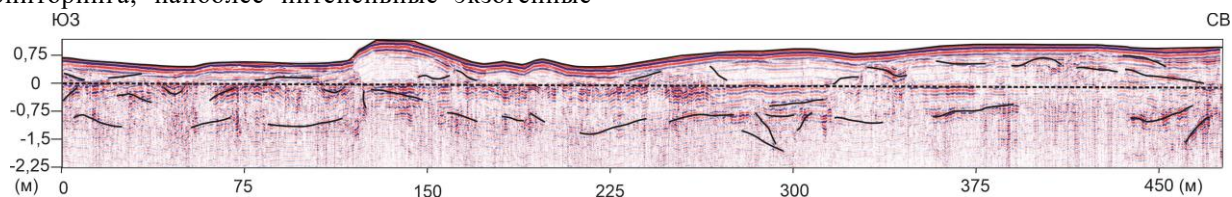


Рисунок 142. Геофизический разрез тыловой части пляжа вдоль берега Куршской косы. Профиль 886

Литогеохимический мониторинг Российского сектора юго-восточной части Балтийского моря

Региональное литогеохимическое опробование прибрежно-шельфовой зоны Российского сектора юго-восточной Балтики включало отбор проб донных осадков на постоянных станциях мониторинга инфраструктуры нефтяного месторождения Кравцовское (Д-6) (рис. 101). Для более детального построения дежурной геохимической карты пробы донных осадков были отобраны на дополнительных станциях, прежде всего в пределах Гданьской впадины в алевропелитовых илах, в которой ранее были установлены наиболее высокие концентрации ряда органических загрязнителей и тяжелых металлов.

Таблица 25. Статистические параметры распределения содержаний металлов в донных осадках Российского сектора юго-восточной части Балтийского моря (65 образцов)

Элементы	Медиана	Мин.	Максим.	Ст.откл.
Cr ppm	25,0	5,1	180,0	32,11
Co ppm	4,7	0,5	14,0	3,75
Ni ppm	5,1	1,0	32,0	5,87
Cu ppm	3,3	0,8	34,0	6,24
Pb ppm	5,4	1,0	20,0	3,57
Zn ppm	24,0	5,0	73,0	16,73
As ppm	2,0	0,5	18,2	4,37

Примечание. Концентрации Cd и Hg выше порога обнаружения (значимые концентрации) зафиксированы в незначительном количестве проб. В связи с этим расчет статистических параметров их распределения не является корректным и в данной таблице не приводится.

Сопоставляя приведенные в таблице фоновые значения с нормативами классификации SSQC можно констатировать, что фоновые, для площади исследования, значения по всем нормируемым элементам-загрязнителям, относящиеся к первому классу загрязнения – отсутствуют.

Характерной чертой района работ является достаточно широкое распространение станций опробования, на которых в донных осадках фиксируются резко аномальные по отношению к региональному фону концентрации As, Cu, Zn, Pb, Ni, V, Cr, Co, часть которых соответствует повышенному уровню загрязнения согласно классификации SSQC.

В пределах всей площади можно выделить две аномальные зоны, каждая из которых характеризуется определенным набором химических элементов с аномально высокими концентрациями (рис. 143). Первая зона,

тяготеющая к прибрежной части акватории, языками протягивается вдоль северного побережья Самбийского п-ва и Куршской косы. Для нее характерны аномалии, большей частью высокой интенсивности Cr, V, Co, Ni, и относительно слабые, реже фиксируемые аномалии As, Cu, Zn, Pb. Проведенные исследования показали, что для прибрежной части акватории характерна преимущественно минеральная форма нахождения химических элементов. Вероятно, в данном случае аномалии обусловлены главным образом обогащением донных осадков тяжелыми минералами, в состав которых входят перечисленные микрокомпоненты. Вторая зона приурочена к более глубоководным участкам и тяготеет к полям распространения алевропелитовых осадков. Для нее характерны аномалии высокой интенсивности, в первую очередь для As, Pb, а также Ni, Cu, Zn, V и более слабые, реже фиксируемые аномалии Cr, Co. Алевропелитовые осадки имеют значительный сорбционный потенциал и в данном случае выделенные аномалии As, Pb, Ni, Cu, Zn, V и в меньшей степени Cr, Co, вероятно, обусловлены сорбционными процессами. Кроме двух отмеченных выше крупных аномальных зон выделяется локальный участок на мелководье в районе станции D19-г7 с достаточно интенсивными аномалиями практически всех, за редким исключением, определяемых химических элементов.

