

# ИНФОРМАЦИОННЫЙ БЮЛЛЕТЕНЬ

*о состоянии геологической среды  
прибрежно-шельфовой зоны Баренцева, Белого и  
Балтийского морей в 2014 году*



МИНИСТЕРСТВО ПРИРОДНЫХ РЕСУРСОВ И ЭКОЛОГИИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО НЕДРОПОЛЬЗОВАНИЮ

ДЕПАРТАМЕНТ ПО НЕДРОПОЛЬЗОВАНИЮ НА КОНТИНЕНТАЛЬНОМ ШЕЛЬФЕ И МИРОВОМ ОКЕАНЕ

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 2014 ГОДУ

САНКТ-ПЕТЕРБУРГ  
2015

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 2014 г.** – СПб.: Картографическая фабрика ВСЕГЕИ, 2015. – 140 с.

В 2014 г. завершен очередной этап работ в подсистеме Государственного мониторинга состояния недр (геологической среды) прибрежно-шельфовой зоны Баренцева, Белого и Балтийского морей. Комплексные мониторинговые полевые геолого-геофизические и гидрогеохимические работы выполнялись на ранее выделенных ключевых участках в пределах контрольных полигонов мониторинга: Кольский залив (Баренцево море); Териберка–Гремиха прибрежного шельфа Кольского полуострова (Баренцево море); Двинской залив Белого моря; восточная часть Финского залива и Российский сектор юго-восточной части Балтийского моря (Калининградский шельф). Выполнена оценка активности опасных экзогенных геологических процессов в пределах прибрежного шельфа и береговых зон морей Северо-Запада России.

#### Авторы - составители

*В. А. Жамойда, Д. В. Рябчук, А. Ю. Сергеев, А. Г. Григорьев, А. В. Амантов, Л. М. Буданов, А. В. Евдокименко, О. А. Ковалева, Ю. П. Кропачев, С. Ф. Мануйлов, Н. Б. Малышева, И. А. Неевин, Е. Н. Нестерова, М. А. Спиридонов, В. А. Шахвердов (ФГБУ «ВСЕГЕИ»), О. Ю. Корнеев, Е. В. Корнеева, К. А. Никонов, А. П. Павлов, А. Е. Рыбалко, Н. К. Фёдорова (ОАО «Севморгео»), С. В. Александров (ФГУП «АтлантНИРО»)*

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

ISBN 978-5-00193-079-2

© Федеральное агентство по недропользованию, 2015  
© Коллектив авторов, 2015  
© Картографическая фабрика ВСЕГЕИ, 2015

**ОГЛАВЛЕНИЕ**

ВВЕДЕНИЕ .....	4
КОНТРОЛЬНЫЙ ПОЛИГОН «КОЛЬСКИЙ ЗАЛИВ» (БАРЕНЦЕВО МОРЕ) .....	5
КОНТРОЛЬНЫЙ ПОЛИГОН ТЕРИБЕРКА–ГРЕМИХА ПРИБРЕЖНОГО ШЕЛЬФА КОЛЬСКОГО ПОЛУОСТРОВА (БАРЕНЦЕВО МОРЕ) .....	27
КОНТРОЛЬНЫЙ ПОЛИГОН «ДВИНСКОЙ ЗАЛИВ» (БЕЛОЕ МОРЕ) .....	42
КОНТРОЛЬНЫЙ ПОЛИГОН «ВОСТОЧНАЯ ЧАСТЬ ФИНСКОГО ЗАЛИВА» (БАЛТИЙСКОЕ МОРЕ) .....	63
ПОЛИГОН «РОССИЙСКИЙ СЕКТОР ЮГО-ВОСТОЧНОЙ ЧАСТИ БАЛТИЙСКОГО МОРЯ (КАЛИНИНГРАДСКИЙ ШЕЛЬФ) » .....	104
ВЫВОДЫ И РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ЭТАПУ ГОСУДАРСТВЕННОГО МОНИТОРИНГА СОСТОЯНИЯ НЕДР ПРИБРЕЖНО-ШЕЛЬФОВОЙ ЗОНЫ БАРЕНЦЕВА, БЕЛОГО И БАЛТИЙСКОГО МОРЕЙ ЗА 2014 ГОД. ....	134
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.....	139



## ВВЕДЕНИЕ

Работы по объекту «Государственный мониторинг состояния недр прибрежно-шельфовой зоны Баренцева, Белого и Балтийского морей в связи с интенсивным хозяйственным освоением территории» проводились в 2014 году ФГУП «ВСЕГЕИ» им. А.П. Карпинского в соответствии с Государственным контрактом № 04/10/60-14 от 19 апреля 2012 г. Заказчиком работ выступал Департамент по недропользованию на континентальном шельфе и Мировом океане (Департамент «Моргео»). Комплексные мониторинговые полевые геолого-геофизические и гидрогеохимические работы выполнялись на ранее выделенных ключевых участках в пределах контрольных полигонов мониторинга: Кольский залив (Баренцево море); Териберка–Гремиха прибрежного шельфа Кольского полуострова (Баренцево море); Двинской залив Белого моря; восточная часть Финского залива и Российский сектор юго-восточной части Балтийского моря (Калининградский шельф). В состав работ в соответствии с принятым открытым методическим стандартом, разработанным ранее [Информационный бюллетень ..., 2012; 2013] на прибрежном шельфе и в береговой зоне входило: непрерывное сейсмоакустическое профилирование (НСП) в разных частотах; гидролокация бокового обзора (ГЛБО); донный геологический пробоотбор; опробование придонных и иловых вод; экспресс-аналитические гидрогеохимические исследования; гидрофизическое зондирование; береговые эколого-геологические маршрутные исследования; профильное инструментальное нивелирование и георадиолокация субэкральной части береговой зоны. Большая часть работ выполнена специалистами отдела Региональной геоэкологии и морской геологии ФГУП «ВСЕГЕИ». Оценка состояния геологической среды на ключевом участке «Териберка» полигона Териберка–Гремиха, прибрежного шельфа Кольского полуострова и, частично, в восточной части Финского залива

осуществлялись по договору-подряда ОАО «Севморгео». При работах на Калининградском шельфе привлекались специалисты ФГУП «АтлантНИРО», ООО «Морское венчурное бюро» и Атлантического отделения Института океанологии им. П.П. Ширшова РАН.

Аналитические исследования донных осадков выполнялись преимущественно в Центральной аналитической лаборатории ФГУП «ВСЕГЕИ», включали приближенно-количественный эмиссионный спектральный анализ (ПКЭСА) на 45 элементов; атомно-эмиссионную спектрометрию с индуктивно-связанной плазмой (ICP AES), химический фазовый анализ, определение техногенных ( $^{60}\text{Co}$ ,  $^{137}\text{Cs}$ ) и природных радионуклидов в донных осадках. Для определения содержания металлов в придонных и поровых водах использовался ICP MS (масс-спектрометрия). Часть анализов донных осадков и придонных вод, в том числе на тяжелые металлы и нефтепродукты, осуществлены в лабораториях ОАО «Севморгео». Анализ донных отложений и придонных вод на органические загрязнители: хлорорганические пестициды (ХОП – гексахлорбензол (ГХБ),  $\Sigma$ гексахлорциклогексанов ( $\Sigma$ ГХЦГ),  $\Sigma$ ДДТ), полихлорированные бифенилы (ПХБ) и бенз(а)пирен (БП) проведен в испытательной лаборатории «АНАЛЭКТ» Института токсикологии ФМБА России, в Центре мониторинга загрязнения окружающей среды ФГБУ «Мурманское УГМС» и лаборатории АтлантНИРО. Определение содержания нефтепродуктов (НУВ) в донных осадках, поверхностных и придонных водах проводилось ОАО «ЛенморНИИпроект». Выделение газовой составляющей в донных осадках Финского залива выполнено в Санкт-Петербургском государственном университете. Для определения химического состава газа использовался метод газовой хроматографии.

## КОНТРОЛЬНЫЙ ПОЛИГОН «КОЛЬСКИЙ ЗАЛИВ» (БАРЕНЦЕВО МОРЕ)

В 2014 году морские эколого-геологические исследования проводились по точкам опорной сети мониторинга, расположенным в Южном и Среднем коленах Кольского залива (рис. 1).

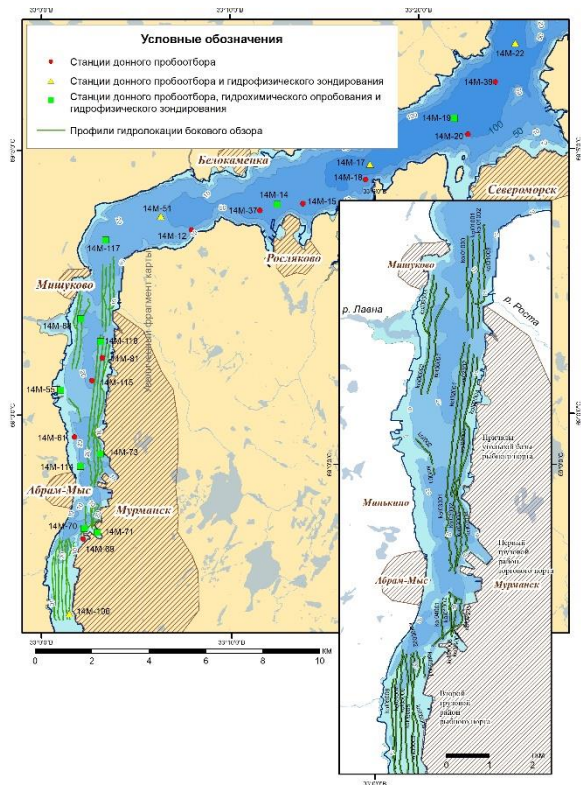


Рисунок 1. Схема фактического материала работ в Кольском заливе в 2014 г.

В результате выполненных исследований получены данные об уровне загрязнения и характере распределения опасных химических элементов и соединений в современных донных осадках в различных районах Южного и Среднего колена Кольского залива (рис. 2, 3). Большинство из изученных химических элементов в современных донных осадках содержится в концентрациях, соответствующих умеренному уровню загрязнения, согласно Классификации оценки качества донных отложений Норвежского агентства по контролю за загрязнением окружающей среды [Molvær et al., 1985]. Содержания Hg в ряде случаев достигают

явного, а Pb и Cd высокого уровня загрязнения (рис. 3). Наибольший уровень загрязнения акватории отмечен в районах: пос. Минькино – база флота «МАГЭ» (ст. 55 – Cd, Pb, Cu, Zn), пос. Росляково (ст. 15 – Hg, Pb, Cu, Zn) и Первого грузового района рыбного порта (ст. 69, 70, 71 – Cu, Zn, Pb, Hg, Cd). Кроме того, пелиты в пределах Южного колена загрязнены As в умеренной степени.

Полученные в 2014 году данные позволили уточнить фоновые геохимические характеристики поверхностных донных отложений Кольского залива, а также уровень концентрации ряда канцерогенных химических элементов в ранее выделенных геохимических районах [Информационный бюллетень ..., 2012] Среднего и Южного колена (табл. 1, рис. 2, 4). Южное колено в целом характеризуется наиболее высоким коэффициентом дефицита/профицита [Информационный бюллетень ..., 2011] по ряду элементов техногенной ассоциации, в особенности Cu, Pb, Hg, а также Cd и Zn. Наиболее высокий уровень загрязнения донных отложений установлен в районе № 3, который примыкает к причалам Первого грузового района рыбного порта. Загрязнение прибрежной части в районе пос. Минькино и устья р. Лавна (район № 4) Pb и Hg связано с базированием морских судов в этой части акватории и, возможно, со свалкой в районе устья реки. Аномальные концентрации Cd и Hg, установленные в 2013 г. [Информационный бюллетень ..., 2014] в Северном колене не сопровождаются повышением содержания других элементов, что свидетельствует об ином типе загрязнения и его источниках.

Для донных осадков, опробованных на 19 станциях (рис. 2), определено соотношение содержания форм нахождения химических элементов. В основе проведенных исследований лежат химические методы фазового анализа, заключающиеся в применении последовательной обработки проб различными экстрагентами и выделении следующих форм нахождения металлов в донных осадках.

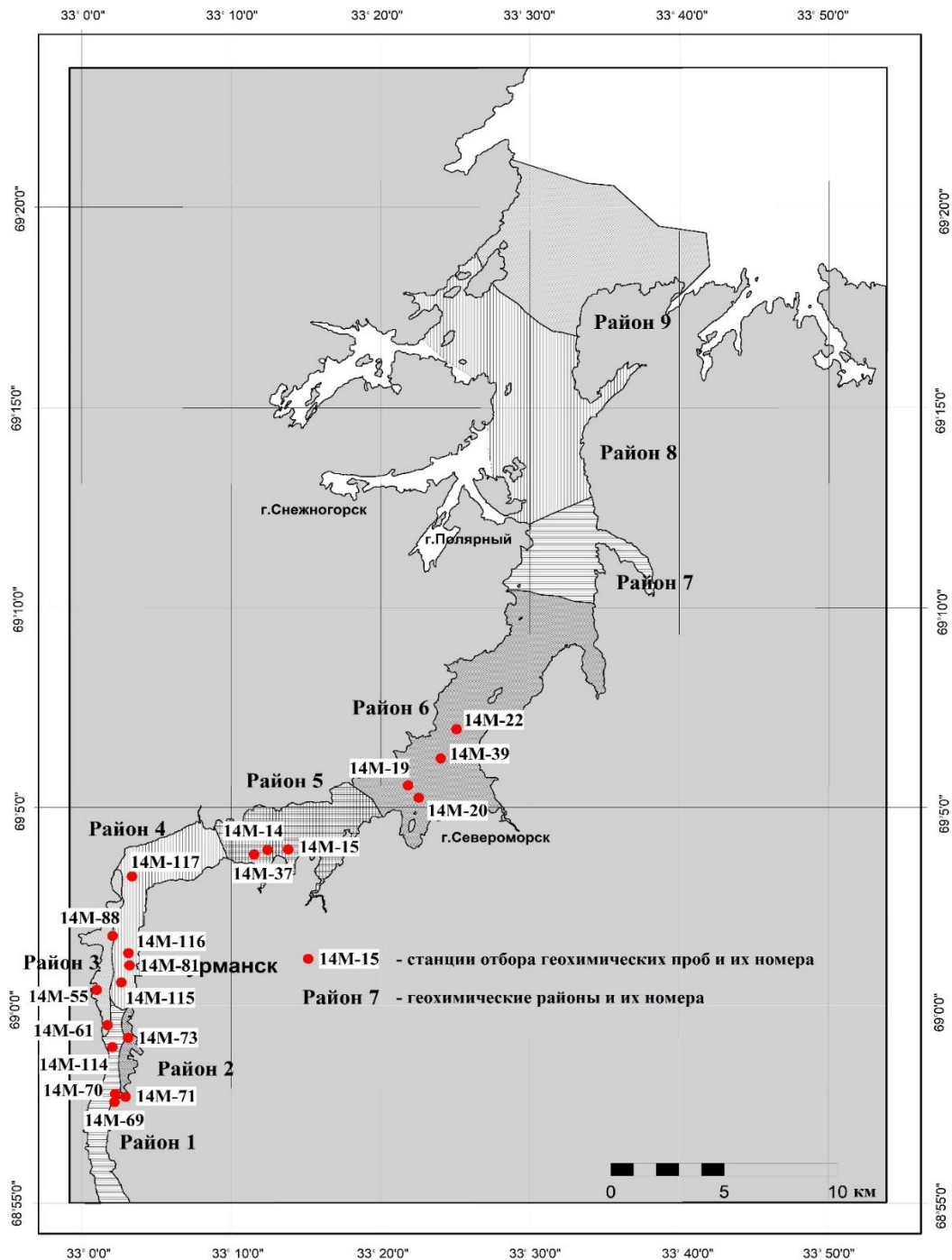


Рисунок 2. Геохимическое районирование Кольского залива и положение опорных станций геохимического опробования

1-я фаза, водорастворимые соединения (водно-спиртовая вытяжка);

2-я фаза, сорбированные металлы (метод обменной сорбции с помощью раствора  $BaCl_2$ );

3-я фаза, формы, связанные с битумными органическими веществами (спиртобензольная вытяжка);

4-я фаза, металлы, связанные с гумусовыми органическими веществами (пирофосфатная

вытяжка);

5-я фаза, формы, связанные с карбонатными соединениями (ацетатно-буферная вытяжка);

6-я фаза, металлы, связанные с гидроксидами и оксидами железа и марганца (извлечение раствором 6N HCl);

7-я фаза, металлы в труднорастворимом остатке.

Красным цветом в таблице 1 выделены

химические элементы с высоким значением коэффициента дефицита/профицита, синим – с низким.

Проведенные исследования подтвердили полученные ранее данные о том, что такие химические элементы как Cr, Co и Ni находятся в осадках в труднорастворимой и связанной с гидроксидами и оксидами Mn и Fe формах (рис. 5–7), причем для Cr труднорастворимая форма является преимущественной. Для Sr доля труднорастворимых форм существенно преобладает над остальными (75,4 % в среднем), в ряде случаев достигая 80 % и более (рис. 13). Значительно ниже в среднем доля форм, связанных с гидроксидами и оксидами Mn и Fe (17,7 %), и сорбированных форм (4,4 %). Большая доля в осадках труднорастворимых соединений рассмотренных выше элементов может свидетельствовать о существенной роли в их миграции процессов механического переноса, в особенности для Sr (рис. 13).

Вторую группу химических элементов составляют: Pb, Cu, Zn, и Cd. Для них ведущей является форма, связанная с гидроксидами и оксидами Mn и Fe (рис. 8–10, 12), и в среднем, соответственно, равная 69,5 %, 52,5 %, 43,6 % и

45,3 % от общей концентрации. В то же время эти элементы отличаются по относительному содержанию других форм. Так, для Pb это труднорастворимые формы и формы, связанные с гумусовым органическим веществом, в среднем, соответственно, 14,7 % и 13,5 % от общей концентрации (рис. 8).

Для Cu важными являются формы, связанные с гумусовым органическим веществом – 28,1 % в среднем и до 43,3 % (рис. 9, ст. 71). Необходимо отметить, что увеличение общей концентрации Cu в осадках определяется увеличением содержания как связанных с гидроксидами и оксидами Mn и Fe формами, так и с гумусовым органическим веществом (рис. 9). При этом содержание труднорастворимых форм существенно не меняется.

Для Zn, как и для Cu, отмечается значительная доля, связанная с гумусовым органическим веществом – 21,5 % в среднем и до 49,4 % (рис. 10, ст. 15). В то же время не менее высокий уровень имеют сорбированные формы – в среднем 19,7 %. Причем, преимущественно за счет трех этих форм происходит увеличение общей концентрации Zn в современных осадках (рис. 10).

Таблица 1. Геохимическая характеристика современных донных отложений Кольского залива (данные 2001, 2011–2014 гг., методика расчета геохимических характеристик [Информационный бюллетень ..., 2011])

Значение среднего гармонического содержания элементов по районам, ppm (ICP MS)										
Район/число проб	Cr	Co	Ni	Cu	Zn	As	Cd	Pb	Hg	НП
Район 1/24	165,1	17,8	70,7	81,0	196,6	12,7	0,280	72,3	0,203	1,924
Район 2/11	147,0	15,6	61,9	63,9	167,6	6,9	0,209	54,6	0,262	1,577
Район 3/4	184,8	15,7	63,5	98,6	338,4	17,3	3,965	207,8	0,173	2,601
Район 4/32	165,2	16,1	74,2	63,0	165,7	14,3	0,194	68,9	0,204	2,275
Район 5/15	149,2	14,4	55,6	15,3	116,2	7,4	0,260	32,2	0,155	1,349
Район 6/66	152,5	17,2	65,0	50,5	127,4	10,2	0,282	45,0	0,053	2,344
Район 7/5	144,8	16,5	61,5	59,9	156,0	6,9	0,183	51,9	0,031	2,431
Район 8/15	134,9	15,1	63,0	47,5	117,5	8,4	1,152	30,5	0,027	0,594
Район 9/4	93,6	7,5	37,0	30,8	64,8	0,0	1,880	19,4	0,188	0,556
Региональный фон (среднее гармоническое содержание химических элементов)										
	152,1	16,0	64,6	45,9	139,4	10,2	0,276	47,0	0,084	1,730
Значение коэффициента дефицита/профицита (методика расчета [Информационный бюллетень ..., 2011])										
Район	Cr	Co	Ni	Cu	Zn	As	Cd	Pb	Hg	НП
Район 1	1,1	1,1	1,1	<b>1,8</b>	1,4	1,2	1,0	<b>1,5</b>	<b>2,4</b>	1,1
Район 2	-1,0	-1,0	-1,0	1,4	1,2	<b>-1,5</b>	-1,3	1,2	<b>3,1</b>	-1,1
Район 3	1,2	-1,0	-1,0	<b>2,1</b>	<b>2,4</b>	<b>1,7</b>	<b>14,4</b>	<b>4,4</b>	<b>2,1</b>	<b>1,5</b>
Район 4	1,1	1,0	1,1	1,4	1,2	1,4	<b>-1,4</b>	<b>1,5</b>	<b>2,4</b>	1,3
Район 5	-1,0	-1,1	-1,2	<b>-3,0</b>	-1,2	-1,4	-1,1	<b>-1,5</b>	<b>1,9</b>	-1,3
Район 6	1,0	1,1	1,0	1,1	-1,1	-1,0	1,0	-1,0	<b>-1,6</b>	1,4
Район 7	-1,1	1,0	-1,1	1,3	1,1	<b>-1,5</b>	<b>-1,5</b>	1,1	<b>-2,7</b>	1,4
Район 8	-1,1	-1,1	-1,0	1,0	-1,2	-1,2	<b>4,2</b>	<b>-1,5</b>	<b>-3,1</b>	<b>-2,9</b>
Район 9	<b>-1,6</b>	<b>-2,1</b>	<b>-1,7</b>	<b>-1,5</b>	<b>-2,2</b>	-	<b>6,8</b>	<b>-2,4</b>	<b>2,3</b>	<b>-3,1</b>

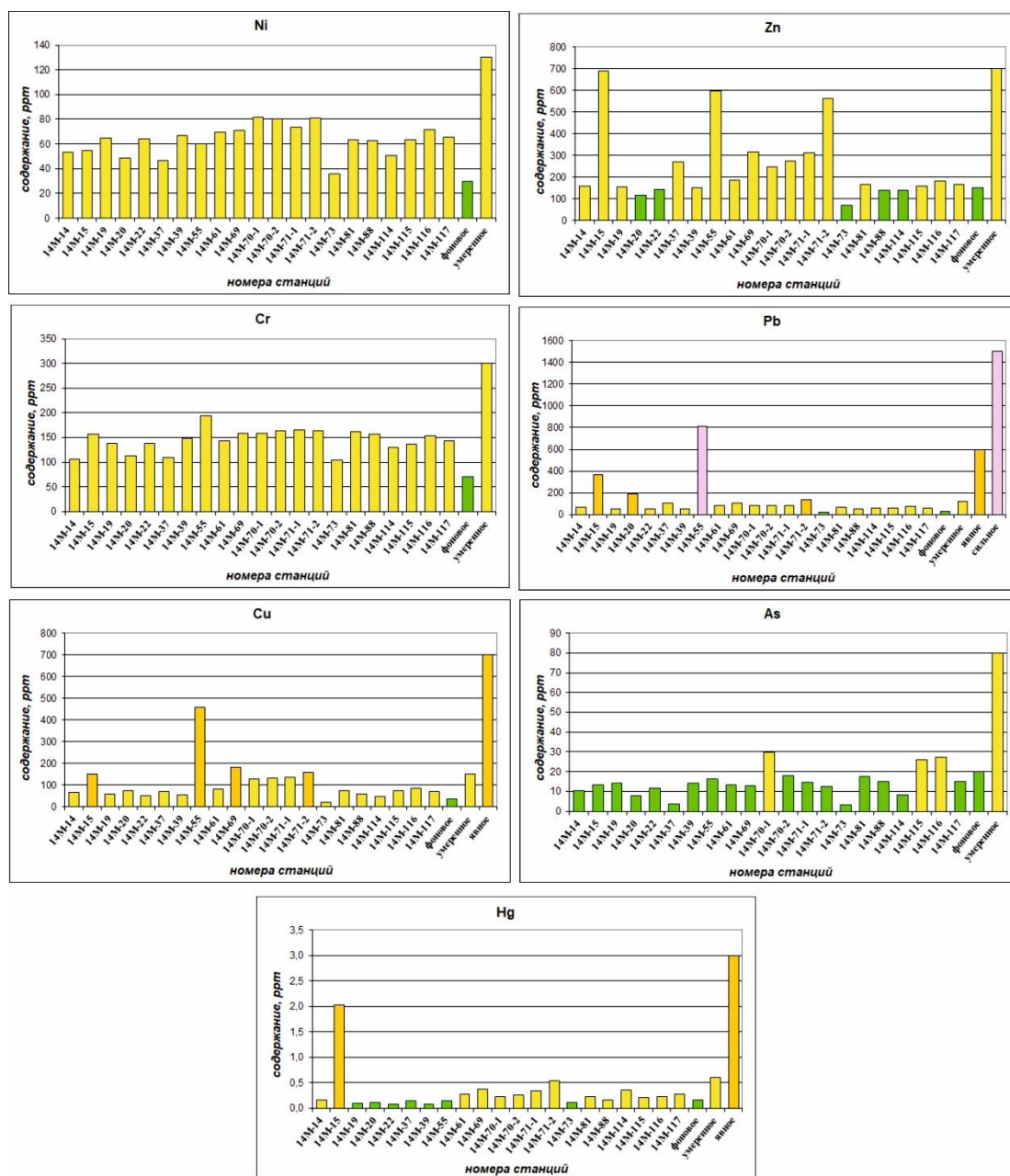


Рисунок 3. Загрязнение современных донных осадков в Кольском заливе (ICP-MS) в соответствии с норвежской классификацией [Molvær et al., 1997]

Совершенно иной характер имеет соотношение различных форм в общем содержании в осадках As. Основная его форма связана с гумусовым органическим веществом и в среднем составляет 56,5 %. Среднее относительное содержание форм, связанных с гидроксидами и оксидами Mn и Fe, равно 33,8 %, а труднорастворимых только 6,4 %. Как видно на графиках (рис. 11), увеличение общего содержания As в донных осадках происходит за

счет первых двух форм. Для Cd важнейшей, наравне с труднорастворимой (24,5 %), является сорбированная (17,2 %) форма, а также связанная с гумусовым органическим веществом (9,8 %). Увеличение общего содержания кадмия происходит за счет форм, связанных с гидроксидами и оксидами Mn и Fe, и в меньшей степени с гумусовым органическим веществом (рис. 12).



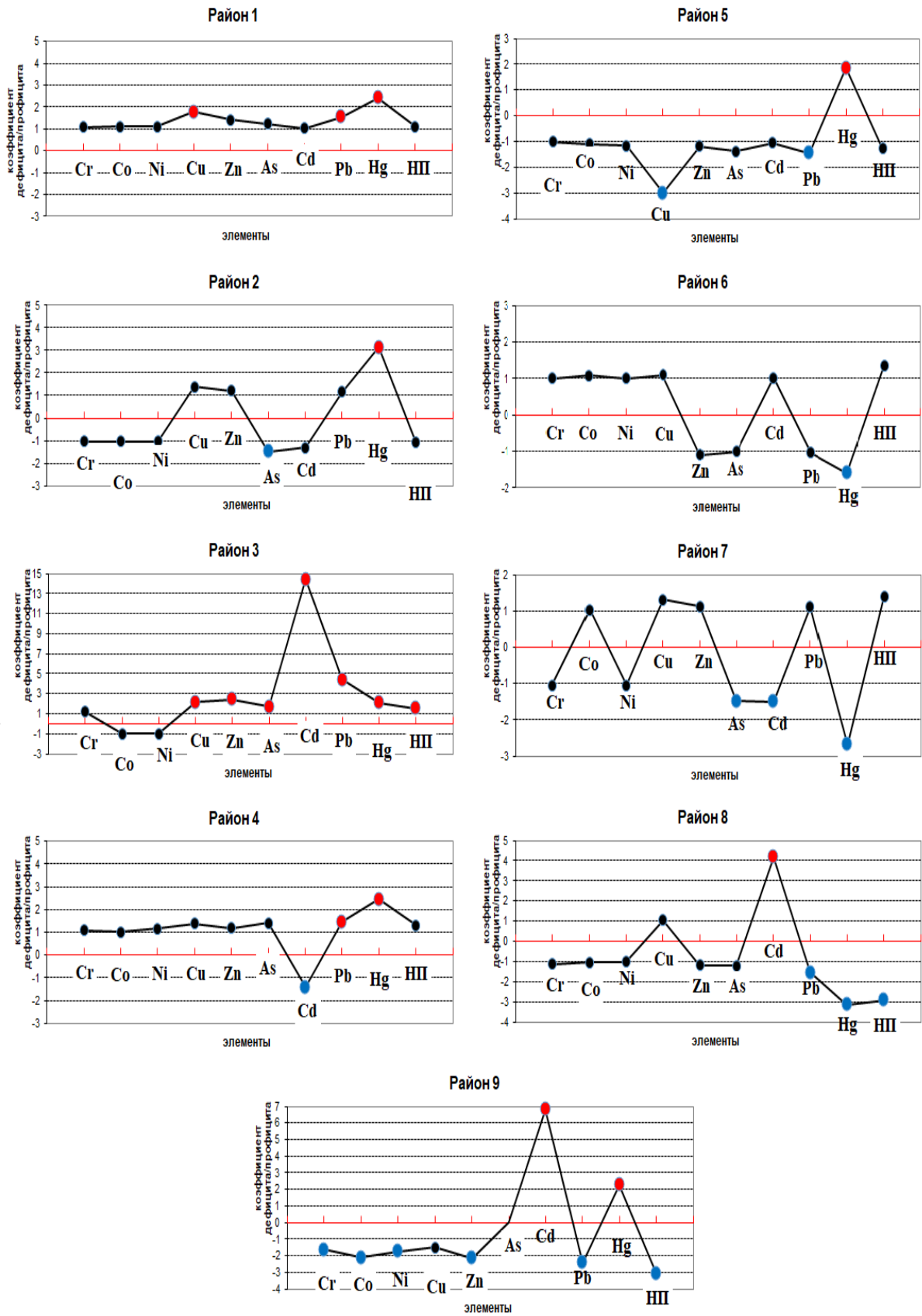


Рисунок 4. Характеристика современных донных отложений в различных геохимических районах Кольского залива (данные 2001, 2011–2014 гг.)

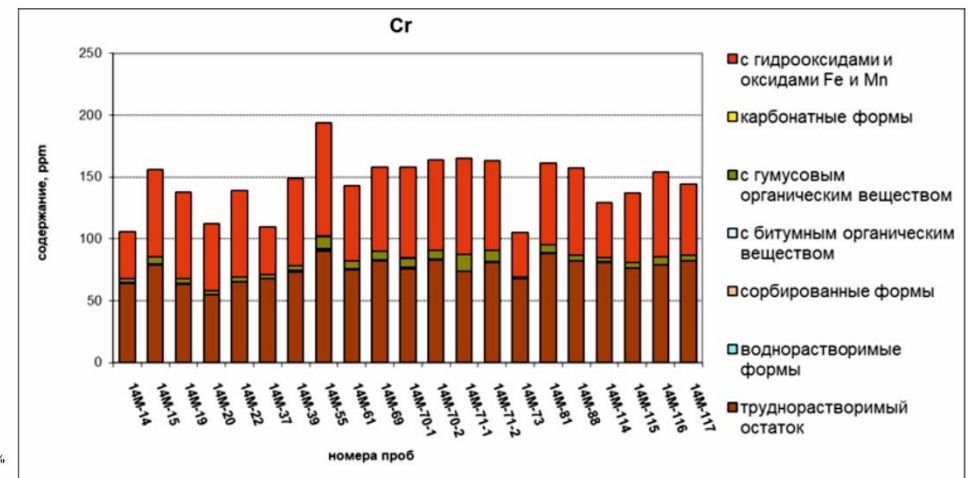
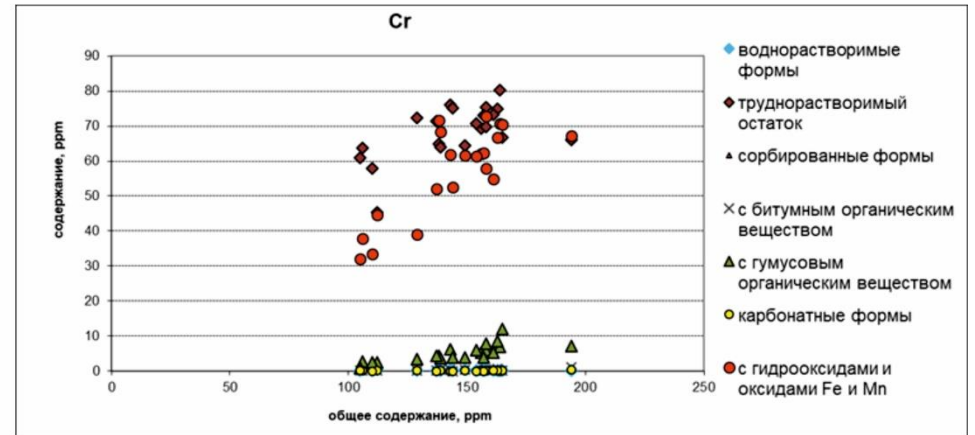
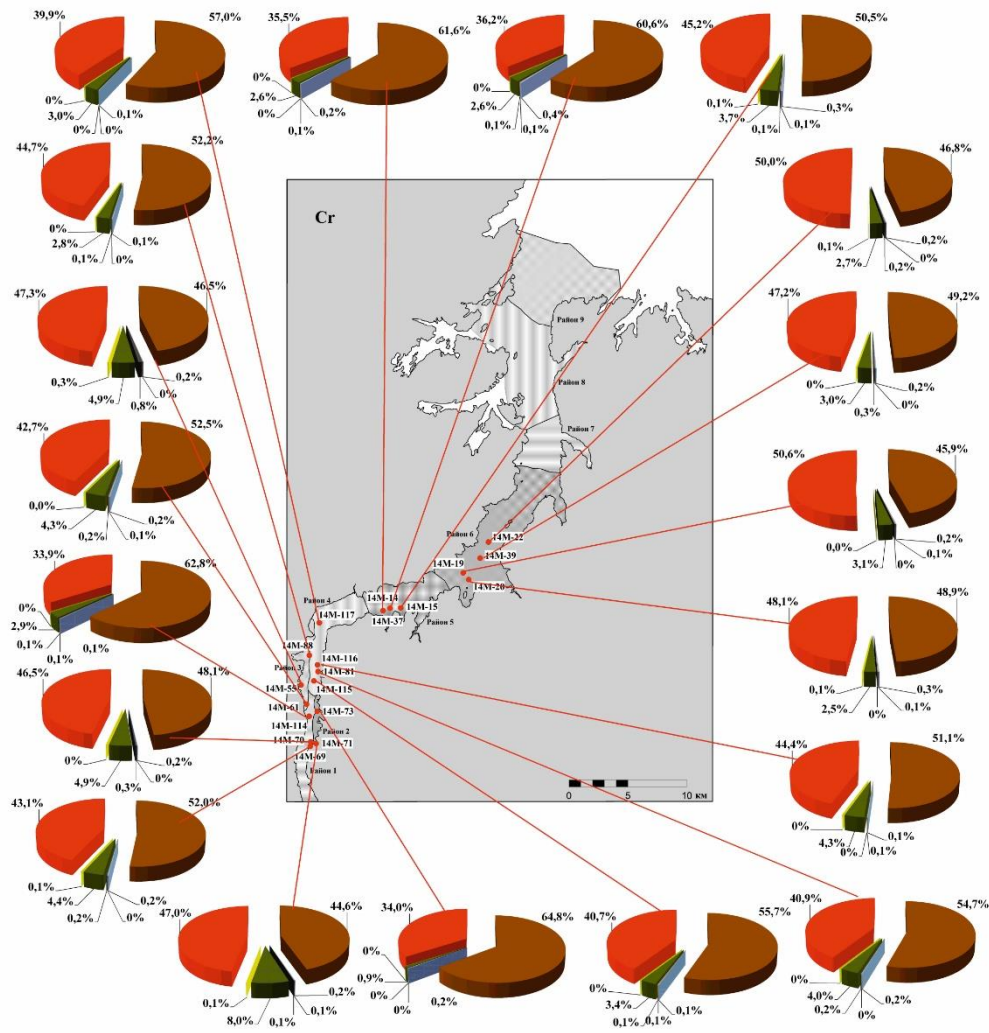


Рисунок 5. Формы нахождения хрома в современных донных осадках, Кольский залив

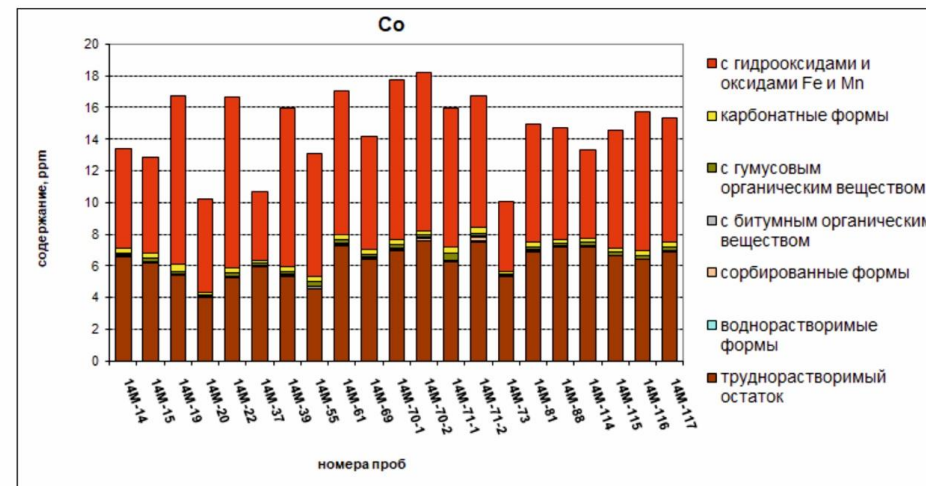
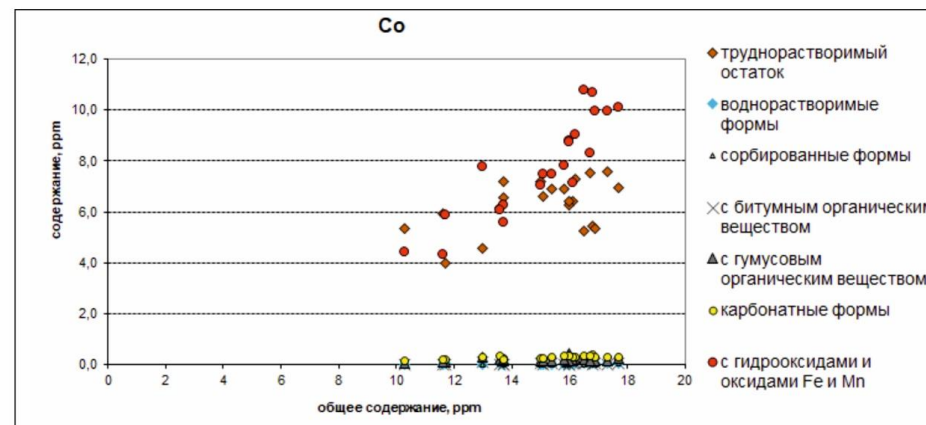
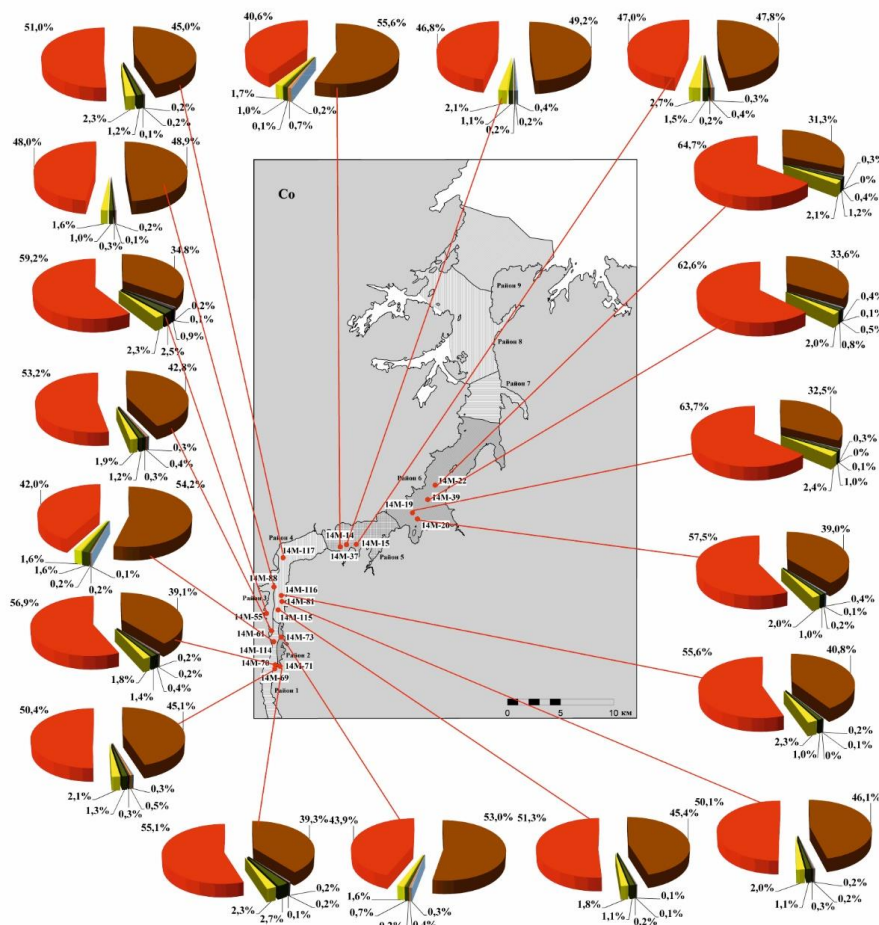


Рисунок 6. Формы нахождения кобальта в современных донных осадках, Кольский залив



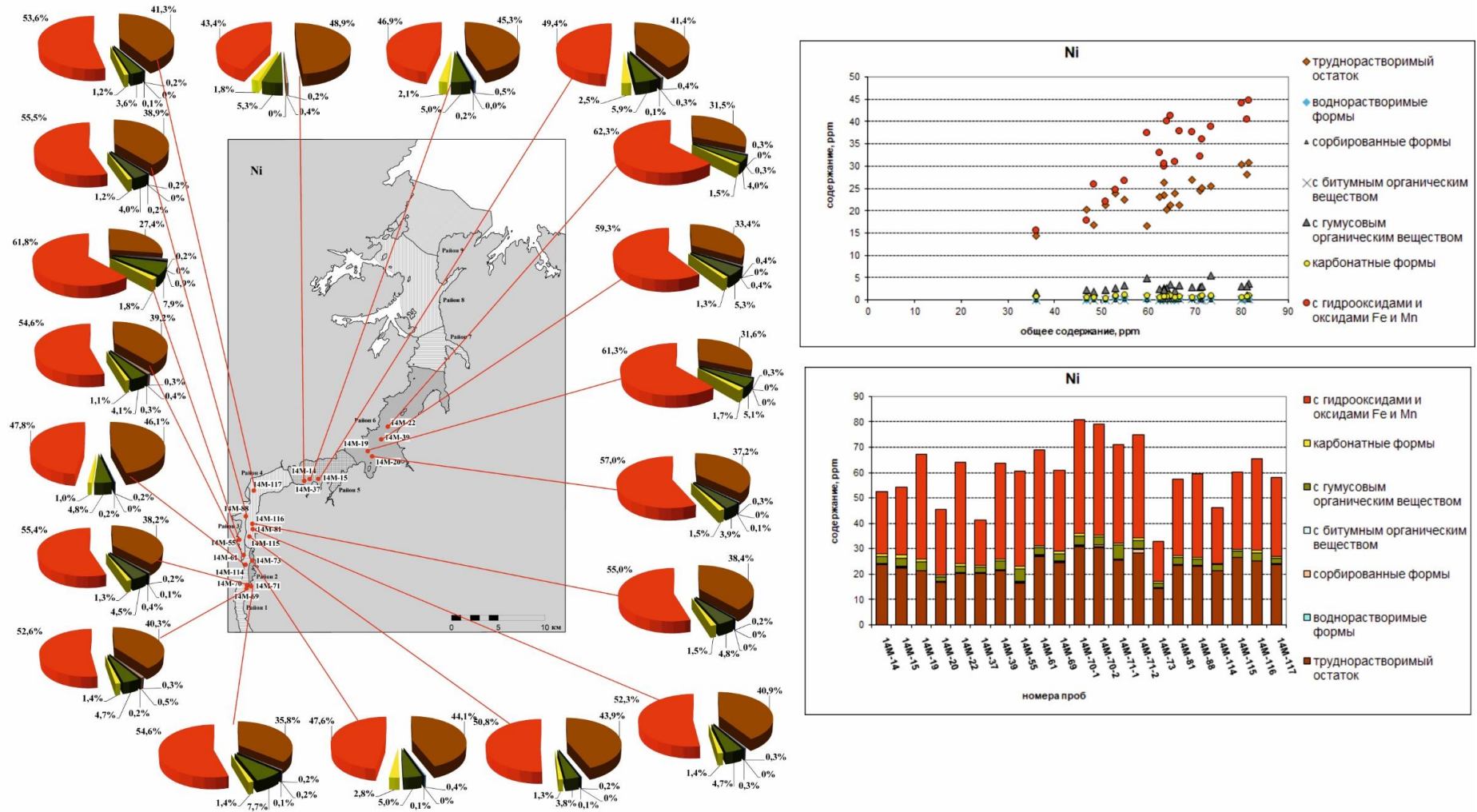


Рисунок 7. Формы нахождения никеля в современных донных осадках, Кольский залив

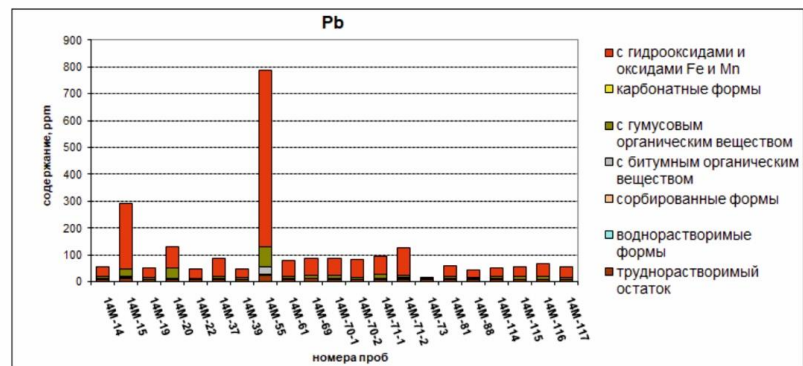
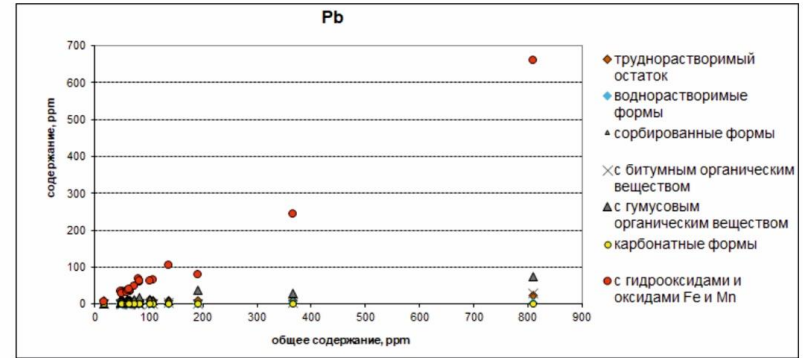
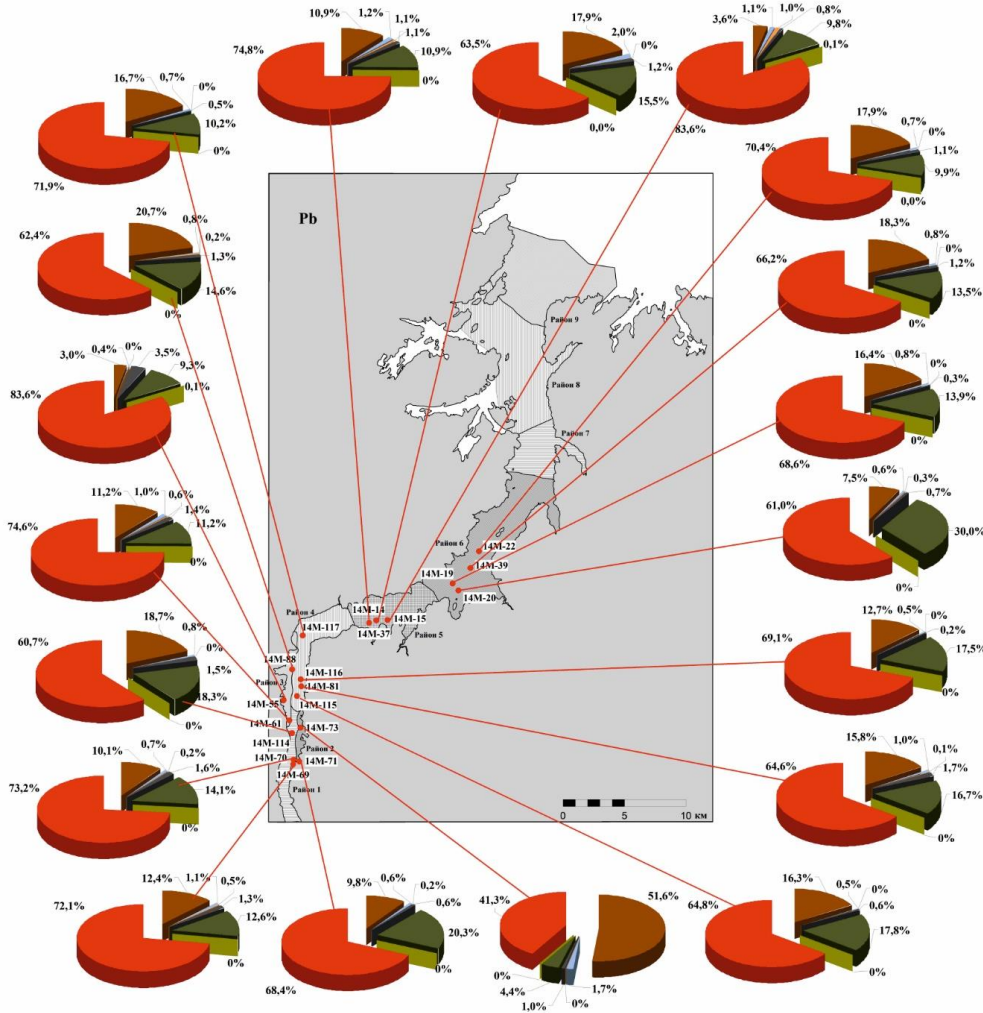


Рисунок 8. Формы нахождения свинца в современных донных осадках, Кольский залив



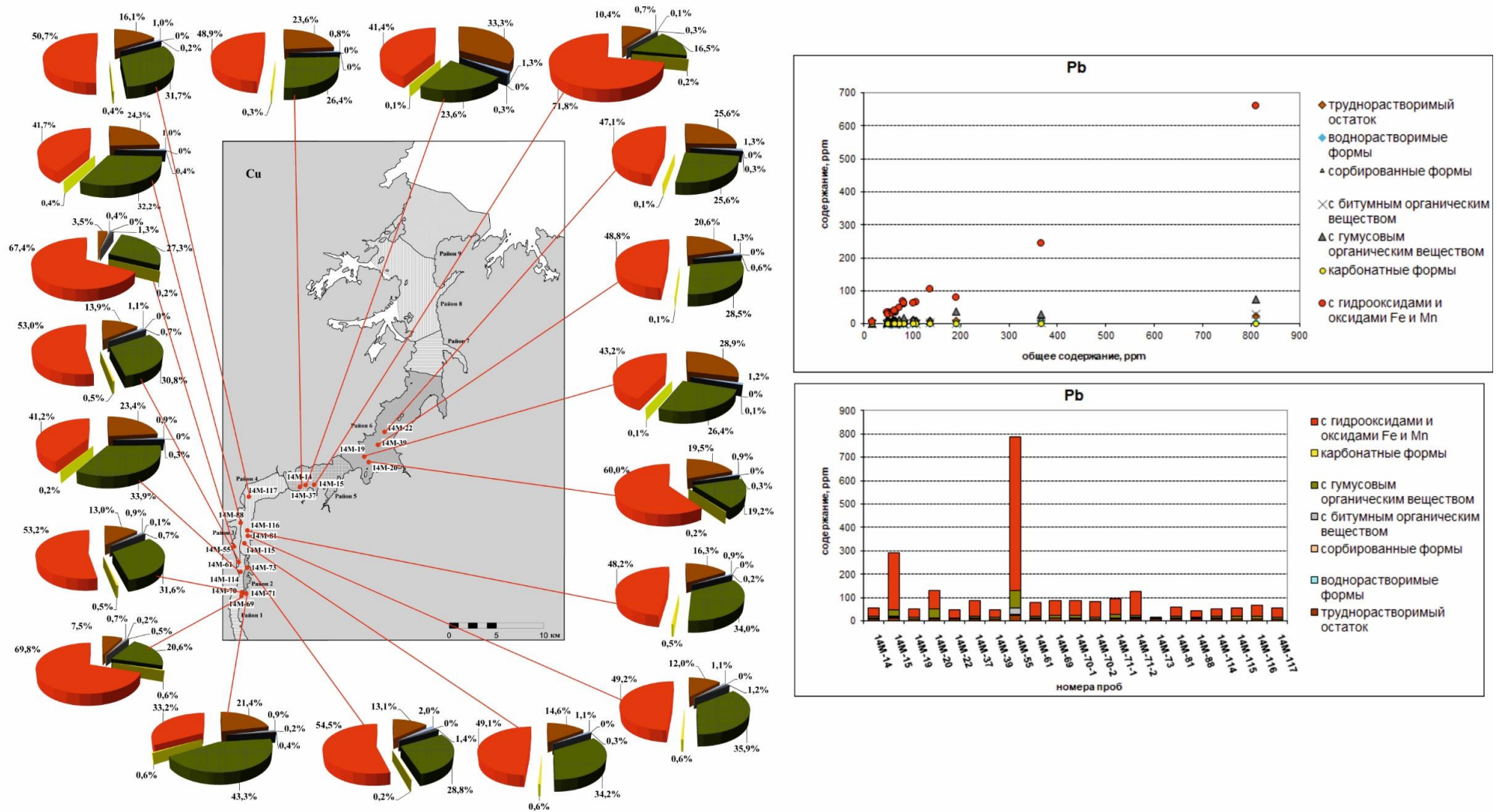


Рисунок 9. Формы нахождения меди в современных донных осадках, Кольский залив

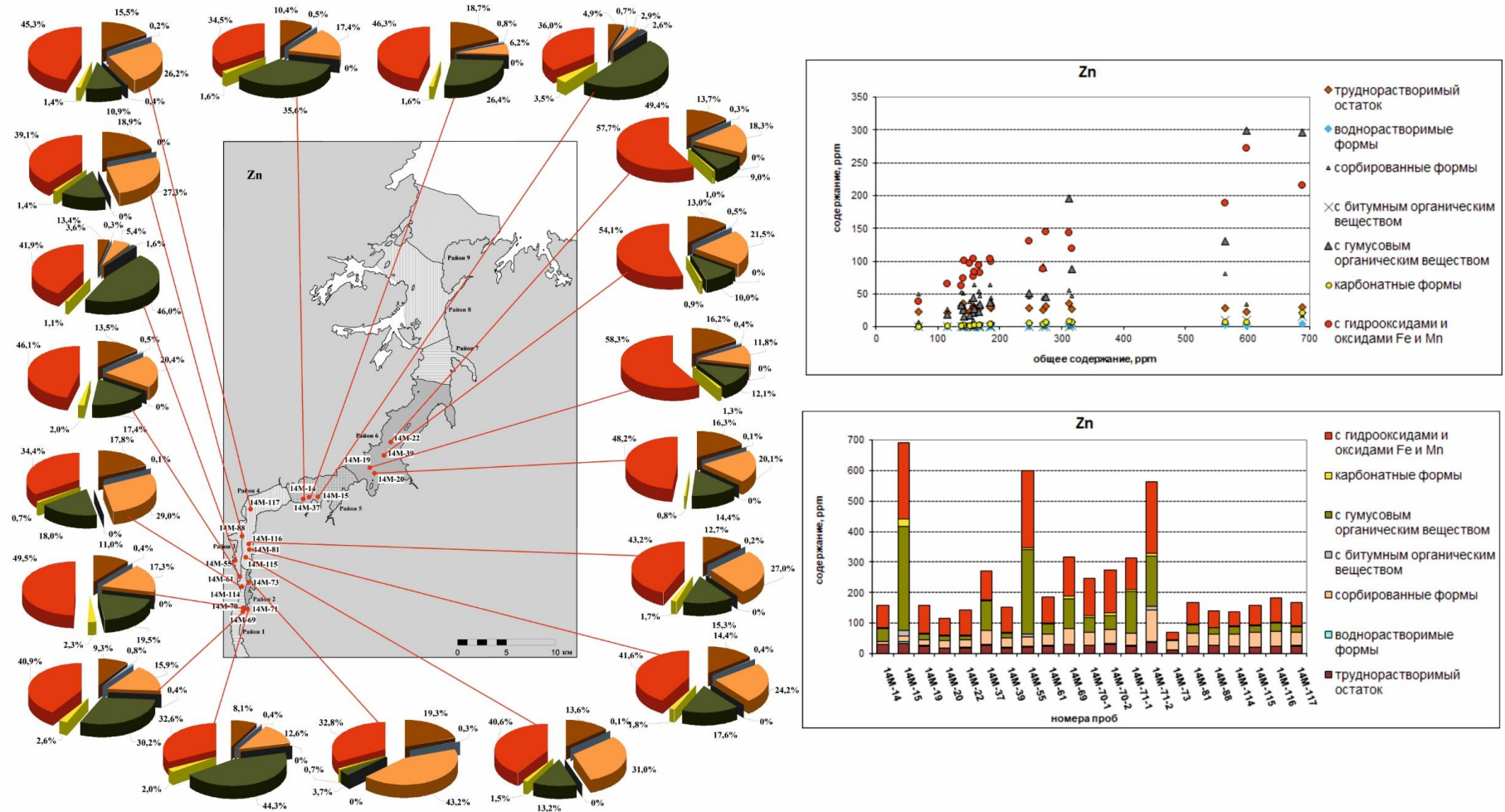


Рисунок 10. Формы нахождения цинка в современных донных осадках, Кольский залив

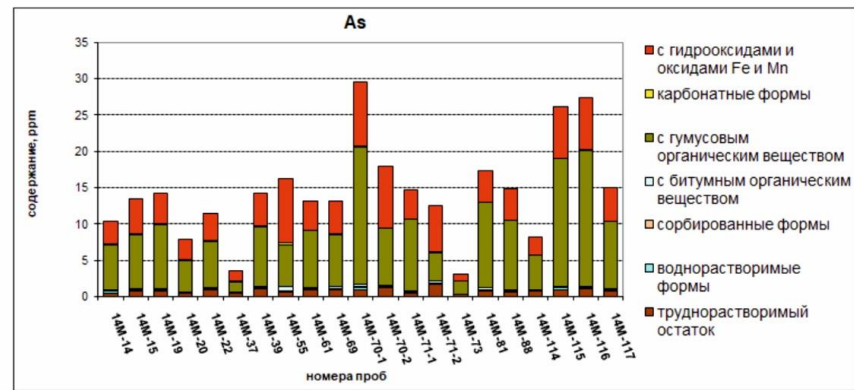
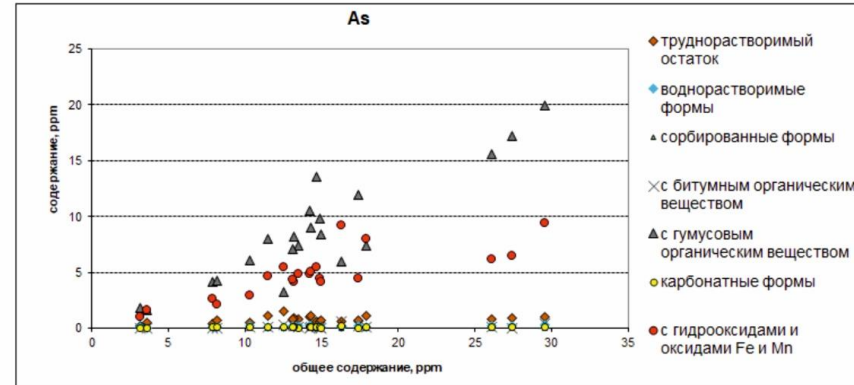
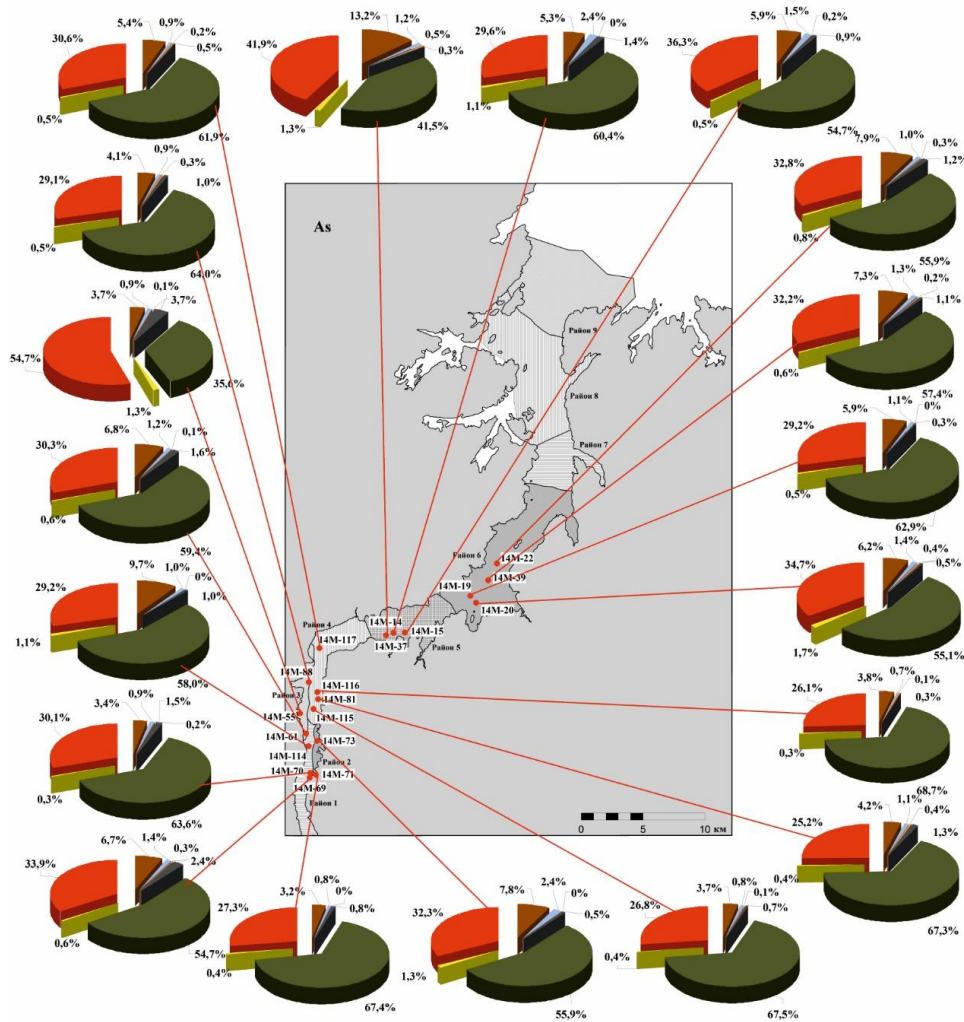


Рисунок 11. Формы нахождения мышьяка в современных донных осадках, Кольский залив



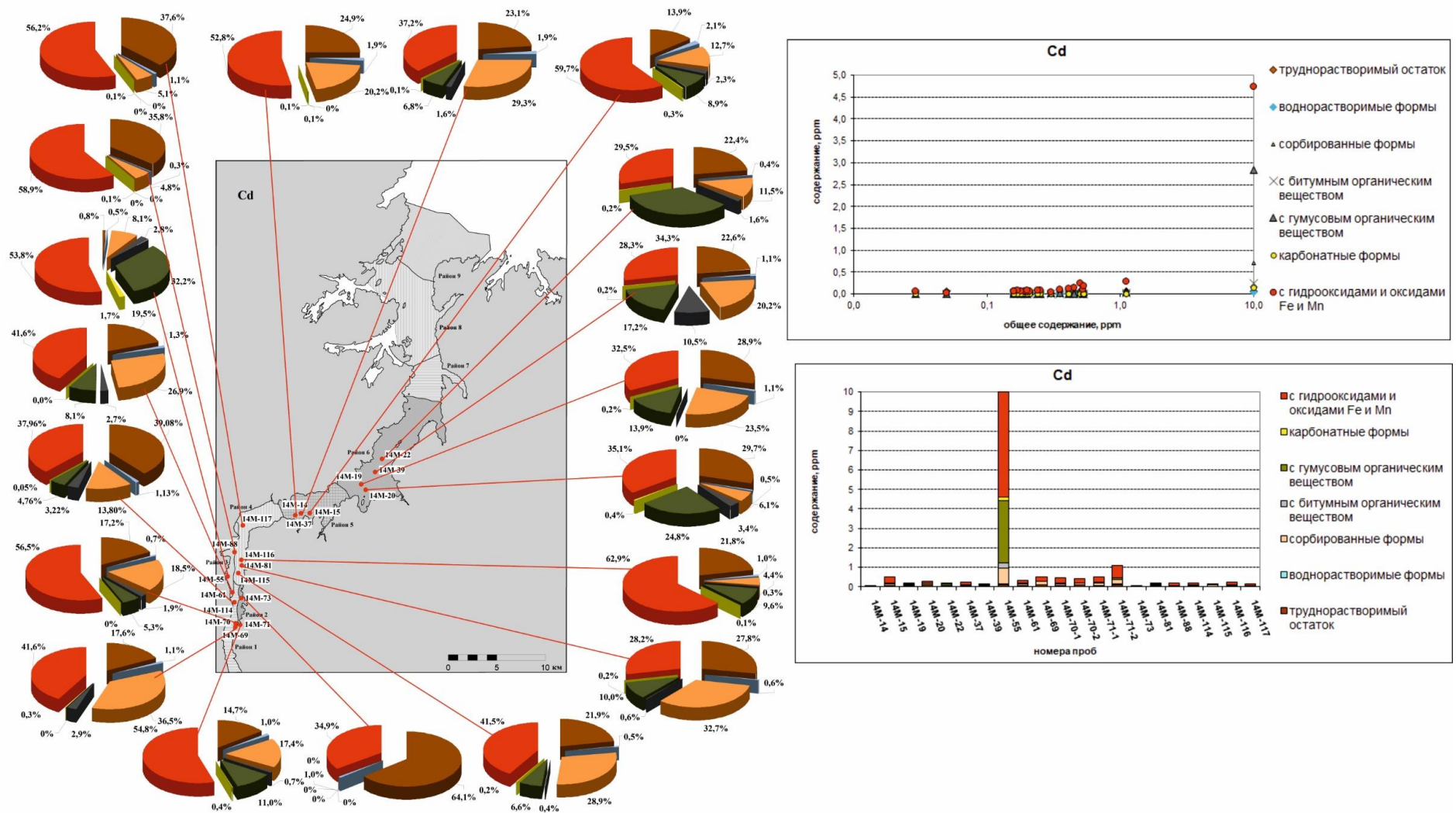


Рисунок 12. Формы нахождения кадмия в современных донных осадках, Кольский залив

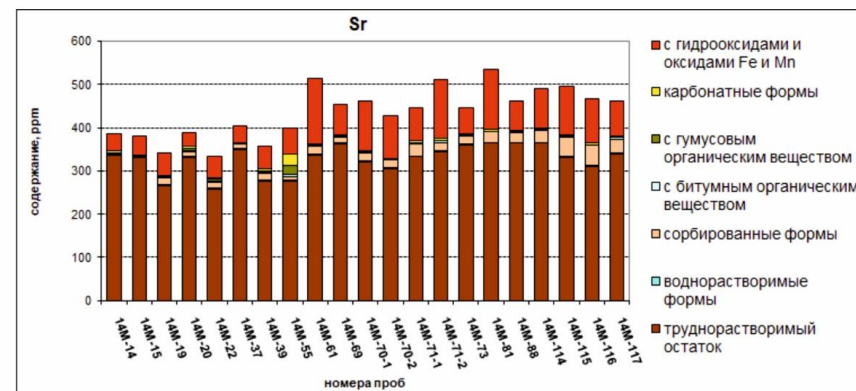
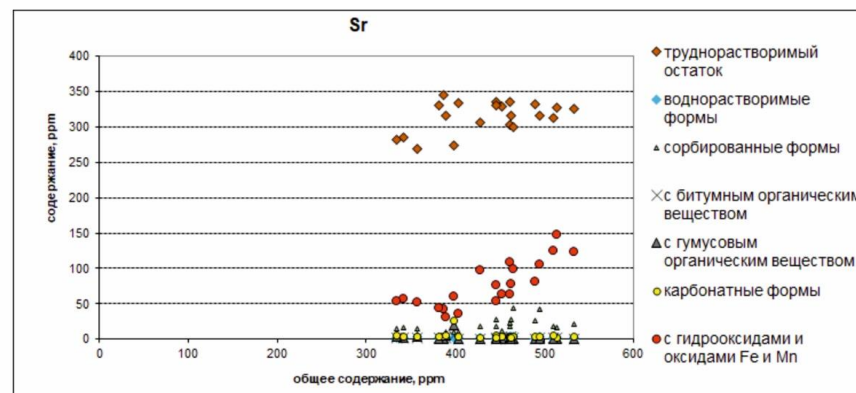
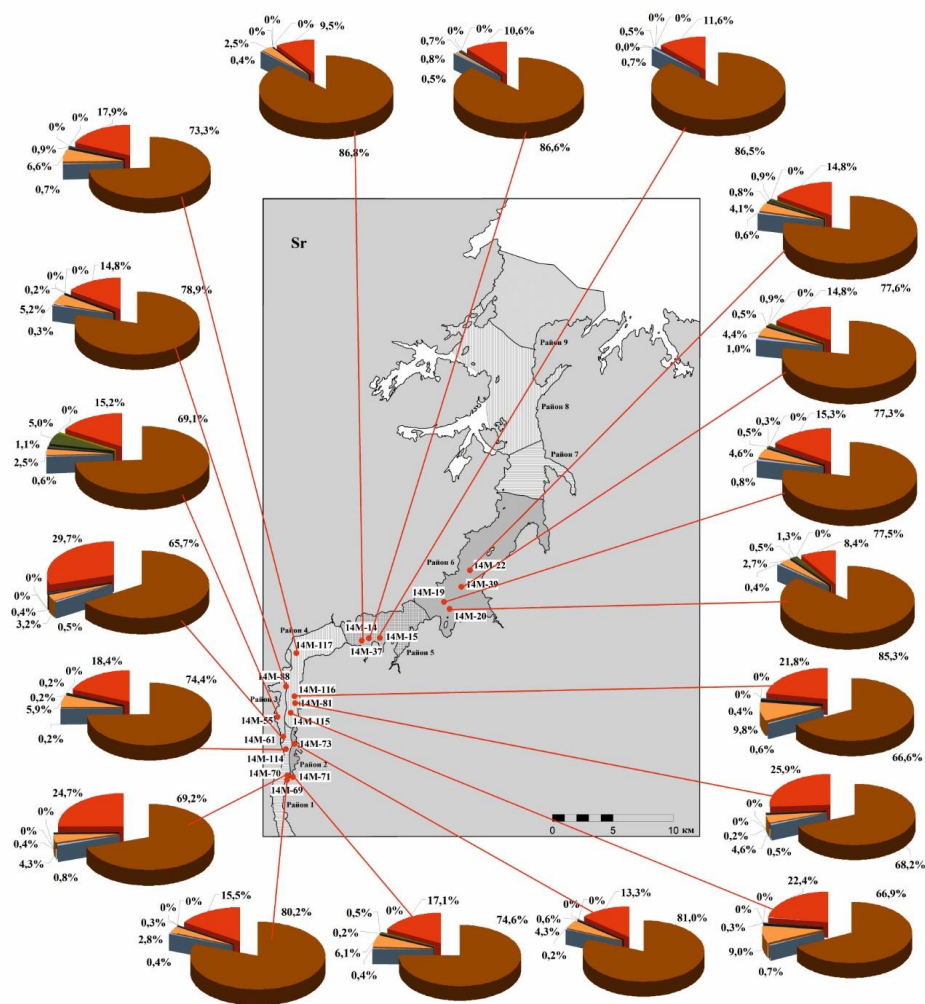


Рисунок 13. Формы нахождения стронция в современных донных осадках, Кольский залив



Распределение основных техногенных радионуклидов  $^{137}\text{Cs}$  и  $^{60}\text{Co}$  в донных осадках Кольского залива достаточно однородно и характеризуется невысокими концентрациями. Уровни загрязнения донных отложений  $^{137}\text{Cs}$  в пределах изученной площади Кольского залива не превышают уровни глобального загрязнения донных отложений северных морей европейской территории России, которые, в зависимости от литологического состава колеблются от 0,3 Бк/кг до 14,3 Бк/кг. Анализ данных мониторинга за 2001 г. и 2012–2014 гг. показывает, что на большинстве станций максимальные активности  $^{137}\text{Cs}$  отмечены в 2001 году. В 2012 году фиксируется минимальная активность  $^{137}\text{Cs}$ , далее его концентрация стабилизируется. Однако в 2014 году на части станций отмечается слабая тенденция к увеличению активности  $^{137}\text{Cs}$  в осадках. В целом колебания удельной активности за 2012–2014 годы находятся в интервале естественной дисперсии фоновых значений. Типичным примером такого временного изменения активности является данные по станции М-19.

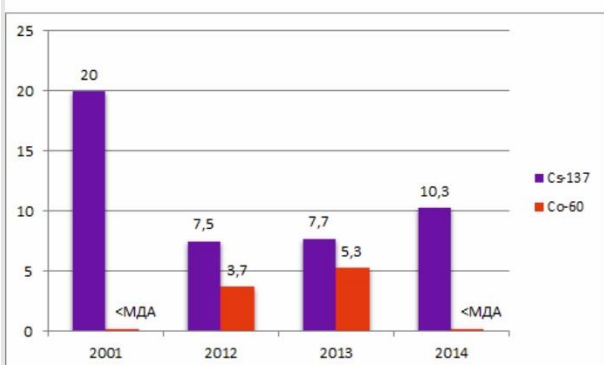
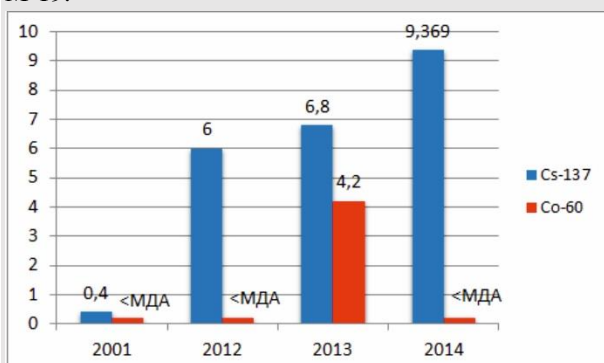


Рисунок 14. Изменение активности  $^{137}\text{Cs}$  и  $^{60}\text{Co}$  (Бк/кг) в донных осадках станций М-22 (вверху), М-19 (внизу), 2001–2014 гг.

На нескольких станциях отмечается слабая, но достаточно уверенно выраженная тенденция увеличения удельной активности за весь период мониторинга. Типичным примером проявления такой тенденции является станция М-22 (рис. 14). Станция расположена в Среднем колене залива, несколько севернее Североморска, на участке с большими глубинами.

Концентрация  $^{60}\text{Co}$  в донных осадках Кольского залива крайне незначительна и в большинстве случаев не превышает величину минимально детектируемой активности (МДА), составляющую для используемого аналитического комплекса – 1,3 Бк/кг. Общей тенденции в изменении удельной активности в верхнем слое донных осадков не наблюдается (рис. 14) и в целом колебания удельной активности  $^{60}\text{Co}$  находятся в интервале статистической дисперсии фона. В то же время сам по себе факт наличия  $^{60}\text{Co}$  в донных осадках ряда станций, учитывая короткий период его полураспада, может говорить о периодическом поступлении незначительного количества  $^{60}\text{Co}$  в акваторию залива.

Концентрация в придонных водах изученных химических элементов на всех станциях ниже ПДК в воде водных объектов, используемых для рыбохозяйственных целей [Р 52.24.566-94, 1994] (рис. 15).

Проведенные исследования показали, что высокий уровень концентрации нефтепродуктов в поверхностных осадках (рис. 16), установленный ранее, сохраняется. Зафиксированные в 2014 г. концентрации превышают фоновое содержание более чем в 1,5 раза и достигают 5,45 мг/г (рис. 17) на ст. 14М-55. При этом необходимо отметить, что в Среднем колене и на большей части Южного колена Кольского залива концентрация нефтепродуктов в придонных водах не превышает ПДК (0,05 мг/дм<sup>3</sup>) [Р 52.24.566-94, 1994] (табл. 2). Единственная точка, в которой этот уровень был превышен, расположена в районе пирса базы флота ОАО «МАГЭ» (рис. 18) и характеризуется малой глубиной моря (около 7,0 м).

В то же время на многих участках акватории наблюдается чрезвычайно высокий уровень загрязнения поверхностных вод нефтепродуктами.

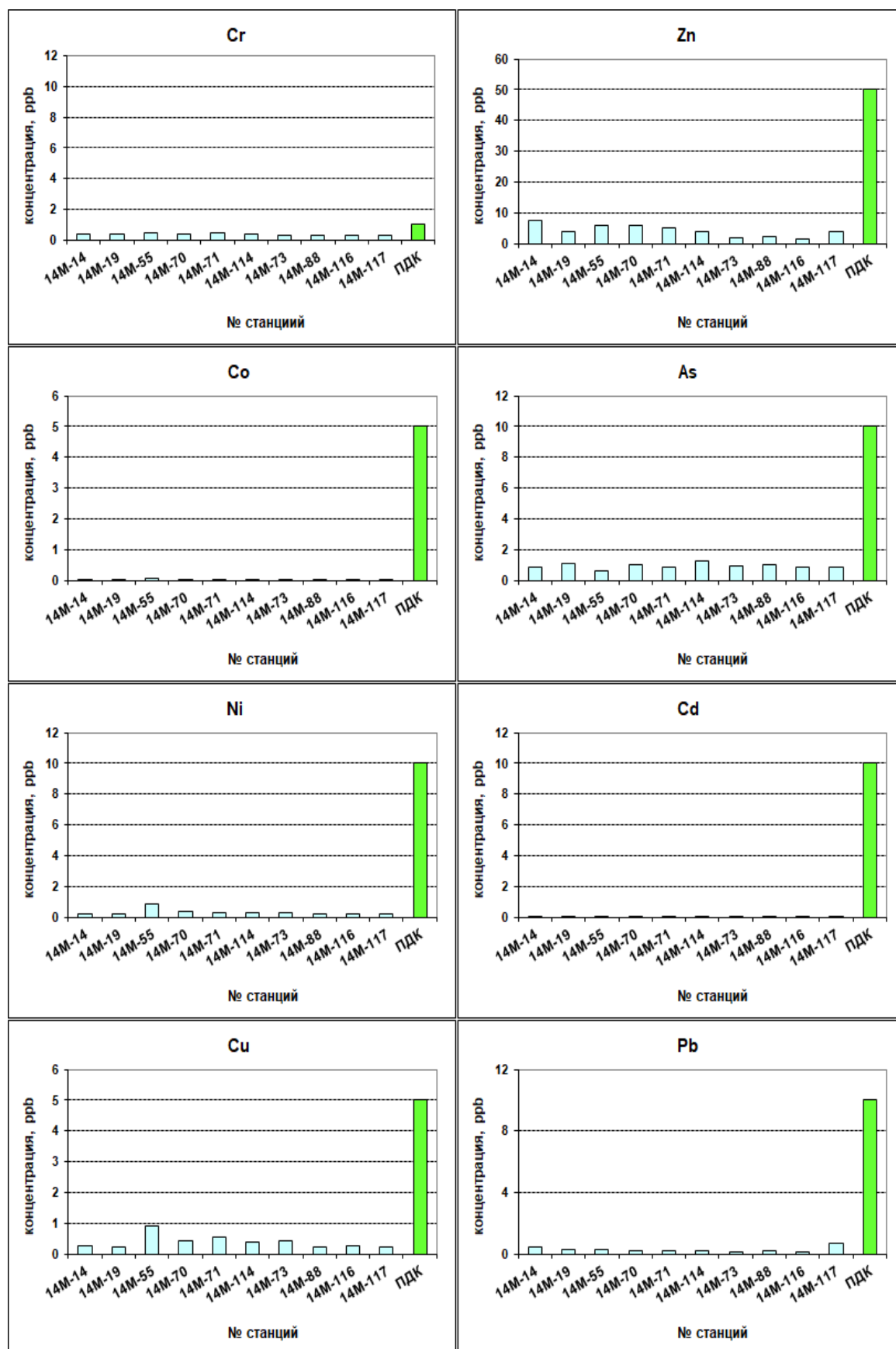


Рисунок 15. Содержание тяжелых металлов в придонных водах

Таблица 2. Массовая концентрация нефтепродуктов в придонных водах Кольского залива

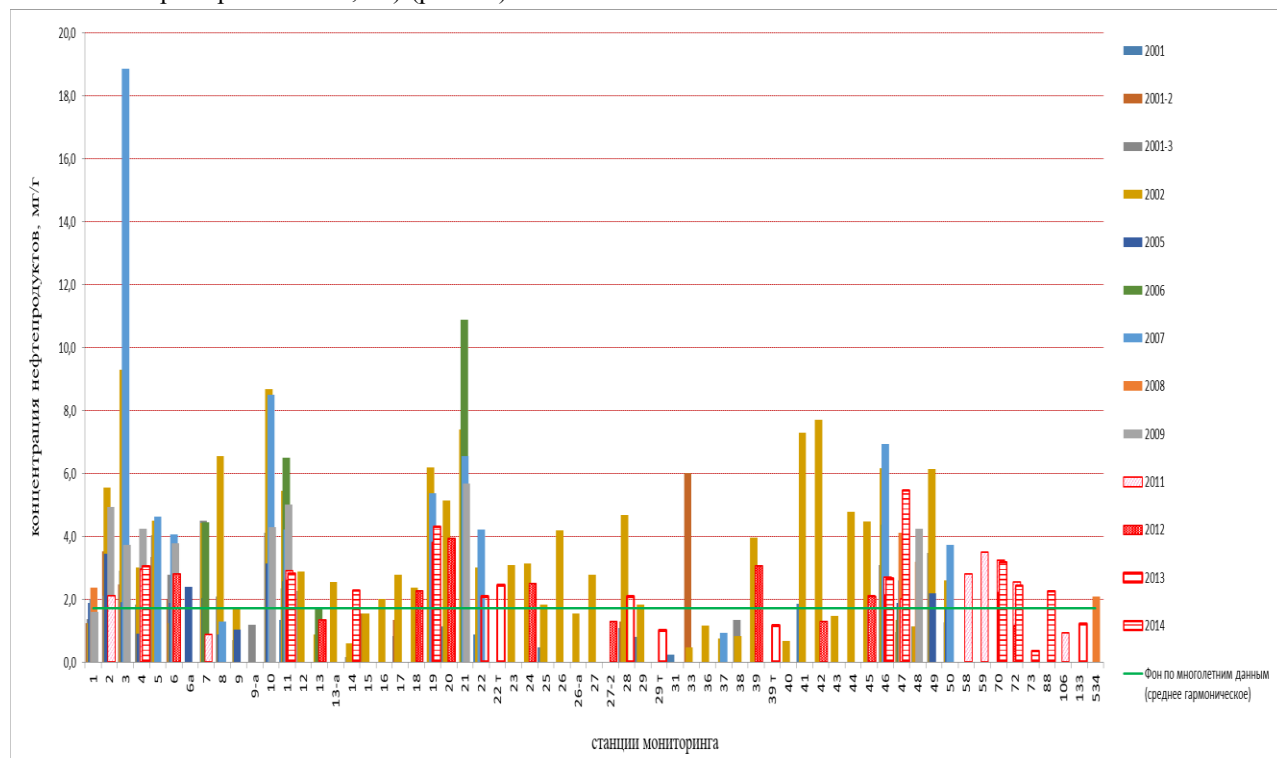
№ станции	Концентрация, г/дм <sup>3</sup>
14М-14	0,018
14М-19	0,017
14М-55	0,051
14М-70	0,026
14М-71	0,024
14М-73	0,027
14М-88	0,019
14М-114	0,026
14М-116	0,020
14М-117	0,016

Исследования содержания органических токсикантов (полихлорбифенилов – ПХБ, хлорорганических пестицидов – ХОП и бенз(а)пирена – БП) в поверхностных донных отложениях показали высокий уровень концентрации ПХБ, превышающий ПДК для почв, в районах акватории с высокой транспортной нагрузкой (Первый грузовой район рыбного порта – ст. 71, база флота «МАГЭ» – ст. 55, губа Рослякова – ст. 14 и Североморск – ст. 19, 22) (рис. 19). В то же

время, все станции, в которых наблюдается превышение ПДК по БП, расположены в пределах Южного колена, что вероятно связано со сбросом хозяйственно-бытовых стоков. Загрязнение ХОП, превышающее ПДК, не установлено.

В придонных водах ПДК для вод водных объектов, используемых для рыбохозяйственных целей [Нормативные данные ..., 1994], превышен только для фенолов. Наиболее высокой концентрации (8,5 мкг/дм<sup>3</sup>) они достигают в районе Первого грузового района рыбного порта (рис. 20).

Гидролокационные исследования дна Южного колена Кольского залива, проведенные в 2014 году, показали высокую эффективность данного вида геофизических работ для оценки состояния дна в районах с развитой портовой инфраструктурой (рис. 1). В задачи ГЛБО, учитывая специфику Кольского залива, наряду с общей характеристикой донных образований (распределение поверхностных осадков, определение выходов коренных пород (рис. 21, 22) и т. д.), входила оценка степени техногенного воздействия на геологическую среду. На записях ГЛБО были выявлены многочисленные затопленные, в том числе потенциально опасные объекты, следы якорей и т. д. (рис. 23, 24).

Рисунок 16. Содержание нефтепродуктов в поверхностных донных осадках Кольского залива по данным многолетних наблюдений (фоновая концентрация 1,72 мг/дм<sup>3</sup>)

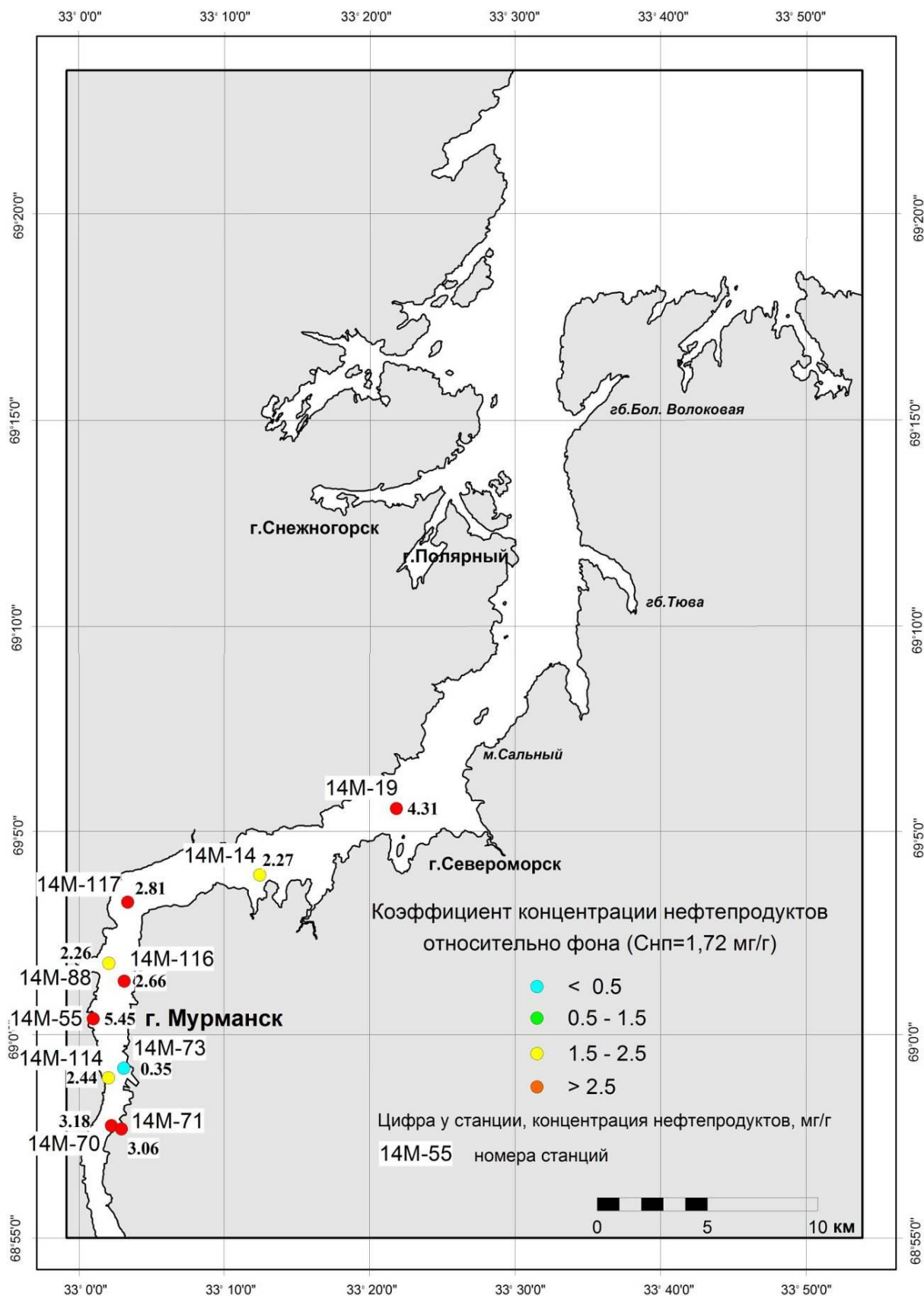


Рисунок 17. Распределение нефтепродуктов в донных осадках Кольского залива, 2014 г.

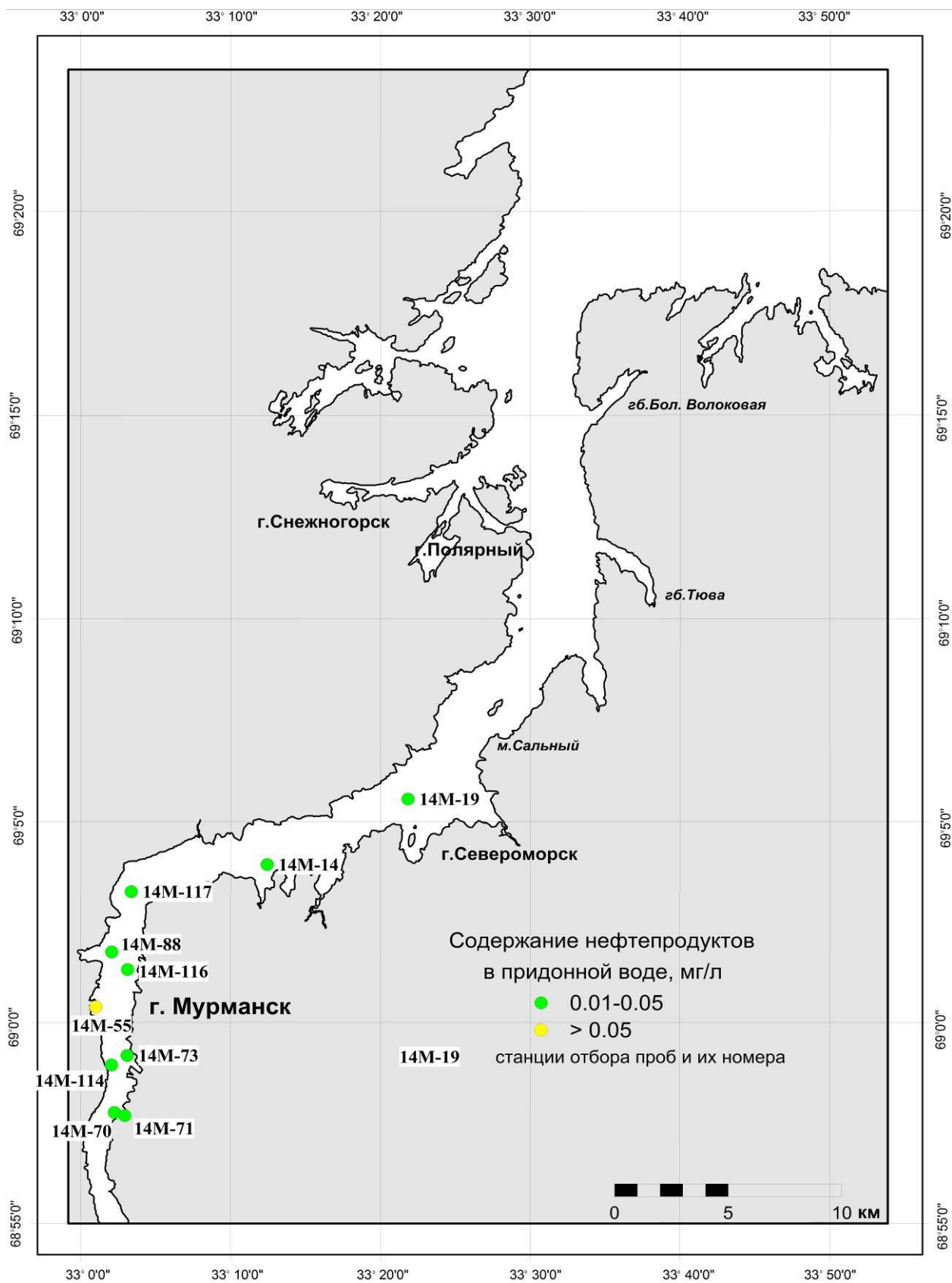


Рисунок 18. Содержание нефтепродуктов в придонной воде, 2014 г.



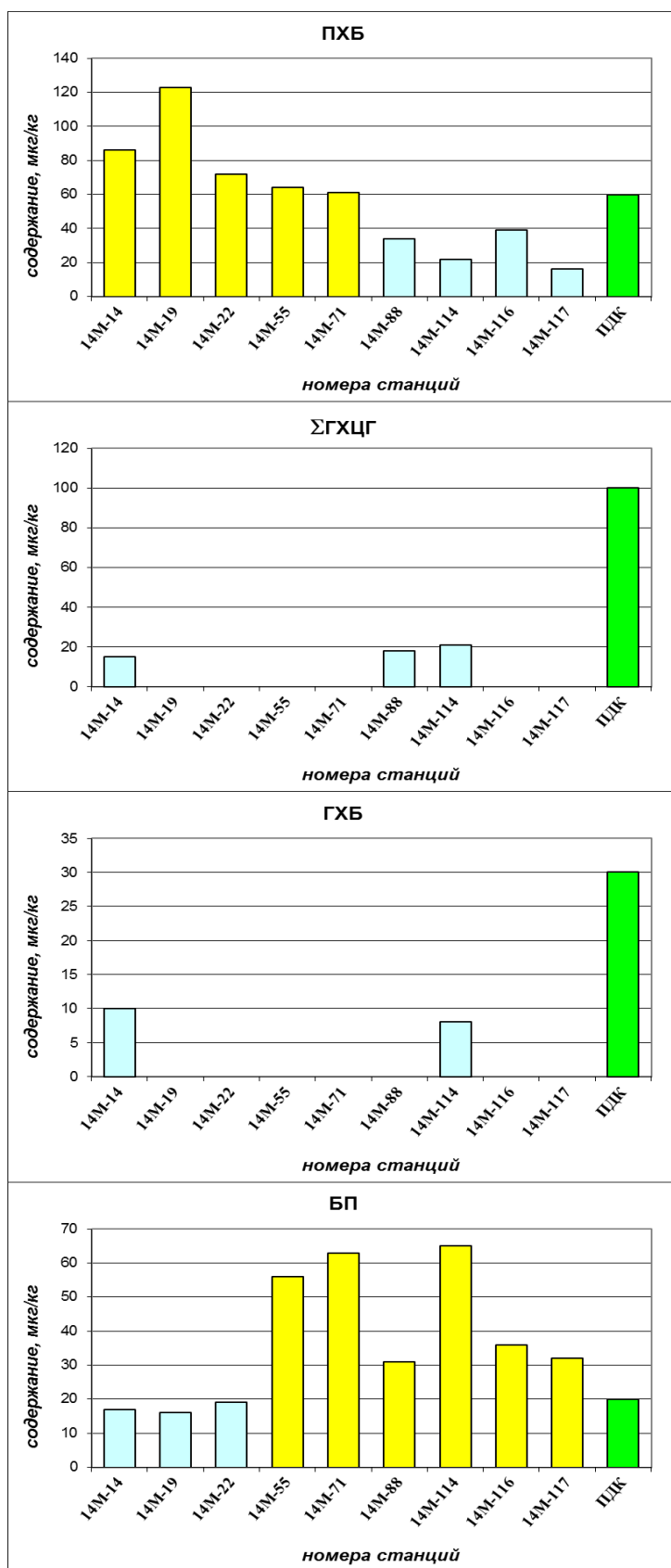


Рисунок 19. Содержание органических токсикантов в поверхностных донных осадках Кольского залива, 2014 г.

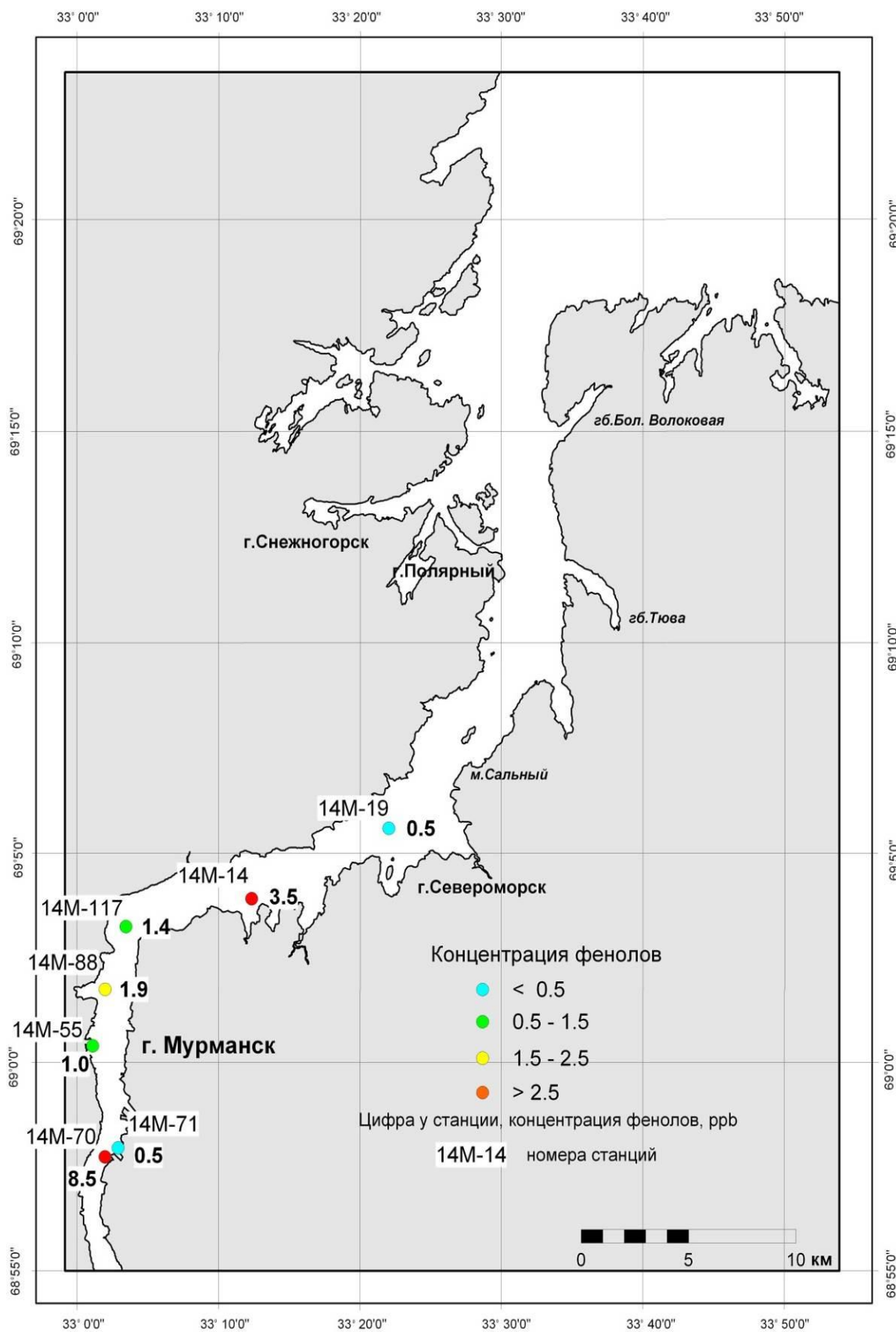


Рисунок 20. Содержание фенолов в придонной воде, 2014 г.

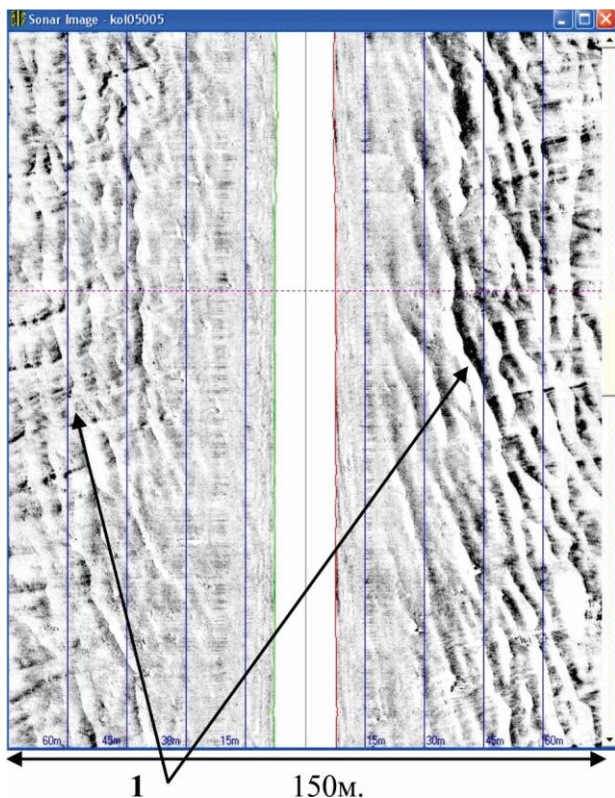


Рисунок 21. Участок дна Кольского залива (ГЛБО):  
1 – выходы коренных пород на поверхность дна

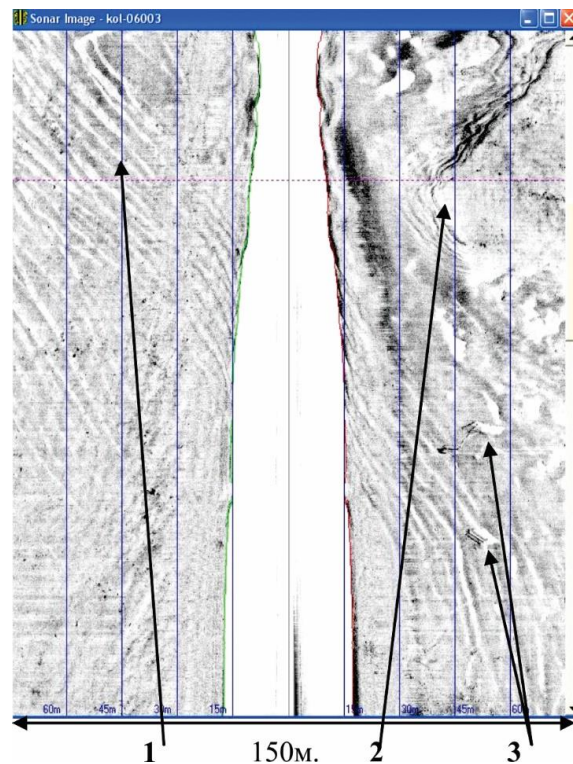


Рисунок 22. Участок дна Кольского залива. Устье реки Лавна (ГЛБО): 1 – конусы выноса, 2 – линия берега, затопленная во время прилива, 3 – техногенные объекты

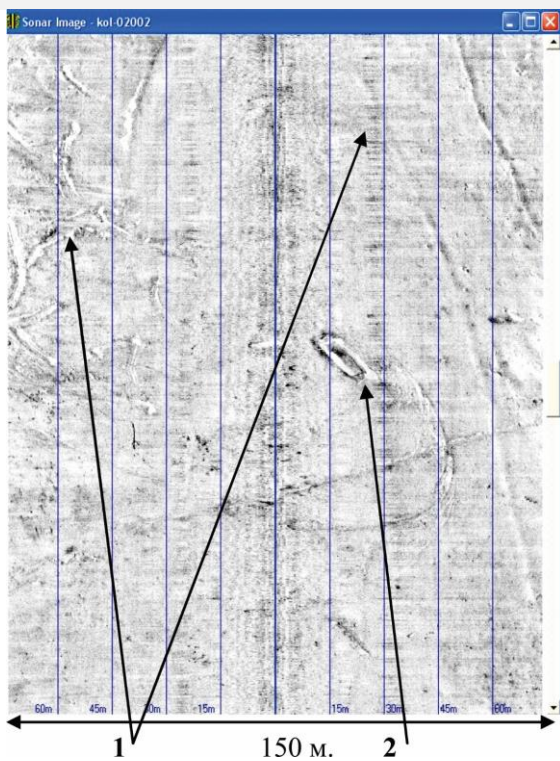


Рисунок 23. Участок дна Кольского залива (ГЛБО):  
1 – борозды от якорей судов, 2 – затонувшая баржа длиной 17 м

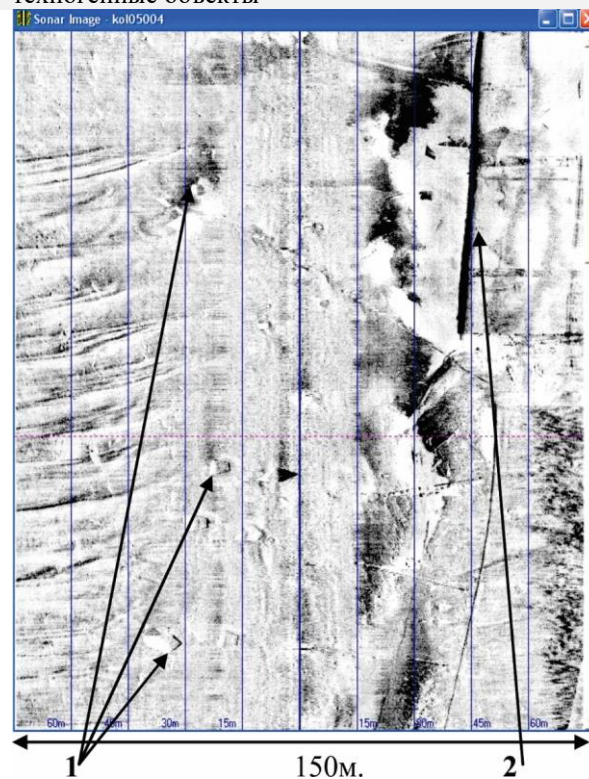


Рисунок 24. Участок дна Кольского залива (ГЛБО):  
1 – бетонные блоки, 2 – край плавучего дока



## КОНТРОЛЬНЫЙ ПОЛИГОН ТЕРИБЕРКА – ГРЕМИХА ПРИБРЕЖНОГО ШЕЛЬФА КОЛЬСКОГО ПОЛУОСТРОВА (БАРЕНЦЕВО МОРЕ)

Контрольный полигон «Губа Териберская» представляет собой типичный участок баренцевоморской береговой зоны Кольского п-ва, испытывающий в настоящее время минимальное антропогенное воздействие. Здесь располагается одно из старейших сел Кольского полуострова Териберка и пос. Лодейное с причальной линией. В связи с планируемым освоением Штокмановского газоконденсатного месторождения в Териберке планируется строительство ряда крупных объектов: завода сжиженного природного газа (СПГ), примыкания газопровода от Штокмановского месторождения в губе Опасова и порта по отгрузке СПГ в губе Орловка (рис. 25).



Рисунок 25. Проект береговых объектов обустройства Штокмановского газоконденсатного месторождения ОАО «Газпром» [www.murmanshelf-conf.ru/archive/files/2012/mandel.pdf]

Снятие фоновых характеристик геологической среды в данном случае и являлось одной из задач мониторинга, что необходимо для контроля строительства вышеупомянутых объектов. В 2014 г. в губе Териберка были выполнены комплексные геолого-геофизические исследования (рис. 26, 27).

В пределах ключевого участка «Териберка» развиты нижнелопийские (губа Орловка и мыс, разделяющий губы Орловка и Корабельная) и средне-верхнелопийские плагиграниты и гранито-гнейсы [Государственная..., 2007] (рис. 28). В прибрежно-шельфовой зоне они формируют жесткий «акустический» фундамент и практически нерасчленимы. Кроме архейских пород присутствуют верхнерифейские песчаники и алевролиты. На ключевом участке выделяется ряд разломов, в основном северо-восточного простирания, и секущих их региональных

тектонических нарушений, в том числе глубинного разлома, известного как «Линия Карпинского».

В целом конфигурация береговой линии участка во многом определяется положением тектонических нарушений. На участке отмечены известные эпицентры землетрясений, включая исторически зафиксированное землетрясение с магнитудой 4,4 в деревне Териберка [Аветисов, 1996]. Этот район был выделен Г.П. Аветисовым (1996) как сейсмичная зона с землетрясениями с магнитудами до 4,4–4,6. Согласно картам общего сейсмического районирования [Комплект карт..., 1999], в зонах линеаментов можно ожидать землетрясения с магнитудой до 5,0 (сотрясения в эпицентре до 7 баллов).

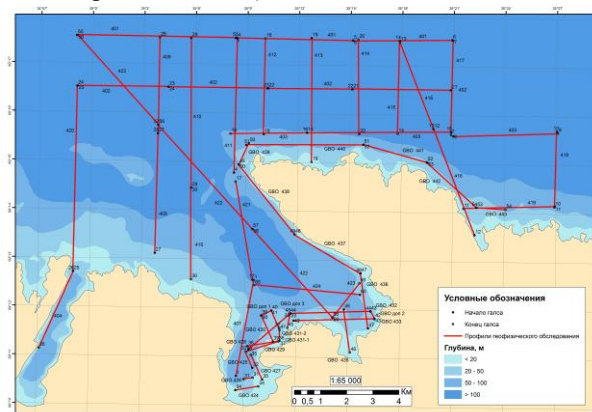


Рисунок 26. Карта фактического материала геофизического профилирования на ключевом участке «Губа Териберская» в 2014 г.

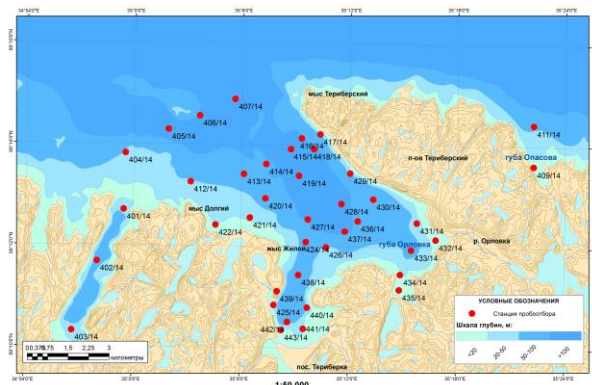


Рисунок 27. Карта фактического материала геолого-гидрохимического проботбора и гидрофизического зондирования на ключевом участке «Губа Териберская» в 2014 г.



Строение четвертичного покрова в пределах ключевого участка «Териберка» изучено слабо. Основные данные были получены при проведении геоакустического профилирования (рис. 29–32) и частично при поверхностном пробоботборе. Учитывались материалы геологического картографирования в масштабе 1 : 1 000 000 (ОАО «МАГЭ») и данные ВСЕГЕИ, полученные в 1970-х годах, и инженерно-геологических изысканий ОАО «Севморгео» в 2012 году в губе Опасова, к востоку от губы Териберка. Наиболее молодыми являются осадки, слагающие центральную часть губы Териберка (сейсмогеологический комплекс 1 (СГК1)). Так, на профиле 17, идущем от места якорной стоянки на мыс Териберский с глубины 100–110 метров проявляется толща слоистых осадков, мощность которых в центре губы

превышает 20 м. Толща неоднородная, в ней отмечаются слои с большей акустической жесткостью (рис. 29). Вероятно, эта толща может быть отнесена к морским нефелоидным песчано-глинистым осадкам голоцена. Сходные осадки установлены у подножья уступа вдоль берега от пос. Териберка до губы Долгая, а также в осевой части губы Долгая. Подстилающий сейсмогеологический комплекс 2 также представлен слоистыми отложениями, но слабоволнистыми, с жестким «акустическим» отражением от кровли (рис. 30). Эти отложения отождествляются с ледниково-морскими осадками с характерной цикличностью, связанной с таянием покровных ледников. Глины более плотные, часто песчанистые, постоянно присутствует примесь дресвы или гальки.