В результате исследований выявлено несколько локальных участков и отдельных станций с концентрациями определяемых поллютантов, соответствующих повышенному уровню загрязнения согласно используемой классификации (SSQC-WGMS 2003) (рис. 143). Наибольшее по степени загрязнение донных отложений в пределах изучаемой площади характерно для полей распространения алевропелитовых осадков в пределах второй выделенной аномальной зоны. В ее пределах зафиксировано содержание Hg – соответствующее II и III классам загрязнения по классификации SSQC (незначительное и существенное), Cd – соответствующее II, III и IV классам загрязнения (незначительное, существенное и высокое), As – соответствующее II и III классам загрязнения. В несколько меньшей степени отмечено загрязнение Cu – (II и III класс

загрязнения) и Co – II класс загрязнения. В пределах первой аномальной зоны отмечено незначительное загрязнение Cd и As – II класс (станции 15-КК-2, 15-КК-8) и главным образом Cr – III, IV класс загрязнения. Все участки загрязнения первой аномальной зоны приурочены к прибрежной части акватории у Куршской косы. На локальном участке в районе станции D19-t7 отмечено существенное загрязнение As .

Рассматривая результаты геохимического мониторинга за 2012–2015 годы, можно отметить отсутствие общей тенденции в изменении фоновых концентраций (табл. 26).

Если не рассматривать данные по 2013 году, то только для Ni отмечается некоторое закономерное понижение фоновых концентраций. Для Pb , Cu и Cr изначально наблюдалось некоторое падение концентраций, но по данным двух последних лет

ситуация стабилизировалась. В целом практически для всех элементов колебания фоновых концентраций во времени не превышают величину стандартного отклонения их фоновых значений. То есть геохимическая ситуация является достаточно стабильной. Из общей картины выделяются результаты, полученные в 2013 году, особенно по Cr , Co , Ni , Cu , Zn , Pb , As . Фоновые концентрации этих элементов в несколько раз превышают аналогичные для других лет мониторинга. Причину данного явления установить затруднительно и вопрос остается открытым.

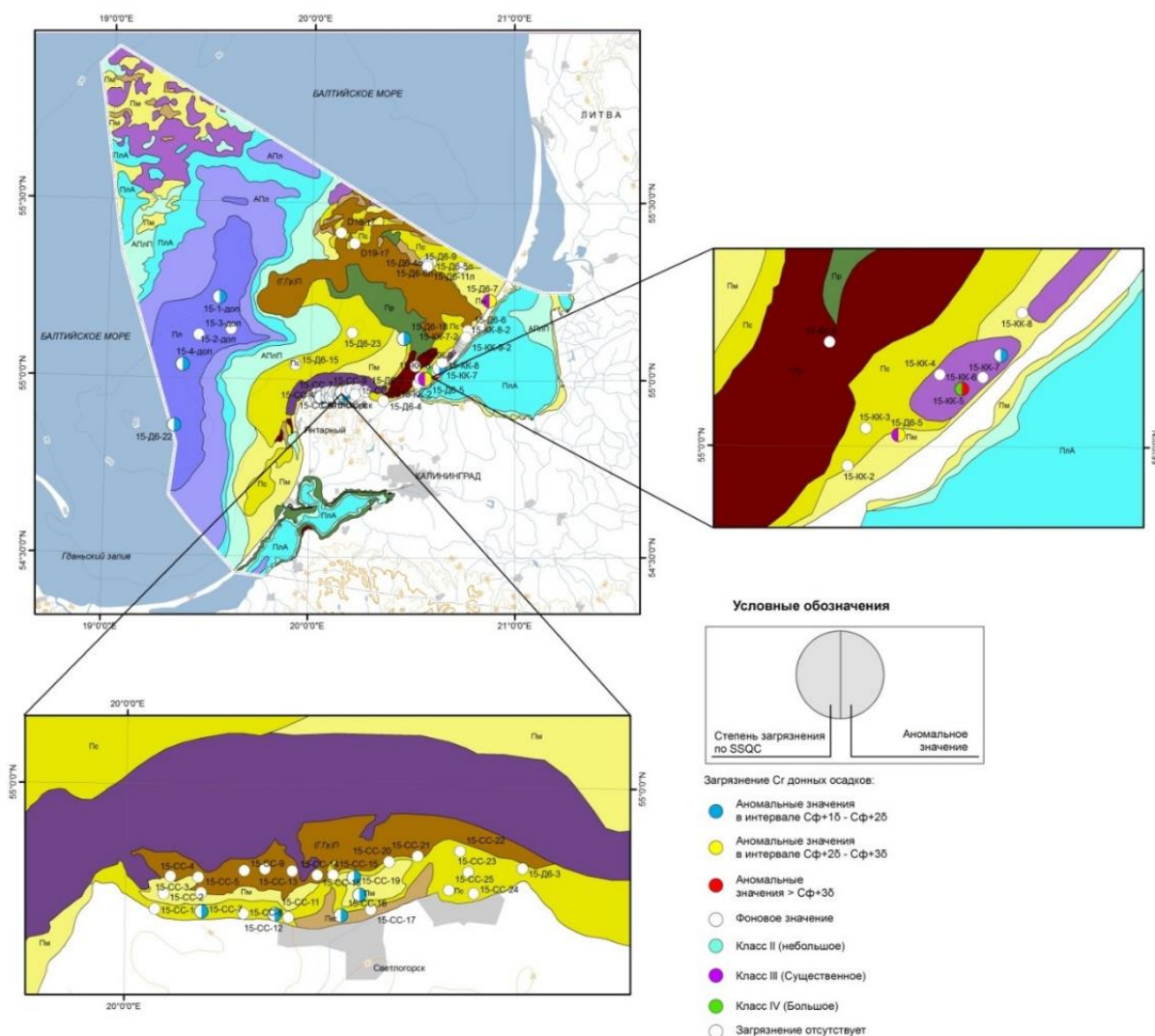


Рисунок 143. Схема площадного распределения концентраций Cr в донных осадках «Калининградского шельфа» по степени аномальности и классам загрязнения

Таблица 26. Сопоставление средних медианных значений содержаний металлов в донных осадках Российского сектора юго-восточной части Балтийского моря за 2012–2015 годы

Элементы	2012 г.	2013 г.	2014 г.	2015 г.
Cr ppm	44,1	68,0	24,0	25,0
Co ppm	3,9	11,7	3,9	4,7
Ni ppm	7,7	18,0	7,4	5,1
Cu ppm	4,9	13,0	3,4	3,3
Pb ppm	9,7	8,6	5,0	5,4
Zn ppm	13,7	23,0	11,0	24,0
As ppm	-	5,3	1,6	2,0

Примечание. В 2012 году на большинстве станций опробования концентрации As находились ниже порога обнаружения, в связи с чем математическая обработка таких данных является некорректной и фоновое значение As в данной таблице не приводится. Концентрации Cd и Hg на большинстве станций опробования в течение всего срока мониторинга находились ниже порога обнаружения, в связи с чем математическая обработка таких данных является некорректной и фоновое значение в данной таблице не приводится.

Данные геохимического мониторинга по конкретным станциям также показывают отсутствие общего тренда изменения концентраций химических элементов во времени. Это хорошо иллюстрируют данные по станциям мониторинга Д6-22 и Д6-9 (рис. 144, 145). На части станций общая тенденция уменьшения концентраций элементов в 2012–2014 гг. сменяется скачкообразным увеличением концентраций в 2015 году.