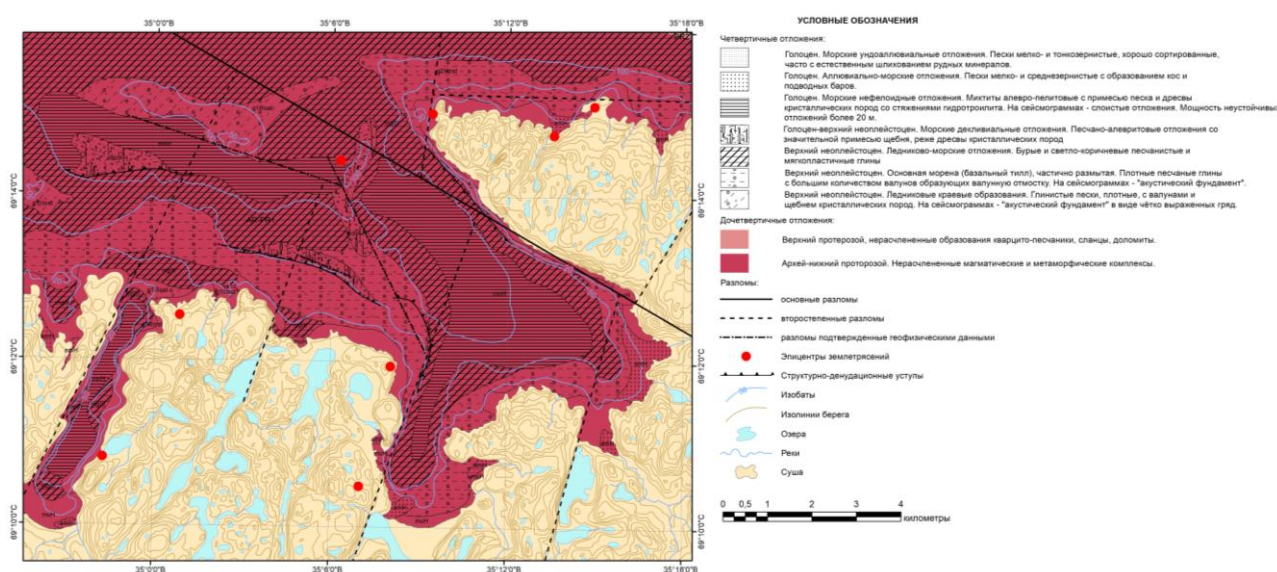


Рисунок 28. Комбинированная схема геологического строения и инженерно-геологического районирования

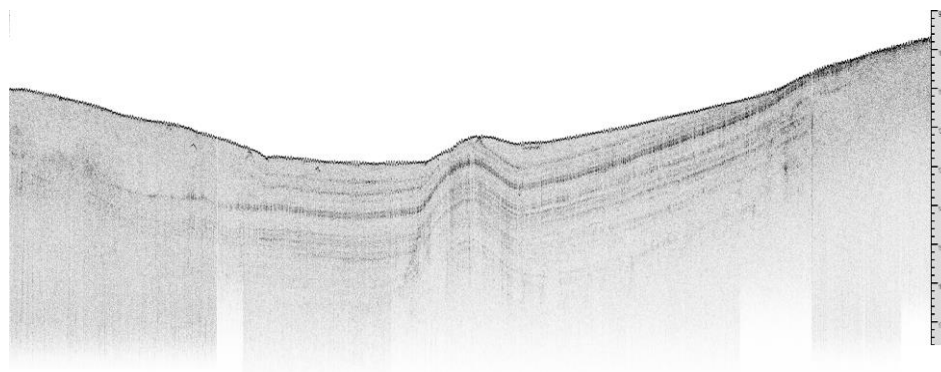


Рисунок 29. Зона развития мягких глинистых слоистых отложений, выполняющих дно центральной части губы Териберка (mH). Отложения СГК1. Профиль 17

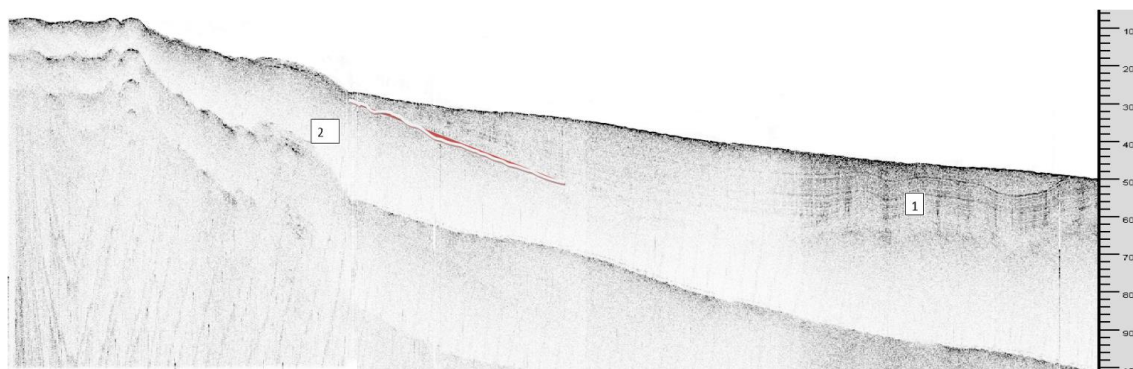


Рисунок 30. Зона развития уплотненных глинистых отложений (1), развитых на склонах центральной части губы Териберка (mgH). Подстилающие отложения представлены ледниково-морскими разностями (2). Отложения СГК2. Профиль 39

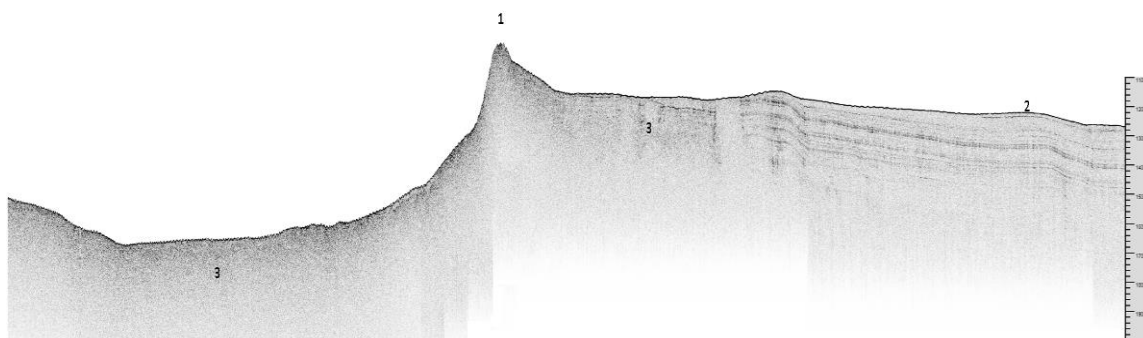


Рисунок 31. Грядовый рельеф, сложенный моренным материалом с валунами кристаллических пород. Отложения СГК3. 1 – моренная гряда (краевая морена), 2 – голоценовые морские нефелоидные отложения, 3 – ледниково-морские отложения верхнего неоплейстоцена

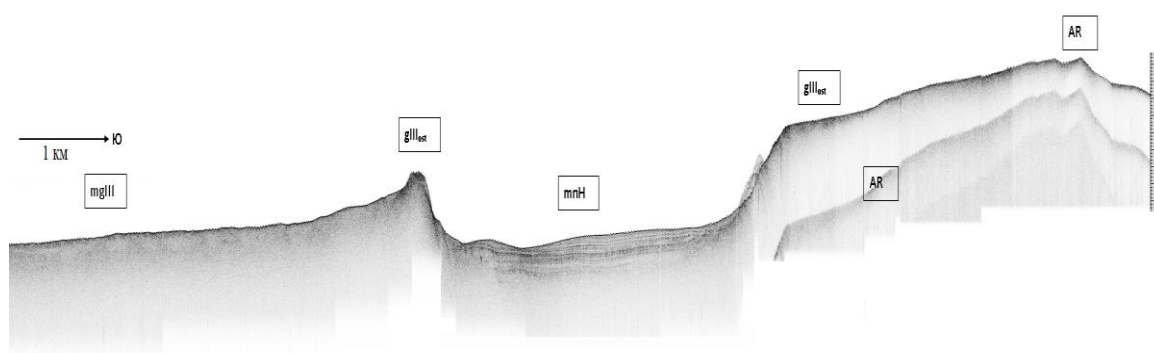


Рисунок 32. Сейсмогеологический профиль 25 «Море-Губа Долгая»: 1 – моренная гряда (краевая морена), 2 – голоценовые морские нефелоидные отложения, 3 – ледниково-морские отложения верхнего неоплейстоцена, 4 – коренные породы архея–нижнего протерозоя

Сейсмогеологический комплекс 3 по характерному грядовому (моренному) рельефу дна позволяет, предположительно, отнести его к ледниковым образованиям (рис. 31, 32). Этому не

противоречит и широкое распространение валунов в районах активного размыва морского дна. К скалистым ригелям, располагающимся в устьях губ-фиардов, приурочены краевые ледниковые

образования, маркирующие стадии отступления ледника. В устье р. Терiberка и в вершинах некоторых губ развиты аллювиально-морские и волновые песчаные отложения.

Для оценки геохимической структуры донных осадков на ключевом участке «Терiberка» по результатам донного опробования в июле 2014 года была составлена литологическая карта (рис. 33). Для

донных осадков ключевого участка характерна крайне низкая степень дифференциации и преобладание смешанных типов осадочных образований. Так, наиболее тонкими осадками, соответствующими зонам развития нефелоидных отложений как в губе Терiberка, так и в осевой части губы Долгая, являются песчано-алеврито-пелитовые миктиты (рис. 34).

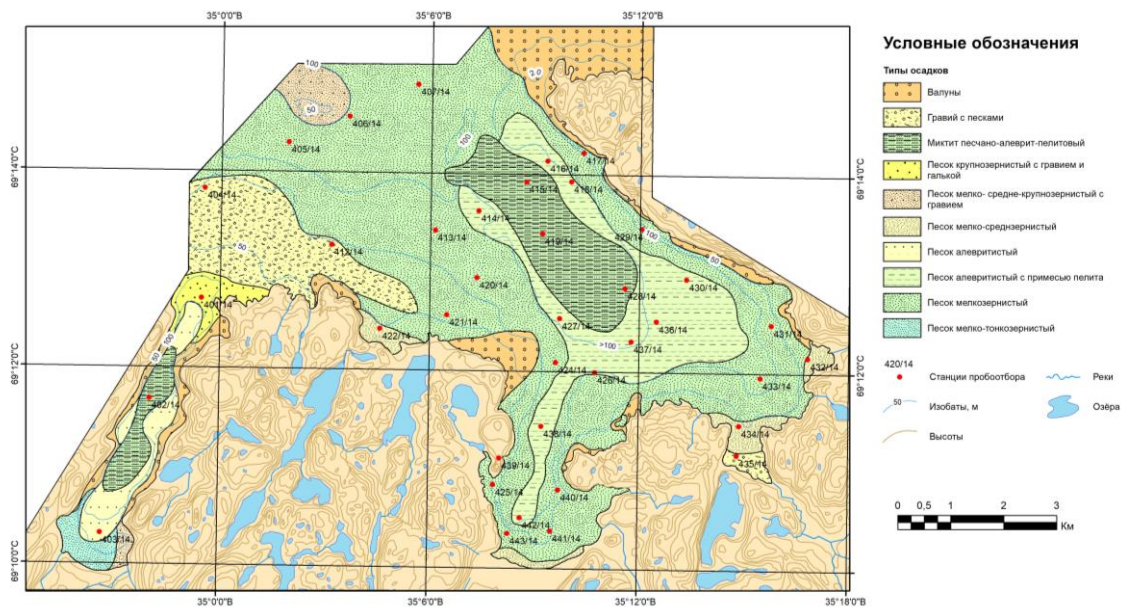


Рисунок 33. Распределение донных осадков контрольного полигона «Губа Терiberская»

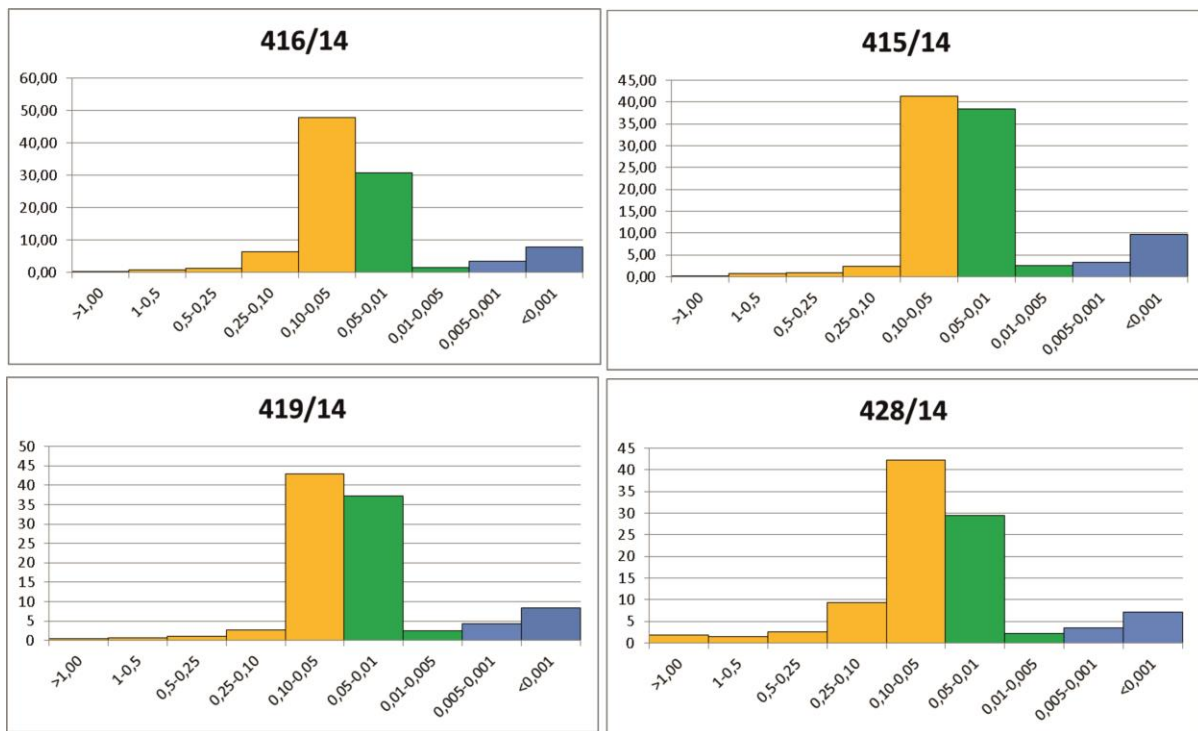


Рисунок 34. Гистограммы распределения гранулометрического состава песчано-алеврито-пелитовых миктитов



В губе Терiberка преобладающими фракциями являются тонкопесчаная и крупноалевритовая, а содержание фракции  $<0,01$  мм составляет всего 12–17 %. На станции 402/14 в губе Долгая в пробе донных осадков модальными фракциями одновременно являются крупноалевритовая и песчано-дресвяная, а содержание частиц  $<0,01$  мм достигает 30 %, т. е. при более грубозернистом составе осадки характеризуются большей абсорбционной емкостью. *Песок алевритистый с примесью пелита* является вторым литотипом, связанным с относительно глубоководной зоной осадконакопления. Он окаймляет песчано-алевритовые миктиты и вписывается в контур изобаты 50 м. *Пески мелкозернистые* покрывают наиболее значительную часть дна (до 40 %) губы Терiberская (рис. 35).

По существу в этих песках преобладают две фракции – мелко- и среднезернистая, при постоянном присутствии алевропелитовых частиц. В генетическом отношении большая часть этих осадков относится к перлювию. Они перекрывают как ледниково-морские, так и, частично, моренные отложения. В нижней части волновой зоны сортировка песков несколько улучшается, на сонограммах они опознаются по характерным знакам ряби (рис. 36).

Остальные литотипы донных осадков, представленные различными песками, менее распространены, характеризуются мозаичным

распределением на различных глубинах моря, часто ниже границы волнового поля. Большая часть из них имеет перлювиальный генезис и неоднозначно отражает геологию подстилающих осадков. Таким образом почти все типы донных осадков характеризуются минимальным содержанием фракций  $<0,01$  мм. Даже наиболее тонкие осадки имеют в своем составе не менее 35–38% песчаной фракции, что существенно снижает их сорбционную емкость, как по отношению к значительной части микроэлементов, так и органических загрязнителей, включая нефтепродукты. Лишь в центральной части Терiberской губы (в большей мере внутри губы Долгая) существуют условия для накопления загрязняющих веществ. Статистические параметры распределения некоторых металлов и нефтепродуктов в донных осадках приведены в таблице 3.

Содержания свинца колеблются от 20 до 73 ppm (среднее – 24 ppm), что несколько ниже нижнего лимита загрязнения донных отложений по Норвежской классификации (SFT). Выше этого уровня всего три пробы. Наиболее высокий уровень – 73 ppm, соответствующий средней степени загрязнения, установлен в пробе 425/14, отобранной по близости от портовой зоны пос. Лодейное (рис. 37). Станция наблюдения 426/14 располагается в устье губы Терiberская, и вдоль нее проходит поток наносов, как от пос. Лодейное, так и из устья самой реки.

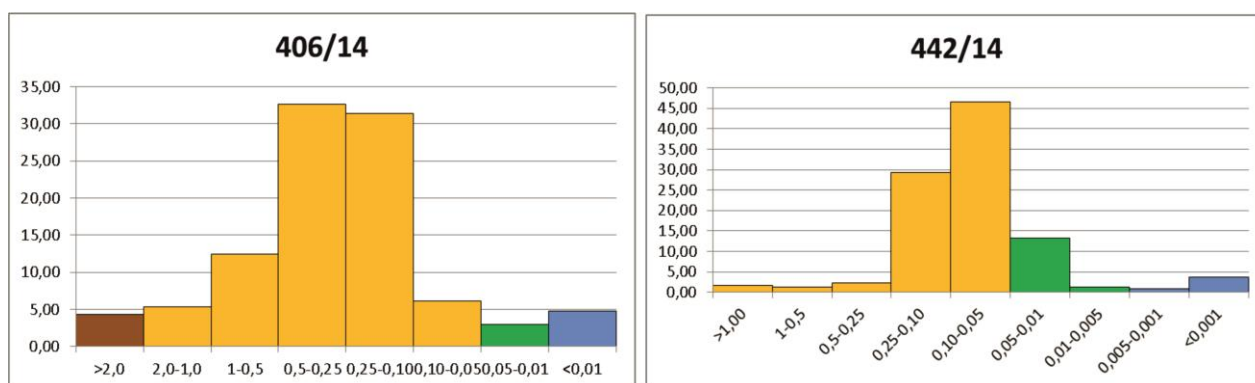


Рисунок 35. Гистограммы распределения гранулометрического состава мелкозернистых песков с примесью пелита



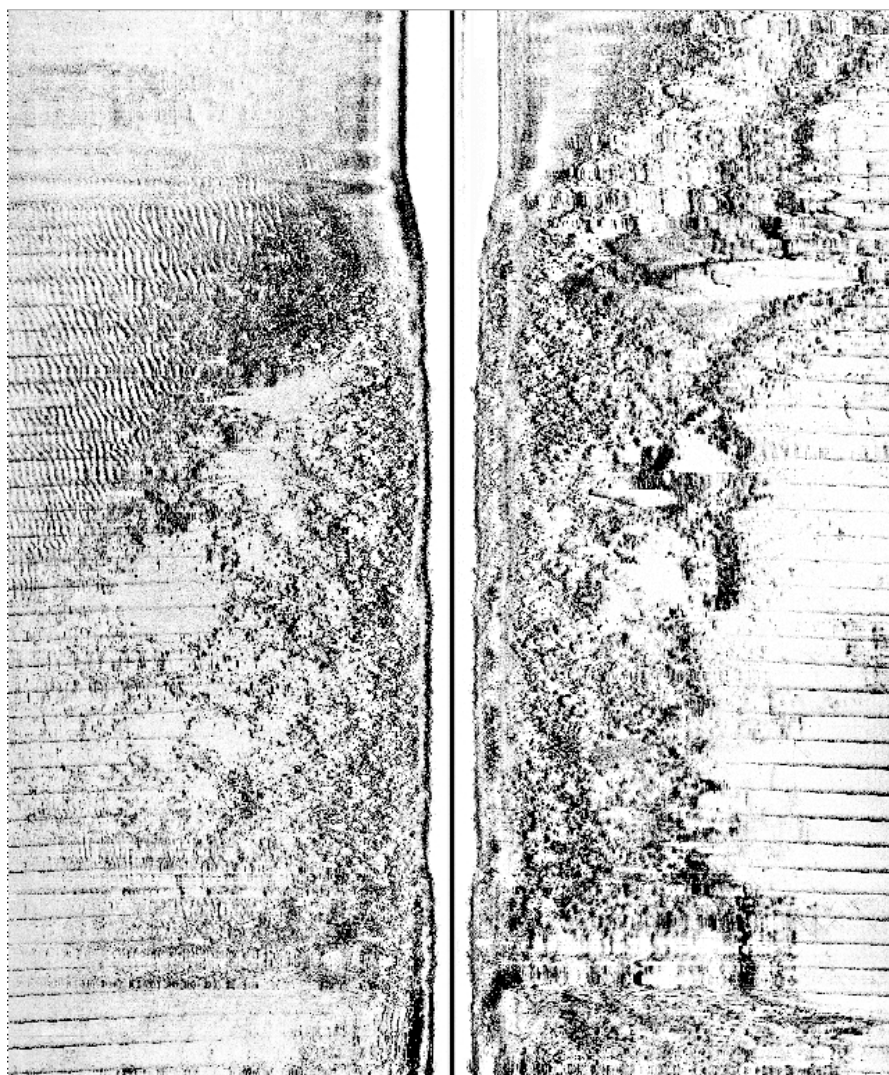


Рисунок 36. Миграция мелкозернистых песков под влиянием течений вдоль восточного берега губы Териберская



Рисунок 37. Изменение содержания свинца (ppm) в донных осадках на станциях прибрежно-шельфовой зоны северного побережья Кольского полуострова в июле 2014 года. Синий цвет – содержание Pb на станциях пробоотбора; красный цвет – уровень фонового загрязнения согласно Классификации оценки качества донных отложений Норвежского агентства по контролю за загрязнением окружающей среды (STF) [Molvær et al., 1985]

Таблица 3. Статистическая характеристика содержаний металлов и нефтепродуктов в донных осадках, отобранных на станциях пробоотбора на ключевом участке «Губа Терiberская» в июле 2014 г.

	ppm								мг/кг
	Pb	As	Zn	Cu	Ni	Cr	V	Hg	НП
мин.	20	20	16	20	5	19	15	0.03	0,05
макс.	73	175	642	76	47	81	106	0.08	0,56
ср.	23,98	68,83	82,48	37,38	19,40	41,73	41,58	0.04	0,21
ст.откл.	11,41	46,27	133,13	15,67	12,73	16,39	20,95	0.02	0,13
V%	47,59	67,23	161,41	41,93	65,64	39,28	50,39	44,96	64,55
Новеж.шк.	30	20	150	35	30	70	70	0.15	0.5

Изменчивость содержаний As находится в пределах от 20 до 175 ppm, что, по Норвежской классификации, соответствует «умеренно загрязненным осадкам» (20–80 ppm) и даже «средне загрязненным осадкам» (80–400 ppm). Проведенные в 2010 году работы на шельфе Баренцева моря западнее полигона имели значения на уровне 32–40 ppm [Корнеев, Рыбалко 2010ф]. Трудно говорить о причинах столь высоких содержаний в 2014 году. Пространственно большинство проб с повышенными содержаниями As приурочены к зонам современной нефелоидной седиментации. Одна из проб (425/14) отобрана на рейде порта Лодейное (рис. 38).

Концентрации цинка в донных осадках изменяются от 16 до 642 ppm и в среднем составляют 82,5 ppm (табл. 3). По Норвежской классификации все пробы поверхностных донных осадков можно отнести к незагрязненным («фоновым») осадкам, за исключением станций 419/14 и 440/14. Первая из них располагается в глубоководной части губы Орловка, где содержание цинка составляет 642 ppm, что соответствует уровню «умеренно загрязненные осадки» (рис. 39). Вторая точка находится в узком заливе, в который впадает река Терiberка и на берегах которого находятся оба поселка. При этом вмещающими осадками являются пески с очень небольшой долей пелита.

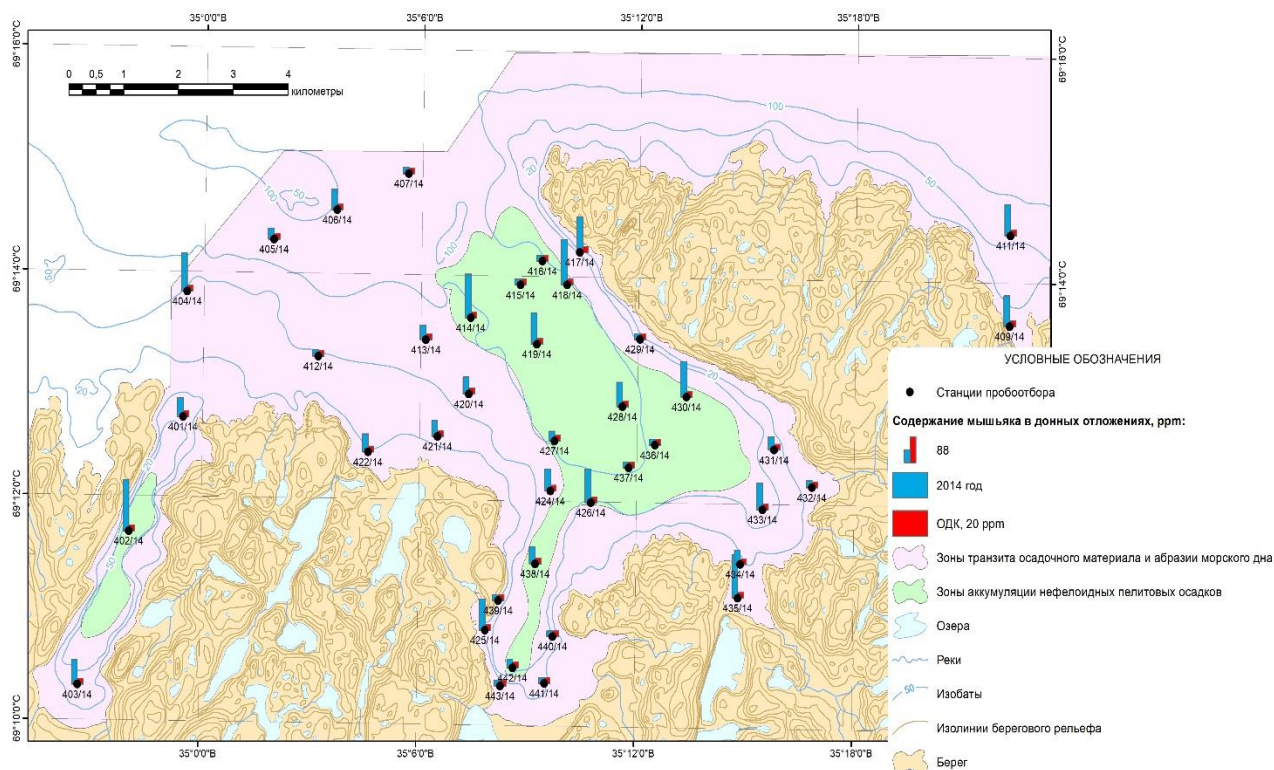


Рисунок 38. Распределение As в донных осадках контрольного полигона «Губа Терiberская»



Повышенные содержания Cu, с одной стороны, связаны с металлогеническими особенностями региона, что определяет высокий фон на участке «Губа Териберская», но могут быть обусловлены и антропогенным выносом со стоками рек. По Норвежской классификации, на 70 % станций поверхностные донные осадки относятся к «умеренно загрязненным» (рис. 40).

Содержания Ni в донных осадках изменяются от 5 до 47 ppm, при вариации значений 65 %. По Норвежской классификации на 9 станциях из 40 поверхностные донные осадки относятся к «умеренно загрязненным». Максимальные содержания определены в губе Долгая на станции 402/14 (рис. 41, 42), где они превышают уровень ОДК в 1,5 раза. Высокие содержания были установлены и в т.н. 425/14 на рейдовой стоянке у пос. Лодейное. Обращает на себя внимание

приуроченность повышенных содержаний Ni к станциям, расположенным вдоль вытянутых берегов. Возможно, это связано с инфильтрацией этого металла по линиям современных геодинамических движений. Это тем более возможно, что совсем рядом находятся металлогенические зоны, обогащенные Ni.

Содержание Cr в поверхностных донных осадках полигона «Губа Териберская» изменяется от 19 до 81 ppm, вариация значений составляет 60 %. По Норвежской классификации почти все отобранные донные осадки содержат Cr в концентрациях ниже уровня минимального загрязнения. Только на ст. 425/14 вблизи пос. Лодейное было отмечено некоторое превышение этого уровня (81 ppm). В целом, не считая небольшого загрязнения у пос. Лодейное, распределение этого металла соответствует природному.

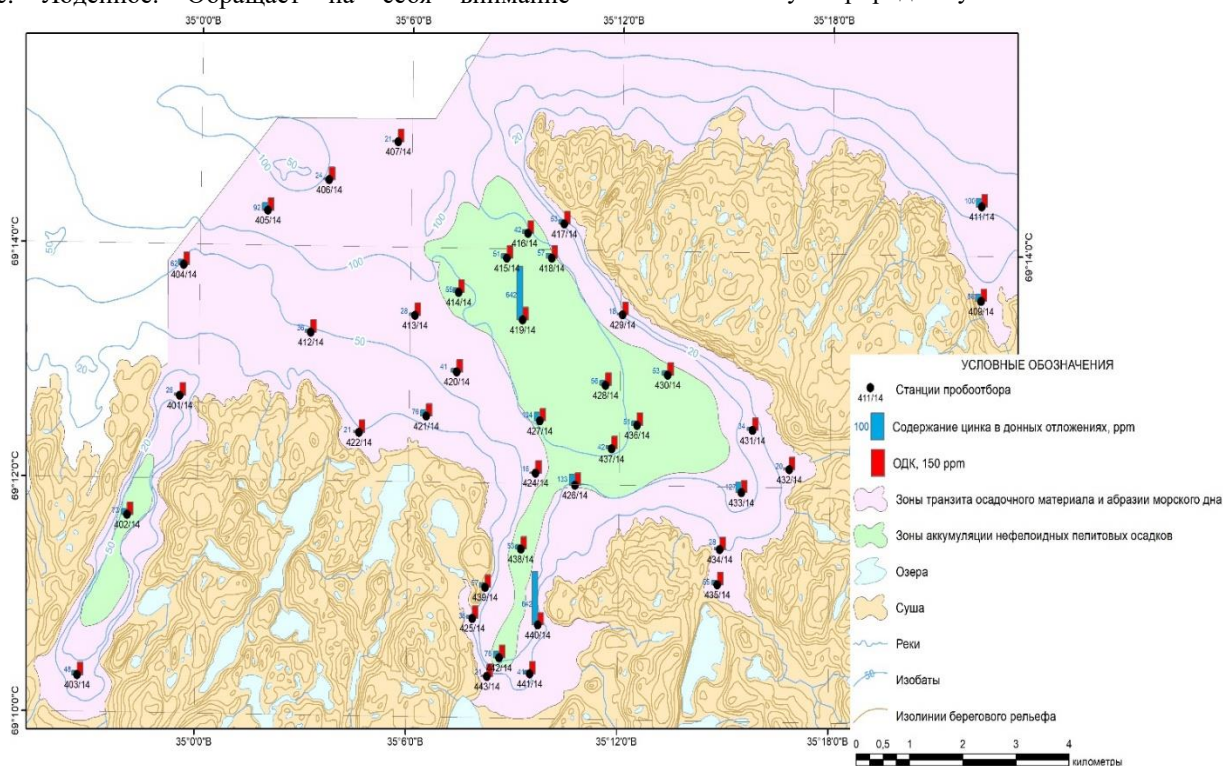


Рисунок 39. Распределение Zn в донных осадках контрольного полигона «Губа Териберская»

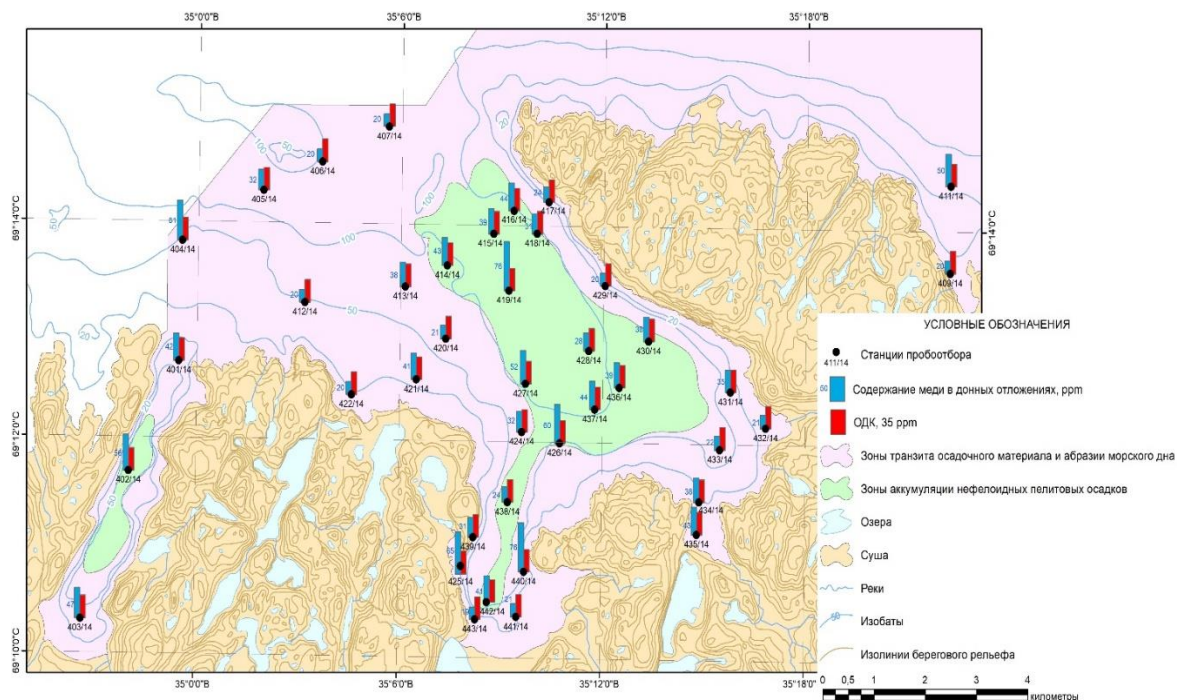


Рисунок 40. Распределение Cu в донных осадках контрольного полигона «Губа Терiberская»

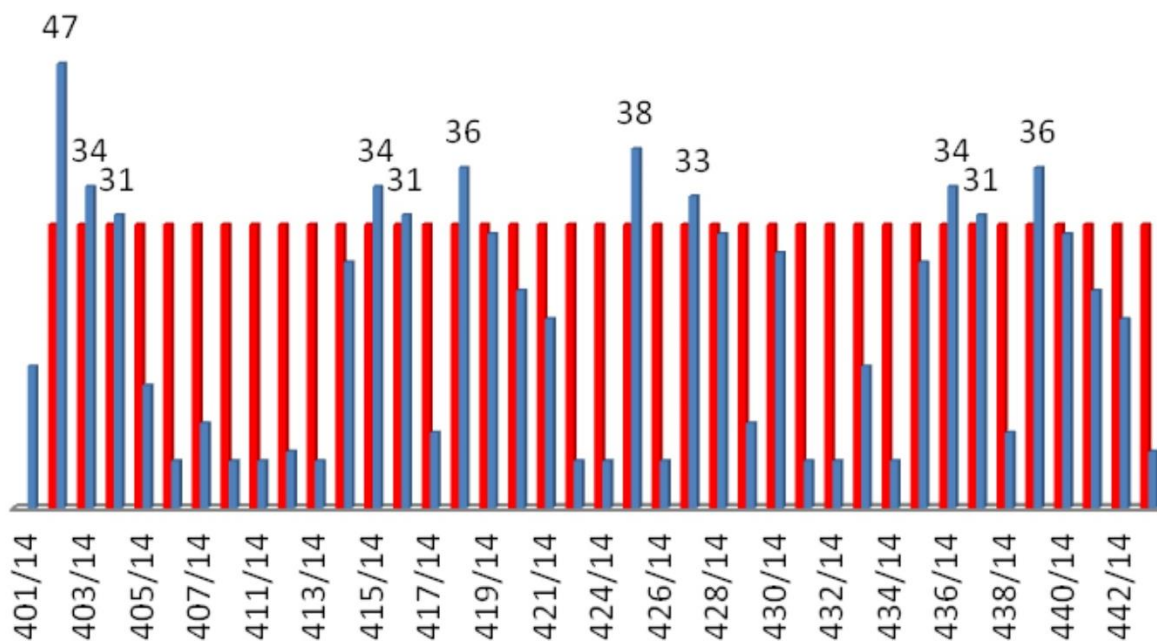


Рисунок 41. Изменение содержания Ni (ppm) в донных осадках на станциях прибрежно-шельфовой зоны северного побережья Кольского полуострова в июле 2014 года. Синий цвет – содержание Ni на станциях пробоотбора; красный цвет – уровень фонового загрязнения согласно Классификации оценки качества донных отложений Норвежского агентства по контролю за загрязнением окружающей среды (STF) [Molvær et al., 1985]



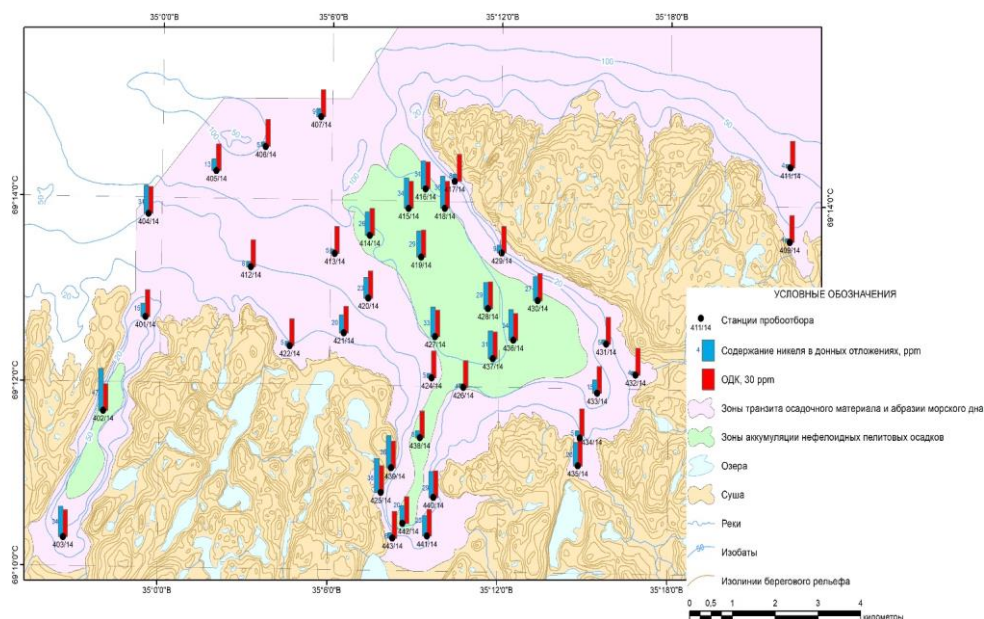


Рисунок 42. Распределение Ni в донных осадках контрольного полигона «Губа Териберская»

Содержания V в поверхностных донных осадках колеблются от 15 до 106 ppm. На станциях 413/14 и 441/14 в губе Териберка отмечено точечное повышение уровня этого микроэлемента в песчаной пробе. Содержания Hg на всех станциях ниже фона.

Измерение  $^{137}\text{Cs}$  показало, что даже в глинистых грунтах его активность не превышает 10 Бк/кг, т. е. практически не существенна. Максимальные значения активности радиоцезия связаны с содержанием алевропелитовых частиц и отражают уровень глобальных выпадений из атмосферы.

Содержание нефтепродуктов в большинстве отобранных проб донных осадков низкое и не превышает уровня фонового загрязнения нефтепродуктами за исключением станции 403/14, расположенной в верхней части губы Долгая (рис. 42). Возможно, это связано со стоком реки Долговка, которая дренирует трассу Мурманск–Териберка. Также повышенное содержание было установлено на точке наблюдения 425/14, что указывает на наличие легкого техногенного загрязнения в бухте у пос. Лодейное. Зафиксировано повышение концентраций нефтепродуктов и в зоне песчано-глинистых осадков в глубоководной части губы Териберка (т.н. 414/14).

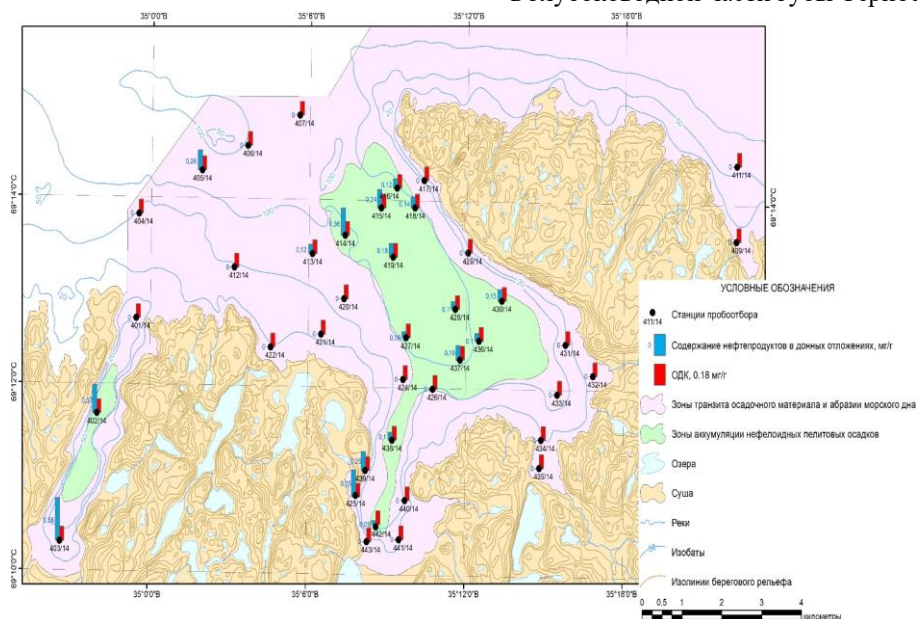


Рисунок 43. Распределение нефтепродуктов в донных осадках контрольного полигона «Губа Териберская»

Гидрохимические исследования на полигоне «Губа Териберка» проводились в июле 2014 года. Всего было отобрано 15 проб (рис. 27). О нормальном состоянии придонных вод свидетельствуют, в первую очередь, данные о содержании растворенного кислорода в придонном слое воды, значения которого находятся в пределах от 6,2 до 13,2 мгО/л.

Данные лабораторных исследований, в частности определения содержания тяжелых металлов в придонных водах в целом подтверждают этот вывод. Все графики распределения измеренных значений (табл. 4) показывают достаточно однородное и низкое содержание измеряемых микроэлементов. В то же время наблюдаются отдельные резкие пики концентраций различных тяжелых металлов (ТМ) на отдельных станциях. Как правило, при наличии нескольких таких пиков, можно говорить о внешнем источнике поступления того или иного поллютанта. Содержание наиболее канцерогенных Cd и Hg, на всех станциях оказалось ниже предела чувствительности прибора.

Концентрации Pb на 70 % станций находились ниже уровня чувствительности прибора. Незначительные содержания Pb в придонной воде от 0,59 до 2,23 мкг/дм<sup>3</sup>, что значительно ниже ПДК, отмечаются на станциях напротив выхода из губы Долгая в сторону мористой части.

Содержания Cu варьируют от 0,3 до 19,64 мкг/дм<sup>3</sup>, среднее содержание составляет 6,68 мкг/дм<sup>3</sup> (табл. 4). На 35 % станций концентрации Cu ниже предела чувствительности. На 10 станциях, достаточно равномерно разбросанных по площади, в том числе в губе Долгая, ее значения находились на уровне 1-2 ПДК (рис. 44). Присутствие Cu в придонной воде можно объяснить природными факторами, а именно металлогенической специализацией Кольского полуострова.

Концентрации Zn в придонной воде изменяются от <5 до 26,0 мкг/дм<sup>3</sup>. На более 30 % станций его содержания находятся ниже предела чувствительности прибора. На пяти станциях (401, 402, 405, 411, 435) содержания Zn превышают ПДК (рис. 45).

Таблица 4. Содержание тяжелых металлов, нефтепродуктов и фенолов в придонной воде и их статистические характеристики. Июль 2014 года

№ стан.	Cd	Pb	Cu	Zn	НП	Фенол
	мкг/дм <sup>3</sup>				мг/дм <sup>3</sup>	
401	<0,1	0,91	7,65	16,01	0,037	0,0012
402	<0,1	<0,1	17,95	26,00	0,053	0,0005
403	<0,1	<0,1	11,61	<5	0,043	<0,0005
404	<0,1	2,23	7,32	9,10	0,012	0,0005
405	<0,1	0,78	19,64	16,30	0,024	0,0006
406	<0,1	0,59	15,20	8,91	0,015	<0,0005
408	<0,1	<0,1	10,73	4,63	0,009	<0,0005
409	<0,1	<0,1	4,21	3,61	0,007	<0,0005
410	<0,1	<0,1	<0,3	6,82	0,023	0,0005
411	<0,1	<0,1	<0,3	13,50	0,030	0,0008
412	<0,1	<0,1	<0,3	<5	0,009	<0,0005
415	<0,1	<0,1	<0,3	5,50	0,026	<0,0005
420	<0,1	<0,1	8,78	<5	0,009	<0,0005
425	<0,1	<0,1	<0,3	<5	0,008	0,0006
427	<0,1	<0,1	9,39	<5	0,013	<0,0005
430	<0,1	<0,1	3,41	<5	0,009	<0,0005
433	<0,1	<0,1	1,05	<5	0,032	<0,0005
435	<0,1	<0,1	11,91	20,03	0,024	<0,0005
437	<0,1	<0,1	2,90	<5	0,035	<0,0005
438	<0,1	<0,1	<0,3	<5	0,018	0,0012
мин.		0,1	<0,3	3,61	0,007	0,000
макс.		2,23	19,64	26	0,053	0,0012
ср.		0,31	6,68	8,77	0,022	0,0004
ст.откл.		0,52	6,31	6,25	0,0132	0,0002
вар%		168,77	94,45	71,23	60,70	53,94

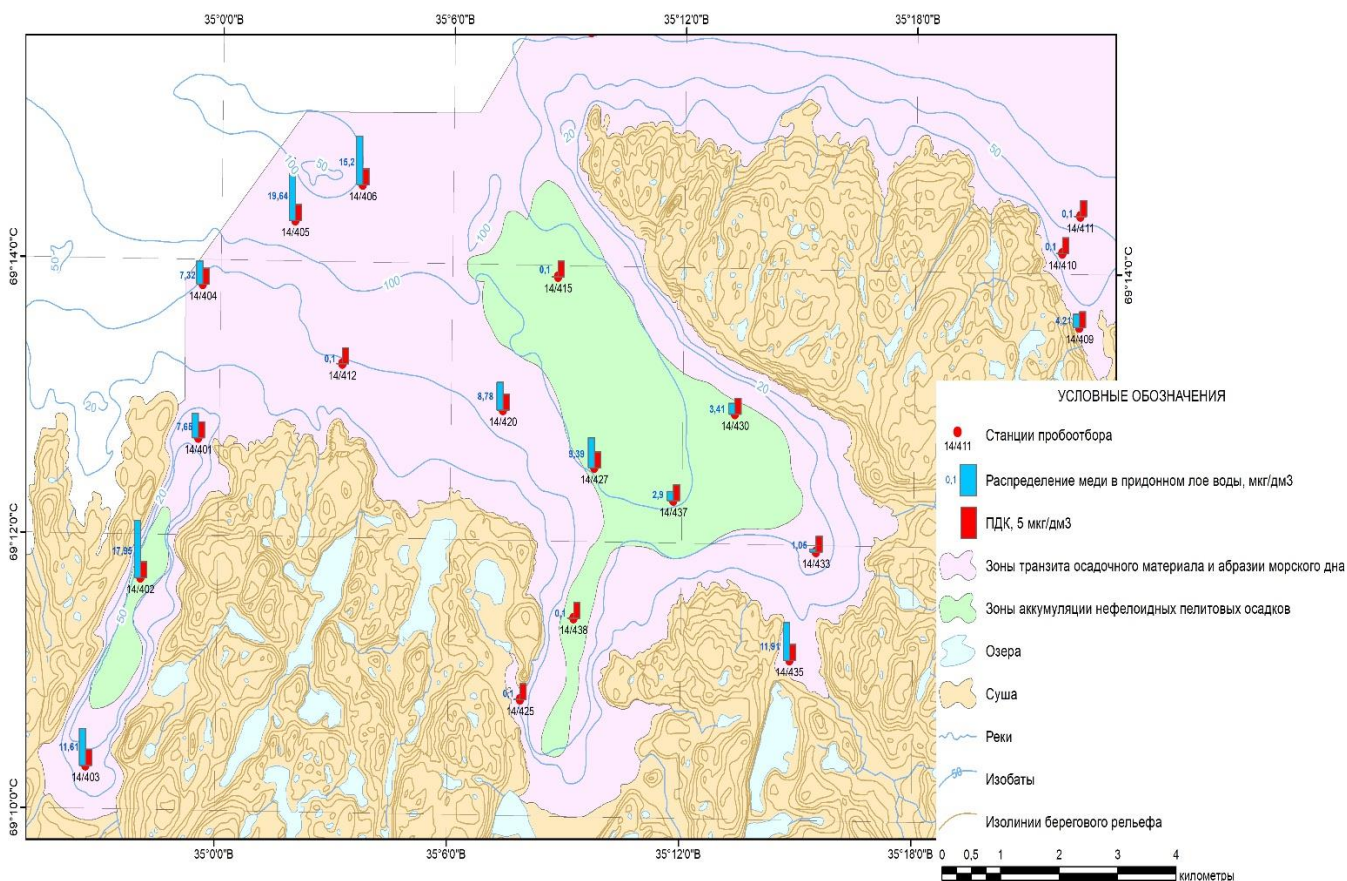


Рисунок 44. Распределение Cu в придонных водах контрольного полигона «Губа Терiberка»

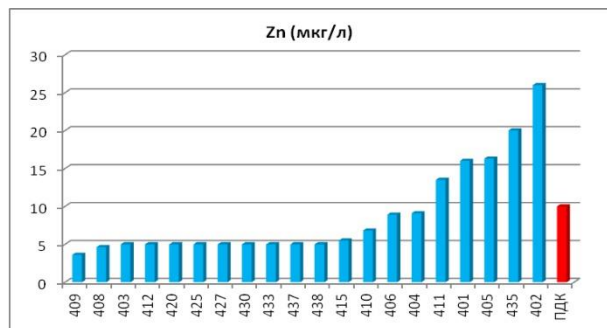


Рисунок 45. Изменение содержания цинка (мкг/дм<sup>3</sup>) в придонной воде контрольного полигона «Губа Терiberская»

Наиболее высокие содержания измеряемых металлов в придонных водах наблюдаются на станциях, расположенных в областях выноса рек (станции 435, 402, 427), а также на станциях, приуроченных к зонам предполагаемых тектонических нарушений. Так, станции 404, 405, 406 располагаются вдоль скального ригеля, закрывающего вход в губу Терiberка и имеющего структурную преопределенность (рис. 46).

Здесь могут быть три причины: первая – это замедленный водообмен, вторая – возможная инфильтрация подземных вод по разломам, третья –

существование геохимического барьера, обусловленного вышеуказанными причинами.

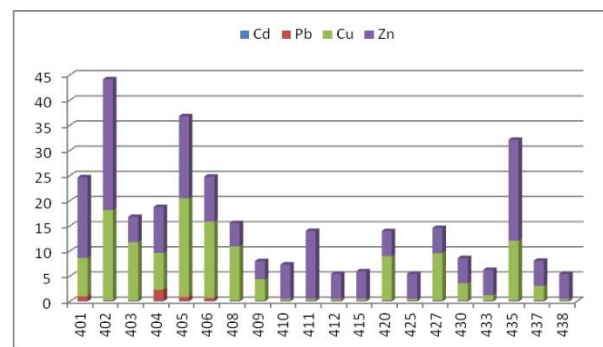


Рисунок 46. Изменение суммарного содержания металлов (мкг/дм<sup>3</sup>) в придонных водах контрольного полигона «Губа Терiberская»

Повышенные концентрации нефтепродуктов выявлены на станции 402 (0,053 мг/дм<sup>3</sup>) (табл. 4), что может быть связано с выносом воды из речки, впадающей в губу Долгая и дренирующей автотрассу Мурманск–Терiberка. Содержания нефтепродуктов, приближающиеся к уровню ПДК, были отмечены также в бухте Орловка (ст. 433), в губе Опасова



(ст. 411) и напротив мыса Жилой (ст. 437). В первом случае станция приурочена к рейдовой стоянке кораблей ВМФ, в последнем находится напротив порта пос. Лодейное.

Содержание фенолов на 70% станций ниже предела чувствительности прибора. Только на ст. 409, расположенной в бухте Опасовая, содержание фенолов в придонной воде превышает ПДК и составляет  $0,0012 \text{ мг/дм}^3$ . Несколько повышенный фон содержания фенолов отмечается на ряде станций, расположенных в устьевой зоне рек, впадающих в море и непосредственно связанных с материковыми сточными водами.

Результаты гео- и гидрохимических исследований на полтгоне «Губа Териберка» обобщены на рис. 47.

Большая часть используемых параметров позволяет считать уровень нарушения природной (геологической) среды как «ненарушенный». Это свидетельствует о существовании большого потенциала самоочищения морского бассейна. Была выявлена мало контрастная, но устойчивая комплексная геохимическая аномалия на рейде пос. Лодейное. Вероятно, источником загрязнения при достаточно мощном выносном течении, является полузаброшенная портовая зона поселка с рядом заброшенных судов. Более того, по данным сонарной съемки, затопленные суда обнаружены и на дне моря (рис. 48).

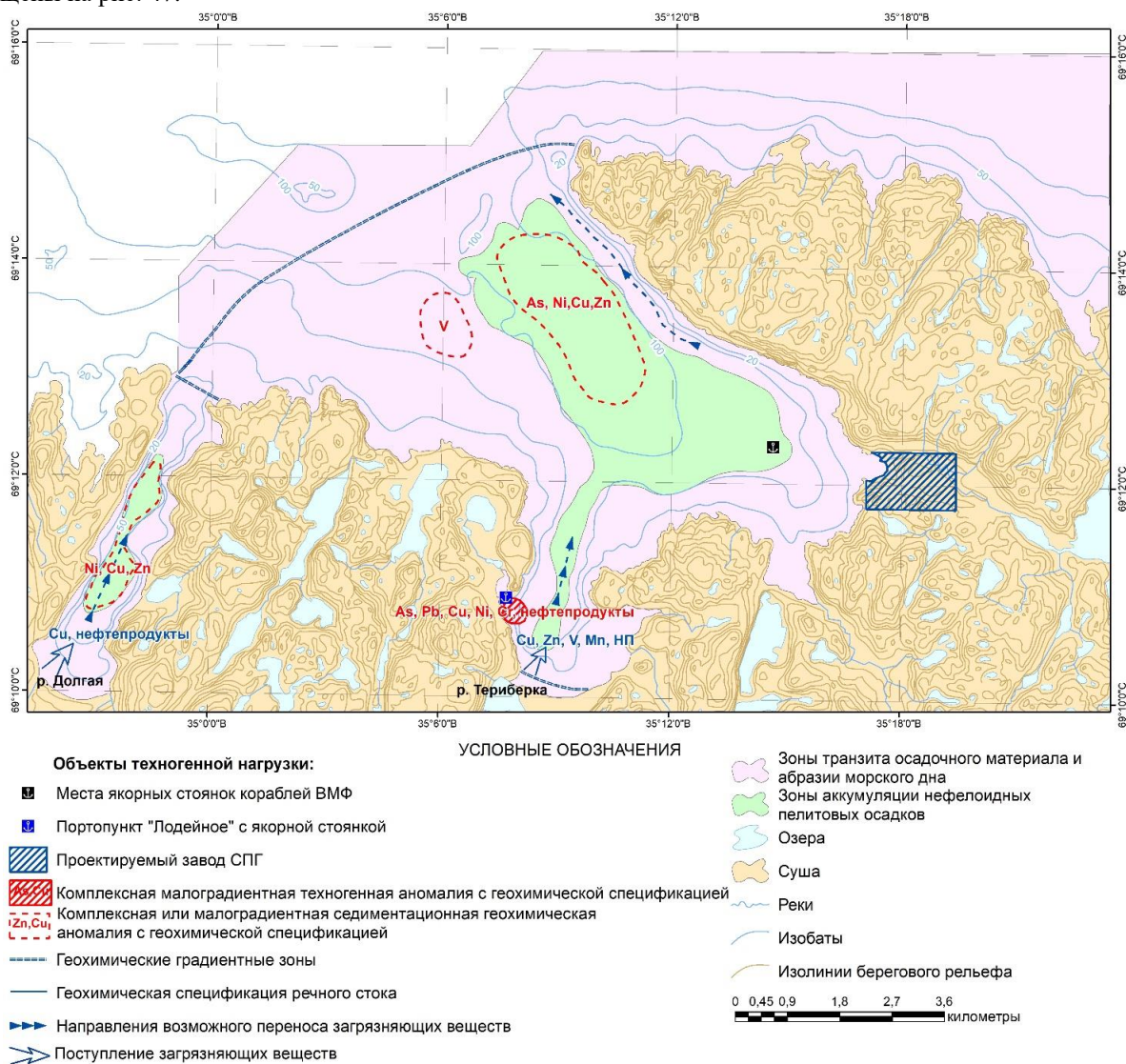


Рисунок 47. Области накопления загрязняющих веществ на контрольном полигоне «Губа Териберская» и возможные пути их переноса



Важным обстоятельством здесь является характер береговой линии и рельеф морского дна. Скалистый мыс, ограждающий бухту с севера и препятствующий проникновению сюда волнения от северных румбов, является одновременно ловушкой для загрязняющих веществ. Это усугубляется понижением рельефа, наследующего тектоническую трещину, отделяющую указанную скалу от массива гор на собственно Кольском полуострове (в этом понижении располагается сам поселок). Рассеянные геохимические аномалии выделены и в губе Долгая, а также во впадине в центральной части губы Териберская. Источником потенциальных рисков, связанных с возможными авариями нефтетанкерного флота, является судоходная трасса вдоль Кольского полуострова на Мурманск.

Задачами береговых исследований контрольного полигона «Губа Териберская» являлись: характеристика типов морских берегов, направленности морфо- и литодинамических процессов, ранжирование береговой зоны по степени проявления геологических опасностей с выделением аккумулятивных, транзитных и абразионных участков, отбор проб для литолого-геохимических анализов. Большая часть района работ характеризуется сложной конфигурацией береговой линии, часто с отвесными склонами (рис. 49, 50). Выделено четыре типа берегов.

*Берега неизменные или слабо измененные морем* (рис. 51): берега, неизменяемые волновыми процессами, сложены прочными кристаллическими породами Балтийского щита.