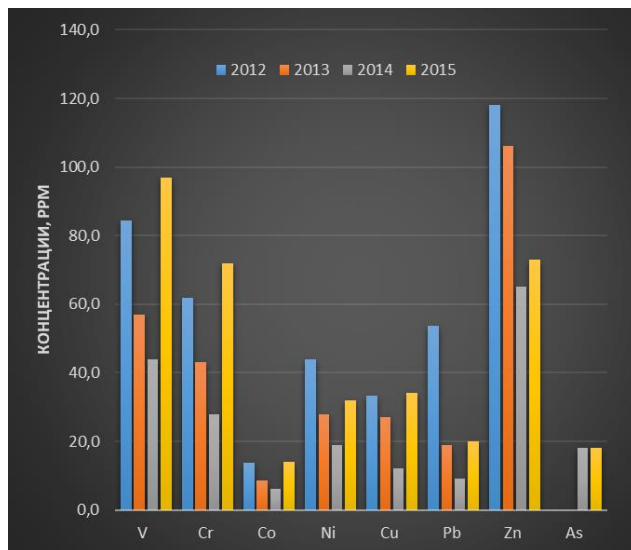


Рисунок 144. Графики распределения концентраций (ppm) ряда химических элементов по годам опробования на станции мониторинга Д6-22

Распределение основных техногенных радионуклидов ^{137}Cs и ^{60}Co в донных осадках Российского сектора Балтийского моря характеризуется относительно невысокими концентрациями и в целом достаточно однородно.

Наблюдаемые значения уровней загрязнения донных отложений ^{137}Cs в пределах изучаемой площади не превышают уровней глобального загрязнения донных отложений северных морей европейской территории России. Исключение представляют станции, расположенные в наиболее глубоководной части, в области распространения алевропелитовых осадков, где активность ^{137}Cs достаточно высока. Так, на станции 15-4доп. в 2015 году зафиксирована удельная активность ^{137}Cs 207,9 Бк/кг. Обращает на себя внимание тот факт, что в 2015 году небольшие, но значимые активности ^{137}Cs зафиксированы в прибрежных песчаных осадках в районе Куршской косы, что ранее не наблюдалось.

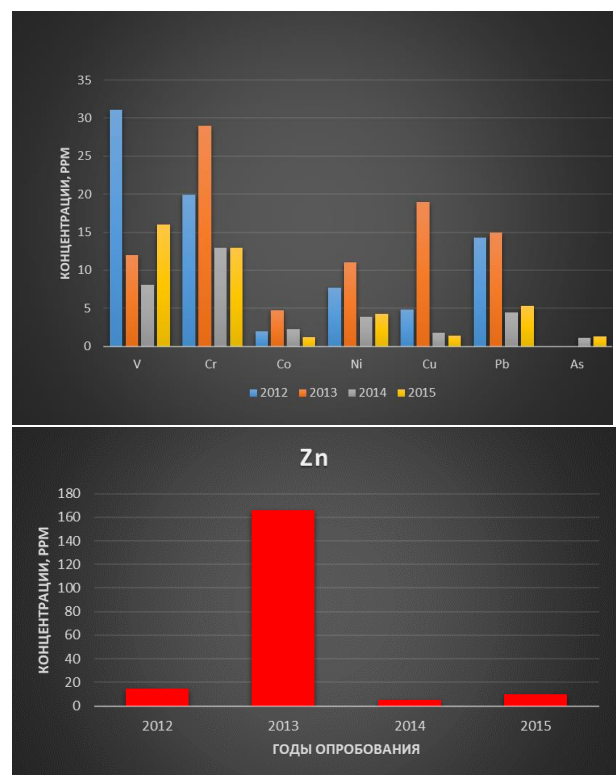


Рисунок 145. Графики распределения концентраций (ppm) ряда химических элементов по годам опробования на станции мониторинга Д6-9

Известно, что максимальная активность ^{137}Cs в донных осадках Балтийского моря была достигнута в 1992 году [Тишков и др., 1994; Анисимов и др., 1993]. Далее удельная активность верхнего слоя осадков начинает уменьшаться. По данным мониторинга 2008–2015 гг., минимальная активность ^{137}Cs фиксируется в 2012 году. Но, начиная с 2013 года, на части станций отмечается определенная тенденция увеличения активности ^{137}Cs в осадках. Максимум удельной активности наблюдается в 2014 году. В 2015 году удельная

активность ^{137}Cs в донных осадках вновь начинает понижаться. Типичным примером такого временного изменения активности являются данные по станциям Д6-22, Д6-23 (рис. 146, 147).