Рисунок 48. Затопленные суда у причала в портопункте Териберка. Сонограмма

Их склоны преимущественно лишены рыхлых наносов, имеют сбросовый характер (угол склона  $>35^\circ$ ), клифы и волноприбойные ниши не наблюдаются. В формировании этих берегов преобладают тектонические факторы (образование разломов, внедрение интрузий, вертикальные блоковые подвижки). В отдельных случаях обвалившиеся глыбы окатаны, также обнаружены крупные гроты, которые могли образоваться в результате тектоно-гравитационных процессов.

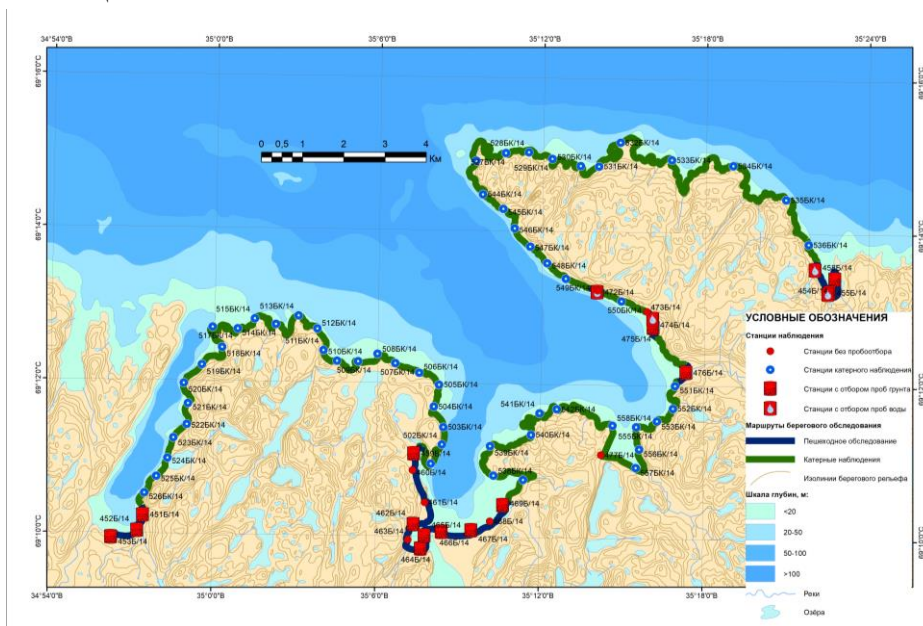


Рисунок 49. Карта фактического расположения станций береговых эколого-геологических маршрутных обследований контрольного полигона «Губа Териберская»



Рисунок 50. Вид на берег, сложенный кристаллическими породами

*Берега, формирующиеся преимущественно под воздействием волновых факторов, характеризуются наличием пляжей.*

*Глыбово-валунно-галечниковые пляжи (рис. 52). Среди пляжей глыбово-валунные фракции встречаются чаще, чем галечные.*

*Песчаные пляжи (рис. 53). Крупнейший пляж приурочен к косе, отделяющей речку Териберка от одноименной реки. Гранулометрический состав проб пляжевых отложений разнороден: от мелкозернистого песка до дресвы. В некоторых из них отмечен раковинный детрит и другие следы органики, а также обломки корабельных снастей и иной мусор.*

У локальных пляжей в приурезовой зоне можно обнаружить несколько вдольбереговых валов, а также зафиксировать ложбины стока. Глубина распространения этих форм невелика и определяется глубиной воздействия ветровых волн, которая в губе Орловка может достигать 5–6 м, а в губе Долгая едва достигает 2–3 м. В прибрежной зоне активное воздействие на дно оказывают стамухи, формирующиеся из прибрежного льда.



Рисунок 51. Берега, неизменные волновыми процессами

Берега, образованные под антропогенным воздействием (рис. 54, 55), в том числе в

результате возведения техногенных сооружений, имеют на участке «Териберка» ограниченное распространение. Они отмечаются преимущественно у поселка Лодейное, где построены причальные стенки.



Рисунок 52. Глыбово-валунно-галечниковые пляжи



Рисунок 53. Песчаный пляж на Териберской косе. Пляж полного профиля. В верхней части косы виден штормовой вал



Рисунок 54. Берега, преобразованные антропогенными процессами

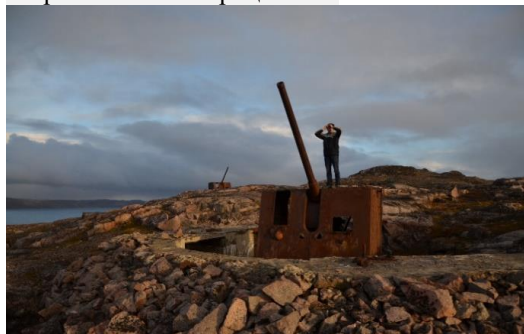


Рисунок 55. Остатки орудийных батарей времен Великой Отечественной войны



### КОНТРОЛЬНЫЙ ПОЛИГОН «ДВИНСКОЙ ЗАЛИВ» (БЕЛОЕ МОРЕ)

В пределах морской акватории полигона «Двинской залив» были проведены геолого-геохимические и геофизические исследования, включающие в себя донное опробование поверхностных осадков при помощи герметичной грунтовой трубки (ГГТ) и малой драги, опробование придонных и поверхностных вод с использованием батометра и трубки ГГТ, профилирование методом НСП (непрерывное сейсмоакустическое профилирование).

Комплексные геолого-геохимические работы в пределах морской акватории полигона «Двинской залив» проводились в основном по точкам мониторинга предшествующих лет (рис. 56).

Обработка геохимических данных включала в себя определение фоновых значений, выделение аномальных концентраций, изучение площадного распределения поллютантов, оценку степени загрязнения донных осадков и придонных вод. Выделение аномальной составляющей

геохимического поля проводилось по стандартной геохимической формуле, имеющей вид: Сан. = (Сфон. + Nσ фона), где С – концентрация элемента, N – переменная, зависящая от уровня значимости, σ – стандартное отклонение. Оценка аномальных концентраций элементов в донных отложениях по уровню опасности проводилась путем сопоставления с классификациями загрязнения донных осадков Шведского [Swedish Sediment Quality Criteria – SSQC, WGMS 2003 Report] и Норвежского [Molvær et al., 1997] агентств по контролю над загрязнением окружающей среды, что обусловлено отсутствием подобных российских классификаций.

Распределение большинства определяемых химических компонентов в донных осадках достаточно однородно, а их фоновые концентрации, как правило, близки к кларковым. Статистические параметры распределения наиболее важных поллютантов приведены в таблице 5.

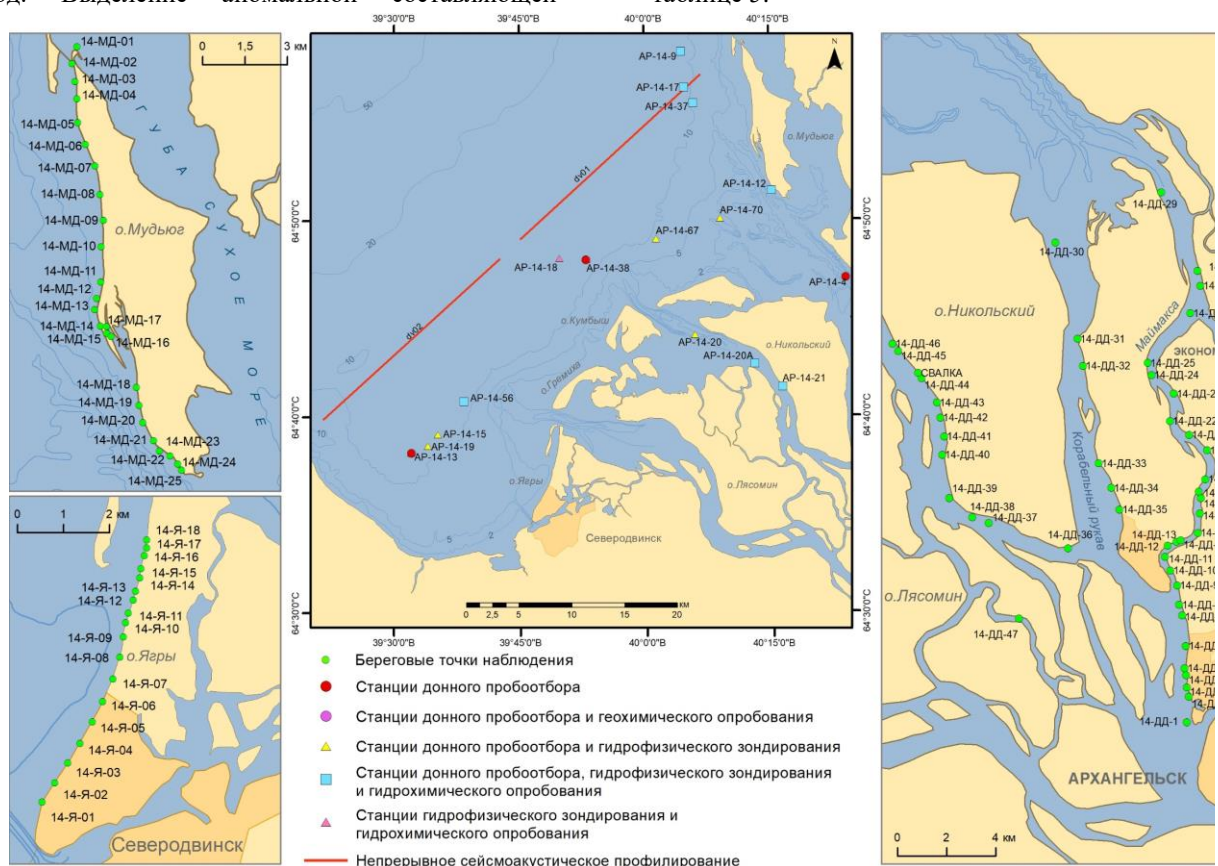


Рисунок 56. Карта фактического материала полевых работ 2014 г. контрольного полигона «Двинской залив»



Таблица 5. Статистическая характеристика содержаний металлов в донных осадках восточной части Двинского залива (ppm)

Элемент	Кол-во проб	Среднее	Медиана	Мин.	Максим.	Ст.откл.
V	17	36,3	38,0	14,0	75,0	16,4
Cr	17	119	120	55,0	190	44,9
Co	17	8,99	8,50	5,90	13,0	2,4
Ni	17	34,06	32,0	17,0	59,0	13,3
Cu	17	10,96	12,0	4,50	21,0	4,28
Pb	17	6,78	6,50	4,60	11,0	1,8
Zn	17	37,3	30,0	25,0	71,0	14,1
Hg	17	0,04	0,04	0,02	0,09	0,0
As	17	4,33	4,05	1,58	8,73	2,4
Cd	17	0,08	0,05	0,05	0,15	0,0

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 классификациям [WGMS 2003-SSQC, Molvær et al., 1997]. Наибольший интерес представляет участок, расположенный в районе Северодвинска (станции AP-14-15, AP-14-19), где отмечены аномальные концентрации Hg, As, Cd, а также участок зоны дампинга в районе северо-западной оконечности о. Мудьюгский (комплексная аномалия на станции AP-14-17), где отмечены аномальные концентрации Hg, Zn, V, Co, Nb, Sc. Аномальные

концентрации Pb, Cu отмечены в единичных случаях.

Наибольшее загрязнение донных осадков в пределах изучаемой площади свойственно для Cr (II, III и IV классы загрязнения по [WGMS 2003 – SSQC] и II класс по [Molvær et al., 1997]). Загрязненные Cr характерно практически для всей площади работ (рис. 57). Можно предположить, что распределение Cr связано в основном с исходным минеральным и геохимическим составом осадков, о чем, в частности, говорит тесная корреляционная связь между Cr и Zr. Наличие значительного техногенного источника Cr маловероятно.

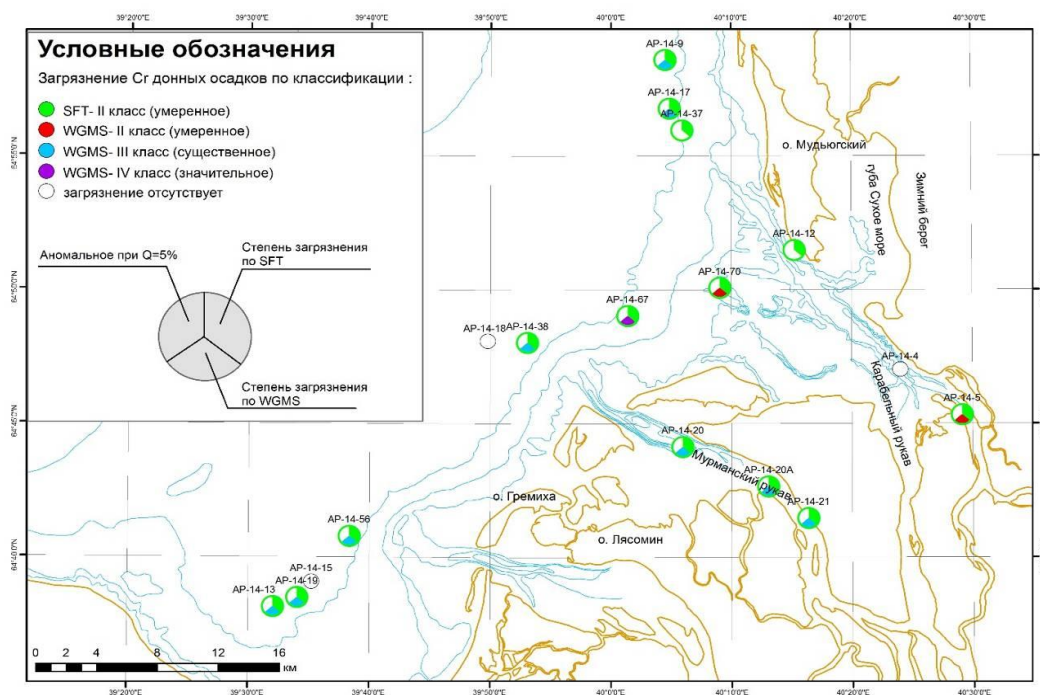


Рисунок 57. Схема площадного распределения концентраций Cr в донных осадках восточной части Двинского залива по степени аномальности и классам загрязнения

Загрязнение Hg, соответствующее II классу (умеренное или незначительное), по классификации [WGMS 2003 – SSQC], зафиксировано в пределах зоны дампинга у северо-западной оконечности о. Мудьюгский (ст. AP-14-9, AP-14-17), а также на участке, расположенном вблизи Северодвинска (станции AP-14-15, AP-14-19). Кроме того, отдельными точками незначительное загрязнение отмечено в приустьевых частях Маймаксинского и Мурманского рукавов Двины (рис. 58).

Загрязнение Ni (II, III классы загрязнения по [WGMS 2003 – SSQC] и II класс по [Molvær et al., 1997]) зафиксировано в зоне дампинга в районе северо-западной оконечности о. Мудьюгский, а также отдельными точками в районе

Северодвинска и напротив устья Мурманского рукава (рис. 59). Незначительное загрязнение Cu (II класс по [WGMS 2003 – SSQC]) отмечено на единичных станциях (рис. 60).

Обобщая полученные материалы, можно прийти к выводу, что основными участками локального обогащения донных осадков, выделенными поллютантами являются район, прилегающий к зоне дампинга у о. Мудьюгский и район Северодвинска. Кроме того, выделяется слабо проявленная зона в районе устья Маймаксинского рукава Северной Двины. В целом уровень загрязнения донных осадков (за исключением Cr) можно признать незначительным.

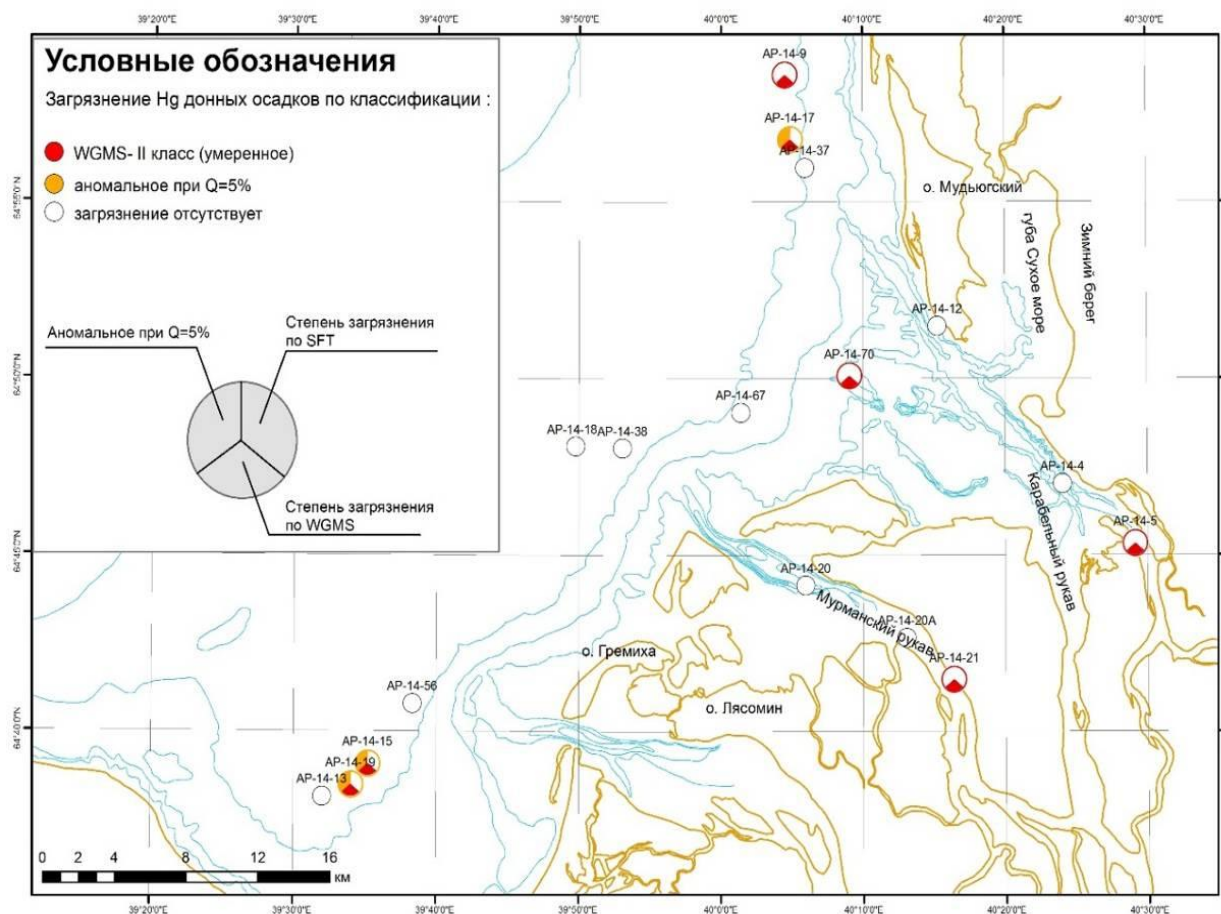


Рисунок 58. Схема площадного распределения концентраций Hg в донных осадках восточной части Двинского залива по степени аномальности и классам загрязнения

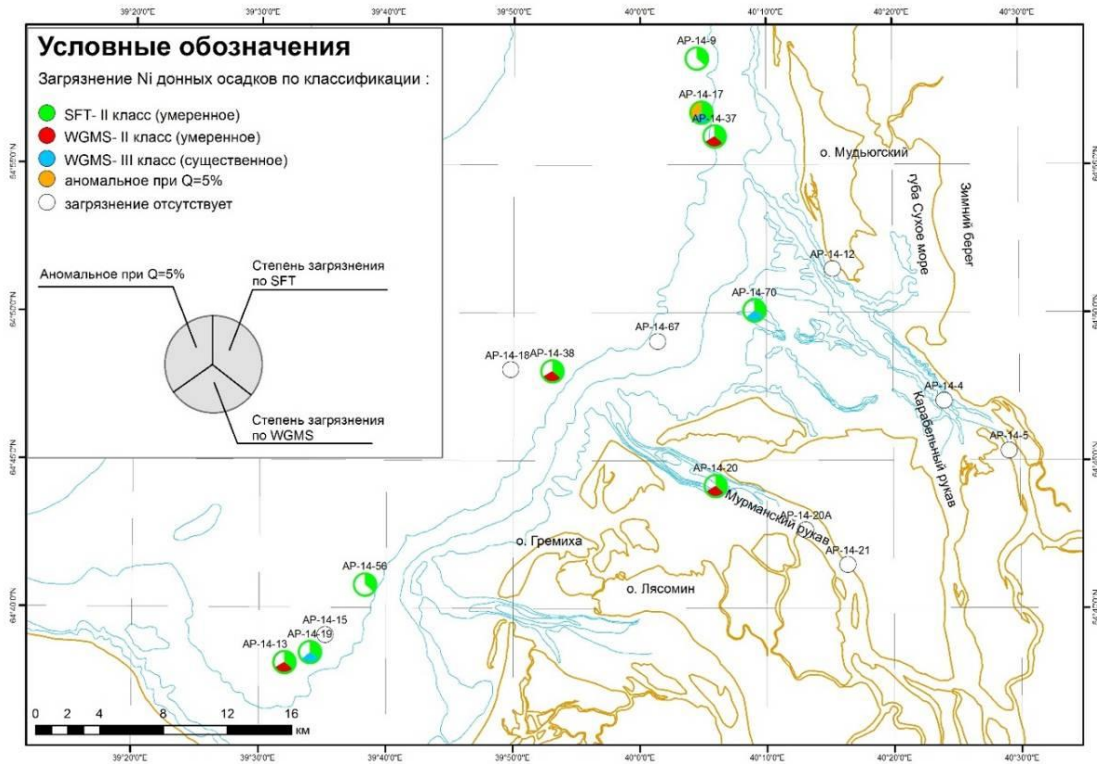


Рисунок 59. Схема площадного распределения концентраций Ni в донных осадках восточной части Двинского залива по степени аномальности и классам загрязнения

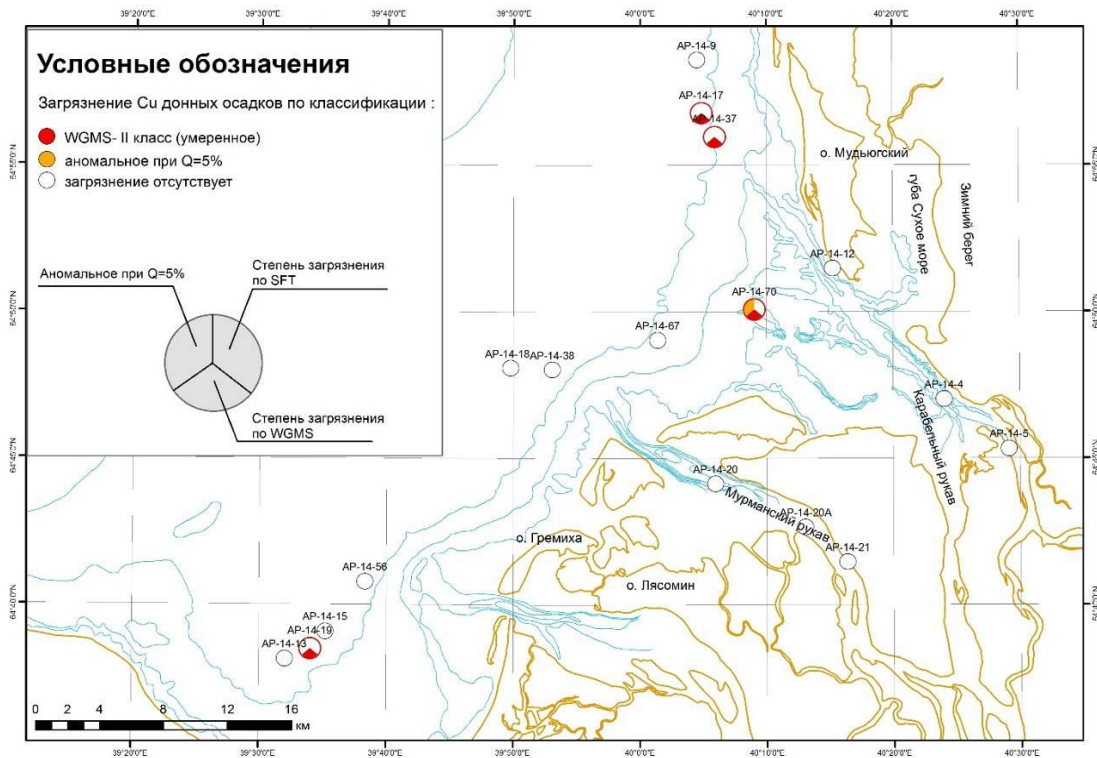


Рисунок 60. Схема площадного распределения концентраций Cu в донных осадках восточной части Двинского залива по степени аномальности и классам загрязнения



Рассматривая результаты геохимического мониторинга за 2012–2014 годы, можно отметить некоторые основные аспекты. В первую очередь, это отсутствие общей тенденции в изменении фоновых концентраций, что хорошо иллюстрируют данные, приведенные в таблице 6. Закономерного увеличения или уменьшения фоновых значений в зависимости от года опробования не фиксируется. Для большинства элементов колебания фоновых концентраций во времени не превышают величину стандартного отклонения. Исключением является V, для

которого наблюдается относительная тенденция увеличения фоновой концентрации.

Данные геохимического мониторинга по конкретным станциям также показывают отсутствие общего тренда изменения концентраций химических элементов во времени (рис. 61, 62).

Приведенные результаты мониторинга позволяют сделать вывод о стабильности геохимической ситуации в донных осадках восточной части Двинского залива.

Таблица 6. Сопоставление фоновых концентраций ряда химических элементов, нормируемых по классификациям [WGMS 2003 – SSQC; Mølvær et al., 1997] в донных осадках восточной части Двинского залива (ppm)

Год/Элемент	V	Cr	Co	Ni	Cu	Pb	Zn	Hg	As	Cd
2012	23,0	151,2	8,19	25,8	29,72	9,2	30,5	0,032	4,52	*
2013	24,0	93,8	14,3	18,0	23,4	11,6	32,4	0,03	5,39	*
2014	38,0	163,2	8,3	36,8	29,04	6,6	29,4	0,04	4,05	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.

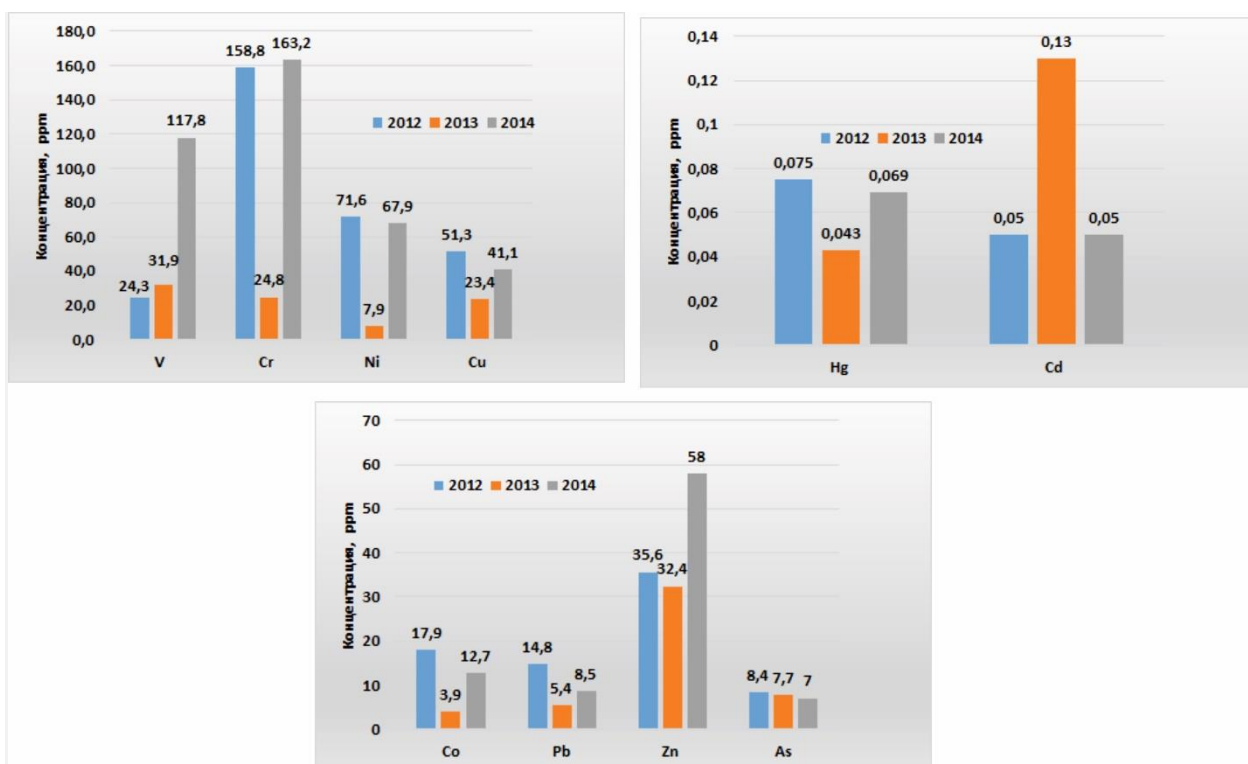


Рисунок 61. Распределение концентраций химических элементов в поверхностном слое донных осадков на станции опробования (AP-17) в 2012, 2013, 2014 годах

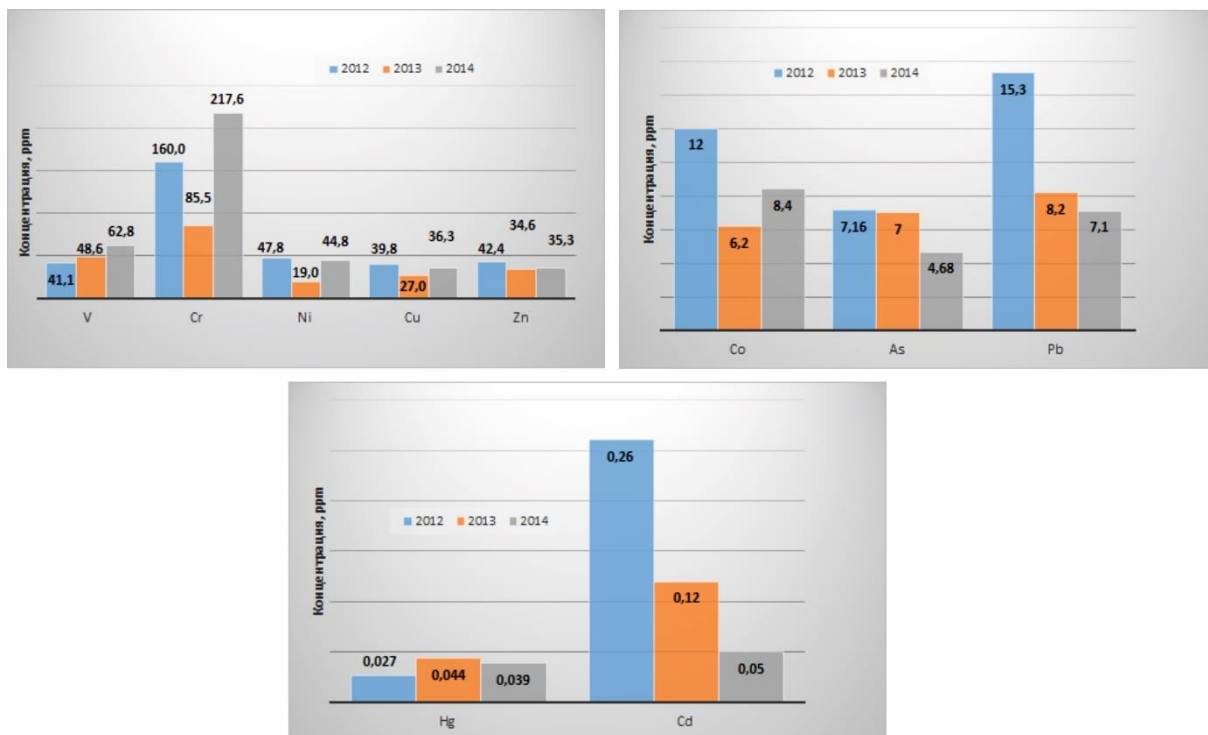


Рисунок 62. Распределение концентраций химических элементов в поверхностном слое донных осадков на станции опробования (AP-38) в 2012, 2013, 2014 годах

Целью проведенных радиогеохимических исследований являлась оценка степени загрязнения донных осадков и отложений в пределах площади исследований основными природными и техногенными радионуклидами ( $^{40}\text{K}$ ,  $^{226}\text{Ra}$ ,  $^{232}\text{Th}$ ,  $^{137}\text{Cs}$ ,  $^{60}\text{Co}$ ). Распределение основных техногенных радионуклидов ( $^{137}\text{Cs}$ ,  $^{60}\text{Co}$ ) в пределах площади работ однородно. Активность этих радионуклидов в пробах осадков крайне незначительна и колеблется для  $^{137}\text{Cs}$  в интервале от величины менее минимально детектируемой активности (МДА) до 12 Бк/кг, для  $^{60}\text{Co}$  в интервале от величины менее МДА до 6 Бк/кг на сухую массу. МДА для  $^{137}\text{Cs}$  – 1,4 Бк/кг,  $^{60}\text{Co}$  – 1,3 Бк/кг.

Наблюдаемые значения уровней загрязнения донных  $^{137}\text{Cs}$  в восточной части Двинского залива соответствует уровню глобального загрязнения донных отложений северных морей европейской территории России, который, по данным [Иванов, 2006], в зависимости от литологического состава колеблется от 4 Бк/кг до 12 Бк/кг. Результаты радиомониторинга фиксируют локальный максимум активности  $^{137}\text{Cs}$  в верхнем слое донных осадков в 2009 году. Далее наблюдается уверенная тенденция уменьшения активности. С 2013 года концентрация  $^{137}\text{Cs}$  в донных осадках стабилизируется. На рисунках 63,

64 приведены примеры изменения во времени активности  $^{137}\text{Cs}$  на ряде станций мониторинга.

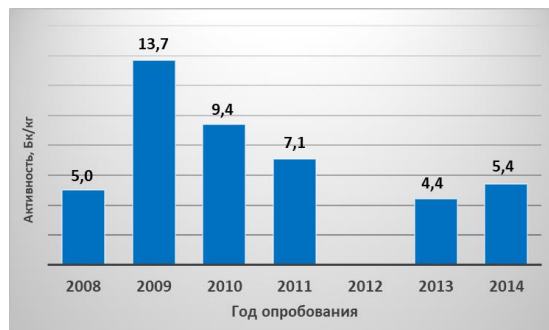


Рисунок 63. Изменение удельной активности  $^{137}\text{Cs}$  в верхнем слое донных осадков (станция AP-15)

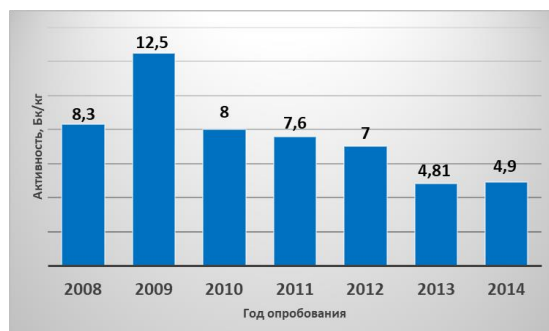


Рисунок 64. Изменение удельной активности  $^{137}\text{Cs}$  в верхнем слое донных осадков (станция-AP-13)

Выявленные по результатам гамма-спектрометрического анализа удельные

активности  $^{60}\text{Co}$ , как правило, близки к порогу обнаружения и не дают основания говорить о его поступлении в акваторию залива.

Результаты определения тяжелых металлов в придонной воде приведены в таблице 7. Во всех измеренных пробах концентрации определяемых микрокомпонентов в воде (за исключением Hg) имеют значения существенно ниже ПДК для морских водоемов, используемых для рыбохозяйственных целей [Нормативные данные ..., 1994]. Превышение данного ПДК по Hg зафиксировано на нескольких станциях (14-AP-5, 14-AP-21, 14-AP-38, 14-AP-56), расположенных в пределах зоны дампинга (устье Маймаксинского рукава), в районе поступления нефтепродуктов с берега (Мурманский рукав) и в акватории напротив Мурманского и Никольского рукавов Двины (табл. 7). Превышения санитарных норм для централизованных систем питьевого водоснабжения [СанПиН 2.1.4.559–96] для определяемых микрокомпонентов не установлено.

Таблица 7. Концентрации тяжелых металлов в воде восточной части Двинского залива и приустьевой части реки Северная Двина ( $\text{мкг/дм}^3$ )

№ т. н.	Cr	Co	Ni	Cu	Zn	As	Cd	Pb	Hg
14-AP-5	0,35	0,034	0,64	1,03	1,24	0,72	0,034	0,2	0,15
14-AP13	0,3	0,02	0,34	0,44	0,98	0,44	0,064	0,017	0,04
14-AP-17	0,3	0,022	0,33	0,31	0,94	0,5	0,028	0,016	0,1
14-AP-18	0,28	0,022	0,31	0,34	1,21	0,45	0,049	0,0086	0,1
14-AP-21	0,48	0,031	0,85	1,3	4,6	0,6	0,039	0,14	0,22
14-AP-37	0,28	0,016	0,4	0,46	0,64	0,49	0,015	0,0091	0,063
14-AP-38	0,28	0,023	0,28	0,28	1,01	0,44	0,028	0,021	0,19
14-AP-56	0,27	0,031	0,37	0,42	1,93	0,54	0,095	0,017	0,3

Таблица 8. Сопоставление фоновых концентраций тяжелых металлов в воде Двинского залива и приустьевой части реки Северная Двина за 2012–2014 гг. ( $\text{мкг/дм}^3$ )

Год/Элемент	Cr	Co	Ni	Cu	Pb	Zn	Hg	As	Cd
2012	0,74	0,11	0,96	1,73	0,71	7,40	-	1,07	0,09
2013	0,39	0,14	0,64	0,50	0,84	8,70	-	0,76	0,10
2014	0,29	0,02	0,36	0,43	0,02	1,11	0,13*	0,50	0,04

Примечание. В 2012–2013 годах фоновые значения Hg – ниже порога обнаружения. \* Фоновая концентрация Hg превышает ПДК

Из приведенных в таблице 9 данных видно, что содержание НУВ в поверхностных водах устья Северной Двины и акватории восточной части Двинского залива превышает ПДК для морских вод [Приказ ..., 2010, Сборник ..., 1991], составляющее  $0,05 \text{ мг/дм}^3$  только на станции 14-AP-12, расположенной в районе размещения емкостей для хранения нефтепродуктов. Превышение ПДК для питьевых вод [СанПиН 2.1.4.559 ..., 1996], составляющее  $0,1 \text{ мг/дм}^3$ ,

Сопоставляя полученные данные с результатами гидрохимических работ, проведенных в 2012–2013 годах (табл. 8), можно отметить следующее. Для таких элементов, как Cr, Ni, Cu, As отмечается общая тенденция понижения фоновых концентраций во времени. Для Co, Pb, Zn, Cd характерно знакопеременное изменение фоновых концентраций. В 2014 году практически для всех микрокомпонентов, за исключением Hg, свойственны минимальные по отношению к предыдущим годам фоновые концентрации.

Результаты мониторинга позволяют сделать вывод о достаточно спокойной эколого-гидрохимической обстановке в восточной части Двинского залива. Однако следует обратить внимание на резкое повышение концентраций Hg в пробах 2014 года, в ряде случаев превышающие ПДК для морских водоемов. Результаты определения нефтеуглеводородов (НУВ) в воде и донных осадках приведены в табл. 9, 10.

вообще не зафиксировано. Обращает на себя внимание отсутствие заметного загрязнения в районе, отмеченного в 2012 году просачивания нефтепродуктов в Мурманский рукав с правого берега (ст. AP-14-21) (табл. 10). Кроме того, концентрации НУВ в воде выше и ниже участка поступления практически одинаковы, что может говорить о минимальном поступлении нефтеуглеводородов на данном участке.



Таблица 9. Содержание нефтеуглеводородов (НУВ), мг/дм<sup>3</sup> в поверхностных водах

№ п/п	Точка отбора	Содержание нефтепродуктов, мг/дм <sup>3</sup>
1	14-АР-5	0,01
2	14-АР-21 выше точки просачивания	0,03
3	14-АР-21 ниже точки просачивания	0,04
4	14-АР-20А	0,05
5	14-АР-13	0,02
6	14-АР-56	0,04
7	14-АР-38	0,00
8	14-АР-17	0,02
9	14-АР-12	0,06

Таблица 10. Содержание нефтепродуктов (НУВ), мг/кг сухого грунта

№ п/п	Точка отбора	Содержание нефтепродуктов, мг/кг
1	14-АР-21	32

ПДК содержания нефтепродуктов в донных осадках в России официально не установлены, поэтому использовались региональные нормативы, разработанные ОАО «ЛенморНИИпроект» [Нормативы ..., 1996]. Согласно данному нормативу, донные осадки станции 14-АР-21 относятся к классу «0» – чистые отложения. Сопоставляя данные мониторинга за 2012–2014 годы, содержания НУВ в поверхностных водах и донных осадках восточной части Двинского залива (табл. 11, 12), можно отметить, что концентрация нефтепродуктов в водах и донных осадках акватории залива за время проведения мониторинга остается достаточно

стабильной. При этом на отдельных локальных участках содержание НУВ изменяется в заметном диапазоне. Так, на станции мониторинга АР-21, расположенной в районе просачивания с берега нефтепродуктов, в 2013 году отмечается резкое падение содержания НУВ как в воде, так и в донных осадках (рис. 65), что может говорить о значительном уменьшении поступления нефтепродуктов в Двину. В 2014 году зафиксировано заметное повышение концентрации НУВ в придонных водах на станции 14-АР-12, находящейся в районе размещения емкостей для хранения нефтепродуктов у маяка на о. Мудьюгский.

 Таблица 11. Сопоставление концентраций НУВ в водах Двинского залива и приустьевой части реки Северная Двина за 2012-2014 гг. (мкг/дм<sup>3</sup>)

Год	Точка отбора	Содержание нефтепродуктов, мг/дм <sup>3</sup>
2012	12-АР-21	0,16
2013	13-АР-21	0,03
2014	14-АР-21 выше точки просачивания	0,03
2014	14-АР-21 ниже точки просачивания	0,04
2012	12-АР-38	0,03
2013	13-АР-38	0,04
2014	13-АР-38	0,00
2013	АР-13-12	0,02
2014	14-АР-12	0,06

Таблица 12. Сопоставление концентраций НУВ в донных осадках Двинского залива на станции АР-21, расположенной в районе поступления с берега нефтепродуктов за 2012–2014 гг. (мг/кг)

Год	Точка отбора	Содержание нефтепродуктов, мг/кг
2012	12-АР-21	41
2013	13-АР-21	21
2014	14-АР-21	32

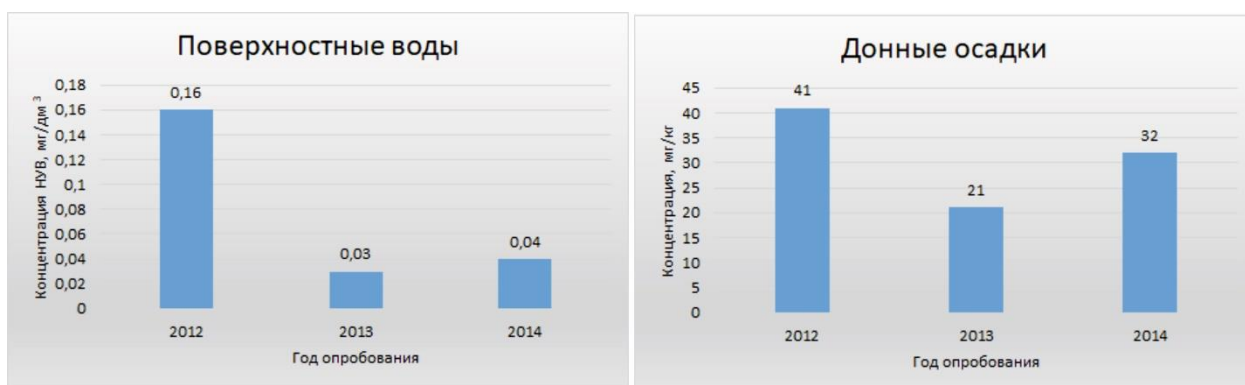


Рисунок 65. Распределение концентраций нефтепродуктов в поверхностных водах и донных осадках. Станция опробования (АР-21) в 2012, 2013, 2014 годах

Результаты определения в пробах придонных вод хлорорганических пестицидов (ХОП), полихлорированных бифенилов (ПХБ) и бенз(а)пирена (БП) приведены в таблице 13. Во всех пробах придонных вод концентрации этих поллютантов за исключением бенз(а)пирена имеют значения ниже порога обнаружения. Значимые, но не превышающие ПДК для водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования, концентрации бенз(а)пирена зафиксированы только на станциях АР-14-37 и АР-14-56.

Для уточнения закономерностей накопления загрязняющих компонентов был проведен минералогический анализ донных осадков. Минеральный состав тонкозернистой песчаной и алевропелитовой фракций донных осадков восточной части Двинского залива, по результатам рентгенофазового анализа, представлен следующими минералами: кварц, альбит, ортоклаз, иллит, кальцит, доломит, галлуазит, микроклин. В качестве минералов-

примесей отмечены пирит, гранат (гроссуляр), ильменит, апатит, амфибол (роговая обманка), авгит, глауконит, палыгорскит, бадделеит(?), амфибол, хлорит. По литературным данным, основными рудными минералами крупноалевритовой фракции (0,1–0,05 мм) осадков Белого моря являются ильменит, магнетит, лейкоксен [Гусакова, 2013]. В мелко-среднезернистых песках по результатам рентгенофазового анализа основными минералами являются кварц, альбит, микроклин. В качестве минералов-примесей отмечены диопсид, хлорит, иллит, гейландит. Химический состав установленных минералов весьма разнообразен. Согласно литературным данным, основными минералообразующими компонентами, помимо элементов группы породообразующих, являются: Ti, Mg, Fe, Cr, Mn, Zr, Ba, P. В качестве элементов-примесей широко распространены: Fe, Mn, Mg, Cr, Ti, Zn, Cu, Ni, V, Sn, Ta, Nb, U, Th, Ba, Zr, Sr, Rb, Cs, реже F, Cl, Pb, Co, Hf, Ga, Li.

Таблица 13. Содержание токсикантов в пробах воды восточной части Двинского залива

№ п/п	№ пробы	ПХБ, мг/дм³	ХОП, мг/кг			БП, мг/дм³
			Σ ГХЦГ	ГХБ	Σ ДДТ и метаболиты	
1	АР-14-5	<0,01	<0,01	<0,005	<0,01	<0,0005
2	АР-14-13	<0,01	<0,01	<0,005	<0,01	<0,0005
3	АР-14-17	<0,01	<0,01	<0,005	<0,01	<0,0005
4	АР-14-21	<0,01	<0,01	<0,005	<0,01	<0,0005
5	АР-14-37	<0,01	<0,01	<0,005	<0,01	0,0007
6	АР-14-38	<0,01	<0,01	<0,005	<0,01	<0,0005
7	АР-14-56	<0,01	<0,01	<0,005	<0,01	0,0006
ГН 2.1.5.1315-03 ПДК химических веществ в воде водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования		1	20	1	100	0,001

*Формы нахождения химических элементов в донных осадках Двинского залива*

Водорастворимые формы Co, Cr, Cu, Ni, Zn, Pb, V в донных осадках восточной части Двинского залива, связанные с сорбционными процессами, имеют крайне ограниченное распространение, составляя от 0 до 3 % общего объема (табл. 14). Степень извлечения химических элементов слабокислотной вытяжкой (1N HCl), разрушающей карбонаты, гидроксилы, значительную часть фосфатов, сорбированные формы и ряд других соединений, заметно различается в пределах изучаемой группы. Так, степень извлечения Pb достигает 59 %, а степень извлечения Cr не превышает 6 %, колеблясь в интервале 2–6 %.

В целом, по степени извлечения слабокислотной вытяжкой все изучаемые элементы можно условно разбить на две группы. Первая, с достаточно низкой степенью извлечения от 2 до 14 %, представлена Cr, Co, Ni, V. Вторая, с более высокой степенью извлечения 13–59 %, представлена Cu, Zn, Pb. Труднорастворимая форма нахождения является наиболее типичной для изучаемой группы химических элементов (за исключением Pb). По всей вероятности, их концентрация в осадках обусловлена прежде всего элементным составом природных устойчивых минералов.

Соотношение кислотнорастворимой и труднорастворимой форм нахождения Pb в донных осадках колеблется в широком диапазоне. Столь существенные вариации распределения могут говорить о наличии нескольких минеральных форм, заметно различающихся по степени устойчивости.

Исходя из вышеизложенного, можно предположить, что в донных осадках восточной части Двинского залива минеральная форма нахождения является основной для изучаемой группы элементов. Причем для ряда элементов характерно наличие нескольких минеральных форм. Сорбционная составляющая в данном случае имеет сравнительно меньшее значение. Примеры распределения основных форм нахождения изучаемой группы химических элементов в донных осадках восточной части Двинского залива приведены на рисунках 89–91.

Интересные данные получены по распределению концентраций Cu, Zn в различных фракциях донных осадков. Структура изменения концентраций этих элементов по фракциям позволяет условно выделить два типа такого распределения. Для первого типа характерно бимодальное распределение концентраций Cu, Zn, причем первый максимум концентраций приходится на наиболее тонкие фракции осадка, а второй, как правило, более интенсивный, на фракцию, соответствующую крупно-грубозернистым пескам (рис. 69).

Для второго типа характерно одномодальное распределение концентраций Cu, Zn, максимум концентраций приходится преимущественно на алевритовую фракцию осадка (рис. 70).

Следует отметить, что отчетливая (ярко выраженной) связь между распределением концентраций Cu и Zn по гранулометрическим фракциям с изменением гранулометрического состава осадков и пространственным расположением станций опробования не установлена.

Таблица 14. Соотношение основных формы нахождения Co, Cr, Cu, Ni, Zn, Pb, V в донных осадках Двинского залива в процентах от общего количества выделенных форм

Формы нахождения	Co	Cu	Zn	Ni	Pb	V	Cr
Воднорастворимая	(0-1) %	(0-3) %	(0-2) %	(0-2) %	(0-3) %	(0-2) %	(0-2) %
Кислотнорастворимая	(6-14) %	(18-32) %	(13-24) %	(6-13) %	(16-59) %	(8-14) %	(2-6) %
Труднорастворимая	(86-93) %	(67-79) %	(76-84) %	(86-93) %	(38-82) %	(85-90) %	(93-97) %



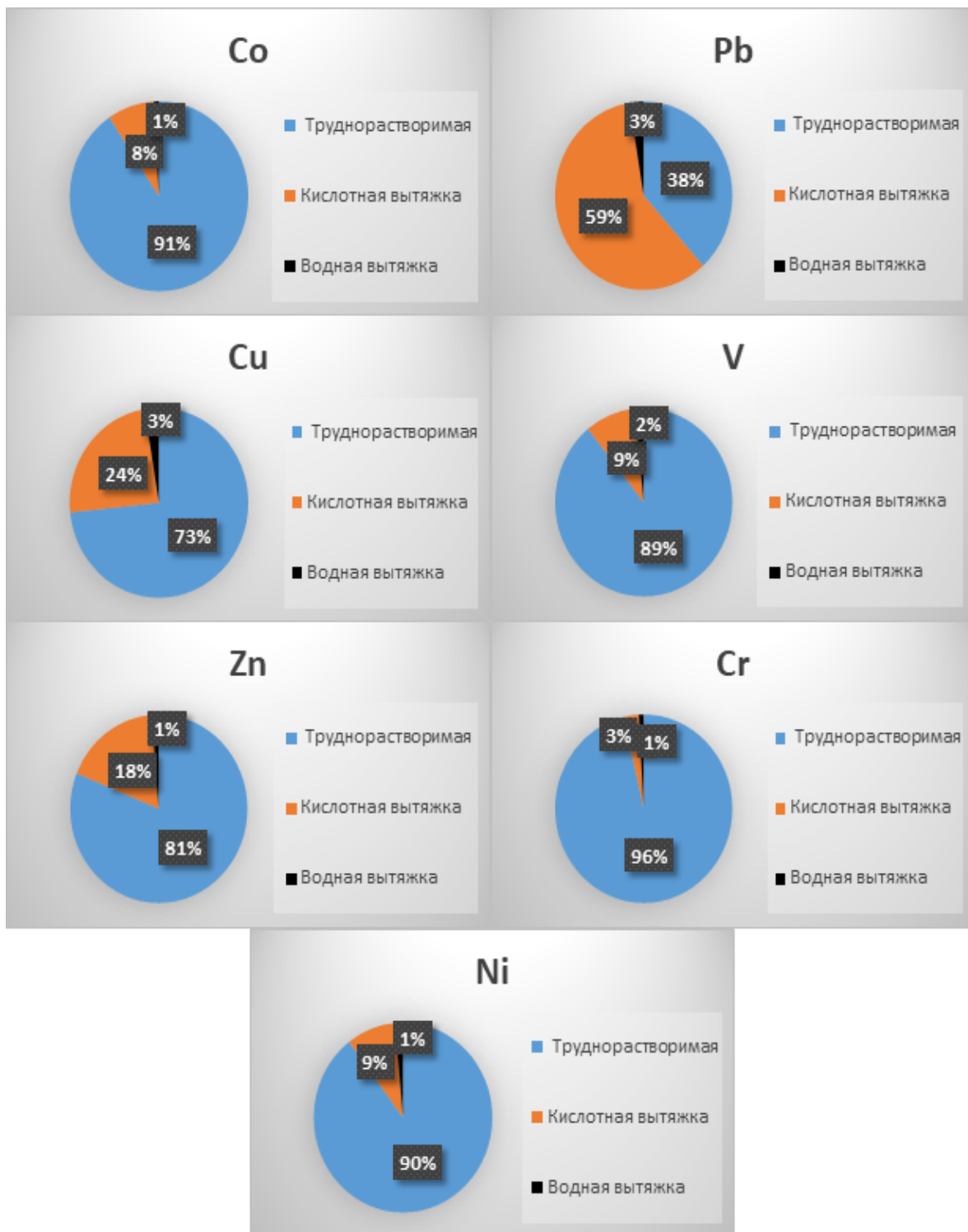


Рисунок 66. Формы нахождения Co, Cr, Cu, Ni, Zn, Pb, V в донных осадках восточной части Двинского залива (станция AP-13-34)

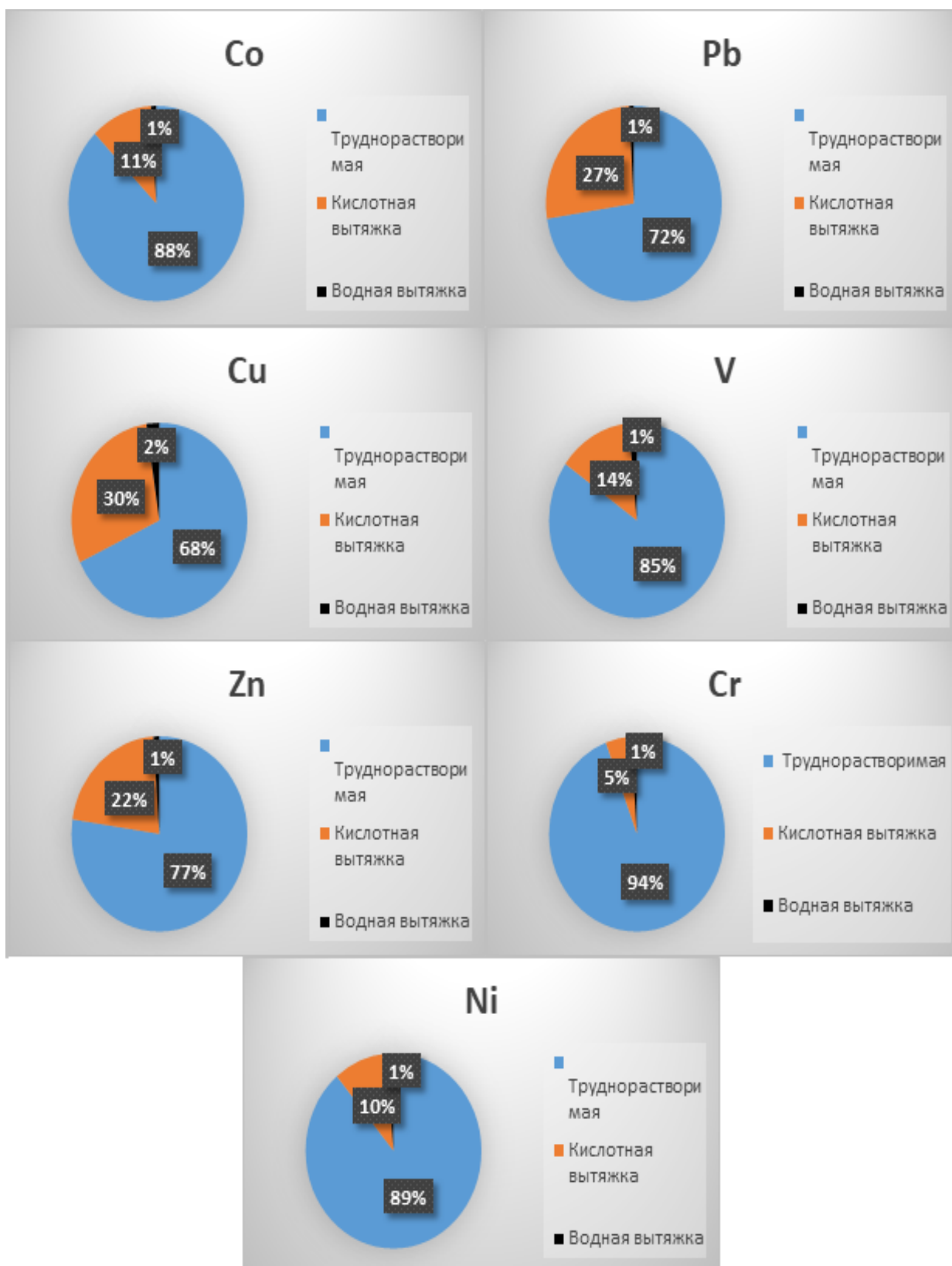


Рисунок 67. Формы нахождения Co, Cr, Cu, Ni, Zn, Pb, V в донных осадках восточной части Двинского залива (станция 13-AP-37)

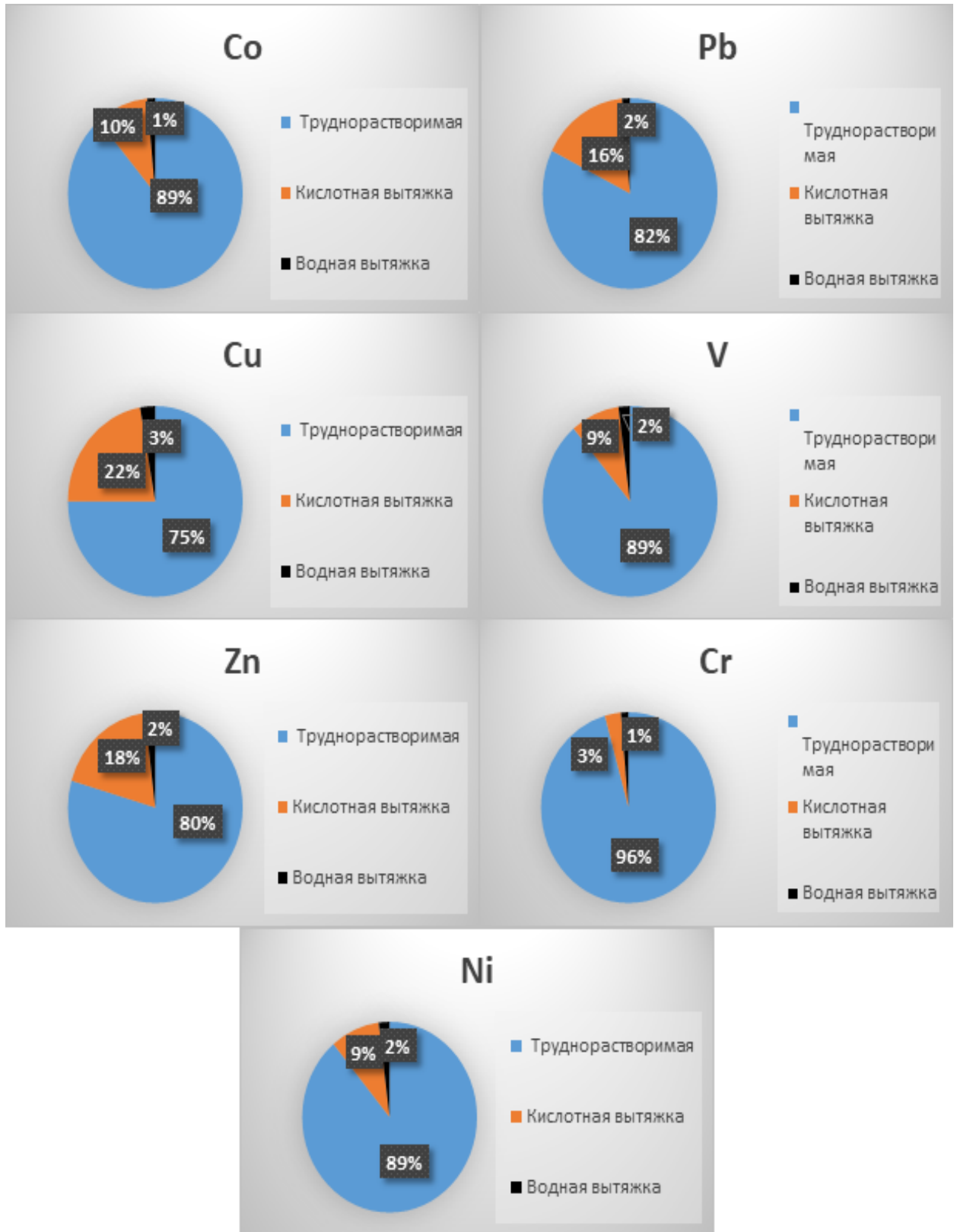


Рисунок 68. Формы нахождения Co, Cr, Cu, Ni, Zn, Pb, V в донных осадках восточной части Двинского залива (станция 13-AP-35)



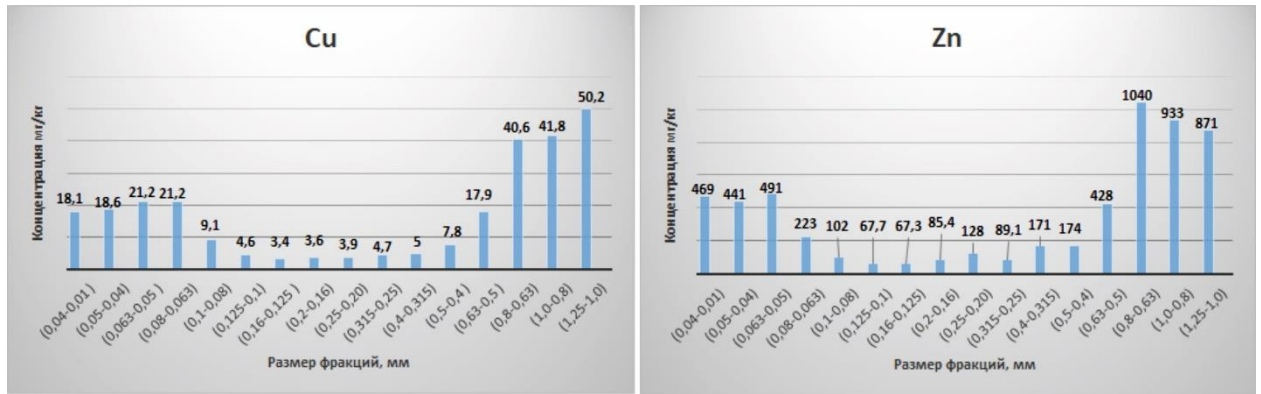


Рис. 69. Распределение меди и цинка по гранулометрическим фракциям осадков. Станция AP-13-5

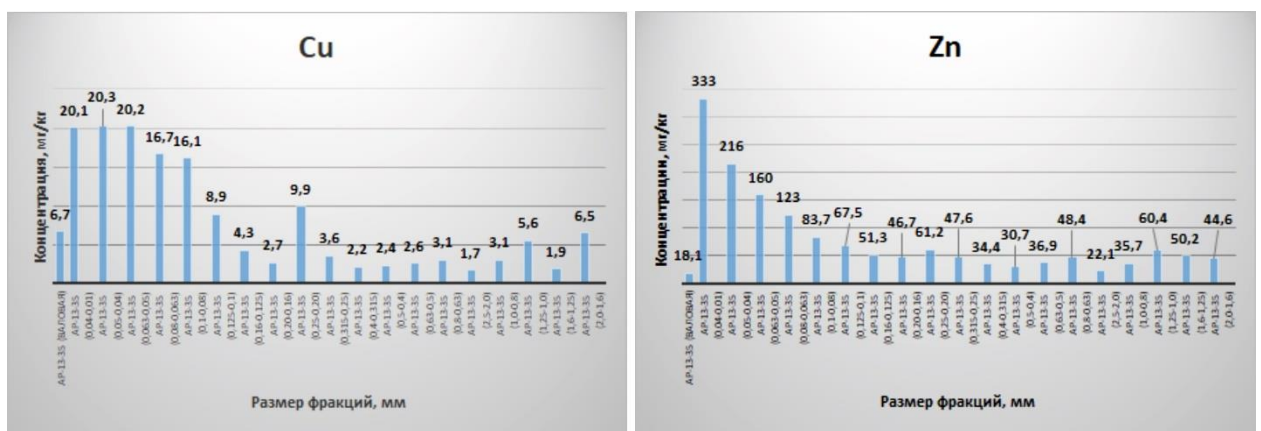


Рисунок 70. Распределение меди и цинка по гранулометрическим фракциям осадков. Станция AP-13-35

Геофизическими исследованиями методом НСП под переслаивающимися пачками песков и алевропелитов были выделены грабеноподобные структуры (рис. 73, 74), аналогичные структурам, закартированным работами 2012 года. По времени образования выделенные грабены можно отнести к венду. Их положение в пространстве контролируется разновозрастными разрывными нарушениями. В данном случае вендские грабены не затронуты неотектонической активизацией, о чем свидетельствуют залегающие горизонтально перекрывающие их толщи четвертичных и голоценовых осадков. Вместе с тем на профиле dv-03 наблюдается аномалия в геологическом строении четвертичных образований. Практически по всему профилю четвертичный разрез представлен горизонтально залегающими пачками песков и алевропелитов. Но на профиле dv-03 (рис. 74) в пределах грабена отмечена резкая деформация пластов средней части разреза четвертичных отложений. При этом

подстилающие и перекрывающие их породы залегают относительно горизонтально. Структура и направление падения пластов позволяет предположить наличие на данном участке палеодолины.

**Геолого-геоморфологические маршруты в береговой зоне.** В июне-июле 2014 г. береговым отрядом выполнялись детальные обследования берегов и прибрежных мелководий на ключевых участках мониторинга «остров Мудьюгский», «остров Ягры» и «дельта р. Северная Двина». Измерения и наблюдения производились по сети опорных профилей и базовых точек. Основной целью работ являлся мониторинг морфолитодинамики субаэральной части береговой зоны, выявление геоморфологических аномалий, оценка характера и уровня техногенной нагрузки на береговую зону, эффективности берегозащитных мероприятий, проявленности и интенсивности опасных геологических процессов и их воздействия на береговую инфраструктуру.

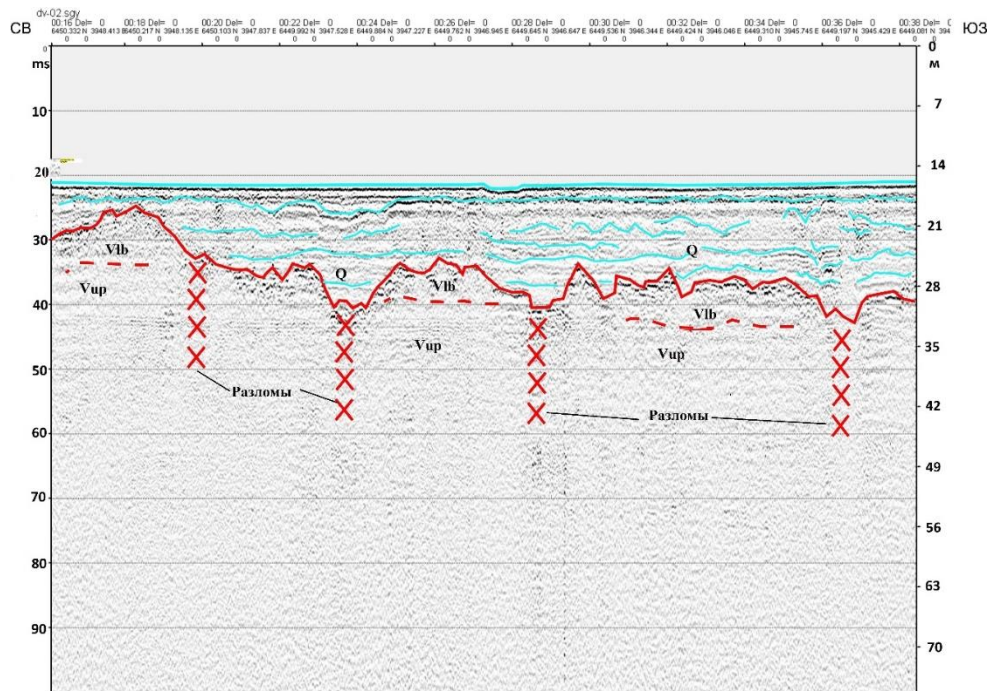


Рисунок 73. Пример сейсмогеологического разреза (ПР-Dv-02) с вендскими (Vlb) грабенами, не затронутыми современными тектоническими движениями: Q – нерасчлененные отложения четвертичного возраста, Vlb – любимская свита венда, Vup – усть-пинежская свита венда

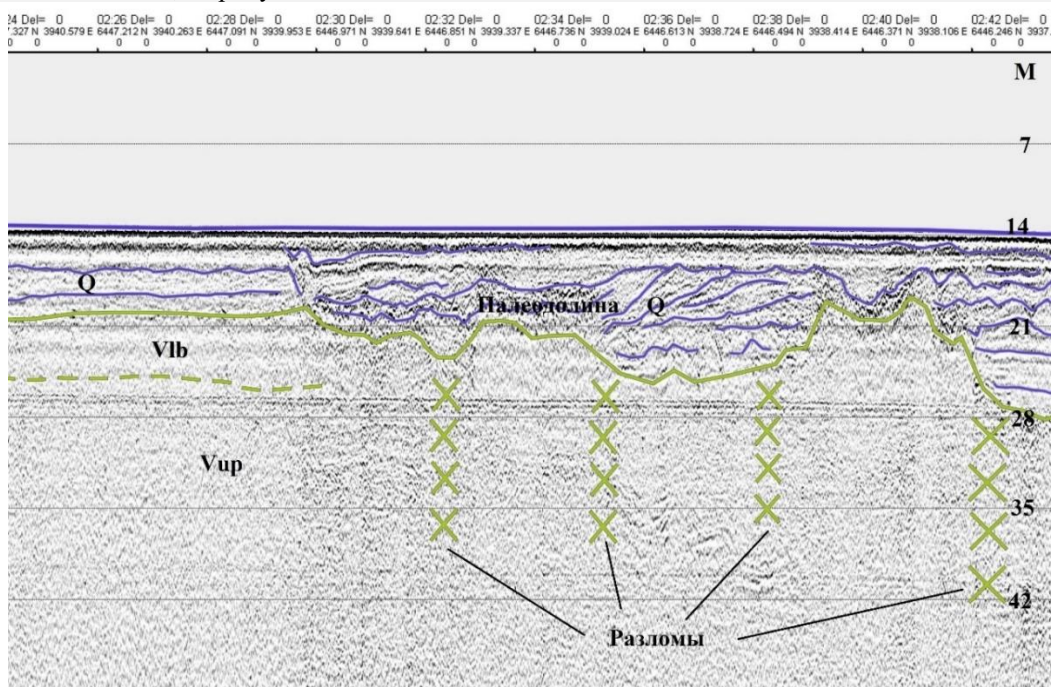


Рисунок 74. Пример выделенных по результатам НСП грабеноподобных структур и предполагаемой палеодолины. ПР-Dv-03: Q – нерасчлененные отложения четвертичного возраста, Vlb – любимская свита венда, Vup – усть-пинежская свита венда

*Дельта Северной Двины*

При детальном исследовании берегов дельты р. Северная Двина основной задачей был мониторинг состояния берегов с точки зрения интенсивности эрозионных процессов и выявления участков их опасного развития. Предварительный анализ полученных материалов

и их сравнение с данными исследований 2012 г. позволил ранжировать исследованные берега по интенсивности экзогенных геологических процессов и выявить изменения конфигурации зон активной эрозии по сравнению с 2012 г. (рис. 75). Наиболее опасного уровня процессы размыва берегов достигают в районе свалки горяче-



смазочных материалов [Информационный бюллетень 2012; 2013] и разрушения жилых домов в ряде прибрежных поселков (рис. 76).

*Остров Мудьюгский*

Мониторинговые береговые исследования на о. Мудьюгский выполнялись по сети базовых

станций наблюдения с 2011 г. Для определения направления и интенсивности вдольберегового потока наносов в юго-восточной части береговой зоны были отобраны образцы отложений приустьевой части пляжа на дополнительных станциях (рис. 77).

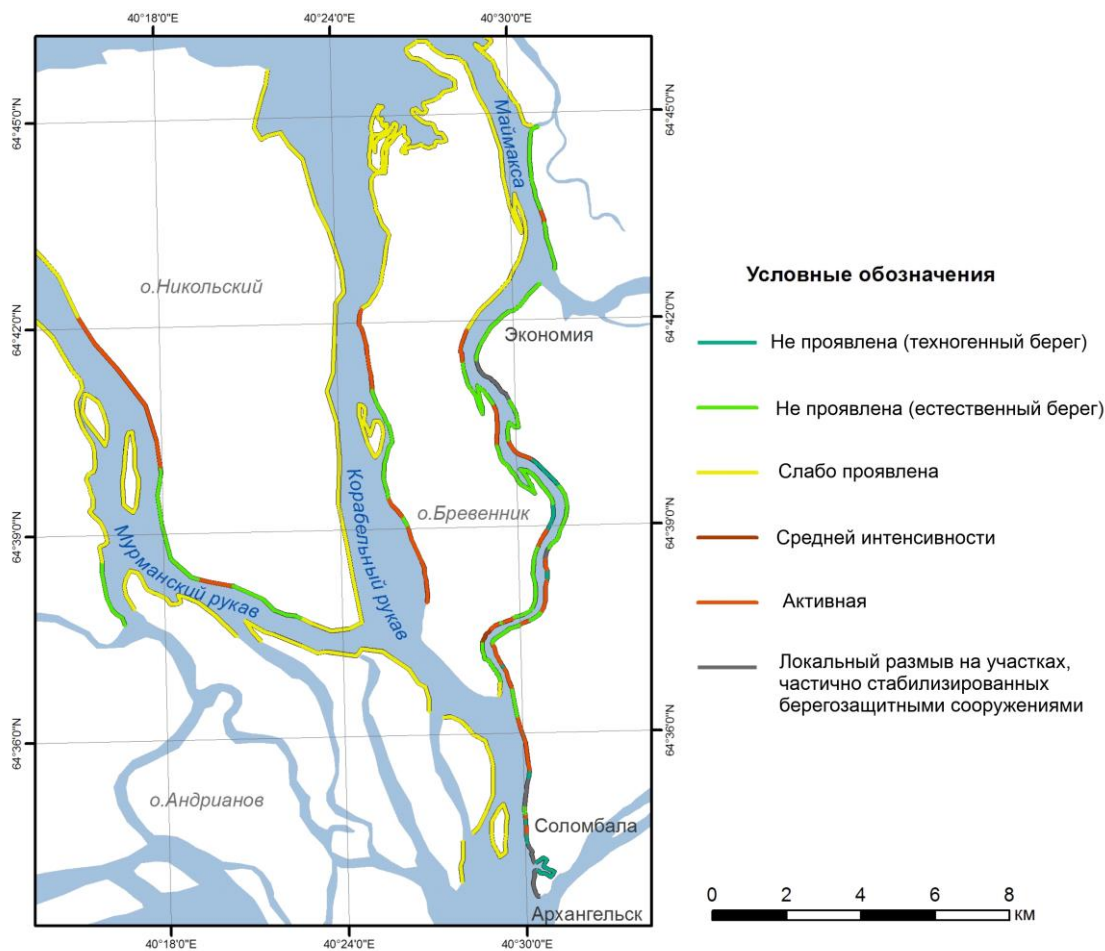


Рисунок 75. Схема ранжирования берегов дельты р. Северная Двина по интенсивности экзогенных геологических процессов (2014 г.)

**2012**



**2014**



Рисунок 76. Разрушение жилого дома. Станция 14-ДД-35



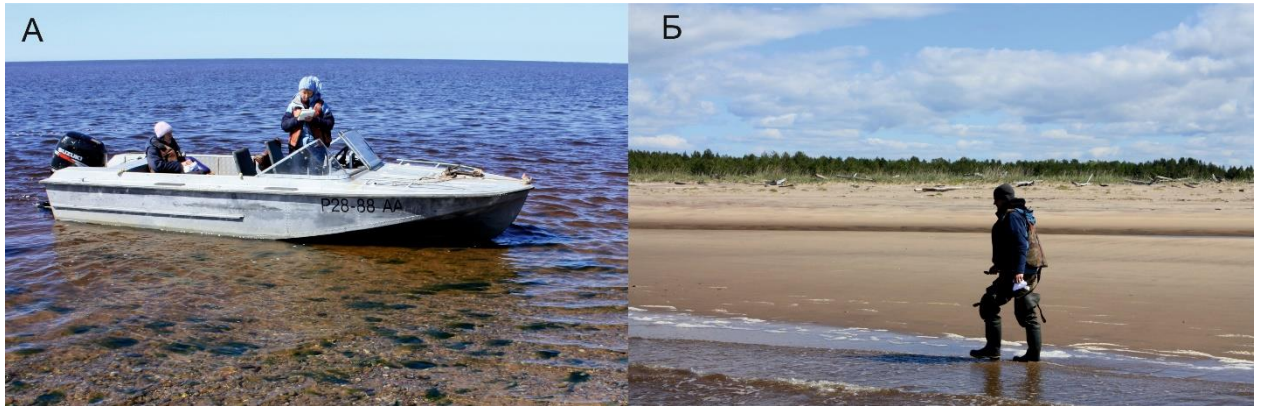


Рисунок 77. Рабочие моменты берегового маршрута на о. Мудьюгский: А – вдольбереговые наблюдения с катера; Б – непрерывная GPS-съемка береговой линии кос

Сравнительный анализ результатов мониторинговых наблюдений показывает (рис. 78), что пространственное распределение зон различной направленности и интенсивности экзогенных геологических процессов в морской береговой зоне о. Мудьюгский характеризуется относительной стабильностью во времени. В то же время в зависимости от гидродинамических условий наблюдается изменение протяженности отрезков берега, подверженных наиболее

интенсивной абразии. На протяжении четырехлетнего мониторинга, наиболее активными абразионные процессы были в 2012 г., что связано с серией экстремальных штормов в Двинском заливе, отмечавшихся осенью–зимой 2011–2012 гг. Опасного уровня абразионные процессы достигают в юго-восточной части морской береговой зоны о. Мудьюгский (в районе маяка), где с 2011 г. произошло разрушение жилых построек (рис. 79).

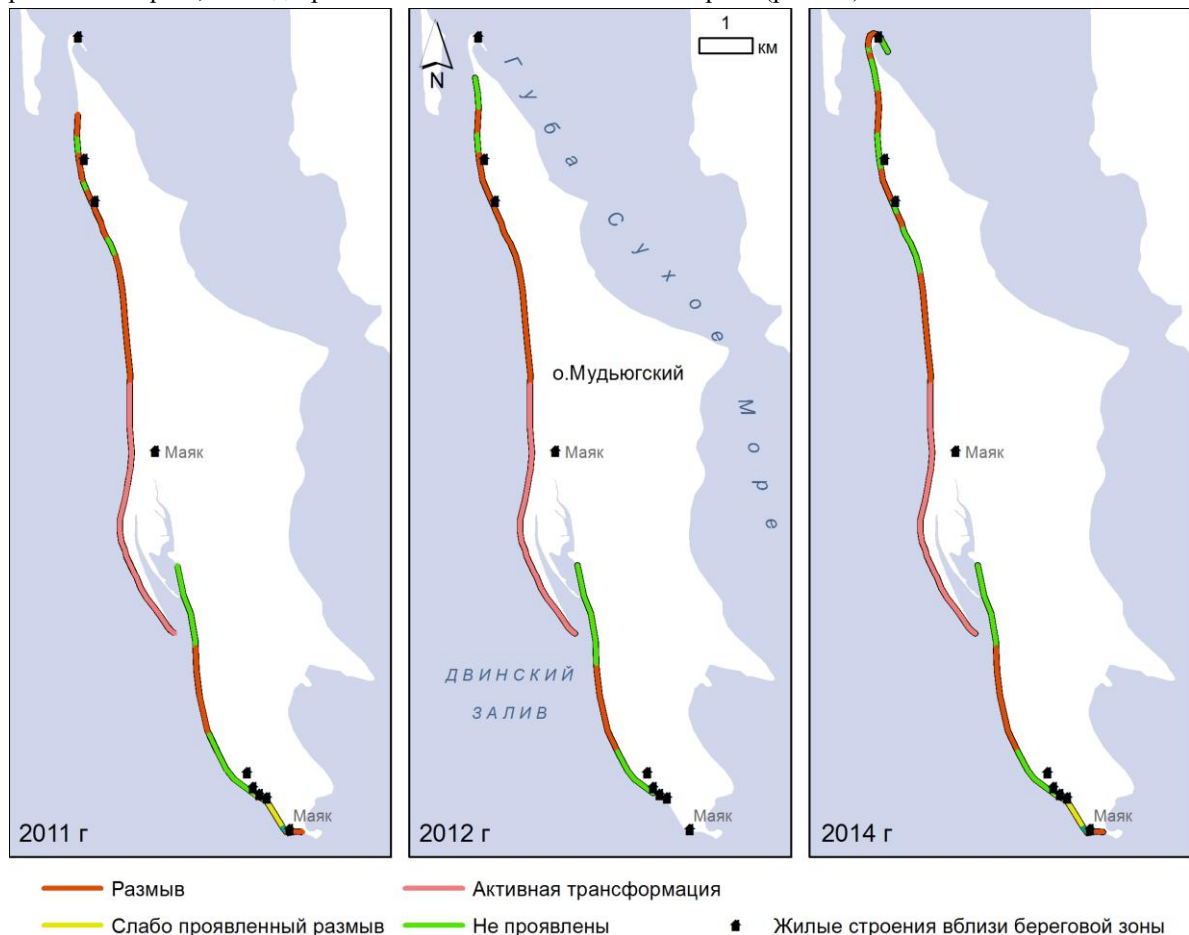


Рисунок 78. Сравнительная схема ранжирования морской береговой зоны о. Мудьюгский по интенсивности экзогенных геологических процессов (2011–2014 гг.)



2011



2014

Рисунок 79. Разрушение построек в юго-восточной части береговой зоны о. Мудьюгский

### *Остров Ягры*

Остров Ягры, выбранный в качестве одного из ключевых участков мониторинга, представляет собой одно из аккумулятивных образований, характерных для дельты р. Двина. Предыдущий цикл береговых наблюдений был организован в 2011 г. В 2014 г. были выполнены вдольбереговые маршруты с описанием состояния дюн, абразионных уступов, береговой инфраструктуры и фотофиксацией, сопровождаемые отбором образцов. Результаты сравнительного анализа состояния авандюн и абразионных уступов свидетельствует о сохранении основных закономерностей в распределении зон активной абразии и стабильных участков берега. В то же время, протяженность участков интенсивного размыва и преимущественной аккумуляции изменяется в зависимости от сезонной активности гидродинамических процессов (рис. 80).

Наиболее значительные нарушения береговой инфраструктуры отмечены в районе берегозащитных сооружений в юго-западной

части исследованной береговой зоны (станция наблюдения 14-Я-1) (рис. 81). За прошедший трехлетний период в результате вымывания основания бетонных плит произошло их обрушение (на высоту около 70 см), наблюдающееся по отношению к металлическому шпунту. В тыловой части пляжей сформированы авандюны, вдоль берега чередуются участки стабильных дюн и активных абразионных уступов. Далее в сторону суши расположены древние дюны, на ряде участков берега интенсивно проявлены процессы дефляции. По данным мониторинговых наблюдений, под воздействием абразии и дефляции происходит постепенное отступление авандюны (рис. 82).

Активная абразия продолжается также на выявленных ранее аварийных участках берега в районе Мемориала павшим в годы Великой отечественной войны и на территории закрытого объекта Министерства обороны (рис. 83).

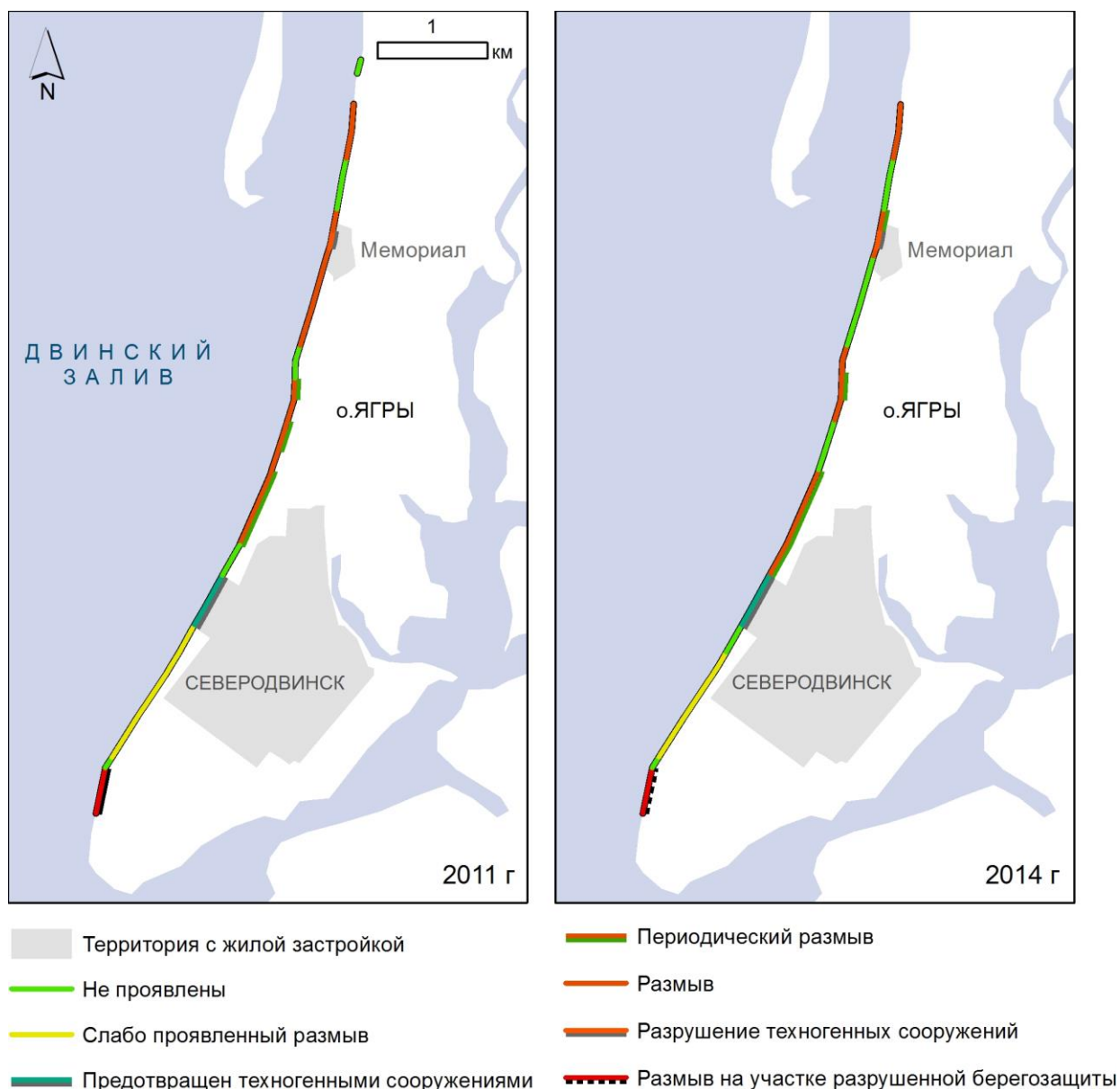


Рисунок 80. Сравнительная схема ранжирования морской береговой зоны о. Ягры по интенсивности экзогенных геологических процессов (2011 и 2014 гг.)

Для определения направления потока наносов по результатам гранулометрического анализа при работах 2014 г. были отобраны 18 образцов песков приуезовой части пляжа.

Материал приуезовой зоны пляжа острова представляет собой хорошо сортированный (коэффициент сортировки варьирует в пределах 0,68–1,19) мелкозернистый песок, средний размер песчаных зерен 0,2 мм. Для определения потока

наносов анализируемая протяженность береговой линии была разделена на два участка, каждый из которых включал в себя 9 образцов песчаного материала, отобранного вдоль уреза на одинаковом расстоянии друг от друга. Южный (образцы 14-Я-1 – 14-Я-9) и северный (образцы 14-Я-10 – 14-Я-18) участки представляют собой выровненные сегменты береговой линии, разделенные небольшим мысом.





Рисунок 81. Абразионный участок морской береговой зоны о. Ягры. Разрушение берегозащитных сооружений в юго-западной части о. Ягры. А – 2011; Б, В – 2014. Станция 14-Я-1



Рисунок 82. Центральная часть морской береговой зоны о. Ягры. Отступление авандюны. Станция 14-Я-7



Рисунок 83. Активная абразия берега *А* – в районе Мемориала павшим в годы Великой отечественной войны. Станция 14-Я-16; *Б* – на территории закрытого объекта Министерства обороны (2014 год). Станция 14-Я-18

На северной оконечности мыса формируется зона аккумуляции. Определение вдольберегового потока наносов и его вероятное проявление, проведенное по методике П. МакЛарена [McLaren, Bowles, 1985], показало, что транспорт материала в южном направлении прослеживается лишь на северном участке (14-Я-10 – 14-Я-18) и имеет уровень значимости 0,05.

Преобладающими условиями, способствующими изменению гранулометрических параметров по направлению потока, на данном

участке являются условия случая *В*, что подтверждено графиком, показывающим изменения гранулометрических параметров по ходу транспорта материала (рис. 84). На графиках четко прослеживается уменьшение среднего размера осадков, коэффициента сортировки и асимметрии на участке 14-Я-10 – 14-Я-18 в южном направлении. На южной оконечности о. Ягры (участок 14-Я-1 – 14-Я-9) не удалось определить направление выдержанного потока наносов по методике П. МакЛарена.

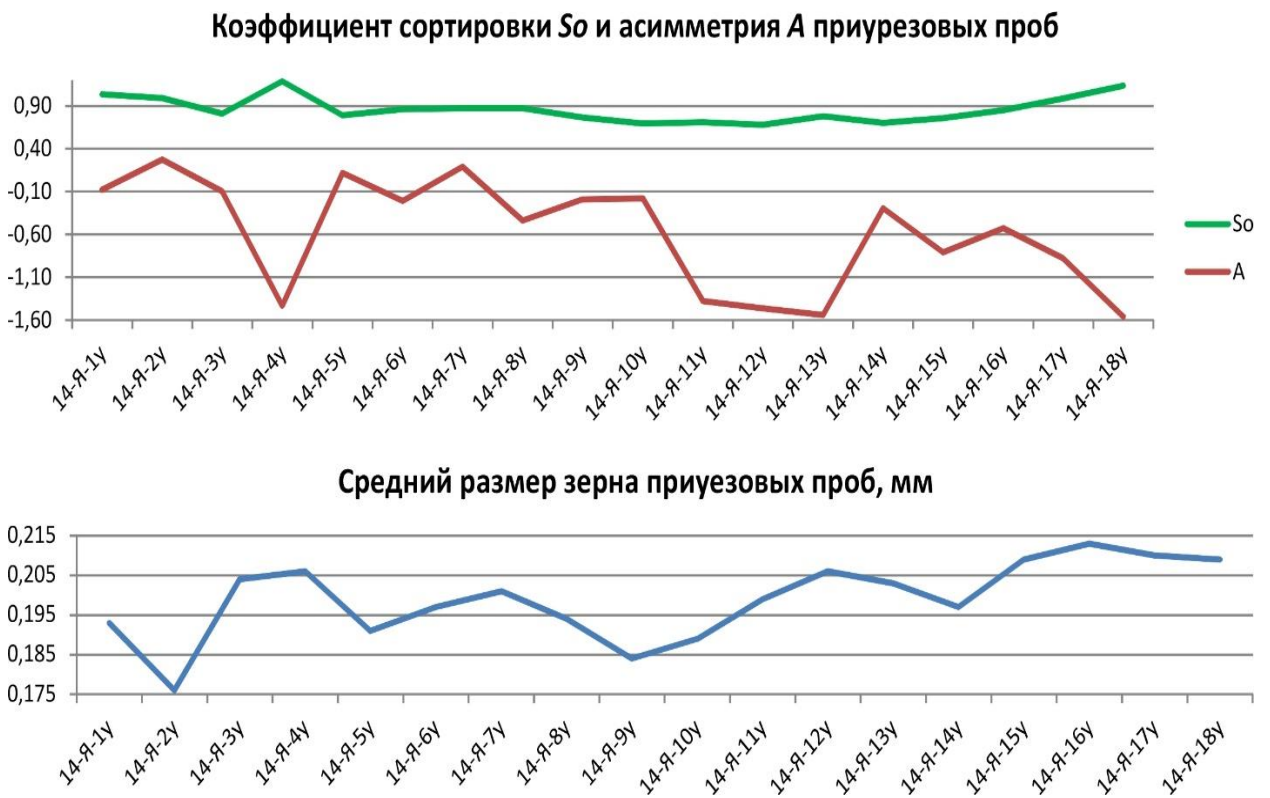


Рисунок 84. Изменения гранулометрических коэффициентов приурезовых проб на ключевом участке Ягры



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

В июне–июле 2014 г. были выполнены береговые маршруты на ключевых участках «Северная береговая зона Финского залива в пределах Курортного района», «Южная береговая зона Финского залива», «Невская губа», а также морские геолого-геофизические работы в субаквальной части береговой зоны Курортного района, Невской губе, и на ключевых участках «Выборгский залив» и «Копорский залив» (рис. 85). В июле–августе 2014 г. были выполнены геолого-геофизические работы, включавшие профилирование ГЛБО, непрерывное сейсмоакустическое профилирование (НСП), донный и гидрохимический пробоотбор, а также гидрофизическое зондирование.

### Ключевой участок «Северная береговая зона Финского залива в пределах Курортного района»

В Курортном районе были выполнены вдольбереговые маршруты общей протяженностью 30 км, сопровождавшиеся описанием состояния берегов, пляжей, авандюн и берегозащитных сооружений (59 станций наблюдения), измерениями ширины пляжа и фотофиксацией (рис. 86). Особое внимание уделялось обследованию аварийных участков, где осенью 2013 – зимой 2014 гг. были зафиксированы интенсивные размывы берега. В режиме мониторинга были выполнены нивелировки по сети опорных профилей (16 профилей). В 2014 г. измерения проводились в пределах субаэральной части береговой зоны (рис. 87).

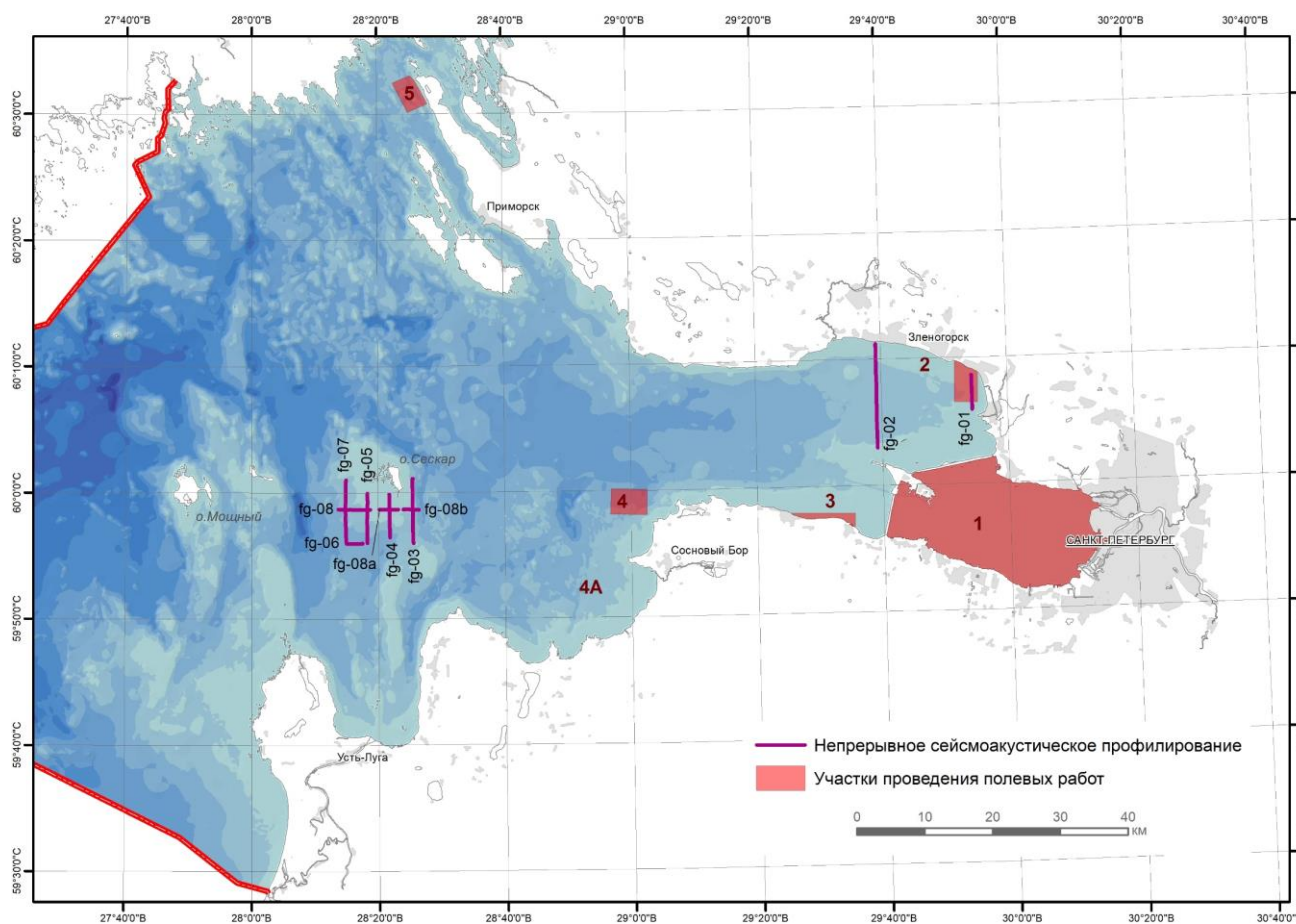


Рисунок 85. Карта фактического материала контрольного полигона «Финский залив». Расположение ключевых участков: 1 – «Невская губа»; 2 – «Северная береговая зона Финского залива в пределах Курортного района»; 3 – «Южная береговая зона Финского залива»; 4 – «Копорский залив» – площадь распространения покмарков; 4а – «Копорский залив» – площадь радиогеохимического мониторинга; 5 – «Выборгский залив»



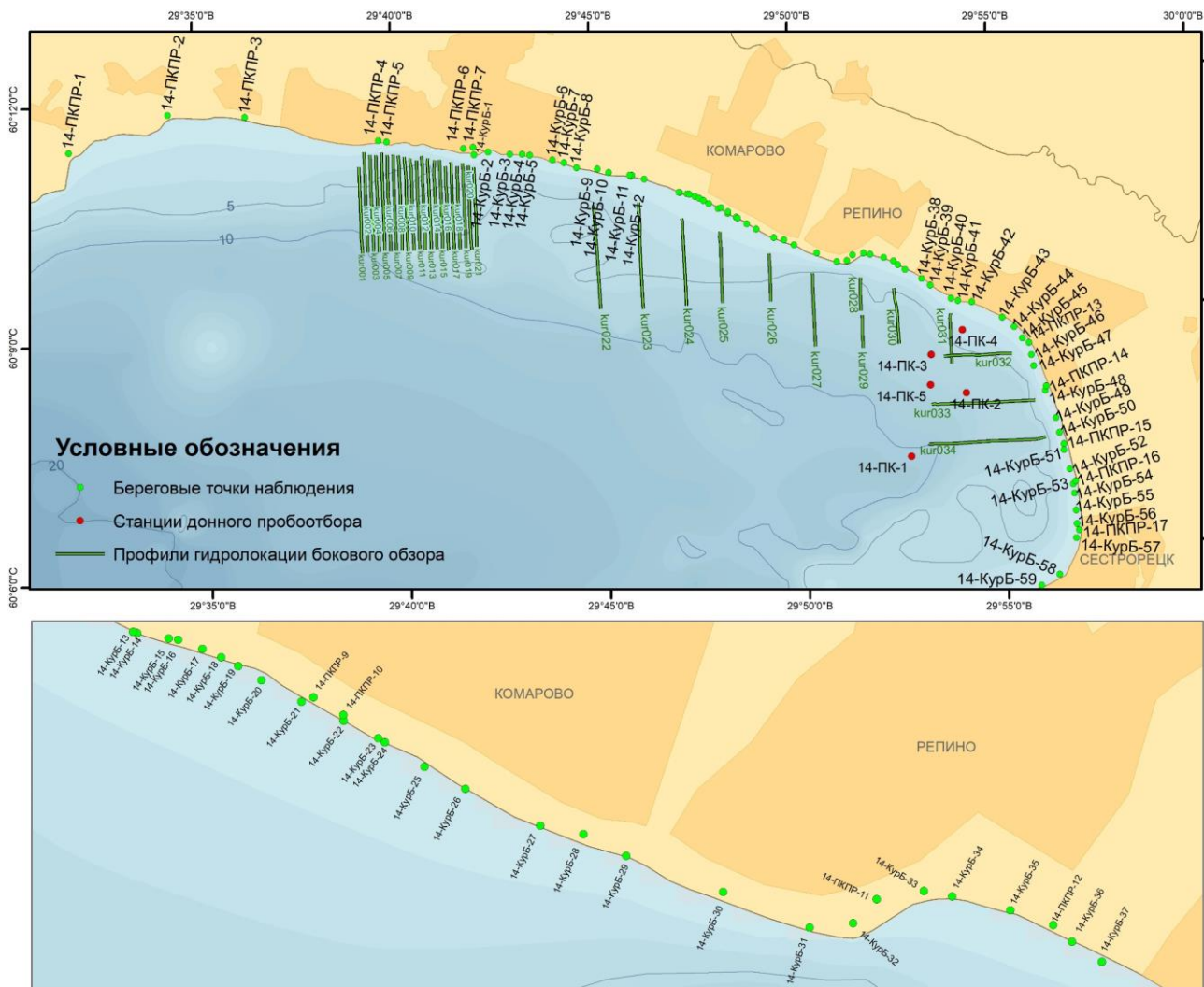


Рисунок 86. Карта фактического материала. Ключевой участок «Северная береговая зона Финского залива в пределах Курортного района»



Рисунок 87. Рабочие моменты береговых работ в Курортном районе

Наблюдения, выполнявшиеся в режиме непрерывных вдольбереговых маршрутов от г. Зеленогорск до м. Дубовский показали, что осенними и зимними штормами был нанесен

серьезный ущерб берегозащитным сооружениям и береговой инфраструктуре.

В 2014 г. существенно усилились абразионные процессы к востоку от пирса яхт-клуба «Терийоки». Рассматриваемый участок береговой зоны характеризуется наиболее значительными деформациями береговой линии, спровоцированными техногенным вмешательством. Как показал анализ долговременных (на протяжении более 100 лет) тенденций развития береговой зоны в районе Зеленогорска, в результате блокировки вдольберегового потока наносов построенным в 1911 г. пирсом, перпендикулярным береговой линии, к востоку от сооружения береговая линия отступила на расстояние более 100 м [Спиридонов и др., 2010] (рис. 88).

Определенную роль в усилении процессов размыва к востоку от пирса до 1990-х гг. играл перехват части вдольберегового потока наносов

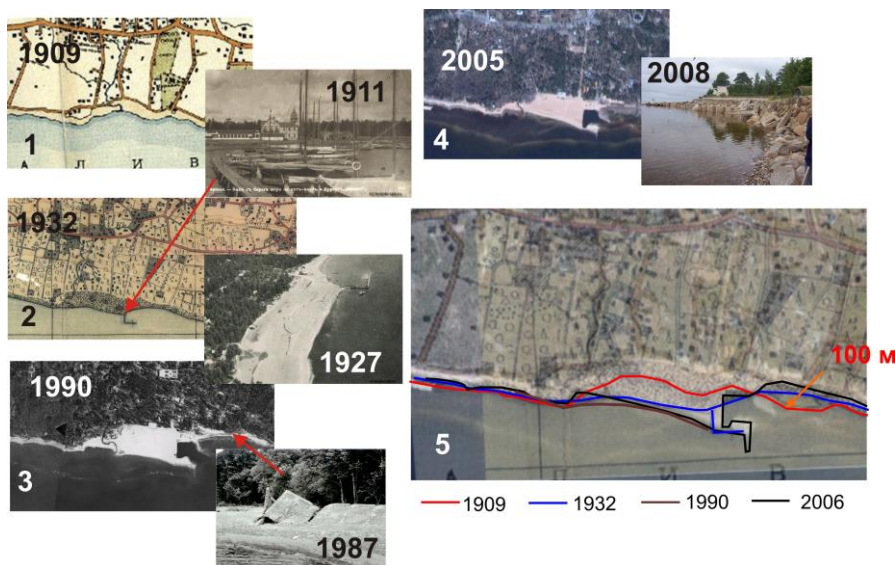


Рисунок 88. Изменение береговой зоны в районе Зеленогорского городского пляжа. Пляж Териоки–Зеленогорск на картах и планах: 1 – 1909; 2 – 1932 ([www.Terijoki.ru](http://www.Terijoki.ru)); 3 – аэрофотоснимок 1990 г.; 4 – космоснимок 2005 г. и фото 2008 г.; 5 – космоснимок 2006 г. с наложенными береговыми линиями 1909, 1932 и 1990 (Google Earth) [Спиридонов и др., 2010]

фарватером Зеленогорского порта. С середины 1990-х до 2006 г. порт не функционировал, в результате чего в субаквальной части береговой зоны сформировались устойчивые подводные вдольбереговые песчаные валы, прослеживающиеся на космоснимках.

В 2006–2007 гг. при строительстве яхт-клуба был восстановлен пирс и выполнена отсыпка новой территории. Необходимым условием эксплуатации яхт-клуба является периодическое углубление фарватера, что имеет негативные последствия для примыкающего к порту с востока сегмента берега. Изъятие осадочного материала из вдольберегового потока наносов вновь активизировало абразионные процессы к востоку от рассматриваемого участка в 2012–2014 гг. (рис. 89).

По данным, исследований 2014 г., на расстоянии около 2.7 км к востоку от пирса яхт-клуба практически полностью отсутствуют песчаные пляжи (ширина пляжей не более 10 м), наблюдаются активные абразионные уступы, разрушение берегозащитных сооружений и резкий дефицит наносов на подводном береговом склоне, индикатором которого является отсутствие подводных аккумулятивных форм.

Наряду с проблемой полного разрушения берегозащитных сооружений к востоку от пирса, которые были в значительной степени изношены еще до начала строительства яхт-клуба, потенциальную экологическую угрозу представляют оказавшиеся в

зоне размыва шахты системы канализации г. Зеленогорск (рис. 90).

Последствия осенних штормов в виде активного абразионного уступа в авандоне прослеживаются также практически на всем протяжении берега в пос. Комарово и Репино. Результаты повторных нивелировок по сети опорных профилей показали, что при наличии сезонных изменений, преобладающей тенденцией является размыв пляжей и отступление абразионного уступа (рис. 91).



Рисунок 90. Шахты системы канализации вблизи уреза воды. А – станция наблюдения 14-КурБ-5; Б – станция наблюдения 14-КурБ-6

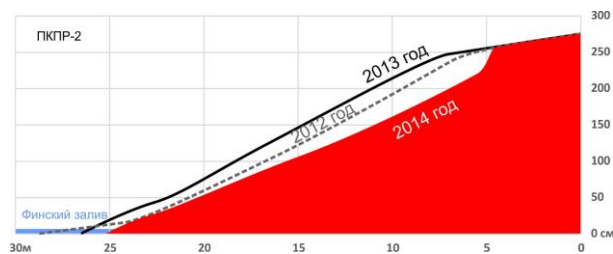


Рисунок 91. Результаты повторных нивелировок (2012–2014 гг.) на опорном профиле 3

Материалы ежегодных наблюдений, проводившихся в различные сезоны года на протяжении последних восьми лет, подтверждают выявленные ранее [Информационный бюллетень ..., 2011] закономерности – экстремальные размывы





Рисунок 89. Трансформация береговой зоны в районе пирса г. Зеленогорска с 2004–2014 гг.

берега, при которых скорость отступления абразионного уступа за единичный шторм может достигать, по данным повторных нивелировок, 5 м, происходят при штормах и нагонах при отсутствии ледяного покрова (рис. 92).

За период мониторинга такие условия в рассматриваемом районе наблюдались трижды – осенью–зимой 2006–2007 г., 2011–2012 г. и в 2013 г. По литературным данным во второй половине XX века [Барков и др., 1989], частота экстремальных размывов берегов не превышала одного раза в 25 лет. Таким образом, в настоящее время фиксируется резкая активизация экзогенной геодинамики в береговой зоне восточной части Финского залива, что может иметь серьезные последствия для безопасности прибрежных территорий.

Механизм воздействия экстремальных штормов на профиль пляжа для рассматриваемого ключевого участка удалось проследить благодаря выполненному в рамках российско-финляндского проекта CLiPLivE («Адаптация городской окружающей среды к негативным последствиям климатических изменений») Программы «Юго-Восточная Финляндия – Россия» лазерному сканированию участка берега между опорными профилями 9 и 10. Измерения в повторном режиме (осень 2012 г., в период стабилизации пляжа, и осень 2013 г., непосредственно после серии штормов) показали, что под воздействием шторма происходит активный вынос песчаного материала из тыловой

части пляжа, сопровождающийся отступанием абразионного уступа (рис. 93).

Часть песка при этом откладывается на поверхности пляжевой ступени. В то же время, в целом, как показали выполненные расчеты, баланс осадочного материала оказывается отрицательным – часть песка безвозвратно теряется в результате выноса в нижнюю часть подводного берегового склона. В рассматриваемом случае, объем потерь составил 459 м<sup>3</sup>. В то же время, на некоторых участках береговой зоны, по данным многолетних наблюдений, зафиксирована цикличность в изменениях параметров пляжей.

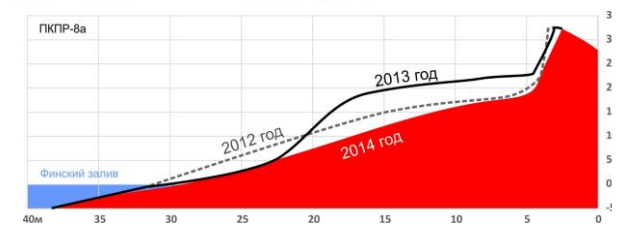
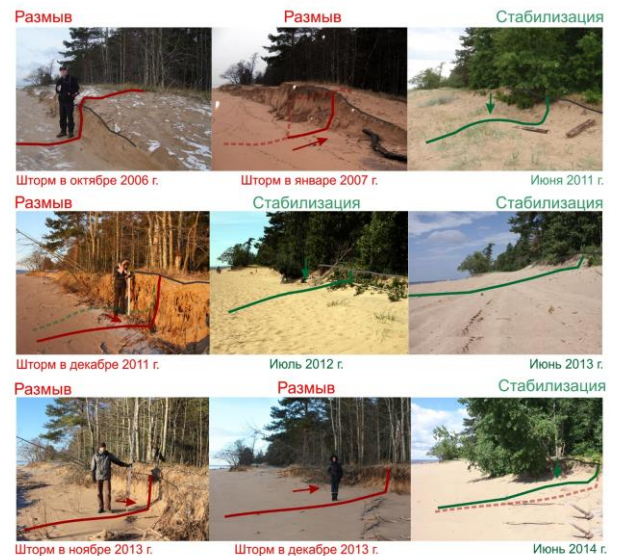


Рисунок 92. Чередование процессов размыва и стабилизации в период с 2006 по 2014 г. и результаты повторных нивелировок за 2012–2014 гг. (опорный профиль 8а)

В центральной части пос. Репино (в районе гостиницы «Репинская») при сравнении архивных аэрофотоснимков (материалы Л.Л. Сухачевой, НИИКАМ) и космических снимков последнего

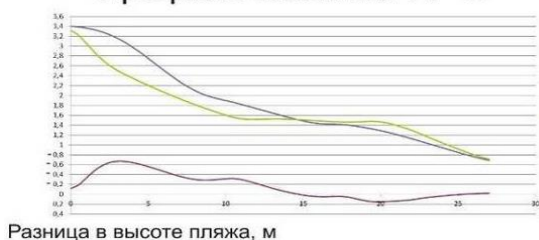


десятилетия отмечаются колебания ширины пляжа, превышающие возможную ошибку, связанную со сгонно-нагонными явлениями в период съемки

(рис. 94). Те же процессы отмечены в результате полевых наблюдений.