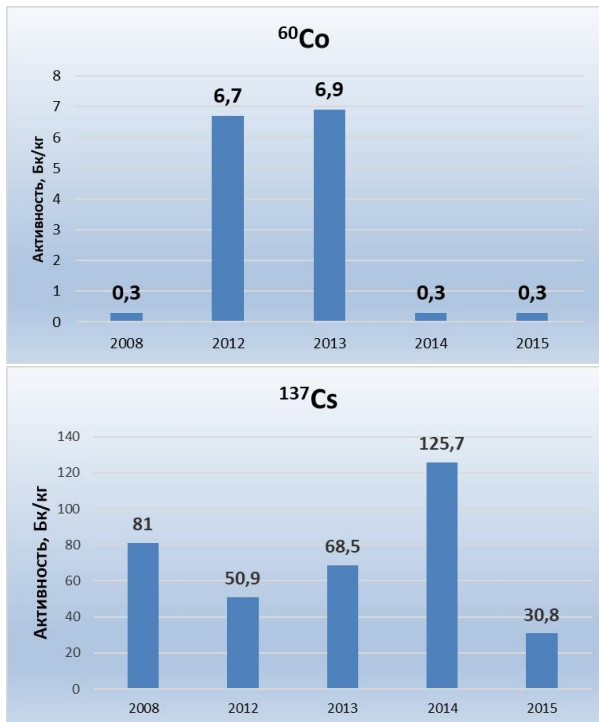


Рисунок 146. Изменение активности ^{137}Cs и ^{60}Co (Бк/кг) в донных осадках станций Д6-22 за 2008–2015 годы



Рисунок 147. Изменение активности ^{137}Cs и ^{60}Co (Бк/кг) в донных осадках станций Д6-23 за 2012–2015 годы

Концентрация ^{60}Co в донных осадках Российского сектора Балтийского моря незначительна и в большинстве случаев не превышает величину минимально детектируемой активности (МДА), составляющую для используемого аналитического комплекса – 1,3 Бк/кг. Общая тенденция в изменении удельной активности в верхнем слое донных осадков не наблюдается (рис. 146, 147). Хотя можно отметить достаточно слабое повышение удельной активности ^{60}Co в 2012–2013 годах. Сам по себе факт наличия ^{60}Co в верхних слоях донных осадков ряда станций, учитывая достаточно короткий период его полураспада, может говорить о периодическом поступлении незначительного количества ^{60}Co в акваторию.

Результаты определения нефтеуглеводородов (НУВ) в донных осадках приведены в табл. 27.

Таблица 27. Содержание нефтепродуктов в донных осадках Российского сектора юго-восточной части Балтийского моря

Станция пробоотбора	Содержание нефтепродуктов, мг/кг сухого грунта
15-Д6-22	28
15-Д6-10Л	<5
15-Д6-18	7
15-1-доп	74
Д-18-Т7	8

Содержание НУВ в донных осадках Российского сектора Балтийского моря весьма незначительно. Некоторое накопление нефтепродуктов наблюдается на площадях развития алевропелитовых осадков (станции 15-Д6-22, 15-1-доп). В песчано-галечных отложениях их концентрации значительно ниже. Согласно [Нормы..., 1996], донные осадки на всех опробованных станциях относятся к классу «0» – чистые отложения. Аналогичные выводы можно сделать для измерений, выполненных за весь период мониторинга (2011–2015 гг.). На станции мониторинга Д6-22 в 2012 году зафиксировано повышение концентрации нефтеуглеводородов (табл. 28).