Профиль по линии А - В



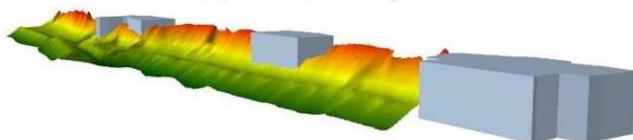
Площадь полигона - 11575 м<sup>2</sup>

Объем перемещенного материала - 847 м<sup>3</sup>

Объем переотложенного материала - 388 м<sup>3</sup>

Объем потерь песчаного материала - 459 м<sup>3</sup>

3D модель пляжа, 2012



3D модель пляжа, 2013

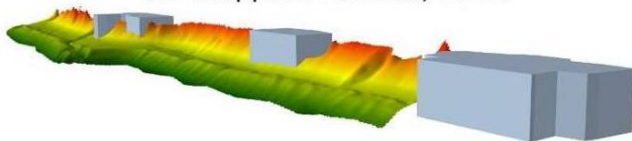


Рисунок 93. Результаты лазерного сканирования в повторном режиме (песчаный пляж пос. Комарово)

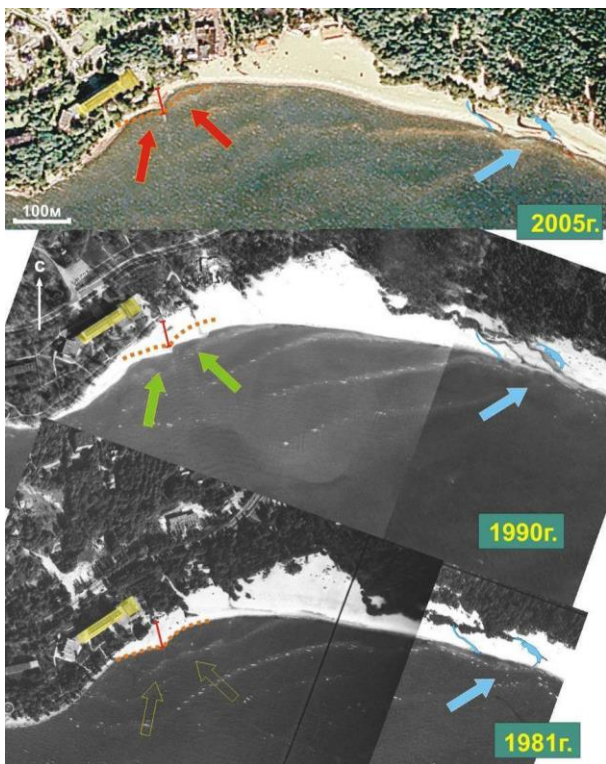


Рисунок 94. Изменение береговой линии в районе гостиницы «Репинская». Станции наблюдения 14-КурБ-32 – 14-КурБ-36

На протяжении последних лет (2011–2013 гг.) на рассматриваемом участке преобладали процессы

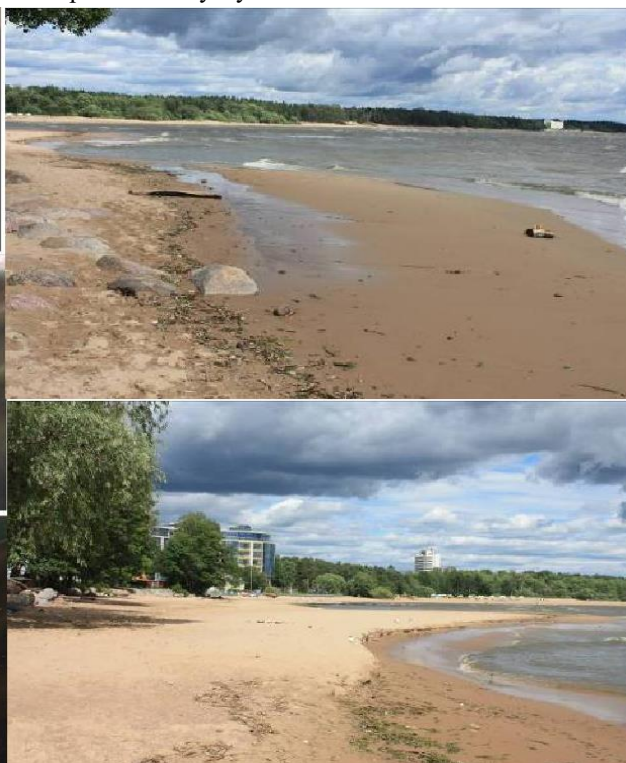


Рисунок 95. Формирование песчаных аккумулятивных форм перед валунным мысом в районе гостиницы «Репинская». Июнь 2014 г. Станция наблюдения 14-КурБ-32

размыва, ширина пляжа не превышала 10–15 м, в тыловой части наблюдалось разрушение вертикальной бетонной берегозащитной стенки. В то же время, маршруты, выполненные в 2014 г., зафиксировали резкое увеличение ширины песчаного пляжа за счет формирования сложной косы, вытянутой в направлении с запада на восток (рис. 95). Процессы цикличности в развитии береговых форм крайне важны и требуют дальнейшего изучения.

Наиболее интенсивные процессы размыва берега в пределах рассматриваемого ключевого участка установлены на восточной окраине пос. Репино. По данным анализа архивных данных, долговременными тенденциями развития береговой зоны здесь является размыв и отступление абразионного уступа после сильных штормов (рис. 96, 97). На границе пос. Репино и Солнечное берег с довоенных времен укреплен берегозащитной стенкой (укрепление откосного типа), которая в настоящее время частично разрушена, однако продолжает выполнять свои функции.

Западнее в 1990 г. была возведена вертикальная волноотбойная стенка, неудачная конструкция которой привела к ее разрушению уже после первых лет существования, и уже более 20 лет не способствует защите пляжей и стабилизации абразионных уступов.





**И.И.Шишкин. После бури.  
Мерихови. 1891**



**И.И.Шишкин. Пляж в Куоккале**



Рисунок 96. Участок активных абразионных процессов в пос. Репино (Куоккала). Работы И.И. Шишкина (1890-е гг.) (<http://www.repino.info/obshaya/istoriya>) и фото июня 2014 г.



Рисунок 97. Участок интенсивного размыва берега штормами осени 2013 г. (пос. Репино). Станция наблюдения 14-КурБ-39



В то же время ежегодные наблюдения 2006-2013 гг. свидетельствовали об относительно медленном отступании абразионного уступа и периодической стабилизации пляжа. Ситуация резко изменилась после серии осенних штормов 2013 г., когда к западу от описанных берегозащитных сооружений произошел резкий размыв пляжа, сопровождавшийся гибелью участка соснового леса (рис. 97, 98).

Таким образом, в ходе очередного годового цикла наблюдений было установлено значительное расширение зон опасного размыва (в том числе аварийных участков) берега, что диктует необходимость срочной реализации Программы берегозащиты приморских территорий Санкт-Петербурга. Результаты прогноза развития береговой зоны, выполненного ВСЕГЕИ в рамках российско-финского проекта CLiPLivE, показали, что интенсивность абразионных процессов может резко возрасти в будущем вследствие изменений климата. При отсутствии эффективных

адаптационных мер и учета результатов мониторинга в пространственном планировании прибрежных территорий, в случае реализации «оптимистичного» сценария, максимальные величины размыва берега за 100 лет в Курортном районе достигнут 50 м, общая площадь потерянных территорий составит 2,9 км<sup>2</sup>, при «пессимистическом» сценарии, включающем подъем уровня воды и сокращение периода развития ледяного покрова, береговая линия на отдельных участках отступит на расстояние до 200 м, площадь потерянных земель достигнет 4,6 км<sup>2</sup>.

В субаквальной части береговой зоны Курортного района было выполнено профилирование ГЛБО по сети мониторинговых профилей, перпендикулярных береговой линии (30 км), а также профилирование по сети сближенных профилей в районе Зеленогорска, на участке наиболее интенсивного размыва подводной террасы, установленного при исследованиях 2006 г. (рис. 99, 100).



Рисунок 98. Участок размыва лесного массива (пос. Репино), фото 2014 г. Станция наблюдения 14-КурБ-39

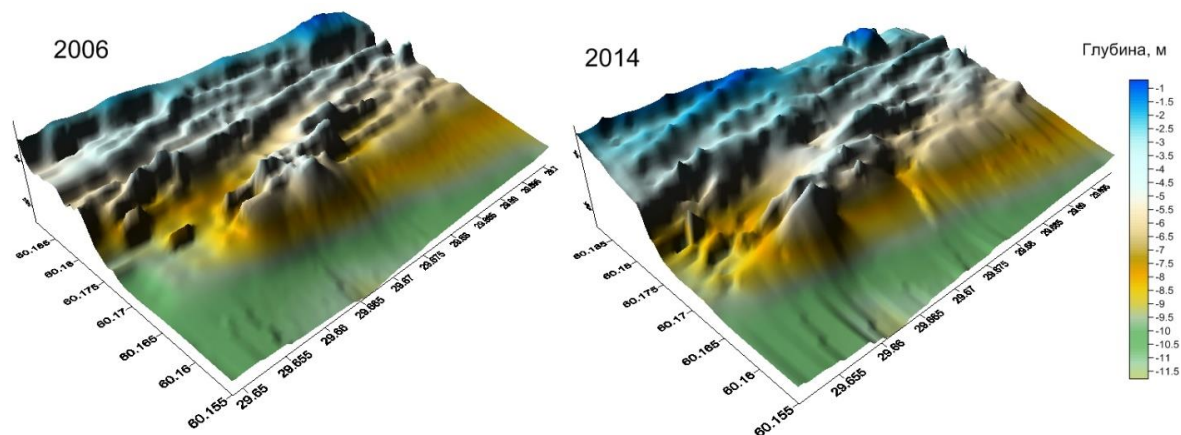


Рисунок 99. Рельеф дна подводной террасы на участке, наиболее сильно подверженном подводному размыву (по данным эхолотирования по сети сближенных профилей в 2006 и 2014 гг.)

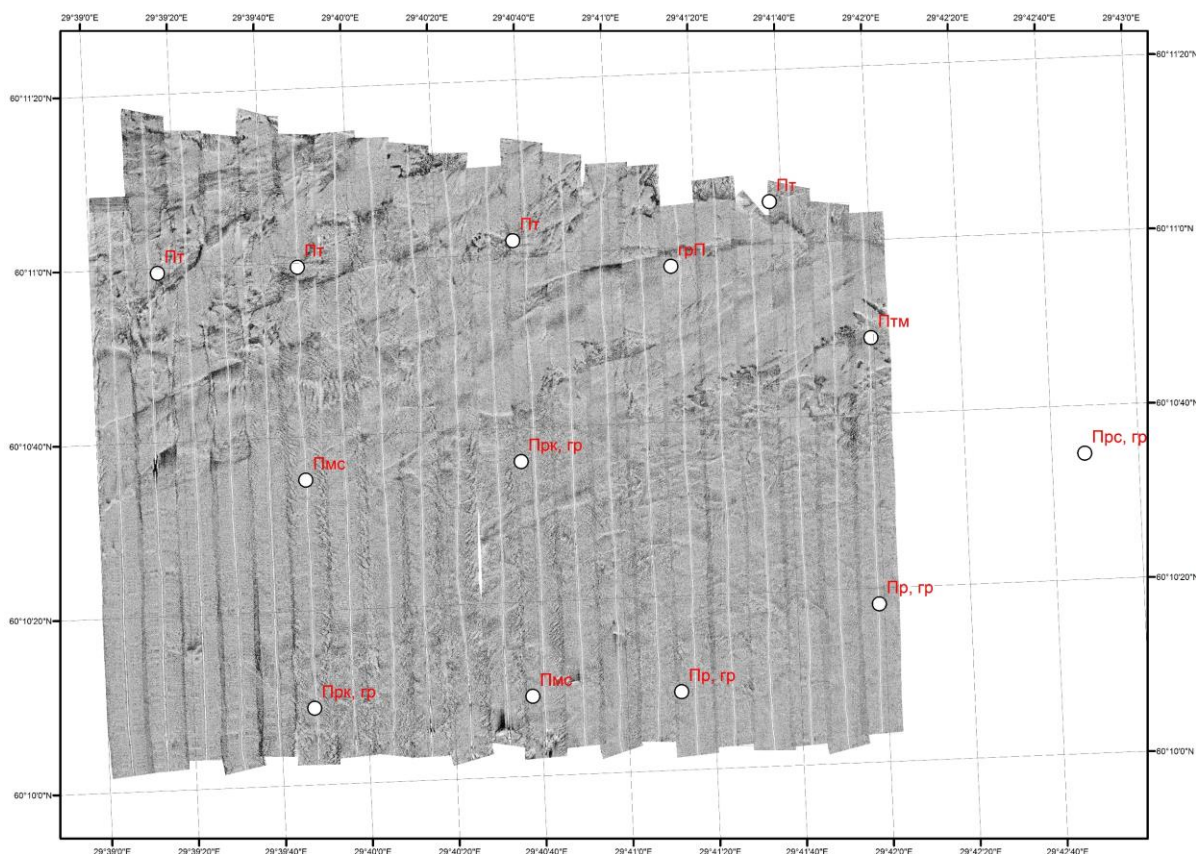


Рисунок 100. Схема-мозаика ГЛБО для участка активного размыва подводной террасы в районе г. Зеленогорск

Повторное профилирование позволило зафиксировать продолжение процессов размыва, в результате которого в центральной части исследованной площади уменьшается мощность песчаных отложений аккумулятивной террасы и обнажается серия моренных гряд, залегающих в ее цоколе. Профилирование ГЛБО показало, что пространственное распределение выделенных ранее на опорных профилях ложбин стока, площадей развития аккумулятивных форм, зон размыва морского дна является чрезвычайно консервативным (рис. 101–104).

Два профиля НСП (fg-01 и fg-02) были проложены субмеридионально от северной береговой зоны Финского залива к о. Котлин с целью уточнения геологического строения подводных террас Курортного района и о. Котлин (рис. 105). В основании акустических разрезов на абсолютных глубинах более 30–35 м ниже сейсмокомплекса, интерпретируемого, как ледниковые отложения (морена), эпизодически фиксируется сейсмокомплекс с устойчивыми субгоризонтальными границами, характерными для осадочных образований, предположительно, вендского комплекса.

Поверхность этих отложений неровная, вероятно, сильно эродирована в ходе различных стадий оледенения. Не исключена возможность существования отторженцев пород венда, внедренных в четвертичные толщи. К востоку от г. Зеленогорск до пос. Солнечный на дочетвертичную поверхность в пределах береговой зоны, в ее субаквальной и субаэральных частях, выходят преимущественно породы нижней подбиты василеостровской свиты венда («гдовские слои»), представленные алевролитами, песчаниками и глинами. Таким образом, на значительной части площади ключевого участка толща четвертичных отложений подстилается породами вендского водоносного комплекса. Соответственно, возможно поступление подземных вод из пород этого комплекса в горизонты четвертичных отложений. Профили НСП пересекают палеоврезы, где мощность четвертичных отложений существенно возрастает. Предполагается, что палеоврезы расположены унаследовано по линиям тектонических нарушений, и в случае проявления по ним трещиноватости, здесь также возможно поступление подземных вод в четвертичный разрез.



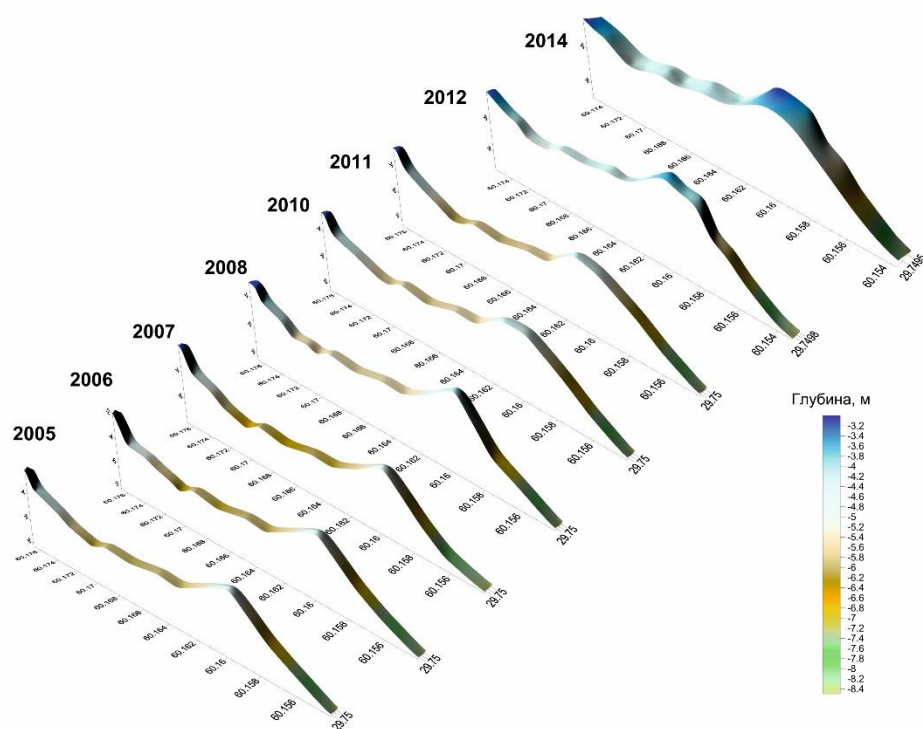
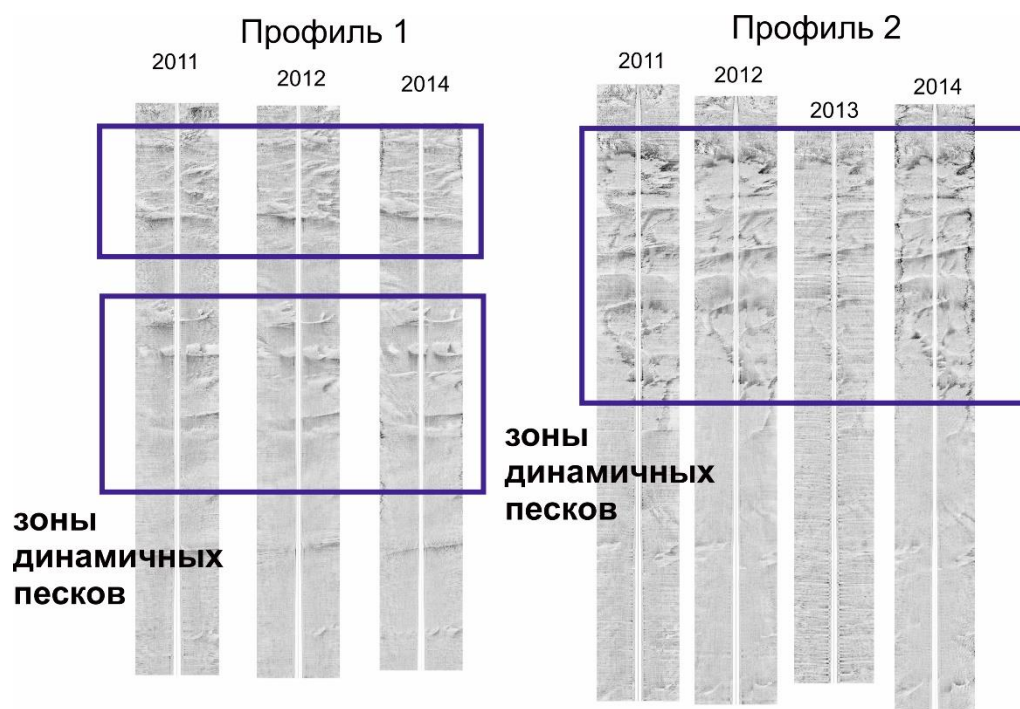


Рисунок 101. Профили ГЛБО в режиме повторных съемок (опорные профили 1 и 2), 2011–2014 и результаты повторного эхолотирования по профилю 1

Сейсмокомплекс, соотносимый с ледниковыми отложениями, как правило, характеризуется изрядной расчлененностью поверхности, а его внутреннее строение – отсутствием хорошо выраженных устойчивых границ, что проявляется в хаотичности отражающего сигнала. В то же время на некоторых профилях НСП и внутри моренного комплекса трассируются

протяженные границы. Верхний ледниковый горизонт без сомнения может быть отнесен к остатковской (лужской) морене. Его суммарная мощность превышает 10 м. Нижний базальный слой может рассматриваться как сейсмокомплекс, условно соотносимый с ледниковыми отложениями московского стадиала. Причем, можно предположить, что в прибрежной части этого



профиля НСП (рис. 105), практически на поверхность дна выходят отложения именно московской морены, которые маркируются по россыпям валунов на поверхности морского дна и на берегу, в том числе и на продолжении профиля.

Вопрос мощности этой базальной морены по данным НСП не решается однозначно, т. к. если ее мощность превышает 15 м, то акустический сигнал рассыпается и установить положение подошвы слоя невозможно.

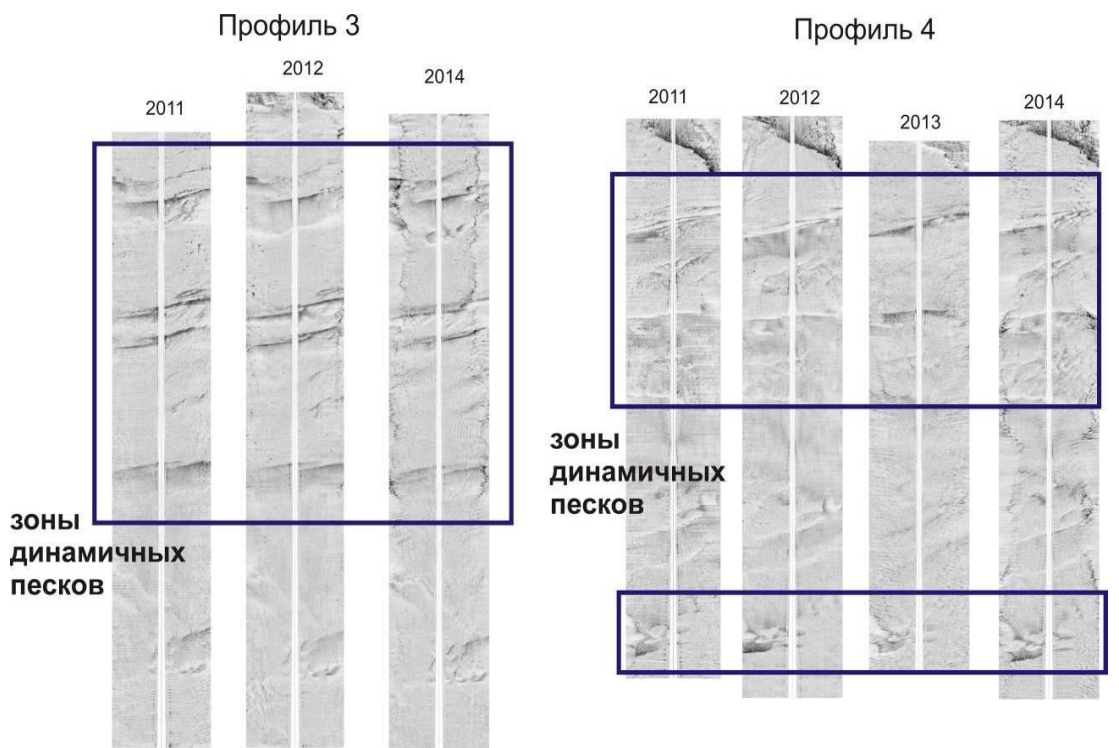


Рисунок 102. Профили ГЛБО в режиме повторных съемок (опорные профили 3 и 4), 2011–2014

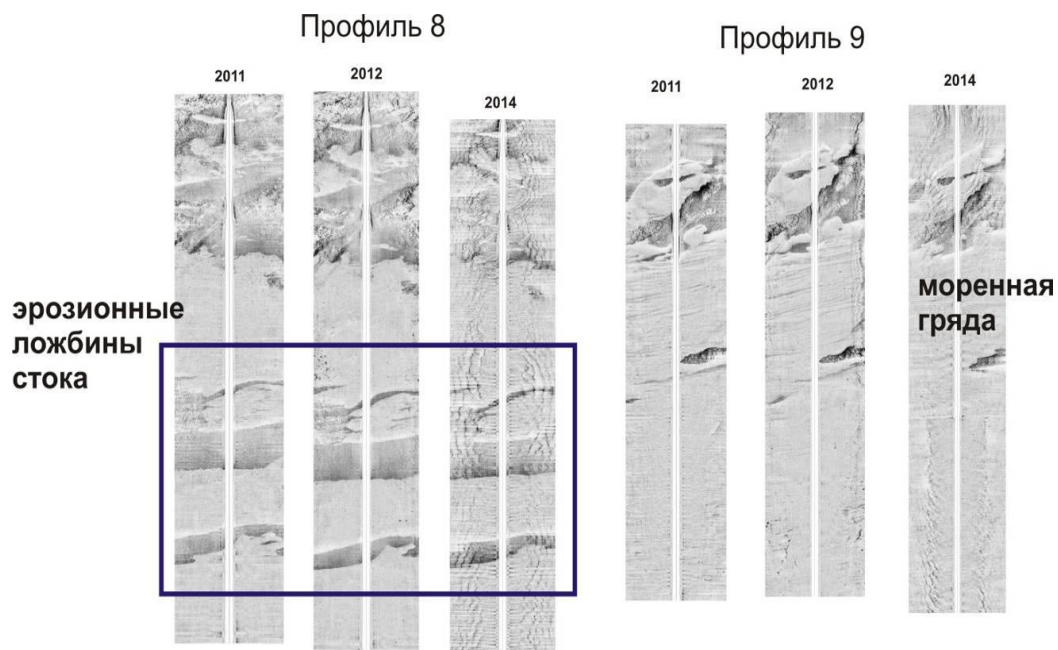


Рисунок 103. Профили ГЛБО в режиме повторных съемок (опорные профили 8 и 9), 2011–2014

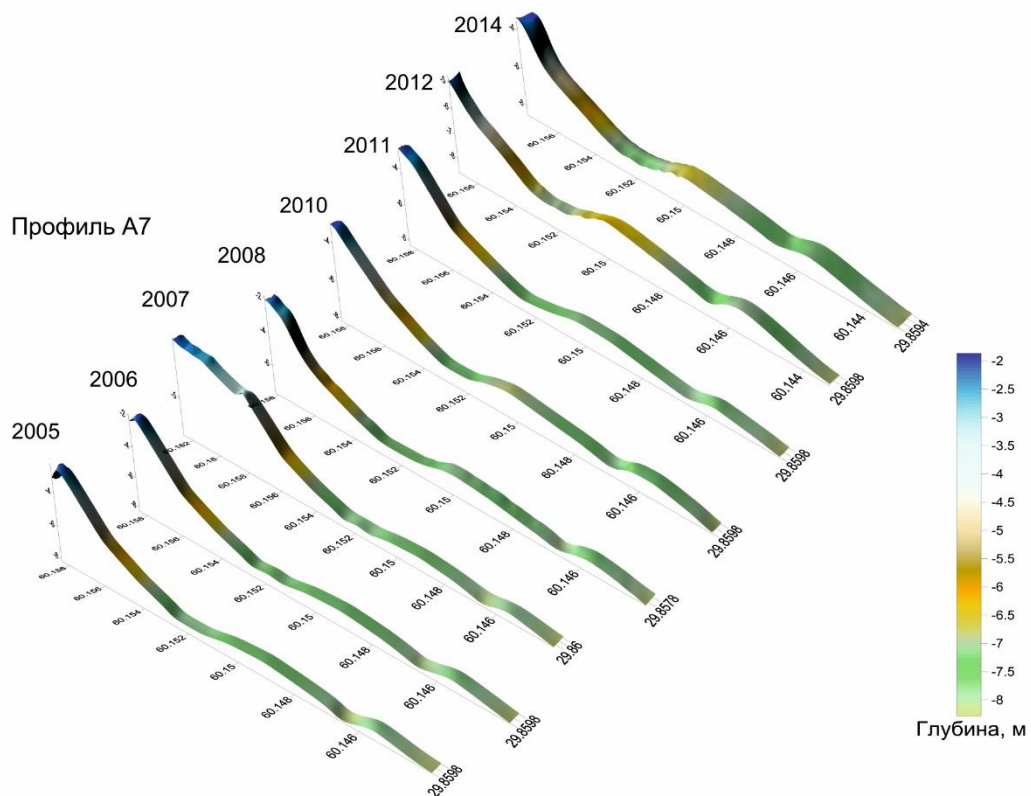
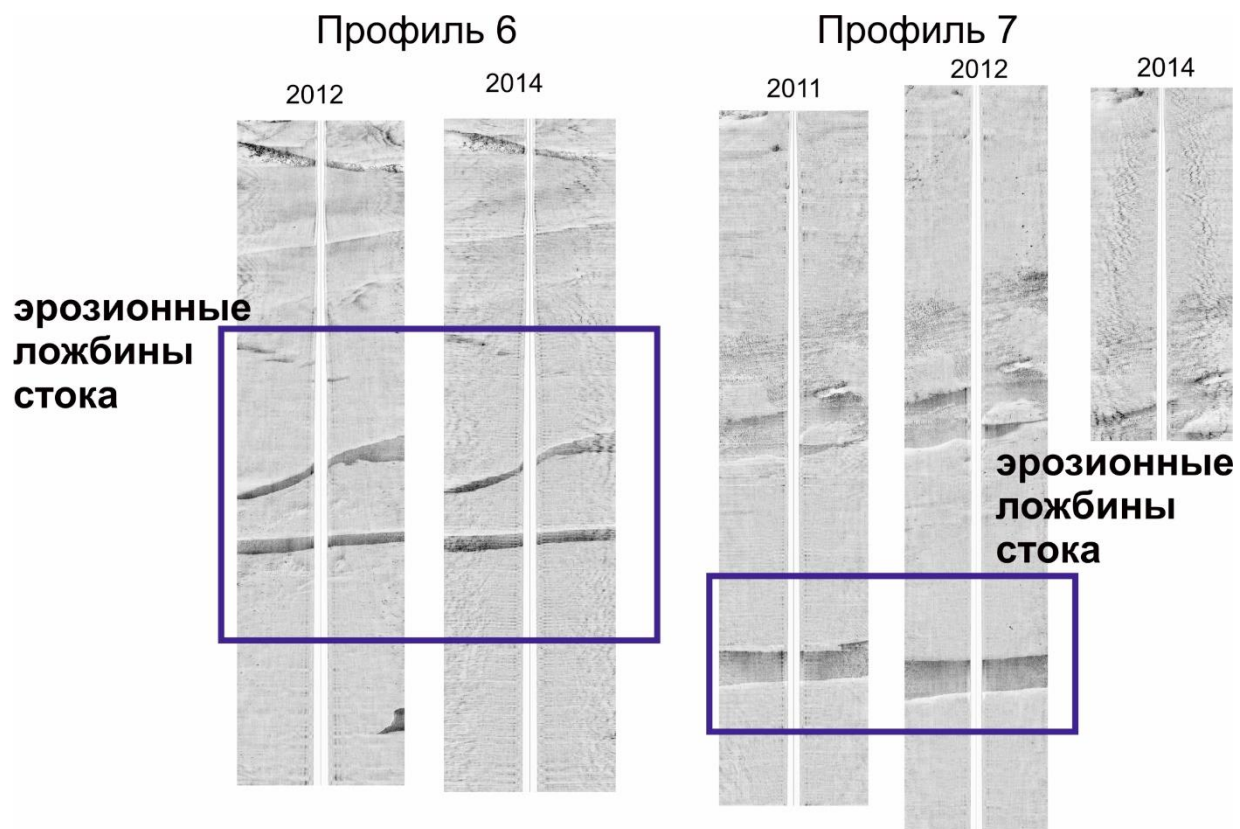


Рисунок 104. Профили ГЛБО в режиме повторных съемок (опорные профили 6 и 7, 2011–2014) и результаты повторного эхолотирования по профилю 7



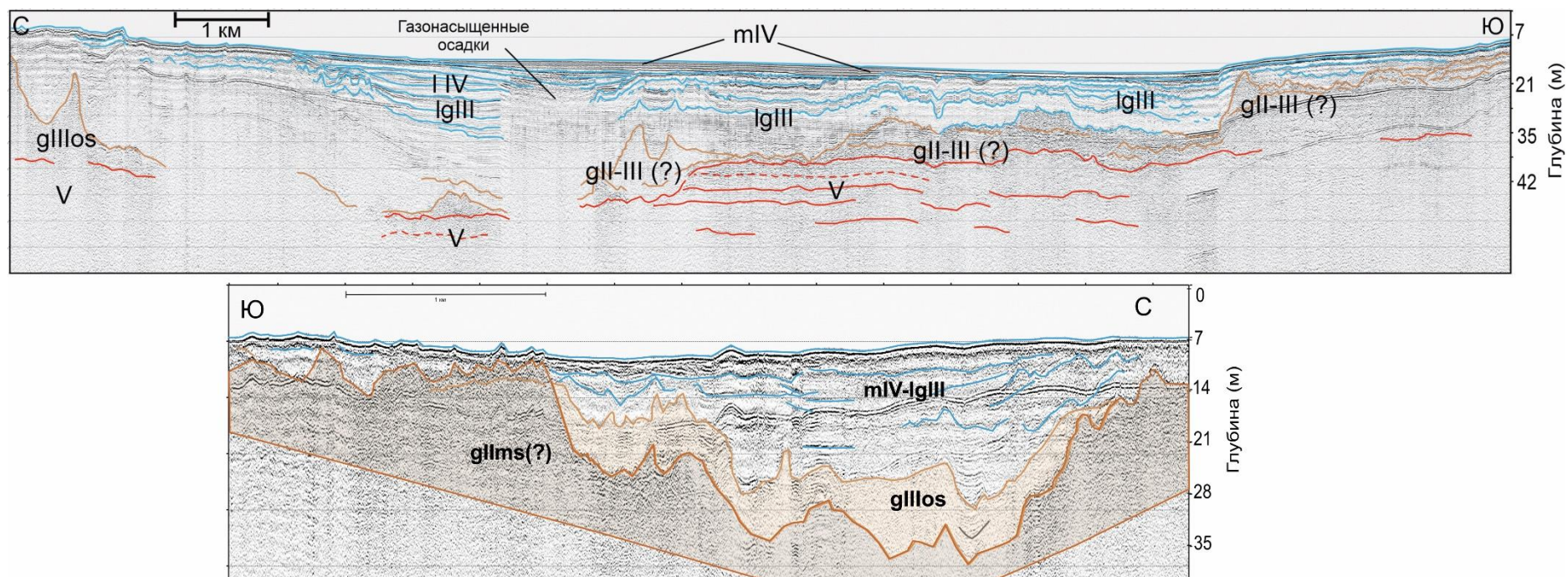


Рисунок 105. Профили НСП, пересекающие погребенную переуглубленную долину в северо-восточной части Финского залива: fg02 (верхний); fg014 (нижний): mIV – морские голоценовые отложения; I IV – отложения Анцилового озера (ранний голоцен); IgIII – ледниково-озерные отложения позднего неоплейстоцена; mIV-IgIII – нерасчлененные послеледниковые отложения; gIIlos – морена последнего (осташковского) оледенения; gIIms(?) – предположительно московская морена; gII-III (?) – нерасчлененный комплекс ледниковых отложений; V – осадочные породы венда



В районе между пос. Солнечное и г. Сестрорецк толща, перекрывающая моренные горизонты, практически не поддается расчленению (рис. 105). Причиной этого являются невыдержанные внутренние границы сложной конфигурации и наличие участков (линз) слоистых (ленточных) осадков. Можно предположить, что волнистый характер складок и неровная кровля горизонтов слоистых отложений определяется постседиментационными процессами (склоновые оползания, скольжение, вспучивание, дегидратация и т. д.), обусловленными различными факторами, в том числе геоморфологическим, гидрогеологическим и т. д.

Как было установлено на предыдущих этапах мониторинга, состояние берегов Курортного района и динамика их трансформации во многом зависит от процессов, происходящих в субаквальной части береговой зоны. Одновременно были получены характеристики геолого-геофизического разреза, пересекающего переуглубленную долину, протягивающуюся вдоль северного побережья залива в его самой восточной части. Установленные в этом районе погребенные переуглубленные долины являются важным элементом геолого-геоморфологического строения района. Не исключена их тектоническая предопределенность. Крайне важны они и с точки зрения инженерной геологии района, палеогеографии, субаквальных гидрогеологических особенностей и т. д.

#### **Ключевой участок «Южная береговая зона Финского залива»**

В южной береговой зоне Финского залива были выполнены мониторинговые маршруты протяженностью 14 км на участке берега от форта Красная Горка до пос. Большая Ижора по сети базовых станций наблюдения (12 станций), обследование берега и непрерывная GPS-съемка береговой линии, а также нивелировки по сети опорных профилей (5 профилей) в районе развития песчаных кос (пос. Большая Ижора).

Установлено продолжение интенсивного размыва на выявленных ранее аварийных участках в пос. Красная Горка и 57-м километре шоссе Санкт-Петербург – Ручьи. Важно отметить, что характер волнового воздействия на береговую зону в пределах рассматриваемого ключевого участка существенно не изменяется на различных участках берега, по данным исследований и мониторинга. Как

распределение зон размыва, транзита и аккумуляции, так и расположение аварийных участков определяется исключительно особенностями геологического строения (состав пород и их инженерно-геологические свойства, геоморфология, гидрогеологические особенности, баланс осадочного материала и т. д.).

В пос. Красная Горка абразионные и склоновые процессы угрожают жилой застройке. Построенное в 2013 г. локальное берегозащитное сооружение выполняет свои функции, однако на прилегающих к нему участках береговой зоны резко усилились обвально-осыпные процессы, приводящие к обрушениям значительных масс грунта (рис. 106).



Рисунок 106. Активные абразионно-обвальные процессы к востоку от берегозащитного сооружения в пос. Красная Горка. Станция наблюдения 14-Л-6

Выполненное на аварийном участке в пос. Лоцманское Селение берегоукрепление является достаточно эффективным. Установлен дальнейший размыв построенного в 2012 г. пирса МЧС в пос. Лебяжье (рис. 107) (станция наблюдения 14-Л-3).

Сравнительный анализ результатов нивелирования на участках аккумуляции, транзита и размыва в пределах песчаных кос в пос. Большая Ижора позволил установить скорости происходящих литодинамических процессов (рис. 108, 109). Перемещение дистальных частей песчаных волн и кос в восточном направлении за период мониторинга (с лета 2011 г.) составило от 70 до 180 м. Максимальная амплитуда перемещения береговой линии в результате аккумуляции или размыва превышает 40 м. При этом максимальное отступление абразионного уступа (до 10 м) по данным повторных нивелировок было зафиксировано в 2011–2012 гг., что связано с наиболее интенсивными штормами осенне-зимнего периода.



Рисунок 107. Размыв основания пирса МЧС, пос. Лебяжье

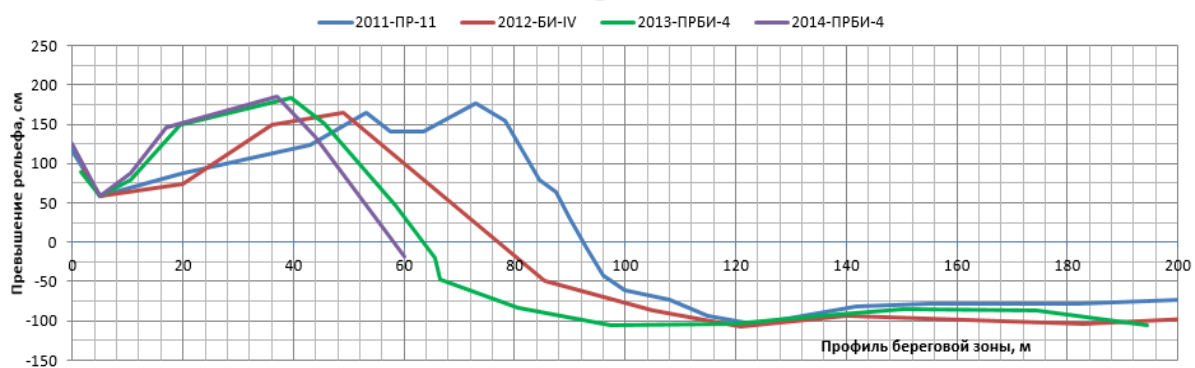


Рисунок 108. Сравнение результатов нивелирования 2011–2014 гг. для профилей в районе песчаных кос в пос. Большая Ижора

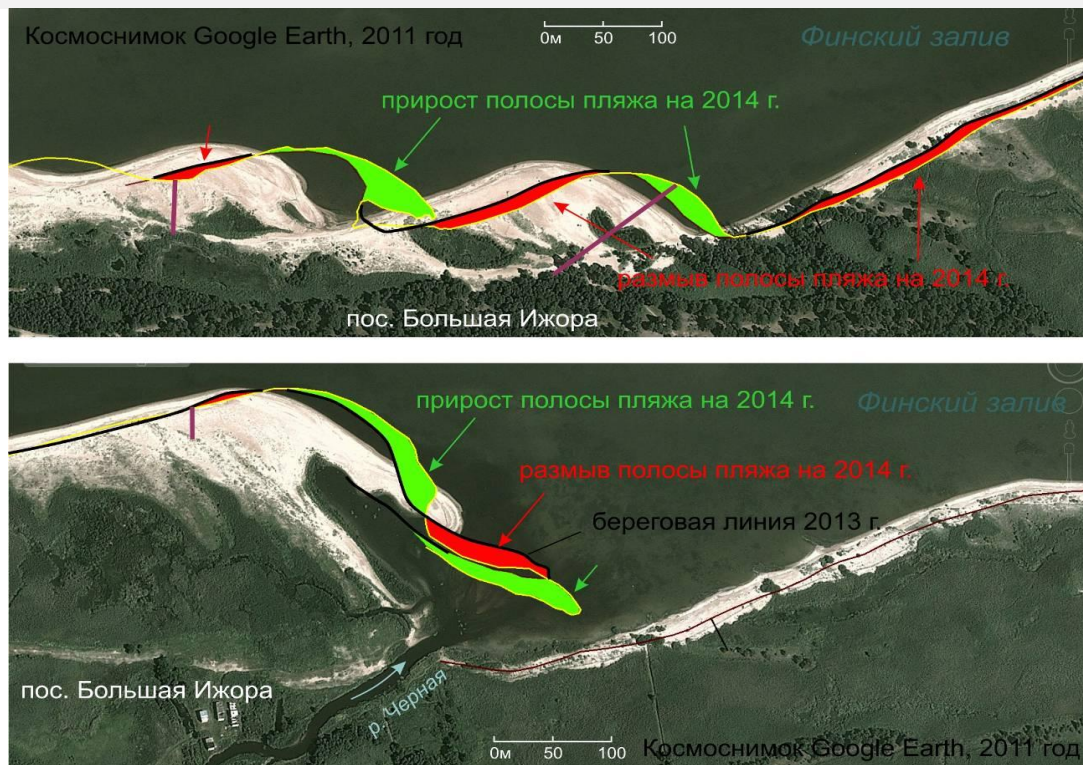


Рисунок 109. Деформация песчаных кос в районе пос. Большая Ижора за период 2011–2014 гг.



На песчаной косе, расположенной к западу от устья р. Чёрная, были выполнены исследования по определению направления вдольберегового перемещения песчаного материала. Осадки приурезовой зоны ключевого участка представляют собой мелкозернистые пески хорошей и средней сортировки (коэффициент сортировки варьирует в пределах 1,05–2,64, средний размер зерен по всем образцам 0,17 мм).

Результаты определения направления вдольберегового потока наносов показали, что на исследуемом участке перенос материала может быть осуществлен как с запада на восток, так и с востока на запад, но с разной степенью вероятности (уровнем значимости) (табл. 16, рис. 110). В формировании состава поверхностных отложений могут принимать

участие не только генеральный вдольбереговой перенос материала с запада на восток (по направлению роста косы), но и, возможно, речной сток. Следует отметить, что состав поверхностных отложений также определяется текущими гидрометеорологическими условиями, в случае возникновения сильного волнового воздействия накануне опробования, состав поверхностных отложений будет отражать именно распределение материала во время шторма.

Направление потока наносов определяется в соответствии с условиями случая В (с запада на восток). На графиках (рис. 111) отображены линии трендов, показывающие уменьшение размера зерна, коэффициента сортировки и асимметрии в направлении от 9 до 1 точки наблюдения.



Рисунок 110. Схема направленности вдольберегового потока наносов: красная стрелка показывает восточный перенос материала с уровнем значимости 0,01; зеленая стрелка – западный перенос материала с уровнем значимости 0,05

Таблица 16. Результаты определения направления потока наносов на ключевом участке Большая Ижора

Направление потока наносов	Количество пар, удовлетворяющих заданным условиям		Z		Уровень значимости	
	Случай В	Случай С	Случай В	Случай С	Случай В	Случай С
14-БИБ-1 →14-БИБ-9 Восточное направление	9	4	2,27	-0,25	0,05	Не определен
14-БИБ-9 →14-БИБ-1 Западное направление	14	0	4,79	-2,27	0,01	Не определен



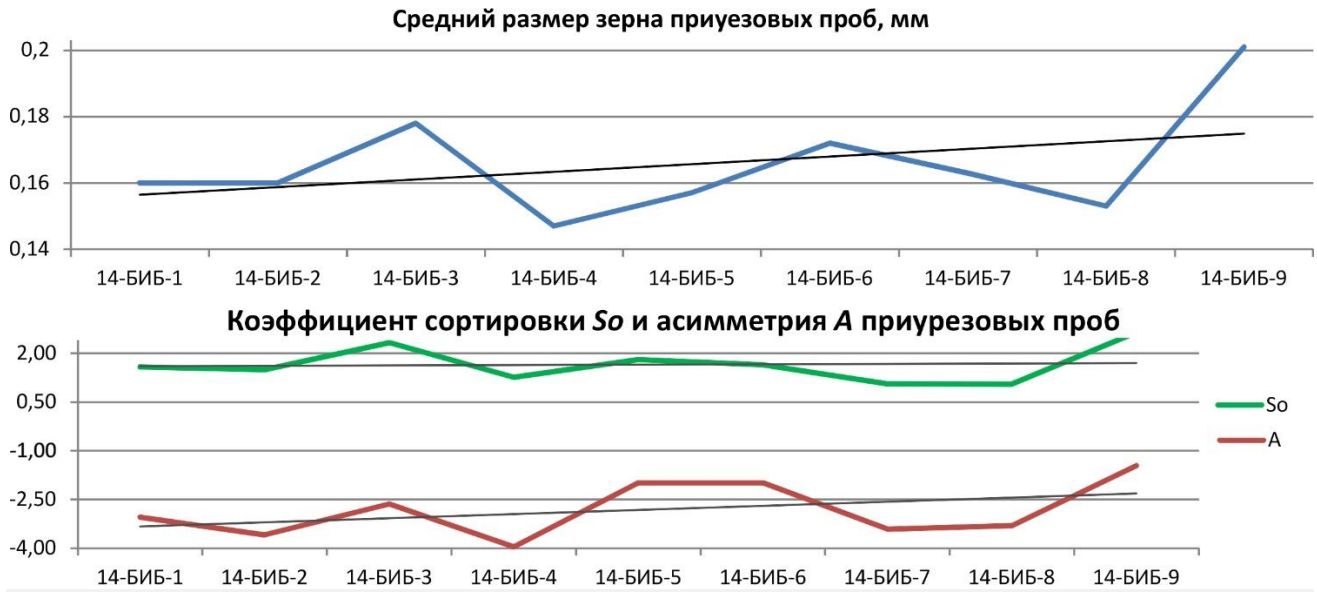


Рисунок 111. Изменение гранулометрических коэффициентов приурезовых проб на ключевом участке Большая Ижора

#### Ключевой участок «Выборгский залив»

В пределах ключевого участка «Выборгский залив» был выполнен донный пробоотбор образцов поверхностных отложений на участках развития железомарганцевых конкреций (ЖМК) в районе их подводной добычи ООО «Петротранс». Пробы

отбирались как на участках выемки конкреций, так и в пределах останцов ненарушенной поверхности морского дна. Отобраны образцы на 10 станциях, выполнена подводная видеосъемка на четырех станциях, проведено гидрофизическое зондирование (рис. 112).

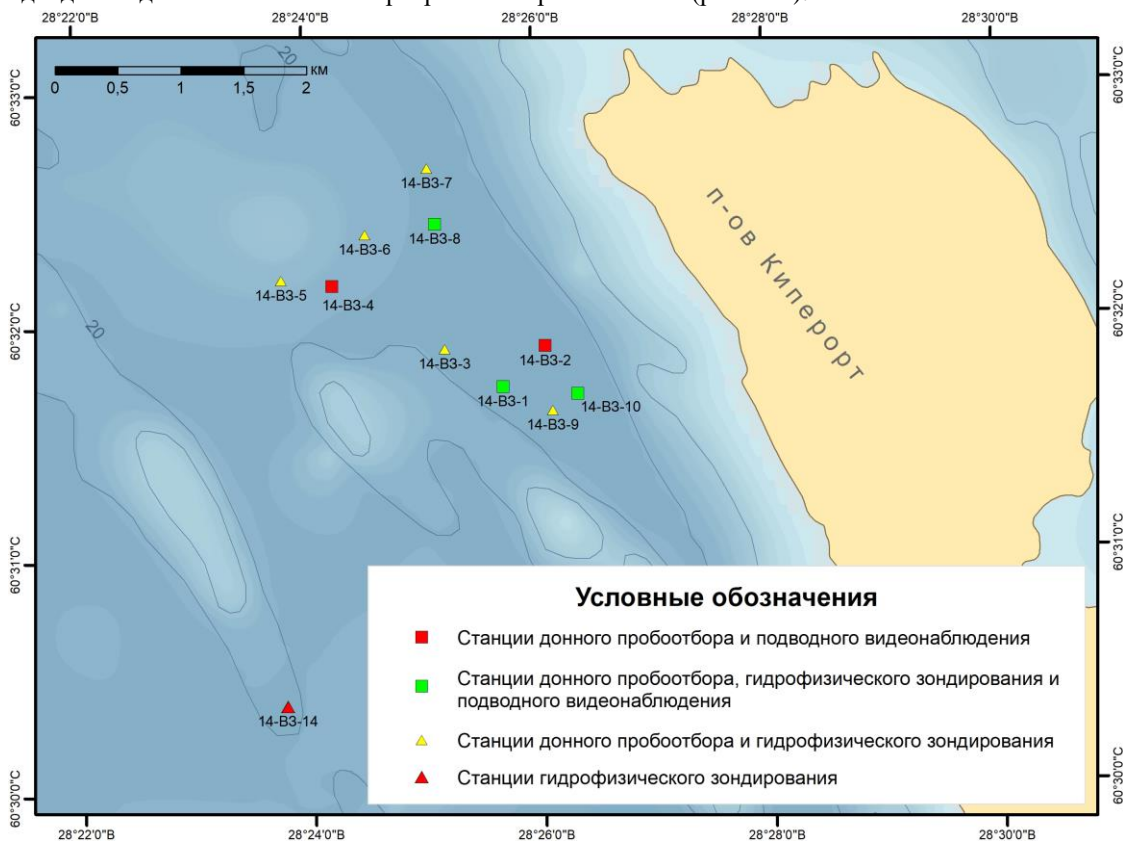


Рисунок 112. Карта фактического материала. Ключевой участок «Выборгский залив»

В ходе пробоотбора было подтверждено, что полноценный конкреционный слой сохранился только на участках, расположенных вне пределов борозд, оставленных добычным судном «Lauer». В траншеях (глубиной до 1 м), сформированных в ходе добычи ЖМК, 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 (рис. 113, 114). Мощность илов, отобранных в пробах боксорера, предполагает

аномально высокие (до 1–1,5 см/год) современные скорости седиментации. 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 конкреций позволяет предположить, что они в настоящее время не растут (рис. 115). Конкреции законсервированы или, что более вероятно, растворяются. Это утверждение не противоречит результатам геохимических исследований конкреций.

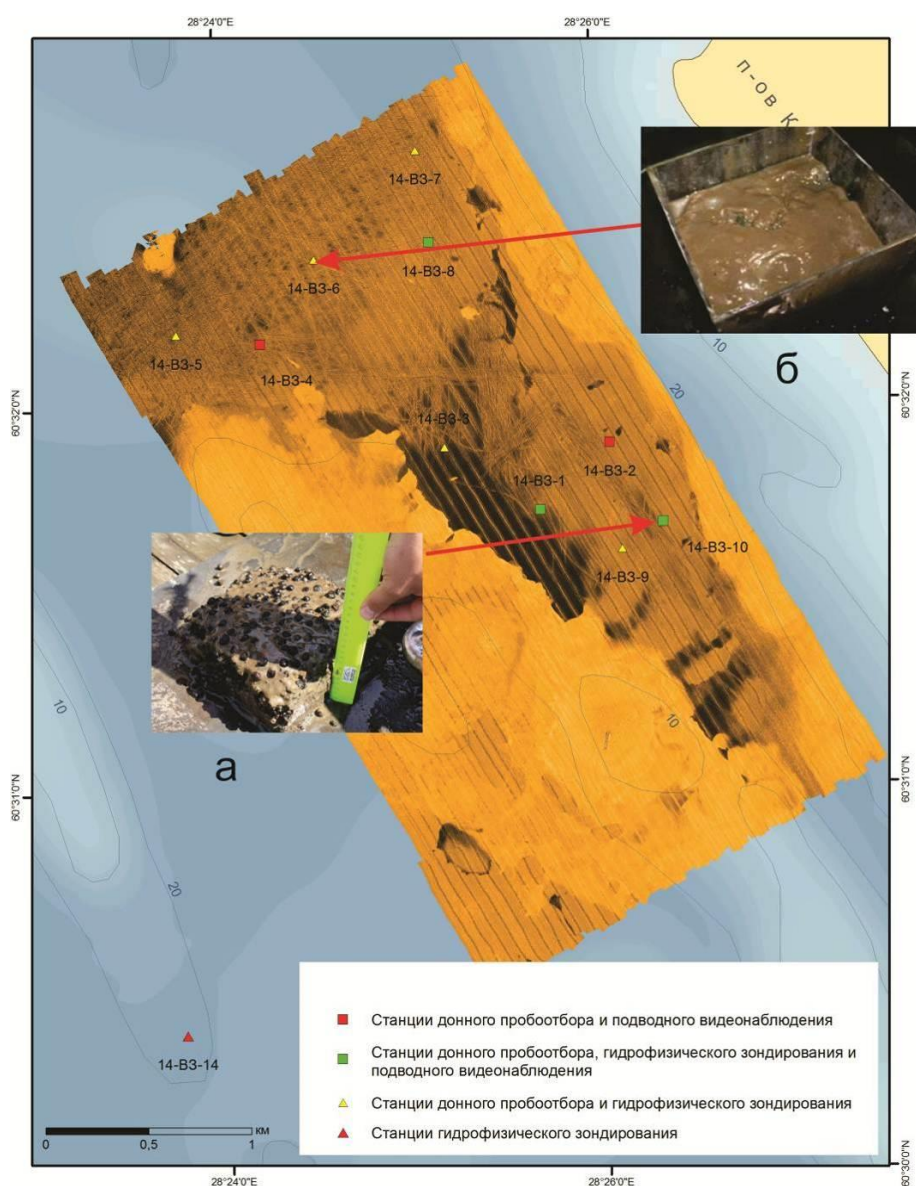


Рисунок 113. Положение станций пробоотбора на мозаике многолучевого эхолота (бэкскатер) с изображением проб из боксорера: *а* – в районе с ненарушенной поверхностью морского дна вне добычных траншей; *б* – в районе проведения добычи



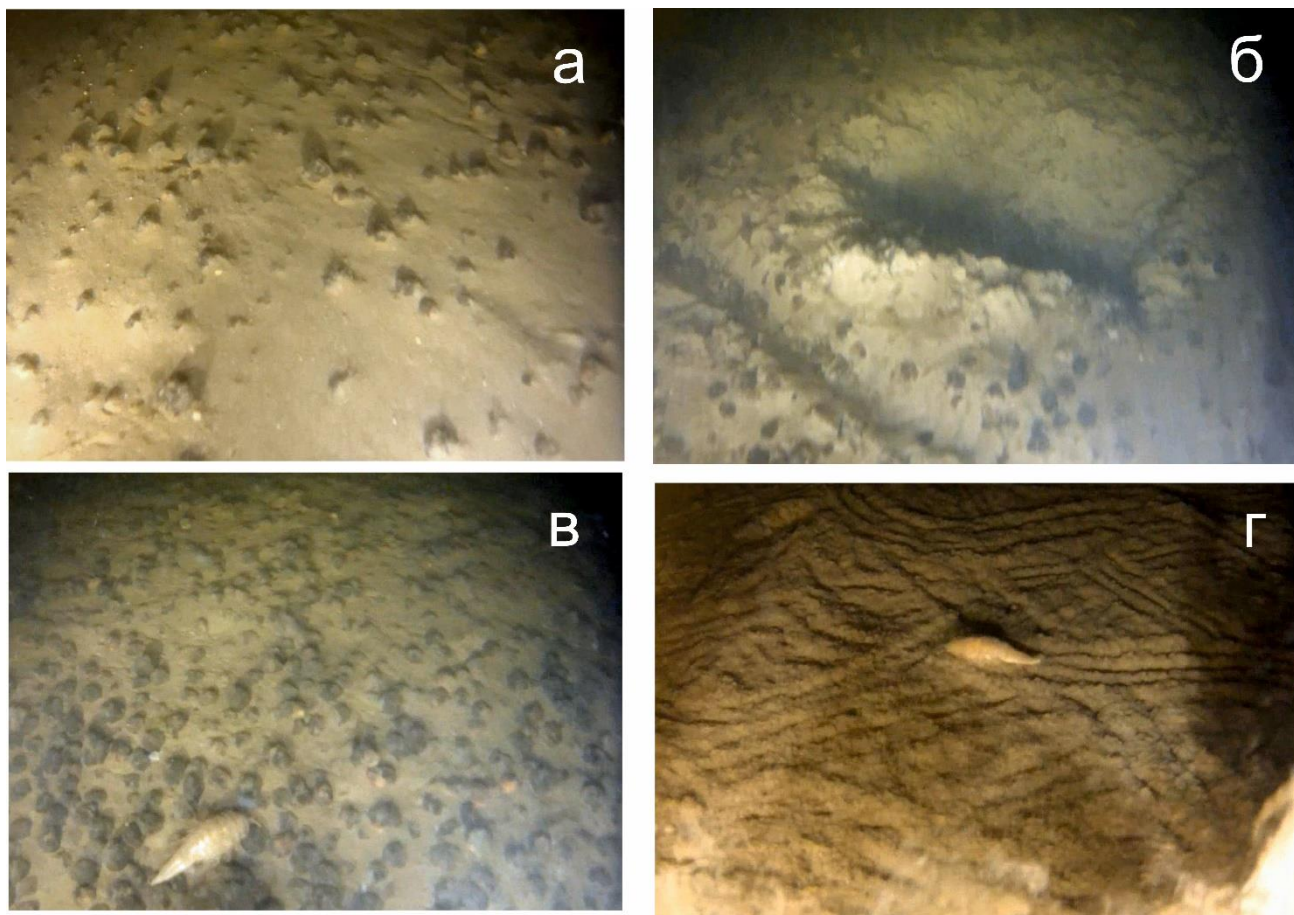


Рисунок 114. Подводное фото морского дна на участках ненарушенной поверхности: *a* – сферические железомарганцевые конкреции, частично перекрытые алевропелитовым илом; *б* – выемка в осадках, оставленная боксорером; *в* – железомарганцевые конкреции на поверхности морского дна; *г* – алевропелитовые илы, заполняющие траншею, оставленную добычным судном



Рисунок 115. Сферические конкреции: слева – отобранные на ненарушенной площади (гранулярная текстура поверхности, размер ЖМК от первых миллиметров до 3 см), справа – отобранные в пределах площади добычи (сглаженная поверхность, отсутствие микроконкреций)

Результаты зондирования на полигоне детальных исследований «Выборгский залив» показали существенные различия между станциями

важных для образования ЖМК параметров: содержания кислорода и значения окислительно-восстановительного потенциала (Eh). Глубина моря



в исследуемом районе составляет 24 м, температура 3,5–4 °С, водородный показатель (рН) придонной воды нейтральный и находится в пределах 6,98–7 (рис. 116). Содержание придонного кислорода на станциях пробоотбора варьирует от 93 до 108 %. Как следует из рис. 143, по содержанию кислорода можно условно разделить станции на три группы: первая – от 93–98 % (14-ВЗ-1, 14-ВЗ-2, 14-ВЗ-3, 14-ВЗ-4, 14-ВЗ-6); вторая – 100–104 % (14-ВЗ-5, 14-ВЗ-7, 14-ВЗ-8, 14-ВЗ-10) и третья группа с содержанием  $O_2$  108 %, представленная одной станцией 14-ВЗ-9.