Таблица 28. Сопоставление концентраций НУВ в донных осадках станции Д6-22 в 2011–2015 гг.

Год опробования	Содержание нефтепродуктов, мг/кг сухого грунта
2011	103
2012	159
2015	28

Суммарное содержание полихлорированных бифенилов (ПХБ) в донных осадках Калининградского шельфа Балтийского моря в 2015 г. во всех измеренных пробах находилось ниже порога обнаружения (менее 10 мкг/кг) (табл. 29). Среди хлорорганических пестицидов ХОП (ГХЦ, ГХБ, ДДТ) только для гексахлорбензола (ГХБ) установлены значимые содержания. Максимальная концентрация – 16,6 мкг/кг была установлена в наиболее глубоководной станции 15-Д6-22. Согласно нормативам, разработанным ОАО «ЛенморНИИпроект» [Нормативы ..., 1996], данное содержание ГХБ соответствует II классу загрязнения донных осадков (слабозагрязненные отложения). Неожиданно высокие содержания, установлены для индивидуального полиароматического углеводорода - бенз(а)пирена. На станции 15-4-доп в глубоководных алевропелитовых осадках Гданьской впадины концентрация бенз(а)пирена соответствует III классу загрязнения по классификации (SFT), [Molvaer et al., 1997], а на станции 15-Д6-22 II классу загрязнения.

Выводы по состоянию геологической на полигоне «Российский сектор юго-восточной части Балтийского моря» («Калининградский шельф») в 2015 г.

1. Практически на всем побережье ключевого участка «Северное побережье Самбийского полуострова» продолжают развиваться активные деструктивные экзогенные процессы (деградация пляжей, оползневые явления и т. д.). Высокая степень хозяйственного, в основном рекреационного, освоения береговой зоны этого ключевого участка обуславливает повышенную степень геологической опасности. Совокупность данных геофизического профилирования в 2015 г. подтвердила дефицит песчаного материала на всем ключевом участке, что доказывает невозможность естественного восстановления пляжей побережья Светлогорских курортов.

2. Ключевой участок «Западное побережье Самбийского полуострова» характеризовался активным масштабным техногенным вмешательством. Особенностью техногенного вмешательства на этом участке, связанного с разработками карьеров по добыче янтаря, является постоянное его изменение. Это заключается в том, что поступление пульпы из карьеров в море меняется по интенсивности. В настоящее время пульпа сбрасывается в котлован на берегу, но размываются дамбы, ограничивающие котлован. Сам котлован находится там, где еще недавно было море. В результате этого в субаквальной части участка то появляется, то размывается конус выноса. Берега то нарастают, то размываются.

3. Подтверждены многочисленные локальные, не всегда повторяющиеся, аномалии концентраций Сг в донных осадках, соответствующие степени загрязнения от II класса (умеренное) до V класса (очень большое). На глубоководных станциях опробования установлены очень высокие уровни загрязнения донных осадков по ряду металлов, а также бенз(а)пирена.

4. Активность ^{137}Cs относительно высока только на станциях, расположенных в наиболее глубоководной зоне в области распространения алевропелитовых осадков. В целом значения уровней загрязнения донных отложений ^{137}Cs в пределах изучаемой площади не превышают уровней глобального загрязнения донных отложений северных морей европейской территории России, но начиная с 2013 года, на части станций (Д6-22, Д6-23) отмечается тенденция увеличения активности ^{137}Cs в осадках. Максимум удельной активности отмечен в 2014 году.

5. Значимое загрязнение донных осадков нефтепродуктами и органическими загрязнителями (за исключением бенз(а)пирена в осадках Гданьской впадины) в пределах изученной площади не установлено.