Наибольший интерес представляют крайние точки с наименьшим и наибольшим содержанием придонного кислорода, это станции 14-ВЗ-1 и 14-ВЗ-9 (рис. 117, 118). Характер седиментационных процессов в данных точках существенно различается: на станции 14-ВЗ-1 (рис. 117А) поверхностный наилкок зоны окисления не содержит ЖМК, ниже следует глинистый алеврит также без ЖМК. На глубине по разрезу 4,5–6,5 см появляется слой сферических ЖМК диаметром от 1 мм до 1 см с характерной глобулярной поверхностью. Содержание ЖМК в слое достигает 60–70 %. Ниже – песчано-глинистый алеврит и зеленовато-серый алевропелит, без конкреций с прослоями черного цвета.

Проба 14-ВЗ-9 (рис. 117Б) относится к району, где добыча не выполнялась. На этой станции

концентрация придонного кислорода максимальная. Поверхностный наилкок, в отличие от пробы 1, насыщен сферическими ЖМК с глобулярной структурой поверхности. Максимальная концентрация ЖМК – 70–80 % (сразу под наилком). Ниже располагается алевропелит, также насыщенный ЖМК. Размеры конкреций 0,5–1 см. Встречаются сростки, микроконкреции отсутствуют. Ниже следует глинистый алеврит серый, с пятнами черного тонкораспыленного ОВ. Внутри серого алевропелита прослой черного цвета, отороченный железистыми (охристыми) микропрослоями. Осадок более грубый и плотный, чем на предыдущих станциях

Придонный слой воды на описываемых станциях характеризуется различными значениями окислительно-восстановительного потенциала, которые, в отличие от концентрации кислорода, незначительно изменяются с глубиной. Значения Eh разбиваются на три группы: 146 мВ на станции 14-ВЗ-5; диапазон значений 198–279 мВ, характеризующий станции 14-ВЗ-2, 14-ВЗ-3, 14-ВЗ-4, 14-ВЗ-5А, 14-ВЗ-6, 14-ВЗ-9, 14-ВЗ-10; и группа в диапазоне 310–314 мВ, представленная станциями 14-ВЗ-8, 14-ВЗ-7, 14-ВЗ-1. Рассмотрим станции с минимальным и максимальным значением окислительно-восстановительного потенциала, разница между которыми составляет 168 мВ (рис. 119).

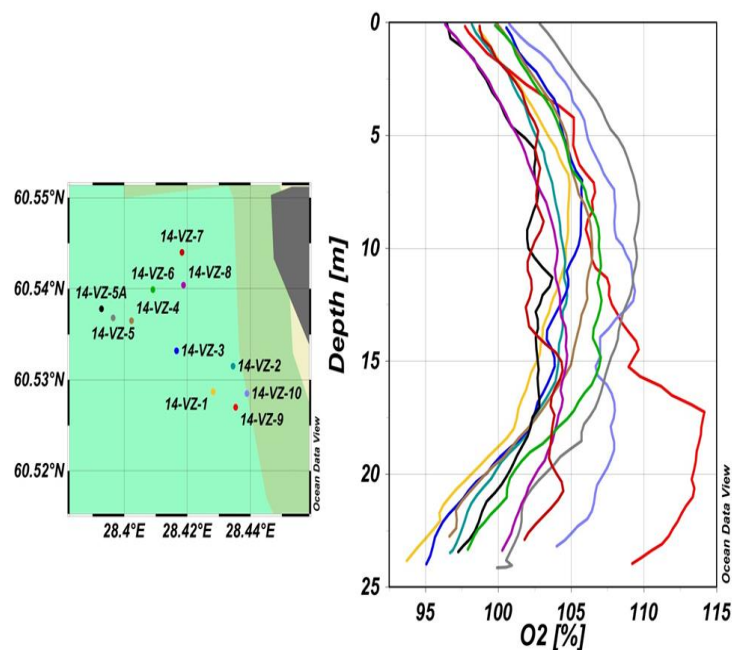


Рисунок 116. Содержание кислорода на станциях пробоотбора полигона детальных исследований «Выборгский залив»



Рисунок 117. Различие в насыщенности ЖМК в пробах с разным уровнем придонного кислорода. Слева – проба 14-B3-1 с наименьшим содержанием придонного кислорода; справа – проба 14-B3-9 с наибольшим содержанием придонного кислорода



Рисунок 118. Различие в распространении ЖМК на дне. А – станция 14-B3-1 с наименьшим содержанием кислорода в придонной воде; Б – станция 14-B3-9 с наибольшим содержанием кислорода в придонной воде

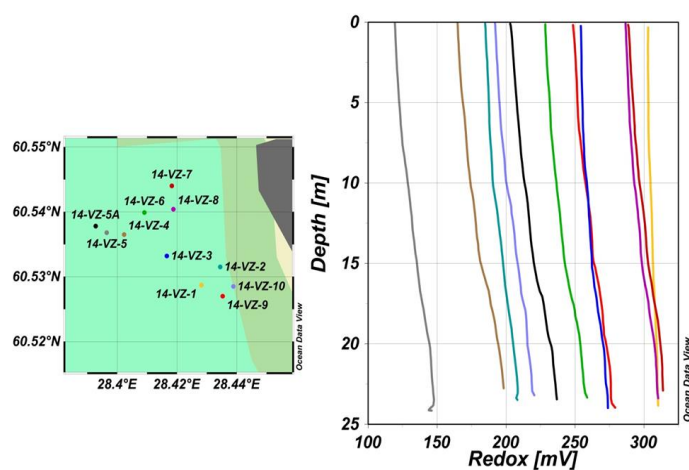


Рисунок 119. Значение Eh на всех станциях пробоотбора на полигоне детальных исследований «Выборгский залив»

Станция 14-B3-5 с минимальным Eh, равным 146 мВ, расположена в пределах

отработанного поля ЖМК. На поверхности дна в алевропелитовом наилке конкреции отсутствуют.



Собственно, конкреционный слой начинается на глубине 0,5–10 см в песчано-глинистом алеврите. Максимальное обогащение осадка ЖМК отмечается в интервале 2–5 см. Размер конкреций 3–10 мм. Структура поверхности ЖМК сглаженно-глобулярная. В осадке ЖМК распределены неравномерно, гнездами, отмечаются редкие сростки. Вниз по разрезу количество ЖМК уменьшается, граница с нижележащими осадками расположена на отметке 10 см. Ниже начинается более плотный светлый алевропелит. На этой станции величина растворенного кислорода составляет около 100 %, что является средним показателем по сравнению с остальными станциями (рис. 120). На станции станция 14-ВЗ-7, значение окислительно-восстановительного потенциала максимально и составляет 314 мВ. Станция находится в пределах отработанного поля ЖМК. На поверхности, в зоне окисления нет ЖМК. Отдельные конкреции встречаются на глубине 10–12 см в алевропелите. Форма ЖМК сферическая, поверхность сглаженная. Много сростков, иногда обломки, переотложенные и захороненные. На этой станции зафиксирована средняя (на фоне остальных станций) концентрация кислорода около 101 %.

Также велико значение Eh на станциях 14-ВЗ-1, 14-ВЗ-8 (рис. 121). Причем на станции 14-ВЗ-1 зафиксирована наименьшая концентрация придонного кислорода. Анализ результатов зондирования показал отсутствие корреляции между придонным кислородом и окислительно-

восстановительным потенциалом, так как станции с наибольшим и наименьшим Eh имеют примерное одинаковое содержание кислорода около 100%, что является средним показателем по кислороду среди остальных станций. Замечено также, что на станции с максимальным значением Eh количество ЖМК мало.

Для определения возраста ЖМК использовался  $^{210}\text{Pb}$ . Выделение свинца из ЖМК производилось на колонках из термоусаживающегося тефлона, заполненных смолой Sr Spec Eichrom. Выход свинца на колонках составлял 99 %. Спектры распада  $^{210}\text{Pb}$  и его дочерних изотопов регистрировались на жидкостно-сцинтилляционном счетчике Quantulus 1220. Содержание  $^{210}\text{Pb}$  рассчитывалось как по бета-спектру распада самого свинца (табл. 17), так и по бета-спектру дочернего свинцу  $^{210}\text{Bi}$  (на момент проведения измерений висмут и свинец уже находились в радиоактивном равновесии).

Конкреция интенсивно поглощает Ra во время своего образования. Если допустить, что после образования ядра ЖМК поступление Ra в конкрецию прекращается, то можно оценить возраст ЖМК, исходя из изотопной пары  $^{226}\text{Ra} - ^{210}\text{Pb}$ . При этом мы предполагаем, что содержание  $^{226}\text{Ra}$  и  $^{210}\text{Pb}$  внутри конкреций из-за их небольших размеров постоянно, и пренебрегаем процессом эманирования (за счет ядерной отдачи и диффузии)  $^{222}\text{Rn}$ , в который непосредственно распадается  $^{226}\text{Ra}$ .

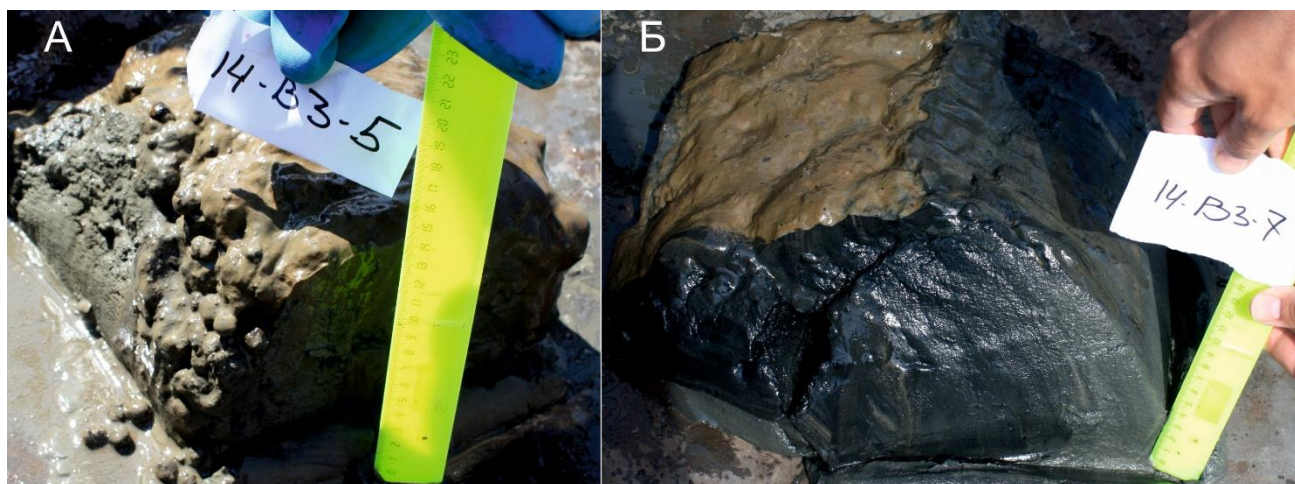


Рисунок 120. Пробы с разным уровнем придонного окислительно-восстановительного потенциала (Eh); А – проба 14-ВЗ-5 с наименьшим значением Eh в придонной воде; Б – проба 14-ВЗ-7 с наибольшим значением в придонной воде Eh



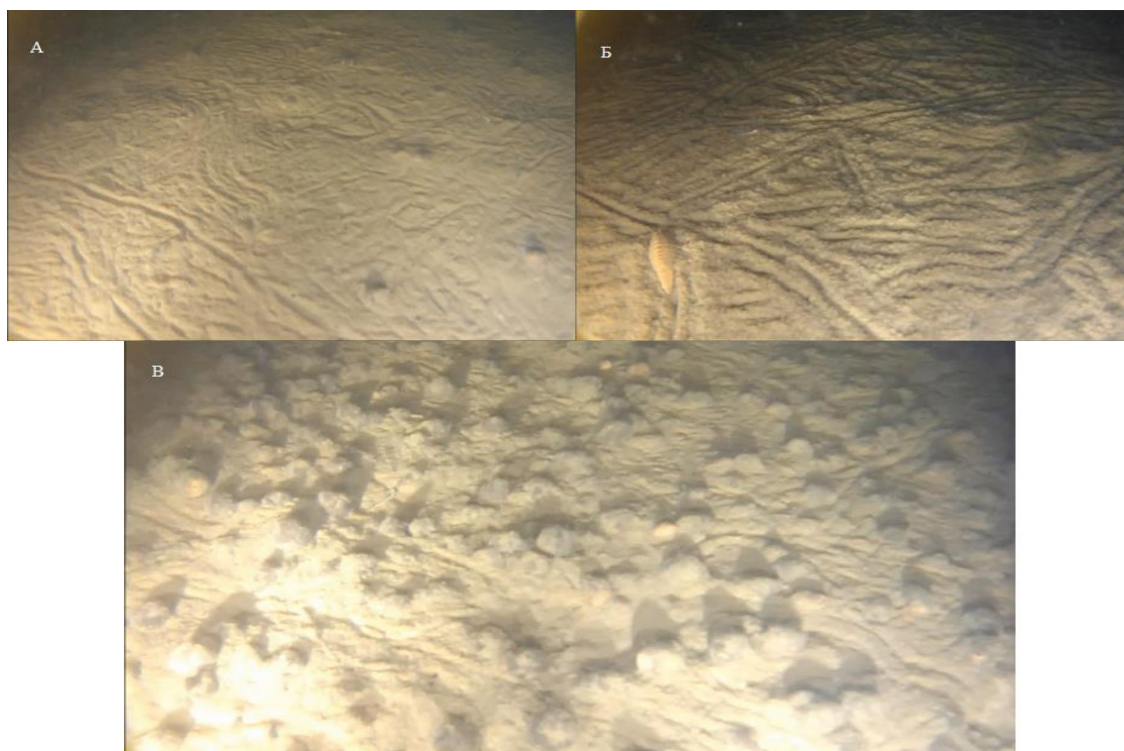


Рис. 121. Поверхность дна на станциях с различными значениями Eh; А – станция 14-ВЗ-4 с малым значением Eh; Б – станция 14-ВЗ-1 с наибольшим значением Eh; В – станция 14-ВЗ-8 с наибольшим значением Eh

Содержание  $^{210}\text{Pb}$  в этих двух конкрециях составило  $(3,0 \pm 4,0) \times 10^{-14}$  г/г (табл. 18). Ранее мы измеряли содержание  $^{210}\text{Pb}$  в сферической ЖМК большего размера (радиусом 10 мм). Содержание  $^{210}\text{Pb}$  в этой ЖМК составило (в зависимости от слоя)  $(1,3 \pm 1,6) \times 10^{-13}$  г/г, то есть приблизительно в 4 раза больше. Возраст этой ЖМК мы оценили в  $670 \pm 50$  лет. Следовательно, чем меньше (и, соответственно, моложе) конкреция, тем ниже в ней содержание

$^{210}\text{Pb}$ . С другой стороны, если допустить возраст ЖМК больше 1000 лет, то в ней также будет относительно мало  $^{210}\text{Pb}$ , так как за такой временной интервал содержание  $^{226}\text{Ra}$  ( $T_{1/2} = 1600$  лет), из которого образуется свинец, существенно уменьшится. Если отталкиваться от предполагаемого возраста «большой» ЖМК, то возраст конкреций небольшого размера вряд ли превышает 200–300 лет.

Таблица 17. Активность и содержание  $^{210}\text{Pb}$  в образцах (DPM – распады в минуту)

Образец	13B39	13B311
Лабораторный номер	RGI-114	RGI-115
Навеска, г	0.10537	0.11001
Активность, DPM	$0.60 \pm 0.06$	$0.81 \pm 0.07$
Содержание, $10^{-14}$ г/г	$3.5 \pm 0.4$	$4.4 \pm 0.4$

Таблица 18. Активность  $^{210}\text{Bi}$  и содержание  $^{210}\text{Pb}$  в образцах. Содержание  $^{210}\text{Pb}$  было получено из условия радиоактивного равновесия между  $^{210}\text{Pb}$  и  $^{210}\text{Bi}$

Образец	13B39	13B311
Лабораторный номер	RGI-114	RGI-115
Навеска, г	0.10537	0.11001
Активность, DPM	$0.51 \pm 0.06$	$0.74 \pm 0.07$
Содержание, $10^{-14}$ г/г	$3.0 \pm 0.4$	$4.0 \pm 0.4$

### Ключевой участок «Невская губа»

Полевые работы в береговой зоне Невской губы начались в конце апреля 2014 г. и были закончены в конце июня. Всего было пройдено 13 береговых маршрутов (три из них с использованием автотранспорта, остальные пешие). Длина маршрутов – 67 км. Отобрано 210 геохимических проб в береговой зоне Невской губы на 84 точках, в основном повторяющих точки наблюдения в предыдущие годы мониторинга, и 40 геохимических проб поверхностных донных осадков из акватории

губы (рис. 122). Отобрана 21 водная проба из стоков и ручьев, поступающих в Невскую губу, на определение в них загрязняющих компонентов.

В юго-западной части акватории Невской губы ведется строительство Многофункционального морского перегрузочного комплекса «Бронка» (ММПК «Бронка»), производится создание искусственных территорий путем отсыпки крупных глыб естественного камня размером более 2 м, гравия и песка (рис. 123, 124).

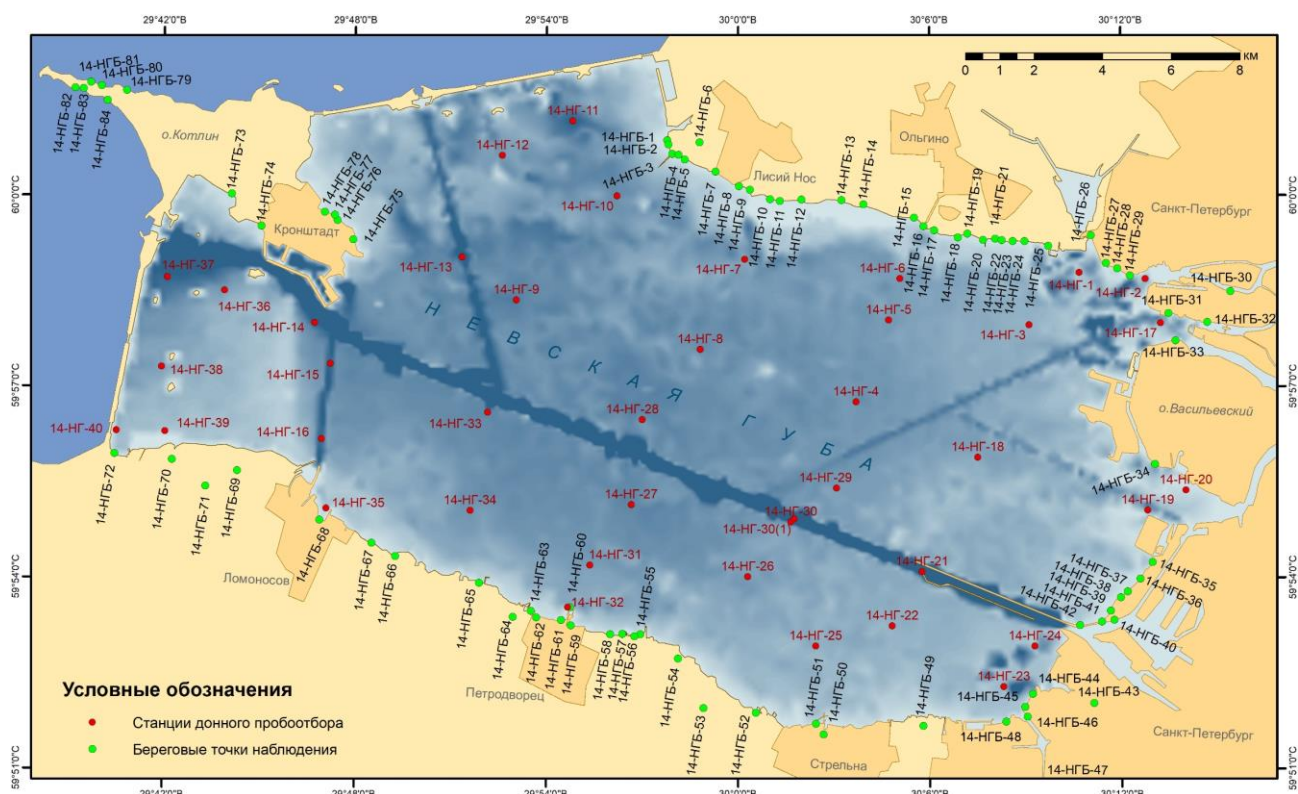


Рисунок 122. Карта фактического материала на ключевом участке «Невская губа»

Продолжается спуск неочищенных стоков в Ломоносовскую бухту восточнее порта, в результате чего пляж и растущая от насыпной площади песчаная коса сложены тонкодисперсными, насыщенными органикой отложениями черного цвета (рис. 125).

Активные работы по строительству набережной ведутся на берегу к западу от Петергофской пристани (рис. 126). Проводится отсыпка береговой зоны глыбами естественного камня, а также расчистка и выравнивание пляжной полосы.

В Стрельне в районе ул. Крылова в 2011–2013 гг. в пляжной полосе происходило накопление илистых осадков мощностью до 15–20 см, что объяснялось поступлением сюда стоков, идущих по канаве к

берегу Невской губы вдоль ул. Крылова от Петергофского мясоперерабатывающего комбината и жилого массива (рис. 127). После прошедшего в ноябре 2013 г. сильного шторма «Иуда» произошел размыв илистых отложений и песчаной толщи пляжа, при этом обнажились две сточные трубы. Вода, поступающая по ним в акваторию Невской губы, характеризуется серым цветом и обладает неприятным сильным запахом.

В районе железнодорожной станции Мартышкино в результате наблюдений 2014 г. зафиксирован размыв береговой террасы, сложенной валунным суглинком. Уменьшились ширина пляжа и мощность песчаных наносов.

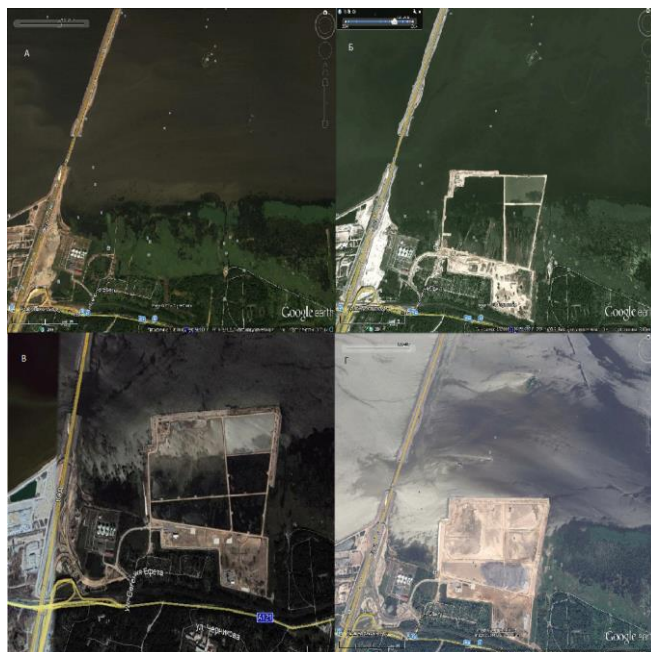


Рисунок 123. Космоснимки этапов строительства порта «Бронка»: А – 2010 г., р-н будущего порта «Бронка», 18 июля 2010 г.; Б – 2011 г., строительство порта «Бронка», 03 августа 2011 г.; В – 2014 г., строительство порта «Бронка», апрель 2014 г.; Г – 2014 г., строительство порта «Бронка», 06 июня 2014 г.



Рисунок 124. Берега Невской губы в районе строящегося Многофункционального морского перегрузочного комплекса «Бронка». Фото Н.Б. Малышевой









Рисунок 127. Берег Невской губы в районе ул. Крылова (Стрельна) (т. н. 14-НГБ-52). Фото Н.Б. Малышевой

Активные строительные работы продолжаются в береговой зоне Невской дельты. В частности от насыпной территории Васильевского острова к Канонерскому острову через Невскую губу на насыпных островах устанавливают опоры автомобильной дороги «Западный скоростной диаметр» (рис. 128а). На пляже северного берега

Васильевского острова напротив Адмиральского проезда отложения на урезе пропитаны мазутом (рис. 128б).

В Лахте в парке 300-летия Санкт-Петербурга продолжается размыв искусственного пляжа с формированием абразионного уступа (рис. 129), обнажились укрепляющие берег железобетонные конструкции.



Рисунок 128. Берега Васильевского острова: верхний ряд – насыпные острова автомобильной дороги «Западный скоростной диаметр», нижний ряд – мазут в пляжевых отложениях Васильевского острова (т. н. 14-НГБ-33). Фото Н.Б. Малышевой





Рисунок 129. Размыв насыпного пляжа в парке 300-летия Санкт-Петербурга (т. н. 14-НГБ-28). Фото Н.Б. Малышевой

Впервые за 4 года наблюдений в западной части поселка Морские Дубки в районе Пограничной улицы отмечены процессы размыва берега. На поверхности и в абразионном уступе наблюдаются выходы светло-серых суглинков (рис. 130). В субаэральной части береговой зоны в Лисьем Носу

вблизи метеостанции в момент сгона наблюдается поступление грунтовых ожезненных вод с суши в акваторию Невской губы (рис. 131). Вблизи уреза отмечается множество стекающих в море мелких ручейков, вода которых окрашена в красновато-черный цвет. Грубообломочный материал покрыт пленкой гидроокислов железа.



Рисунок 130. Размыв берега в западной части поселка Морские Дубки (т. н. 14-НГБ-7). Фото Н.Б. Малышевой



Рисунок 131. Высачивание подземных ожезненных вод в береговой зоне у старого мола в пос. Лисий Нос (т. н. 14-НГБ-5). Фото Н.Б. Малышевой



Для анализа характера распределения химических элементов в 2014 году на базовых станциях мониторинга были отобраны образцы поверхностных донных отложений дна и береговой зоны Невской губы, а также пробы воды в устьях естественных и техногенных водотоков, впадающих в акваторию (табл. 19).

Результаты геохимических анализов, как и в предыдущие годы, пересчитаны на 2007 год введением временной систематической ошибки, полученной путем введения в лабораторный заказ контрольных проб.

По результатам анализов проведена математическая обработка с расчетом статистических

характеристик, фоновых значений и выделением аномальных содержаний химических элементов. С помощью корреляционного и факторного анализа выделены и закартированы два ведущих фактора [Белонин и др., 1982]. Вес первого фактора, отражающего суммарное накопление большинства химических элементов, составляет 44,6 %, (рис. 132). Вес второго, выделяющего ряд загрязняющих компонентов (Sn, Pb, Cu, Zn, Mo) – 9,4 % (рис. 133). На картах-схемах показаны точки с содержаниями, превышающими фоновое значение на 2 и 3 стандартных отклонения.

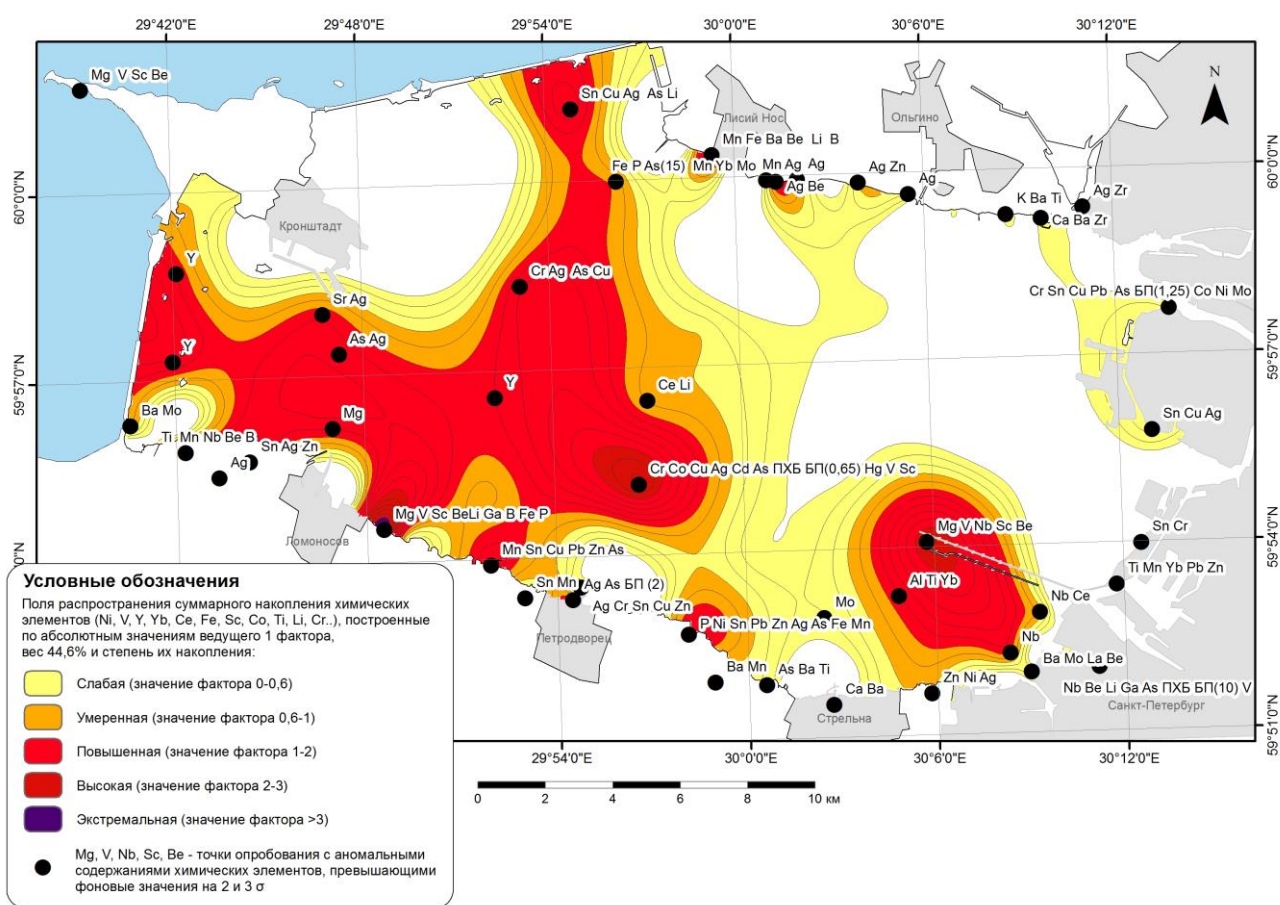


Рисунок 132. Карта-схема суммарного накопления химических элементов в донных осадках Невской губы и ее береговой зоны в 2014 г. с точками опробования, на которых установлены аномальные содержания химических элементов

Таблица 19. Содержания химических элементов в водотоках, поступающих в акваторию Невской губы 2012–2014 гг. Красным цветом выделены химические элементы, содержания которых превышает ПДК в воде; синим – максимальные содержания в воде водотоков, не превышающие ПДК

	ПДК	речн.вод	ручей на пляже в пос.Морские Дубки			выход стока на пляже ВО,северный берег			р.Красненькая вблизи устья			сток по ул Крылова в Стрельне			ручей в парке Алесандрия,вустье			сток в Ломоносовскую бухту			
			долгота	широта		долгота	широта		долгота	широта		долгота	широта		долгота	широта		долгота	широта		
мкг/л	мкг/л	мкг/л	30,0060	60,0013	14-НГБ-9	30,2285	59,9621	14-НГБ-33	30,1857	59,8672	14-НГБ-43	30,0092	59,8648	14-НГБ-52	29,9497	59,8846	14-НГБ-55	29,7812	59,9152	14-НГБ-68	
			2012	2013	2014	2012	2013	2014	2012	2013	2014	2012	2013	2014	2012	2013	2014	2012	2013	2014	
Li	30	2,5	3,06	11	2,47	30,00	20,4	5,75	8,73	3,94	5,93	5,03	3,16	4,56	<1	4,1	4,91	6,57	5,41	4,74	
Na	200 000		109900	40300	66800	193700	234 500	36100	85700	41200	62000	511000	423 400	681500	5430	5220	17300	74100	61500	63000	
Mg	40 000		14700	13100	9390	28700	29700	6490	15700	6370	11300	11800	8180	17700	8920	32700	20200	28300	29600	30300	
P	50-300	20	151	4050	177	1000	1360	1140	467	169	235	4360	5470	2100	148	8	11,9	3280	3770	3540	
Ti	100		3,18	59,1	1,21	10,70	16,3	40,6	97	106	27	7,65	5,76	9,61	8,00	0,3	0,52	18,00	9,7	0,59	
Cr	20-500		1,25	9,76	0,77	1080	3,82	6,52	11	4,8	5,27	1,20	0,74	3,91	1,53	0,08	0,31	4,52	2,1	0,64	
Mn	100	7	749	2710	1080	134	948	268	865	97	218	705	469	713	765	16	10,4	493	360	285	
Fe	300	67	1820	34300	1820	856	1740	3970	11500	2830	3950	3110	1440	8250	8620	90,5	82,1	5370	3190	751	
Ni	100		4,51	19,3	2,56	6,46	6,29	10,6	9,09	3,64	5,87	4,44	3,76	12,5	5,05	0,31	3,11	4,79	2,64	1,2	
Cu	100		5,84	56,7	1,84	20,60	19,2	67,1	17,90	8,6	20,5	3,22	0,8	3,8	3,18	0,8	4,46	8,59	0,8	0,4	
Zn	5 000		20,1	543	15,8	33,7	69,5	276	40	35,1	37,9	13,1	10,3	42,4	57,8	4,22	5,44	167	70,5	52,3	
As	50	2	0,87	6,22	0,8	1,04	0,94	1,18	5,02	1,47	1,64	2,56	4,5	3,59	1,35	0,24	0,44	1,14	0,48	0,32	
Se	10	0,02	<0,1	1,68	<0,01	0,53	0,18	0,32	0,94	0,26	0,22	0,17	0,17	0,71	0,32	0,12	0,12	0,16	0,41	0,33	
Cd	1	0,1	0,040	4,67	0,0073	0,045	0,036	0,17	0,250	0,22	0,4	0,056	0,024	0,078	0,031	0,0046	0,005	0,170	0,073	0,028	
Sn		0,5	<0,01	0,045	0,038	2,4	3,9	1,31	<0,01	0,063	0,021	<0,01	0,12	0,24	<0,01	<0,01	0,0034	0,017	0,078	0,12	
Cs		0,02	0,0270	0,57	0,019	9,9	0,069	0,13	0,3800	0,26	0,19	0,0410	0,055	0,021	0,0097	0,0094	0,018	0,2200	0,17	0,047	
Ba	100	10	58,5	255	46,3	65,2	132	75,7	150,0	41,5	82,5	42,4	60,5	32,6	25,4	31,5	30	95,2	104	66,4	
La			0,740	18,4	0,37	0,270	0,35	4,22	13,4	5,01	5,88	0,870	0,39	1,2	0,970	0,038	0,077	3,600	2,49	0,064	
Pb	30	3	0,39	36,3	0,27	2,08	2,48	25,2	17,2	5,91	12,5	4,35	1,89	1,77	1,71	0,27	0,13	14,20	3,13	0,66	
U	30		0,960	1,93	0,48	2,580	0,95	0,4	2,630	1,05	1,01	0,110	0,025	0,28	0,130	0,94	1,45	0,500	0,46	0,13	
Hg	0,5	0,07	<0,01	<0,01	0,082	<0,01	0,096	0,039	<0,01	0,042	0,075	<0,01	0,07	0,084	<0,01	0,021	<0,01	<0,01	<0,01	0,17	0,17
*>ПДК			P,Mn,Fe	P,Mn, Fe, Cd Ba,Pb	P,Mn,Fe	Li, P, Cr, Mn, Fe	Na, P, Ca, Mn, Fe, Ba	P,Mn,Fe, Ti,Cu,Zn, Sn,Pb	P,Ti,Mn, Fe,Ba	P,Ti,Mn, Fe	P, Mn, Fe, Cd, Cs, U	Na, P, Mn, Fe	Na, P, M, Fe	Na, Mg, P, Mn, Fe, Cr, Ni, As, Se	P, Mn, Fe	U	U	P, Mn, Fe	P, Mn, Fe, Ba	P, Mn, Fe, Sn, Hg	

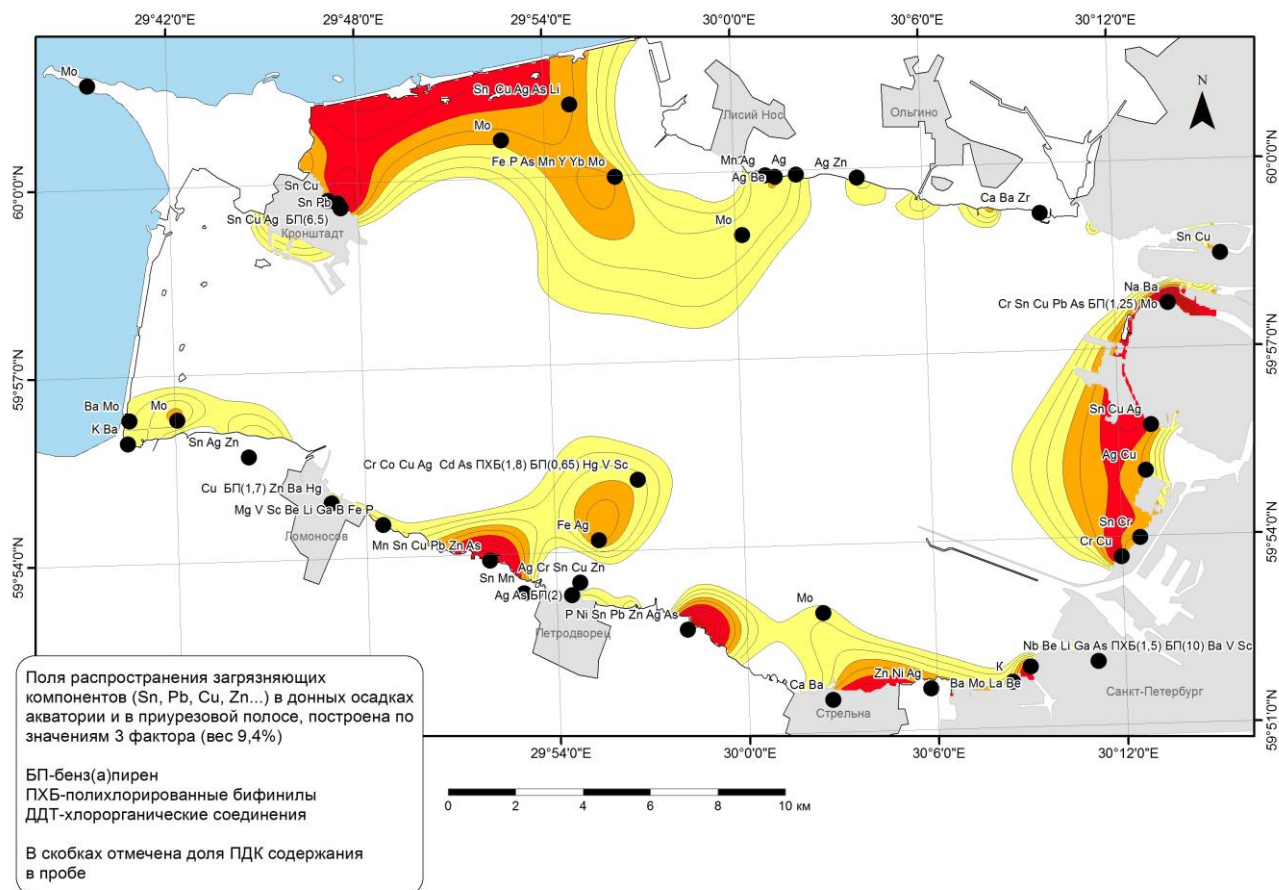


Рисунок 133. Карта-схема распространения загрязняющих компонентов (Sn, Pb, Cu, Zn ...) в 2014 г. с точками опробования, на которых установлены аномальные содержания химических элементов. Условные обозначения см. на рис. 132

Анализ полученных результатов показывает, что в 2014 году изменилась конфигурация области суммарного накопления. Поле разделилось на две части – западная примкнула к КЗС по направлениям, совпадающим с фарватерами и приблизилась к берегу, вторая расположена в юго-восточной части акватории Губы, вблизи пос. Стрельна и комплекса «Балтийская Жемчужина». Результаты анализа подтверждаются полевыми наблюдениями. В 2014 г. берега от Петергофской гавани до Ломоносова были покрыты вязкими глинистыми отложениями, вода характеризовалась повышенной мутностью.

В таблице 20 приведены фоновые содержания и статистические параметры распределения химических элементов в донных осадках акватории и береговой зоны Невской губы, полученные по результатам ежегодного

мониторинга в период с 2011 по 2014 годы. Наиболее высокий уровень загрязнения донных отложений фиксировался в 2013 году, когда отмечалось повышенное по сравнению с другими годами содержание Mg, Fe, Ti, V, Zr, Cu, Pb, Zn. В 2014 году повысилось среднее содержание Ca, Mn, Mo и Ag.

Поля загрязняющих компонентов дополнились областью к северу-востоку от Кронштадта, между островом и КЗС. Наиболее загрязненными остаются донные отложения реки Красненькая, пляж Ломоносовской бухты и северо-восточный берег г. Кронштадт, где, в частности, на протяжении всех циклов мониторинга установлены крайне высокие концентрации опасного канцерогена бенз(а)пирена (рис. 134).



Таблица 20. Фоновые содержания и статистические параметры распределения химических элементов в поверхностных донных осадках акватории и береговой зоны Невской губы по результатам работ 2011–2014 гг. (x – среднее арифметическое значение, ст. откл. – стандартное отклонение от среднего, мин. – минимальное содержание, макс. – максимальное содержание)

Химический элемент	2011 год (81 проба)				2012 год (175 проб)				2013 год (173 пробы)				2014 год (162 пробы)				кларк в ЗК	Регион кларк Невская губа бер.зона 2006г
	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	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	0,0	1,3	4,62	0,446
Fe2O3%	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	6,64	2,79
K2O%	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	3,01	4,1
Na2O%	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	3,01	2,15
P2O5%	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	0,205	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	0,034	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	0,065	0,040
TiO2%	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	0,750	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	0,129	0,038
V г/т	12	12	2	51	10	5	4	42	29	28	4	167	23	20	5	89	90	16
Cr г/т	28	23	4	100	41	34	7	203	47	39	5	250	40	36	4	231	23	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	18	3,9
Ni г/т	11	12	1	50	13	13	1	65	19	16	2	92	16	13	1	58	58	8,7
Zr г/т	128	99	23	425	115	96	24	550	145	118	16	967	113	74	6	382	170	97
Nb г/т	11	5	6	35	11	7	1	54	13	10	8	113	11	3	8	24	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	10	2,9
La г/т	48	19	29	118	45	18	2	107	44	19	1	122	47	20	11	112	49	
Y г/т	16	6	7	32	14	5	7	29	20	10	5	47	15	6	4	29	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	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	1,1	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	2,5	2,6
Cu г/т	25	21	5	86	35	33	5	253	56	62	2	427	43	46	2	320	47	18
Pb г/т	25	9	12	53	24	14	10	115	43	52	12	383	19	10	2	88	16	20
Zn г/т	28	19	8	89	41	27	6	168	96	87	1	637	73	54	12	343	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	0,070	0,094
Ga г/т	11	3	5	20	14	5	6	36	18	8	7	75	13	4	3	28	19	13

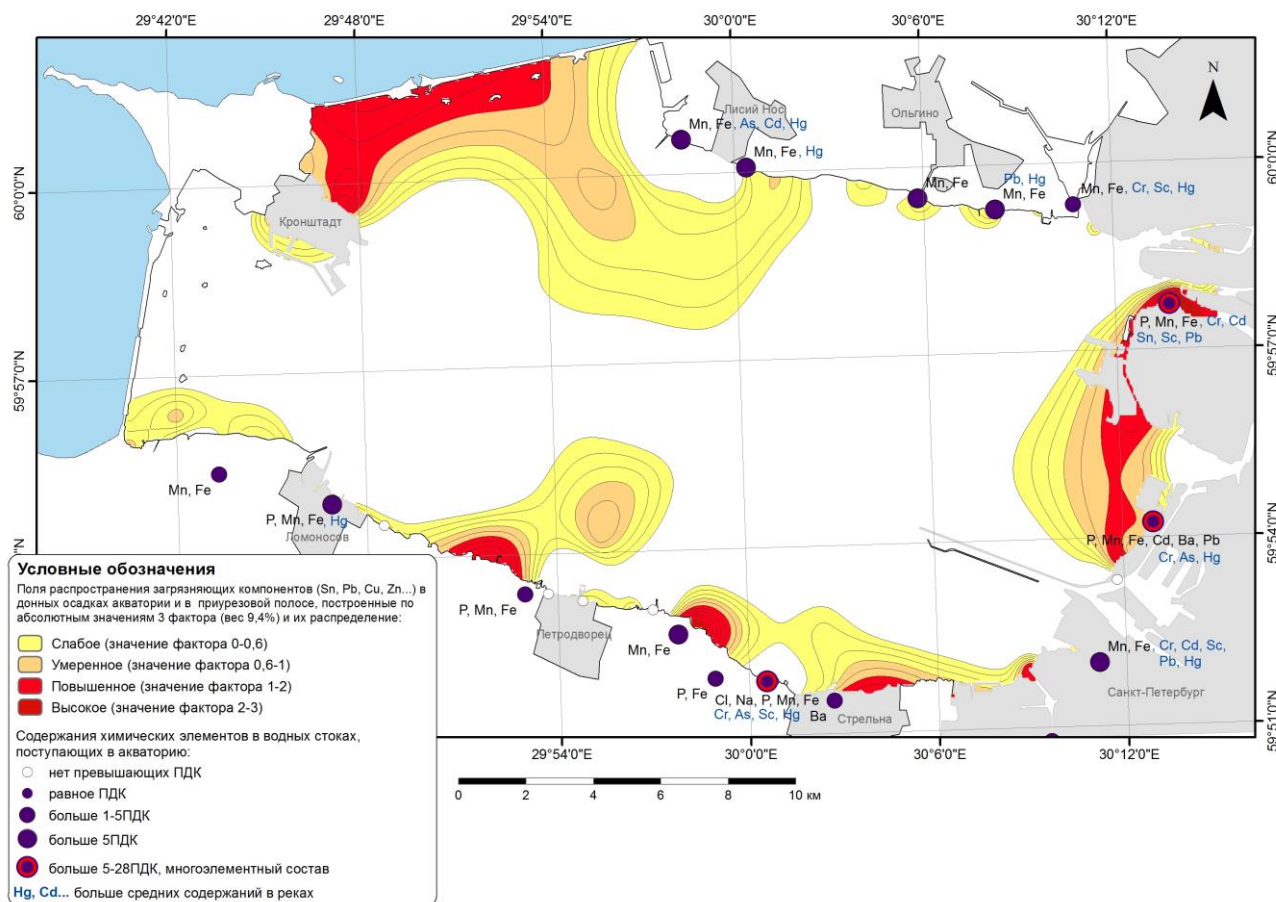


Рисунок 134. Карта-схема распространения загрязняющих компонентов (см. рис. 160) в донных осадках акватории и в приустьевой полосе с оценкой содержания химических элементов в пробах воды из естественных и техногенных водотоков, впадающих в Невскую губу

В целом можно констатировать, что, по данным мониторинга, основные тенденции развития береговой зоны Невской губы сохраняются.

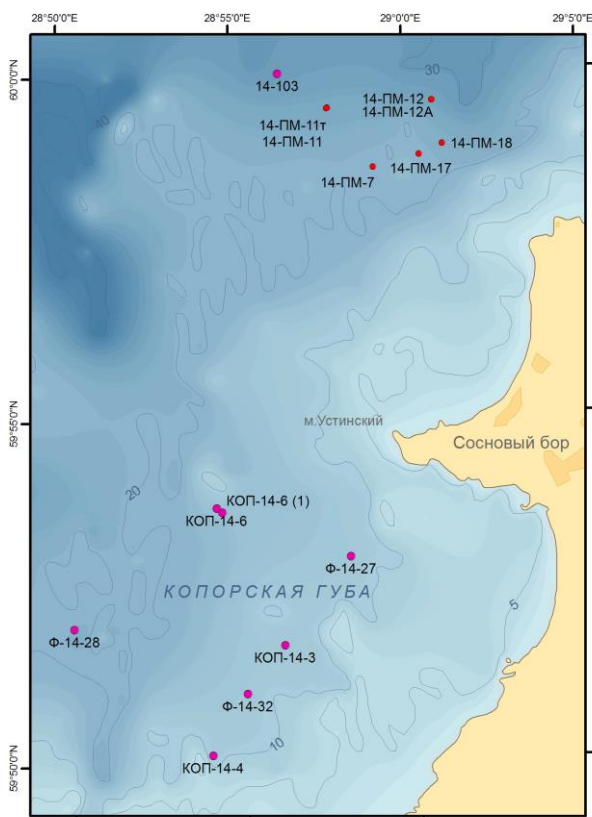
#### Ключевой участок «Копорский залив»

Задачей работ в Копорском заливе было продолжение радиогеохимического мониторинга донных осадков на прибрежных мелководьях, прилегающих к Ленинградской АЭС, а также отбор осадков (с использованием боксера, трубки ГТТ и тяжелой грунтовой ударной трубки) и придонной воды на участке распространения покмарков (рис. 135). Станции донного пробоотбора и подводной видеосъемки выбирались по результатам площадных геофизических работ (ГЛБО, многолучевой эхолот-бэкскатер).

Целью проведения радиогеохимического мониторинга акватории Копорского залива является оценка влияния Ленинградской АЭС на изменение радиоэкологической обстановки (ситуации) в

пределах восточной части Финского залива. При выполнении мониторинга оценивалась степень загрязнения донных осадков основными техногенными радионуклидами ( $^{137}\text{Cs}$ ,  $^{60}\text{Co}$ ). По величине удельной активности  $^{137}\text{Cs}$  станции мониторинга могут быть условно подразделены на две группы. К первой группе относятся станции, расположенные, как правило, в областях накопления алевропелитовых осадков, где отмечается относительно повышенная активность  $^{137}\text{Cs}$ .

Станции второй группы расположены в зонах транзита тонкодисперсного (алевропелитового) материала и характеризуются более низкой активностью  $^{137}\text{Cs}$ . На станциях, относящихся к первой группе, за период мониторинга (2011–2014 гг.) отмечается общая тенденция повышения удельной активности  $^{137}\text{Cs}$  в верхнем слое донных осадков. Пример временного изменения содержания  $^{137}\text{Cs}$  для станций, входящих в первую группу (станция ФЗ-28) приведен на рисунке 136.



**Условные обозначения**

- Станции радиогеохимического мониторинга
- Станции донного пробоотбора

Рисунок 135. Карта фактического материала на участке «Копорский»

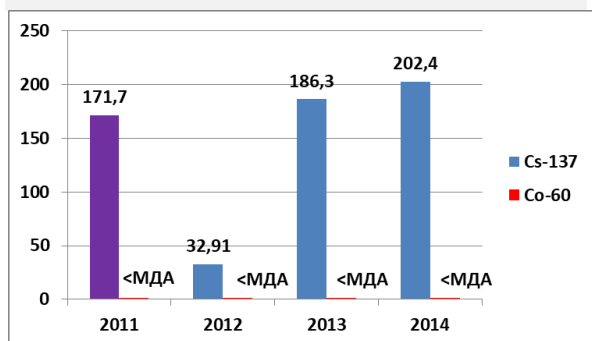


Рисунок 136. Распределение <sup>137</sup>Cs в верхнем слое донных осадков на станции ФЗ-28 по годам опробования (Бк/кг)

На станциях, относящихся ко второй группе, общая тенденция в изменении удельной активности в верхнем слое донных осадков не наблюдается. В данном случае фиксируется разнонаправленное изменение содержания <sup>137</sup>Cs. Пример временного изменения содержания <sup>137</sup>Cs для станций, входящих во вторую группу, приведен на рисунке 137.

В целом колебания удельной активности на станциях, относящихся ко второй группе (за исключением станции КОП-6), находятся в

интервале статистической дисперсии фоновых значений. Рассматривая полученные результаты по изменению содержания <sup>137</sup>Cs в донных осадках внешней части Копорского залива, можно сделать вывод об отсутствии связи общей тенденции повышения удельной активности <sup>137</sup>Cs в областях накопления с влиянием ЛАЭС.

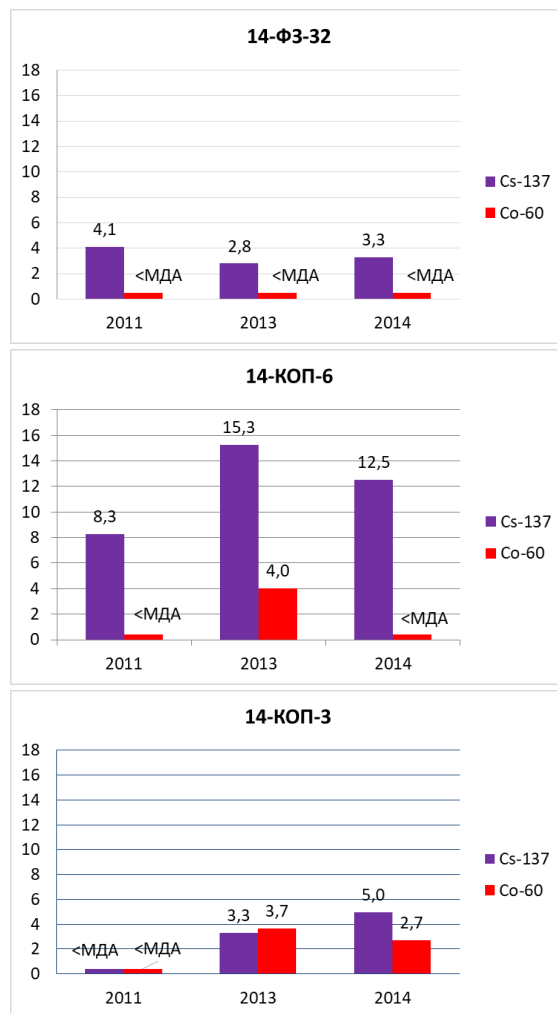


Рисунок 137. Распределение <sup>137</sup>Cs в верхнем слое донных осадков на станциях ФЗ-32, КОП-3, КОП-6 по годам опробования (Бк/кг)

Локальные максимумы активности отмечались и ранее на площадях, непосредственно не связанных с возможным воздействием ЛАЭС. Причиной этому, возможно, является перераспределение алевропелитового материала, обогащенного <sup>137</sup>Cs в пределах акватории, а также гидрометеорологические условия. Разнонаправленное изменение содержания <sup>137</sup>Cs в зонах транзита тонкодисперсного материала также может говорить об отсутствии значимого поступления в донные осадки <sup>137</sup>Cs, поскольку в целом не выявлено существенных скачкообразных изменений



активности, которые должны были бы фиксироваться при его залповом поступлении. Следует отметить, что незначительный локальный максимум активности, отмеченный на станции КОП-6 в 2013 году, может быть обусловлен незначительным техногенным поступлением  $^{137}\text{Cs}$ , однако, судя по всему, объемы такого поступления невелики.

Концентрация  $^{60}\text{Co}$  в донных осадках Копорского залива крайне незначительна и в большинстве случаев не превышает величину минимально детектируемой активности (МДА), составляющую для используемого аналитического комплекса - 1,3 Бк/кг. Общей тенденции в изменении удельной активности в верхнем слое донных осадков не наблюдается, и в целом колебания удельной активности  $^{60}\text{Co}$  находятся в интервале статистической дисперсии фона. Выделяется ряд станций, расположенных в зоне транзита тонкодисперсного материала, где одновременно отмечается незначительное повышение активности  $^{60}\text{Co}$  в верхнем слое донных осадков в 2013 году, в частности на станции КОП-6, где также отмечен локальный максимум  $^{137}\text{Cs}$ . Последнее в некоторой степени подтверждает высказанное ранее предположение о незначительном техногенном поступлении радионуклидов в донные осадки. Но значение такого поступления крайне невелико, и радиогеохимическую ситуацию в акватории залива можно считать вполне удовлетворительной. Таким образом, реального влияния ЛАЭС на радиоэкологическую обстановку в пределах акватории за время мониторинга не установлено.