Таблица 29. Содержание хлорорганических пестицидов ОП (ГХЦ, ГХБ, ДДТ), ПХБ и бенз(а)пирена (БП) в донных отложениях Российского сектора Балтийского моря

№ п/п	№ пробы	ПХБ, мкг/кг	ХОП, мкг/кг			БП, мкг/кг
			Σ ГХЦГ	ГХБ	Σ ДДТ, и метаболиты	
1	15-Д6-5	<10	<1	<1	<1	<5
2	15-Д6-22	<10	<1	16,6	<1	29
3	15-4-доп	<10	<1	4,2	<1	75
4	15-КК-8	<10	<1	1,2	<1	<5
5	12-СС-20	<10	<1	<1	<1	<5
Показатель точности ±δ %		35	35	35	35	35
ПДК химических веществ в почве		60	100	30	100	20

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Продолжение мониторинга состояния недр (геологической среды) в пределах контрольных полигонов прибрежно-шельфовой зоны Балтийского, Белого и Баренцева морей позволило проследить и уточнить основные тенденции развития экзогенной и техногенной геодинамики. Следует отметить, что ключевые участки контрольных полигонов характеризуются собственной спецификой развития геологической среды и существенными различиями в активности проявления процессов ее трансформирующих. На некоторых из них основным дестабилизирующим фактором являются процессы механического волнового воздействия (абразия, размыв, заносимость). На других на первый план выходят процессы изменения геологической среды под действием антропогенного фактора (загрязнение, дампинг, подводные свалки, дноуглубительные работы, намыв новых береговых территорий и т. д.). Выделяются участки, характеризующиеся специфическими геологическими процессами (образование покмарков, формирование природных геохимических аномалий, подводные гравитационные процессы, глинистое диапирообразование, неотектонические процессы и т. д.).

Динамика развития геологической среды также крайне разнообразна. Если на некоторых участках процессы могут считаться стремительными с геологической точки зрения, на других они заторможены. Соответственно, может быть поднят вопрос о дифференциации ключевых участков контрольных полигонов по комплексности проведения исследований и повторяемости проведения мониторинговых наблюдений за состоянием недр (геологической среды). Часть участков, таких, как Невская губа, северное побережье

Самбийского полуострова и ряд других, по-прежнему требуют проведения ежегодных циклов наблюдений. Другие участки, прежде всего в Белом и Баренцевом морях, характеризующиеся относительно ненарушенной с эколого-геологической точки зрения природной средой, могут обследоваться с шагом до 3 лет. За счет этого возможно расширение количества контрольных полигонов для более объективной оценки состояния недр прибрежно-шельфовых морей Северо-Запада России.

По-прежнему осложняющим моментом проведения государственного мониторинга состояния недр прибрежно-шельфовой зоны является отсутствие утвержденной нормативно-методической базы, регламентирующей его организацию. Не определены достаточность плотности наблюдательной сети, системы ее размещения, глубинности исследований, программы наблюдений (состава, сроков и частоты). В России до сих пор не разработана национальная классификация загрязнения донных осадков, несовершенна терминологическая база мониторинга состояния недр (геологической среды) прибрежно-шельфовой зоны. Соответственно нет и единой методики и статистических характеристик комплексной оценки современного состояния недр. Не определены и не обоснованы масштаб, перечень, состав и содержание отчетных картографических материалов. Отсутствует административный механизм координации работ по мониторингу состояния недр прибрежно-шельфовой (береговой) зоны с родственными подсистемами ГМСН (подземные воды, опасные геологические экзогенные и эндогенные процессы) и другими мониторинговыми подсистемами в районе проведения работ.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Опубликованная

- Анисимов В.В., Иванова Л.М., Тишков В.П., Топорков В.П.* и др. Исследования радиоактивности Балтийского моря в 1992 г. Национальный отчет Российской Федерации. – СПб., 1993. – 57 с.
- Атлас геологических и эколого-геологических карт Российского сектора Балтийского моря / гл. ред. О.В. Петров. – СПб.: ВСЕГЕИ, 2010. – 78 с.
- Белонин М.Д., Голубева В.А., Скублов Г.Т.* Факторный анализ в геологии. – М.: Недра, 1982.
- Виноградов А.П.* Средние содержания химических элементов в главных типах изверженных горных пород земной коры // Геохимия. – 1962. – № 7. – С. 555–571.
- Зенкович В.П.* Основы учения о развитии морских берегов: Акад. наук СССР. Океанографическая комиссия. – М.: Изд-во АН СССР, 1962. – 710 с.
- Информационный бюллетень о состоянии геологической среды прибрежно-шельфовых зон Баренцева, Белого и Балтийского морей в 2013 г. / под ред. О.В. Петрова, А.М. Лыгина. – СПб.: Картографическая фабрика ВСЕГЕИ, 2014. – 136 с.
- Информационный бюллетень о состоянии геологической среды прибрежно-шельфовых зон Баренцева, Белого и Балтийского морей в 2012 г. / под ред. О.В. Петрова, А.М. Лыгина. СПб.: Картографическая фабрика ВСЕГЕИ, 2013. – 112 с.
- Информационный бюллетень о состоянии геологической среды прибрежно-шельфовых зон Баренцева, Белого и Балтийского морей в 2011 г. / под ред. О.В. Петрова, А.М. Лыгина. СПб.: Картографическая фабрика ВСЕГЕИ, 2012. – 80 с.
- Нормы и критерии оценки загрязненности донных отложений в водных объектах Санкт-Петербурга. Региональный норматив. Разработан «ОАО «Ленморниипроект». – СПб., 1996. – 10 с.
- Логвиненко Н.В., Барков Л.К., Суслов Г.А.* и др. Характер осадков и литодинамика подводного берегового склона Нарвского залива. Baltica, 1974. – Т. 6. – С. 91–97.
- Логвиненко Н.В., Барков Л.К., Усенков С.М.* Литология и литодинамика современных осадков восточной части Финского залива. – Л., Изд-во ЛГУ, 1988. – 148 с.
- Предельно допустимые концентрации химических веществ в воде водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования. ГН 2.1.5.689-98 от 04.03.1998.
- Предельно допустимые концентрации (ПДК) химических веществ в почве. Гигиенические нормативы ГН 2.1.7.2041-06 от 30.03.1999 № 52-ФЗ.
- Приказ Госкомрыболовства РФ от 28.04.1999 N 96 Сан.ПиН. № 4630-88. Санитарные правила и нормы охраны поверхностных вод от загрязнения. 1988.
- СанПиН 2.1.4.559-96. Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения. Контроль качества. Санитарные правила и нормы. Госкомсанэпиднадзор России. – М., 1996.
- Сборник санитарно-гигиенических нормативов и методов контроля вредных веществ в объектах окружающей природной среды. – М.: Искусство, 1991. – 370 с.
- Тишков В.П., Иванова Л.М., Икяхеймонен Т.К.* и др. Исследования радиоактивных веществ в Балтийском море в 1988–1989 гг. – М.: ЦНТИИ-атоминформ, 1994. – 40 с.
- Circular on target values and intervention values for soil remediation soil/sediment and groundwater, Ministerie van Volkshuisvesting Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer, Version, February 4th, 2000.
- Environment of the Baltic Sea Area 1994–1998. Baltic Sea Environment Proceedings № 82B. HELCOM, 2002. – 216 p.
- HELCOM Baltic Sea Action Plan. HELCOM Ministerial Meeting. Krakow, Poland, 15 November 2007. – 101 p.
- MacLaren P., Bowles D.* The effects of sediment transport on grain-size distributions // Journal of Sedimentary Petrology. – 1985. – V. 55. – № 4. – P. 0457–0470.
- Molvær J., Knutzen J., Magnusson J., Rygg B., Skei J., Sørensen J.* Klassifisering av miljøkvalitet i fjorder og kystfarvann. SFT Veiledning 97:03. Statens Forurensningstilsyn, TA-1467/1997, Oslo. – 36 p.
- WGMS 2003. Report of the Working Group on Marine Sediments in Relation to Pollution. ICES CM 2003 / E:04.

Фондовая

Саммет Э.Ю., Шмаенок А.И., Котлуков В.А. Геологическая карта СССР масштаба 1 : 200 000. Серия Ильменская. Лист О-35-V. Объяснительная записка. – М., 1980. – 106 с.