В 2014 г. были проведены исследования прибрежных мелководий о. Сескар, где ведется разработка месторождения песчаного материала. Для оценки состояния песчаного карьера в районе подводной террасы о. Сескар было выполнено профилирование методом НСП (рис. 138). Выбор полигона исследований был обусловлен необходимостью оценки уровня техногенного воздействия на геологическую среду подводной террасы с учетом того факта, что данный район может получить статус особо охраняемых территорий в составе Ингерманландского заповедника, в который войдут 9 островов: в Выборгском районе – острова Долгий Камень, Копытин, Большой Фискар и скала Халли, в Кингисеппском районе – острова Виргины, Малый и Большой Тютерс, Сескар и скала Вигрунд.

Общая площадь заповедника, включая буферную зону и акваторию, составит около

18 тыс га. На рис. 138 в качестве примера показаны профили НСП, пересекающие террасу в пределах подводного карьера и вне его. Относительная глубина техногенных депрессий достигает 5–7 м. При этом стоит отметить, что разработка ведется на глубинах моря от 7 до 16 м, т. е. теоретически в пределах зоны волнового воздействия. В то же время, расчлененный техногенный рельеф морского дна, сохраняющийся относительно длительное время, свидетельствует о заторможенности процессов волнового осадко- и рельефообразования. По результатам проведения НСП можно сделать вывод о том, что песчаное тело, формирующее подводную аккумулятивную террасу, является реликтовым и находится вне пределов зоны активного воздействия волн на дно. Сохранность техногенных депрессий, кроме того, вероятно, свидетельствует о современном дефиците песчаных наносов. Учитывая результаты обследования других подводных карьеров в восточной части Финского залива можно предположить, что в техногенных ложбинах, несмотря на небольшую глубину моря, могут накапливаться алевропелитовые илы.

*Региональное лито-геохимическое опробование центральной части российских территориальных вод Финского залива* было проведено ОАО «Севморгео» на станциях многолетнего мониторинга.

В 2014 г., как и в 2012–2013 гг., в донных осадках были зафиксированы повышенные содержания Cu, Zn и Ni, превышающие ориентировочно допустимый уровень содержания (ОДКо) [Нормативы ..., 1996] (рис. 139–141). Наиболее высокие содержания Cu, на уровне 3 ОДКо, были зафиксированы на станции ФЗ-2, которая располагается в районе острова Мощный. Поверхностные осадки представлены здесь слоем железомарганцевых конкреций, перекрытых глинисто-алевритовым наилком (рис. 139).

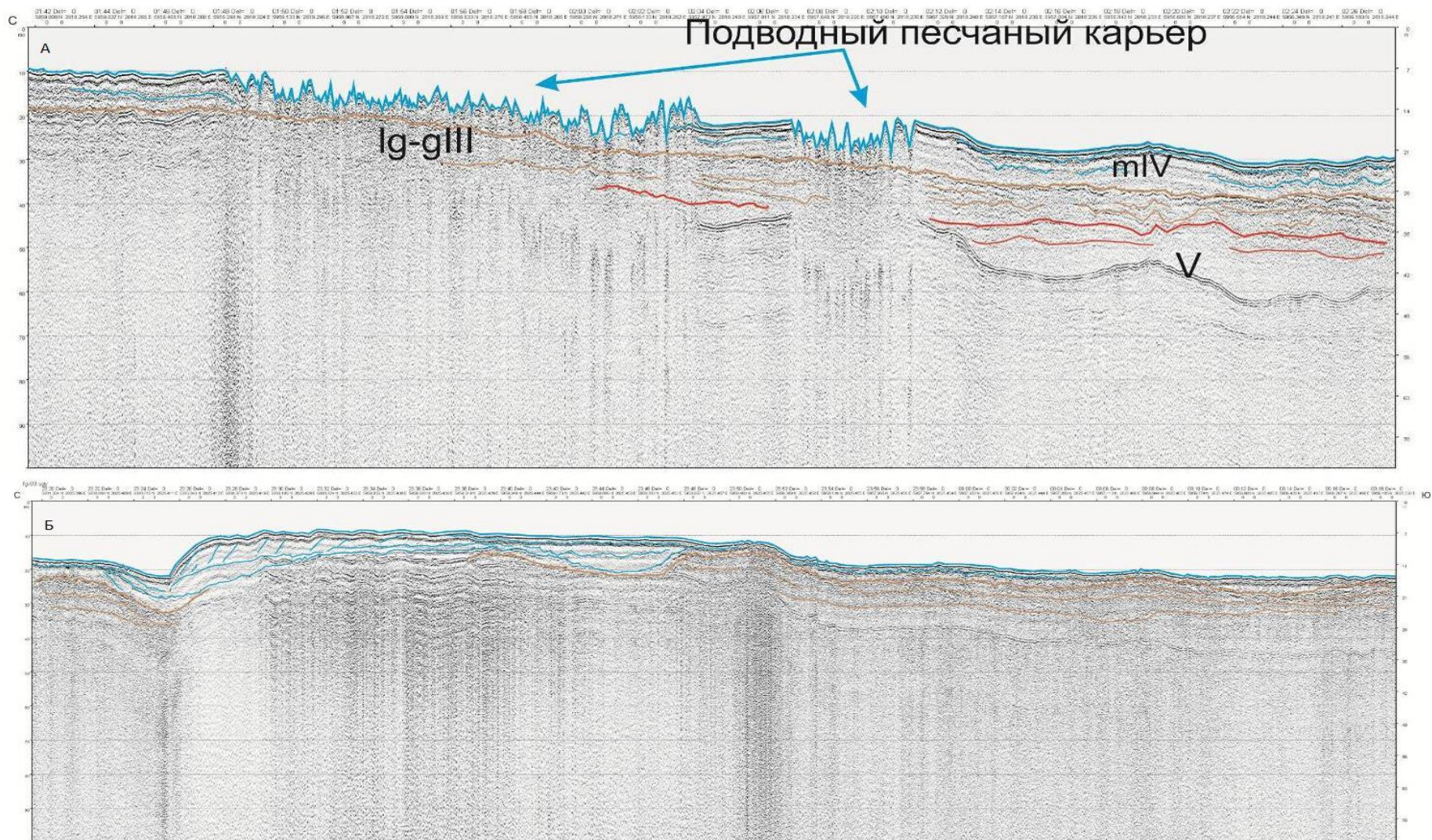


Рисунок 138. Профили НСП в районе подводной террасы о. Сескар: *a* – профиль fg05 – подводный песчаный карьер, mIV – морские песчаные отложения, Ig-gIII – отложения ледникового комплекса, V(?) – предположительно отложения венда; *б* – профиль fg03 – ненарушенный край подводной террасы



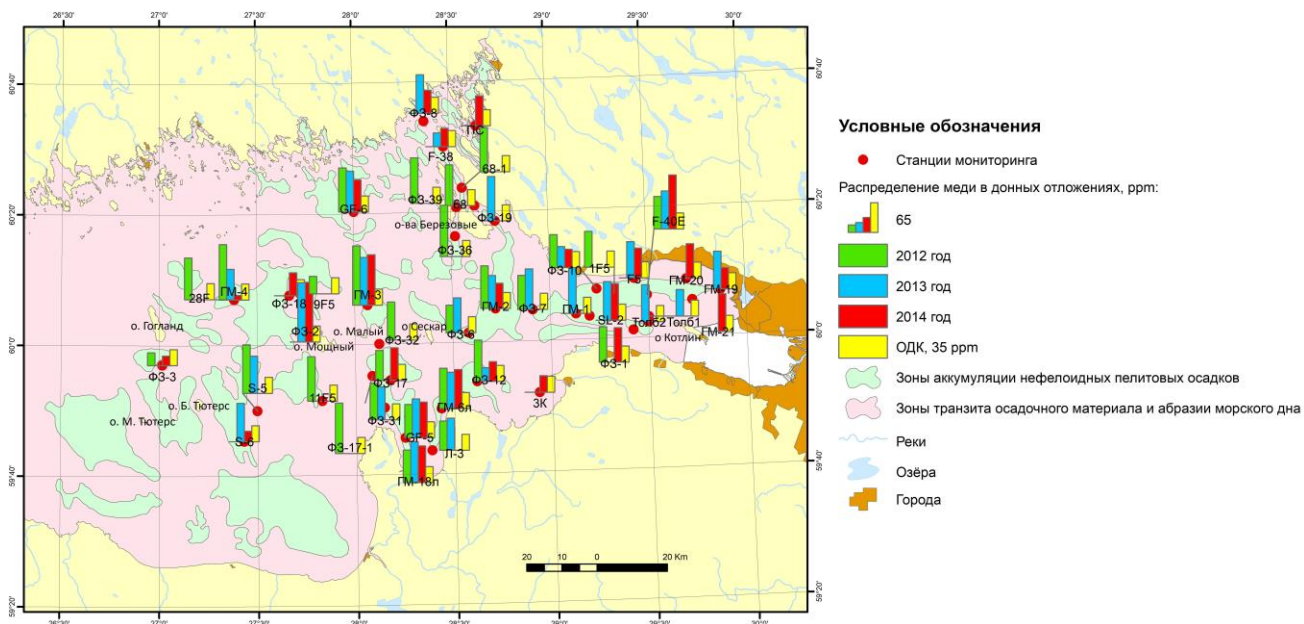


Рисунок 139. Содержание Cu в донных осадках Финского залива по данным 2012–2014 гг.

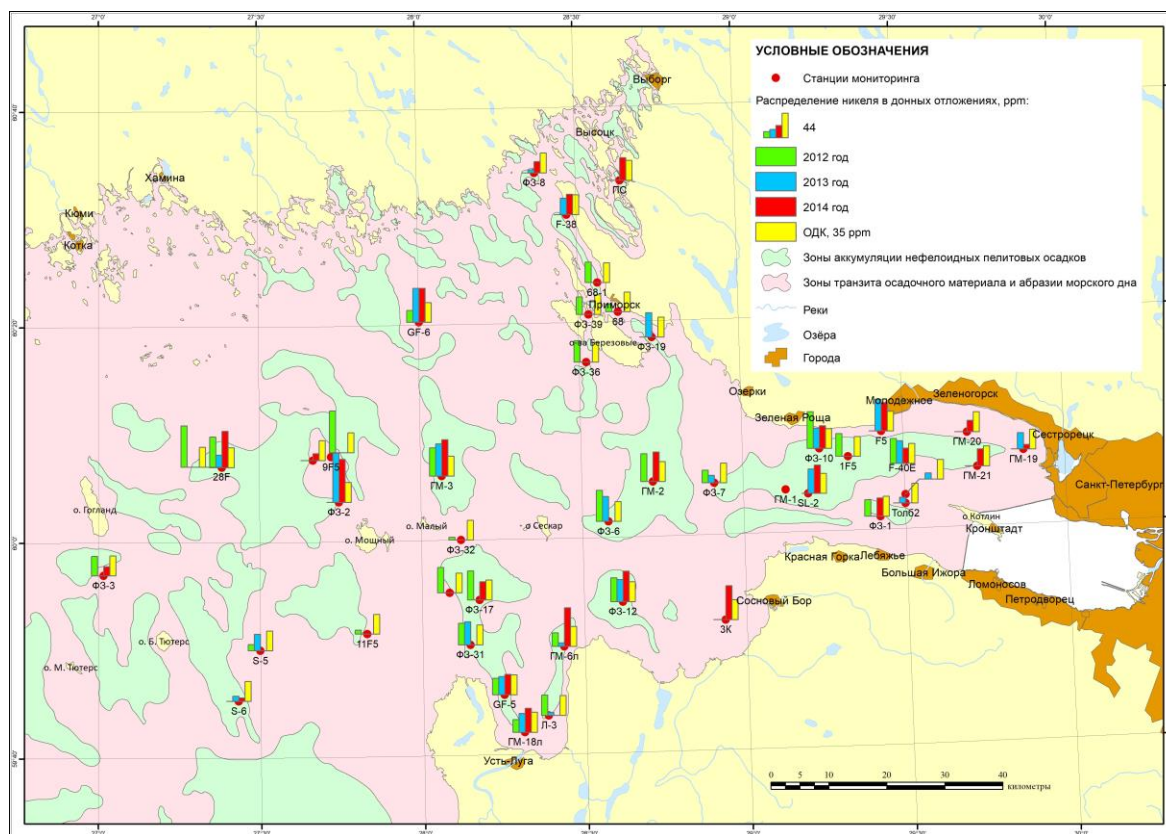


Рисунок 140. Содержание Ni в донных осадках Финского залива по данным 2012–2014 гг.



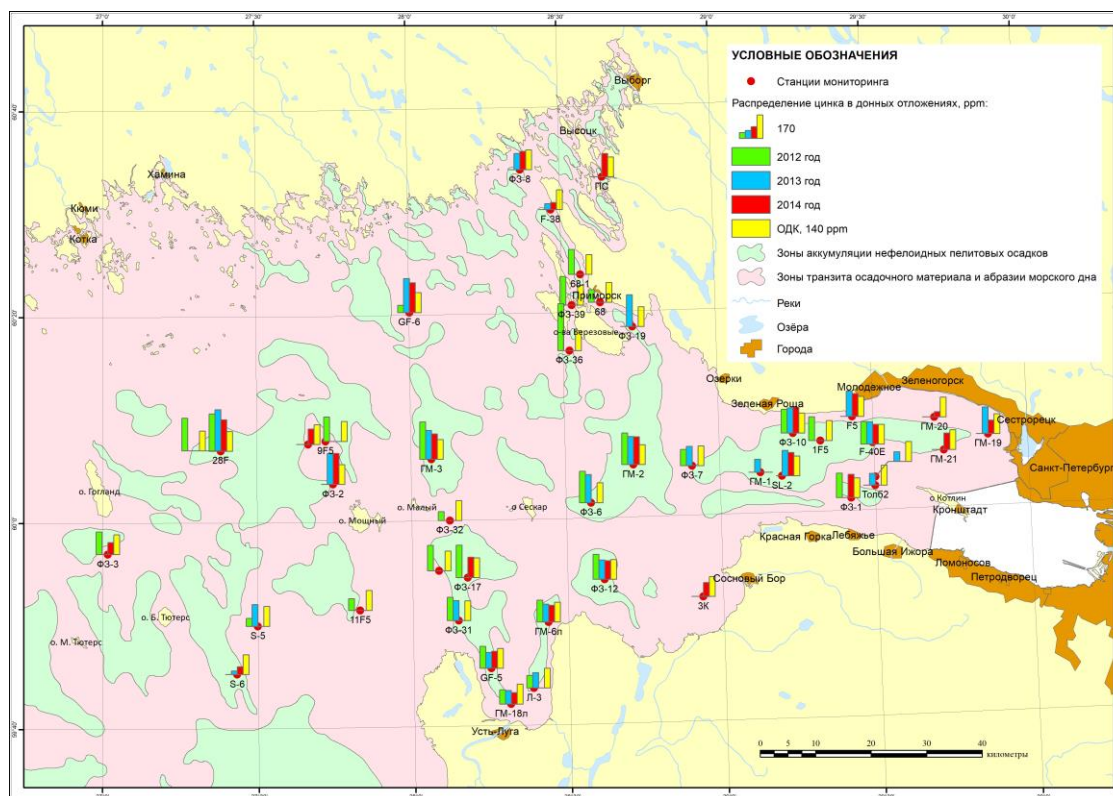


Рисунок 141. Содержание Zn в донных осадках Финского залива по данным 2012–2014 гг.

Проявление активных процессов конкрецииобразования позволяет предположить, что высокие концентрации Cu на этой станции опробования не связаны с техногенным загрязнением. Высокие значения Cu в донных осадках наблюдались также на т. н. ГМ-3 и на Зеленогорском плесе, который имеет непосредственную связь с Невской губой. Также высокие концентрации Cu были обнаружены и у Советского бумажного комбината.

В 2014 году были обнаружены высокие концентрации Ni в наилке на станции ФЗ-2. На станциях ГМ-2 и ГМ-3, а также в Лужской губе содержания Ni заметно возросли (рис. 140). Факт увеличения концентраций никеля на значительных площадях в 2014 году зафиксирован, но причины этого не установлены. Zn в донных отложениях на большей части отобранных станций содержится в концентрациях, превышающих ОДК (рис. 141). Максимальные концентрации связаны со станцией ФЗ-2, а конкретнее, с тонким слоем глинисто-алевритового окисленного наилка, перекрывающего слой сферических ЖМК. Высокие концентрации Zn зафиксированы на Зеленогорском плесе, в Выборгском заливе, а также в илах центральной

части залива. Это, с одной стороны, связано с высокой геохимической подвижностью цинка, а, с другой, возможно, обусловлено процессами ресуспензии стонными и штормовыми течениями верхних слоев илов, накопившихся во время разноса суспензионных потоков из Невской губы в 2006–2008 гг.

Рассматривая общий тренд изменения концентраций тяжелых металлов по годам, начиная с 2005 года (2006 г. – начало активных гидротехнических работ в Невской губе) и не останавливаясь на мелких флуктуациях, можно выделить два этапа: до 2008 года, когда был зафиксирован максимальный суммарный вклад тяжелых металлов в донных осадках, и последующие годы. Этот тренд отражает реальный вклад гидротехнических работ в загрязнение донных отложений 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 годы). Содержания других определяемых канцерогенных металлов (Hg, Cd, V, Cr и др.), как правило, находятся на уровнях ниже ОДК. Можно отметить, что в 2014 г. в ряде

точек в донных осадках были установлены высокие концентрации As.

Мониторинг содержания нефтепродуктов в донных отложениях восточной части Финского залива является важным направлением исследований, учитывая возрастающий трафик морских судов и активные гидротехнические работы на берегах залива и в Невской губе. Максимальное загрязнение донных осадков нефтепродуктами в заливе зафиксировано в 2007 году, что было связано с выносом взвеси из Невской губы и ее аккумуляцией на Шепелевском плесе. В 2012 году впервые уровень средних концентраций стал ниже, чем ОДК. Судя по результатам сопоставления ежегодных измерений, эта тенденция продолжилась и в 2013–2014 гг. Самые низкие концентрации нефтепродуктов в донных осадках залива зафиксированы в 2014 году. Ни одно из измеренных значений не вышло за пределы ОДК (рис. 142).

Экспресс-определения физико-химических параметров водной среды выполнялись в 2014 г. в восточной части Финского залива на постоянных станциях мониторинга. На большей части

исследованной площади значения редокс-потенциала придонных вод было выше 100 мВ. Тенденция к постепенному улучшению экологической ситуации в восточной части Финского залива находит подтверждение и в результатах измерения мутности и прозрачности. На рисунке 143 показана структура распределения взвешенного материала в восточной части Финского залива. В отличие от периода 2006–2008 гг., когда содержание взвеси в связи с дреджингом было максимально, в настоящее время язык мутных вод распределен вдоль оси дамбы, а также вытянут вдоль южного берега, как к западу, так и к востоку. Источником повышенного содержания взвеси являются гидротехнические работы в строящемся порту Бронка. При этом в районе строительства Пассажирской гавани экологическая ситуация благополучная из-за динамического напора невских вод. Вторая зона мутных вод – это внутренняя часть Выборгского залива. Но здесь, вероятно, в августе 2014 г. преобладала биогенная взвесь.

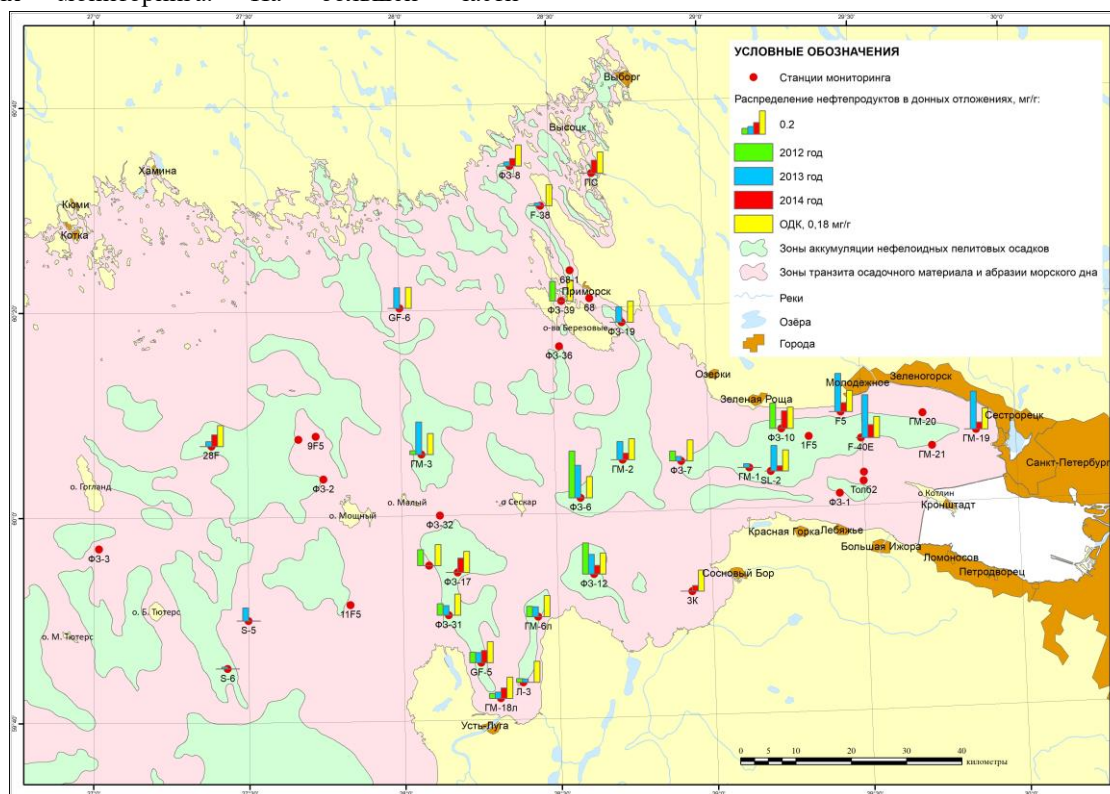


Рисунок 142. Содержание нефтепродуктов в донных осадках Финского залива по данным 2012–2014 гг.

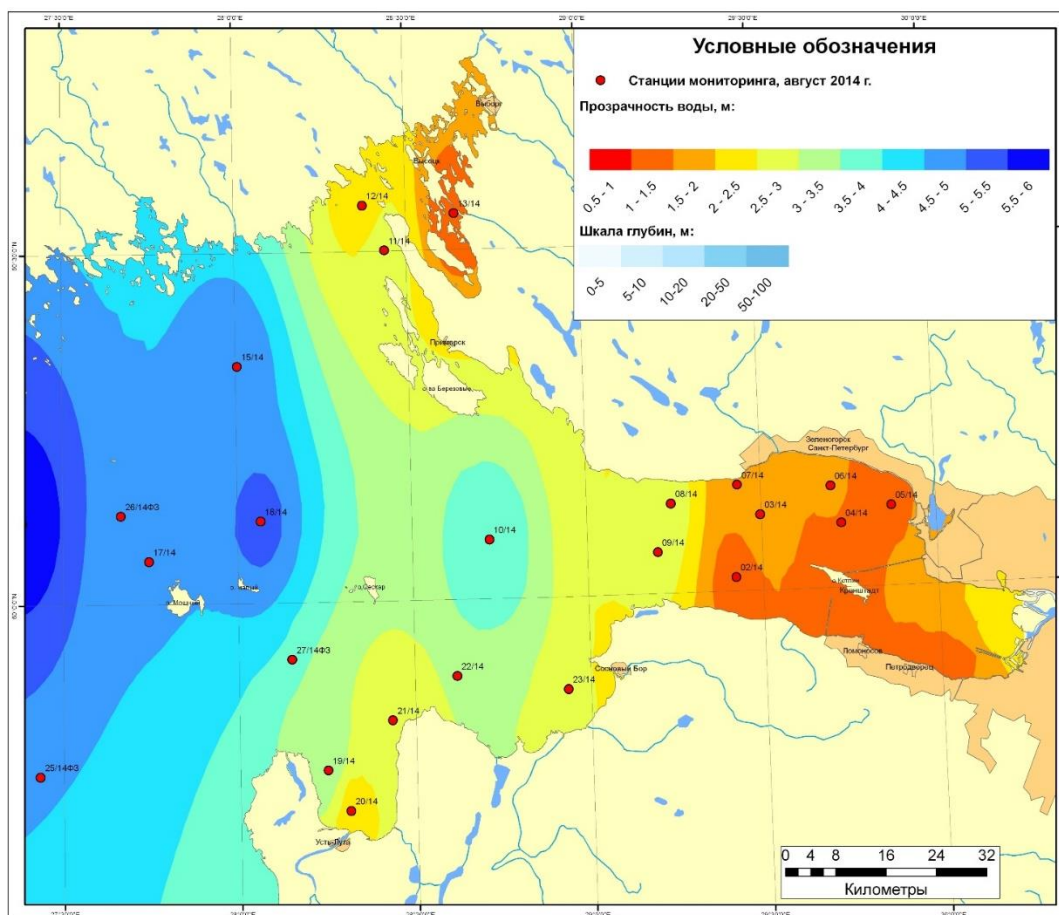


Рисунок 143. Карта прозрачности морской воды Финского залива в августе 2014 г.

Анализ содержаний большинства загрязняющих веществ (тяжелые металлы, нефтепродукты, ПАУ и т. д.) в придонных водах, опробованных на постоянных станциях мониторинга, показал в 2014 г. значения ниже ПДК.

Повышенные концентрации в придонных водах были зафиксированы для Cu и Zn (рис. 144–146), что, в принципе характерно для всего периода

проведения мониторинга. Концентрации Cu и Zn на ряде станций более чем в два раза превышают ПДК. В частности, повышенные содержания Cu были зафиксированы на станциях, располагающихся на Шепелевском плесе, что может быть связано с выносом этого металла из Невской губы. Вероятно, антропогенное происхождение имеет Cu во внешней части Лужской губы.

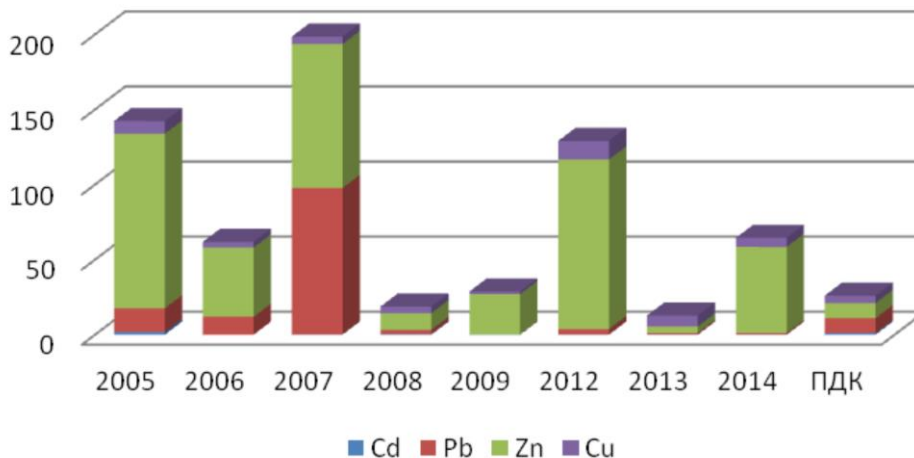


Рисунок 144. Среднее содержание тяжелых металлов по годам в придонной воде Финского залива (2005–2014 гг.).



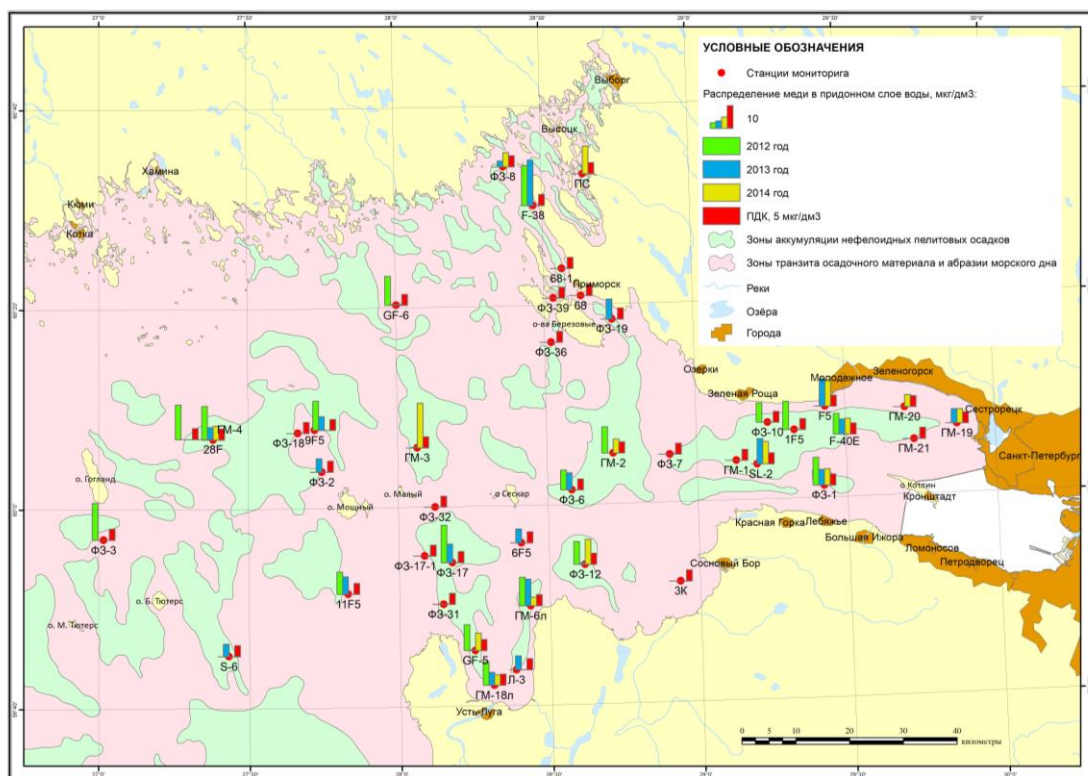


Рисунок 145. Содержание меди в придонной воде Финского залива в 2014 г.

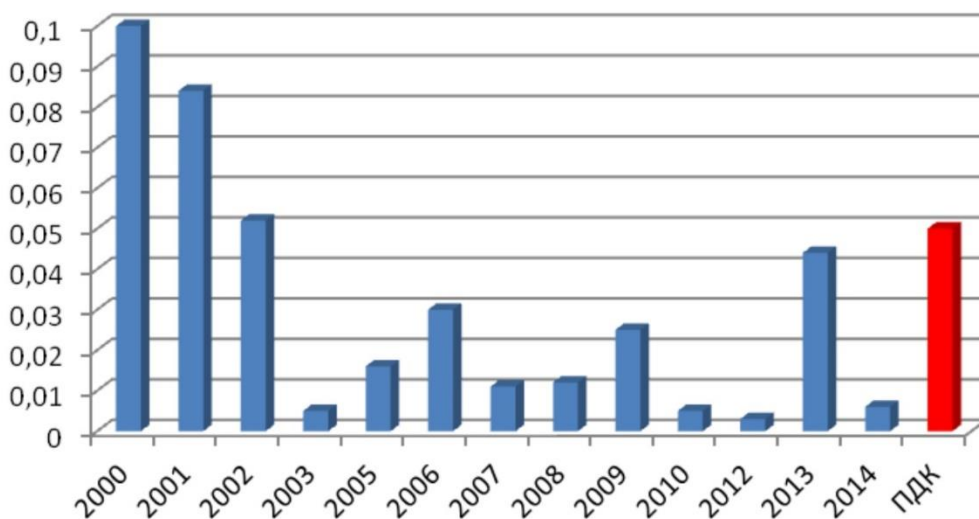


Рисунок 146. Средние содержания нефтепродуктов (мг/дм<sup>3</sup>) в придонной воде Финского залива по годам

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

Мониторинговые наблюдения были выполнены на трех ключевых участках. На двух прибрежных ключевых участках: «Основание Куршской косы» и «Северное побережье Самбийского п-ва» работы проводились по полной схеме, включавшей профилирование методами ГЛБО и НСП (бумер) и донный пробоотбор. Лито-геохимическое опробование поверхностных осадков выполнялось преимущественно на опорных профилях и станциях мониторинговых наблюдений. На ключевом участке «Западное побережье Самбийского п-ва» в акватории были выполнены только геофизические работы (профилирование НСП и ГЛБО). Региональное лито-геохимическое опробование прибрежно-шельфовой зоны было выполнено совместно со специалистами ФГУП «АтлантНИРО» и ООО «Морское венчурное бюро» преимущественно по станциям экологического мониторинга инфраструктуры морского нефтяного месторождения «Кравцовское (Д-6)», проводимого ООО «Лукойл-КМН» с 2003 г. Наряду с отбором проб донных отложений на геохимический, гранулометрический и радиометрический анализы, было выполнено также гидрофизическое зондирование и отбор проб придонных вод на органические загрязнители и тяжелые металлы. Проведены экспресс-аналитические гидрохимические анализы проб придонных вод. Всего было

выполнено 80 км НСП, 90 км ГЛБО, поверхностный донный пробоотбор на 30 станциях на проведение радиоизотопных исследований и литолого-геохимического анализа. Работы берегового отряда на полигоне «Калининградский шельф» были сосредоточены на ключевых участках «Северное побережье Самбийского полуострова», «Западное побережье Самбийского полуострова» и «Куршская коса». Выполнялись вдольбереговые маршруты (75 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.

### Ключевой участок «Северное побережье Самбийского полуострова»

В субаквальной части ключевого участка работы ГЛБО были выполнены по сетке сплошного покрытия в западной части Светлогорской бухты (рис. 147–149), дополнив, таким образом, мозаику, полученную в 2013 г. Сплошное покрытие дна позволяет наиболее объективно оценить проявления лито- и морфодинамических процессов, а также существенно актуализировать базовую геологическую основу ключевого участка. Кроме того, ГЛБО было выполнено по вдольбереговому профилю, сопряженному с профилем НСП.

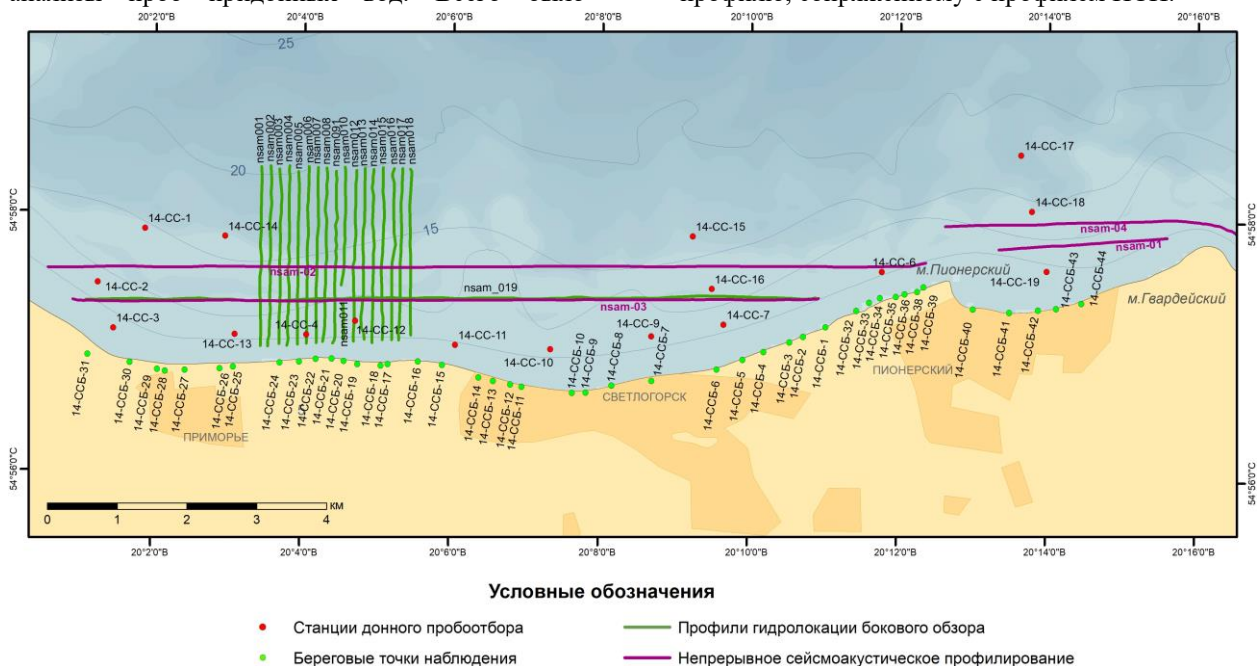


Рисунок 147. Карта фактического материала на ключевом участке «Северное побережье Самбийского полуострова»

Профили НСП закладывались субпараллельно профилям 2012 г. также для актуализации геологической основы (рис. 150). Точки пробоотбора выполнялись в основном по координатам точек многолетнего мониторинга. Несколько дополнительных точек были намечены для прослеживания выделенных ранее геохимических аномалий по ряду тяжелых металлов.

В результате проведения ГЛБО были оконтурены площади распространения грубообломочного материала, маркирующие зоны активного размыва морского дна, а также зоны преимущественного транзита осадочного материала (рис. 148, 149). На профилях НСП определено положение выходов моренных гряд (зоны размыва), подтверждены малые мощности современных песчаных отложений на всей площади ключевого участка. На прибрежном профиле НСП прослежен палеоврез реки Светлогорка (рис. 150). Совокупность данных геофизического профилирования в 2014 г. подтвердила дефицит песчаного материала на

всем ключевом участке «Северное побережье Самбийского полуострова», что обуславливает невозможность естественного восстановления пляжей побережья Светлогорских курортов.

Ключевой участок «Северное побережье Самбийского полуострова» характеризуется исключительно высокой интенсивностью склоновых и абразионных экзогенных геологических процессов, с одной стороны, и наиболее интенсивным рекреационным использованием, с другой стороны. В 2013 г. проведено полное вдольбереговое обследование участка берега от Филинской бухты до государственной резиденции «Янтарь», включающий аварийный участок берега в районе Светлогорского променада, где ООО «Балтберегозащита» планируется осуществление крупного комплексного проекта по закреплению склонов, созданию и удержанию искусственных пляжей. Эти работы были повторно организованы в ходе исследований 2014 г., что позволило составить сравнительную схему интенсивности развития склоновых процессов.

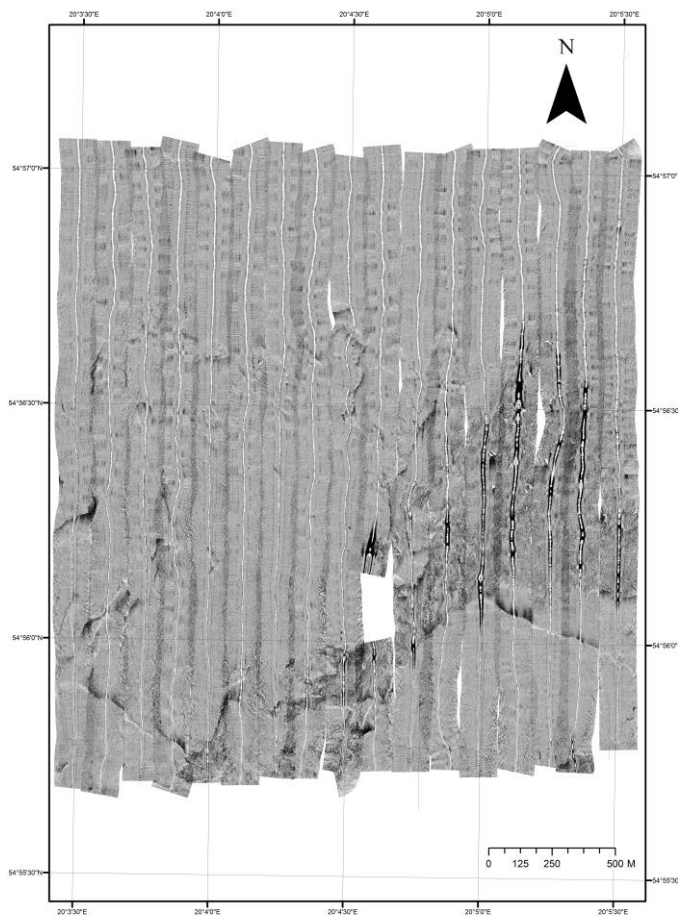


Рисунок 148. Схема-мозаика профилей ГЛБО в западной части Светлогорской бухты



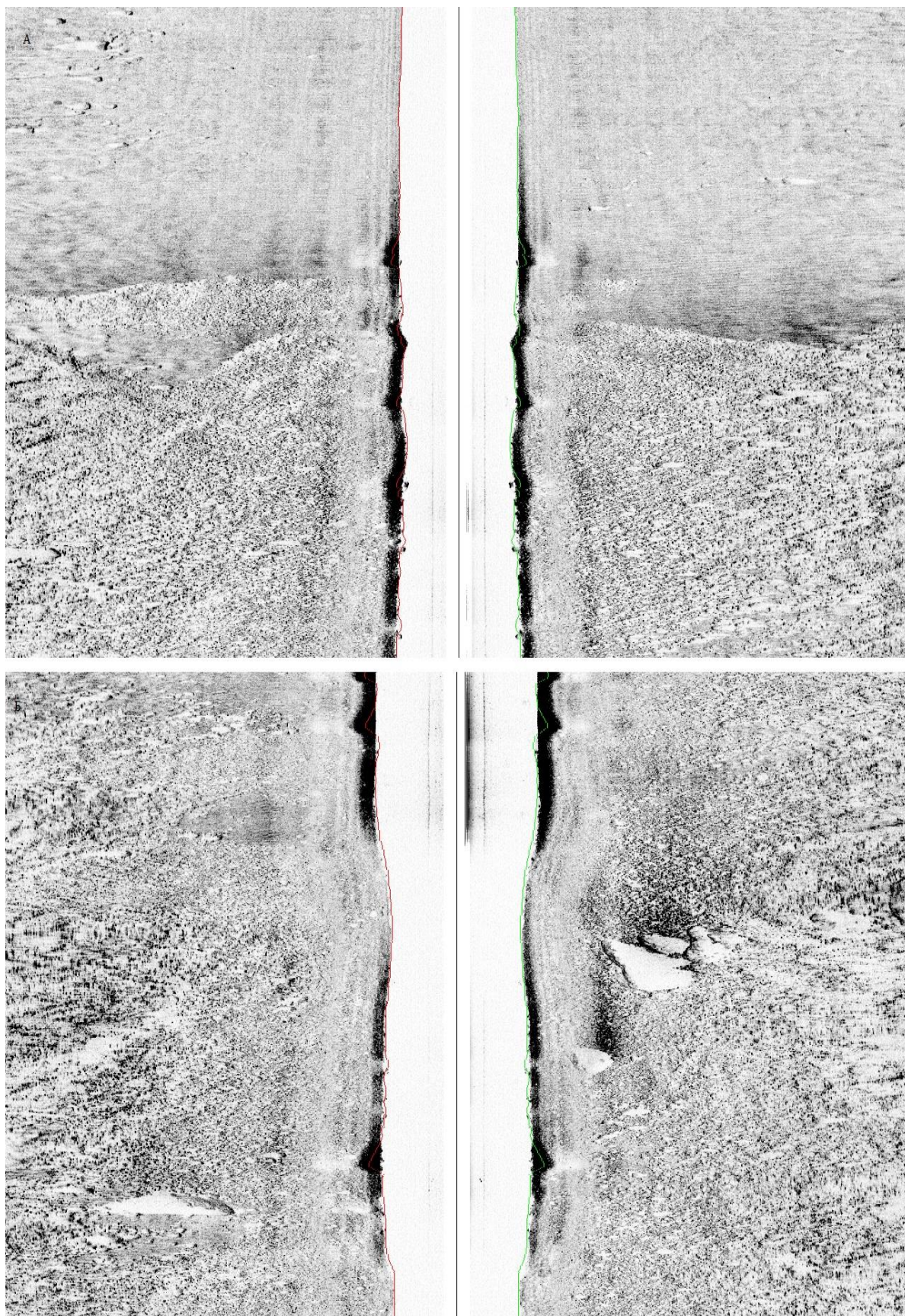


Рисунок 149. Примеры записей ГЛБО (диапазон – 75 м на один борт): *А* – граница зоны транзита песчаного материала и зоны размыва морского дна, *Б* – моренная гряда – активный размыв морского дна



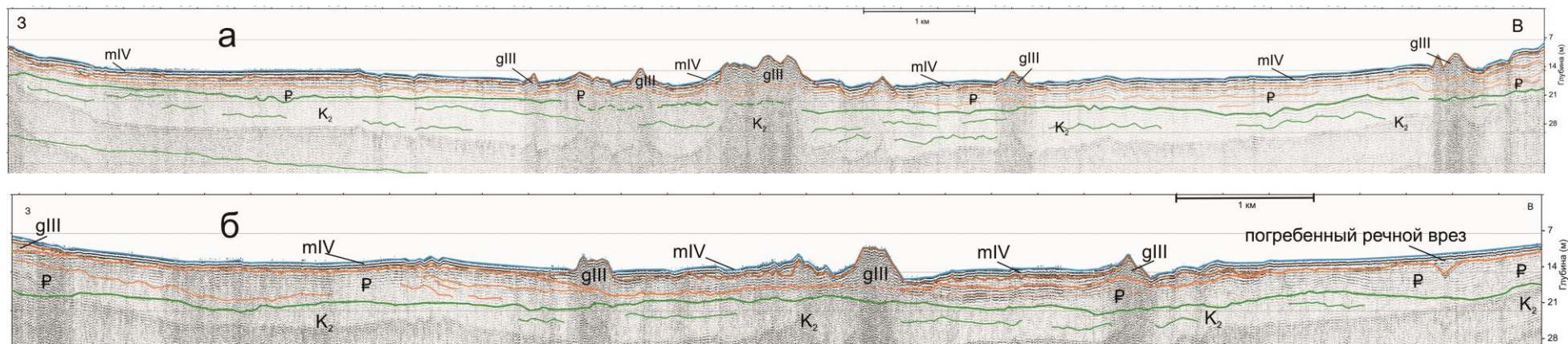


Рисунок 150. Профили НСП, протягивающиеся вдоль побережья Светлогорской бухты: *а* – nsam-02; *б* – nsam-03: mIV – современные морские осадки, gIII – морена, P – породы палеогена, K<sub>2</sub> – верхнемеловые породы

На большинстве участков, выявленных при исследованиях 2011–2013 гг. в качестве аварийных, предаварийных и опасных, продолжают проследиваться негативные тенденции развития береговой зоны. Наиболее опасного уровня абразионно-денудационные процессы достигают в районе детских оздоровительных лагерей им. А. Гайдара и «Юность» (рис. 151), в западной части г. Светлогорск, где в нескольких местах рухнула бетонная опояска, размыв затронул подножие

склонов, что привело к усилению денудационных процессов (рис. 152) и между поселками Приморье и Отрадное (рис. 153).

В результате активных штормов осени – зимы 2013–2014 гг. по сравнению с летним периодом 2013 г. резко усилились обвальнопользневые процессы к западу от Светлогорского променада, укрепленных габионами в 2012 г. (рис. 154). Резко ухудшилось также состояние самих габионов.



Рисунок 151. Продолжение разрушения жилой инфраструктуры детского оздоровительного лагеря. Станция наблюдения 14-ССБ-4



Рисунок 152. Разрушенная штормами 2013–2014 гг. бетонная опояска. Станция наблюдения 14-ССБ-8





Рисунок 153. Активные склоновые процессы в береговой зоне между поселками Приморье и Отрадное. Станция наблюдения 14-ССБ-14 и 14-ССБ-16



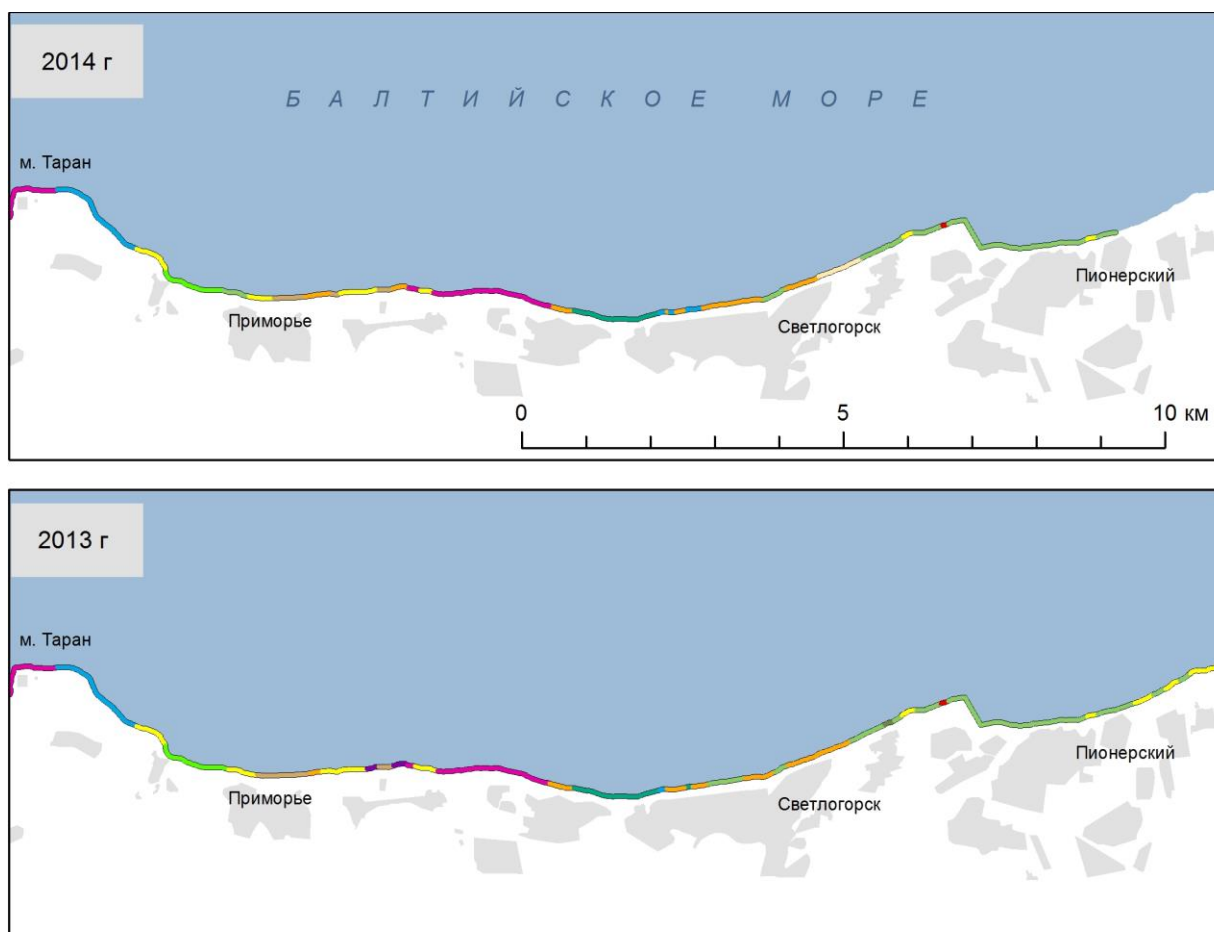
Рисунок 154. Ухудшение состояния склонов и разрушение габионов к востоку от Светлогорского променада. Станция наблюдения 14-ССБ-7

В целом, по данным мониторинговых наблюдений 2013 и 2014 гг., более 50 % склонов береговых уступов северного побережья Самбийского полуострова от м. Таран до пос. Пионерский подвержены активным оползневым, обвальноползновым и осыпным процессам (рис. 155). Наибольшей интенсивностью склоновые процессы характеризуются на участке берега от г. Светлогорск до пос. Приморье. За прошедший год здесь увеличилась площадь обвальноползневых склонов и сформировался ряд крупных

глинистых оползней, пространственно связанных с зонами разгрузки подземных вод.

#### **Ключевой участок «Западное побережье Самбийского полуострова»**

Береговая зона ключевого участка «Западное побережье Самбийского полуострова» за истекший годовой период характеризовалась масштабным техногенным вмешательством, связанным с разработками новых карьеров по добыче янтаря, в том числе непосредственно выходящих в береговую зону.



#### Условные обозначения

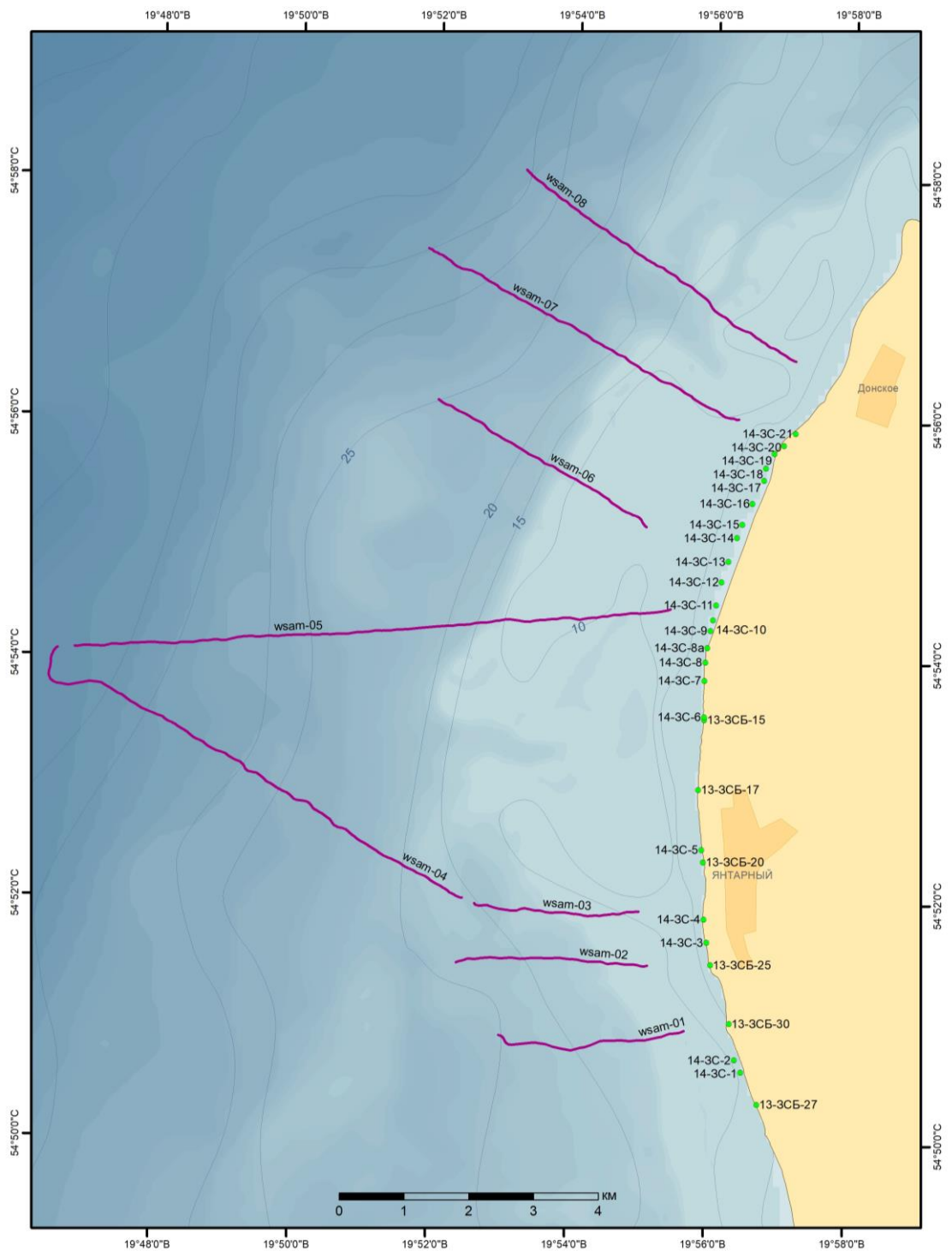
<span style="color: red;">—</span> Антропогенное обнажение	<span style="color: orange;">—</span> Обвальнo-осыпной
<span style="color: green;">—</span> Задернованный	<span style="color: yellow;">—</span> Обвальнo-осыпной, с активным уступом в авантю
<span style="color: teal;">—</span> Задернованный с активизацией в зонах выхода грунтовых вод	<span style="color: brown;">—</span> Делювиально-осыпной
<span style="color: olive;">—</span> Задернованный с отдельными участками осыпания	<span style="color: blue;">—</span> Оползень скользя
<span style="color: lime;">—</span> Задернованный, террасированный	<span style="color: magenta;">—</span> Оползень сплыва (глины) чередуется с обвальнo осыпным
<span style="color: yellow;">—</span> Осыпной	<span style="color: purple;">—</span> Оползень сплыва (глины) и оползни скользя

Рисунок 155. Сравнительная характеристика склоновых процессов в береговой зоне северного побережья Самбийского полуострова по данным наблюдений 2013 и 2014 гг.

Следует отметить, что по данным анализа материалов обзорных береговых маршрутов, в результате указанных процессов следует ожидать увеличения поступления осадочного материала в береговую зону, что, наиболее вероятно, приведет к наращиванию пляжей на прилегающих участках берега. Нивелирование было выполнено по 6 опорным профилям, отобрано 16 образцов осадков пляжей. В субаквальной части ключевого участка было выполнено непрерывное сейсмоакустическое профилирование (НСП) (бумер) (рис. 156). Профили были заложены по нормали к берегу и к основным геоморфологическим элементам, чтобы

достоверно проследить линии подводных обрывов – обнажений пород мела и палеогена, где происходит наиболее активный размыв морского дна, подводные обрушения пород, которые отчасти являются источником песчаного материала, идущего на природное восстановление пляжей (рис. 157). Установлены зоны нарушения сплошности акустического разреза. Генезис этих нарушений не вполне ясен. Нельзя исключать, что это результат механического воздействия ледника, хотя возможна и тектоническая преопределенность этих нарушений.





**Условные обозначения**

- Береговые точки наблюдения
- Непрерывное сейсмоакустическое профилирование

Рисунок 156. Карта фактического материала ключевого участка «Западное побережье Самбийского полуострова»



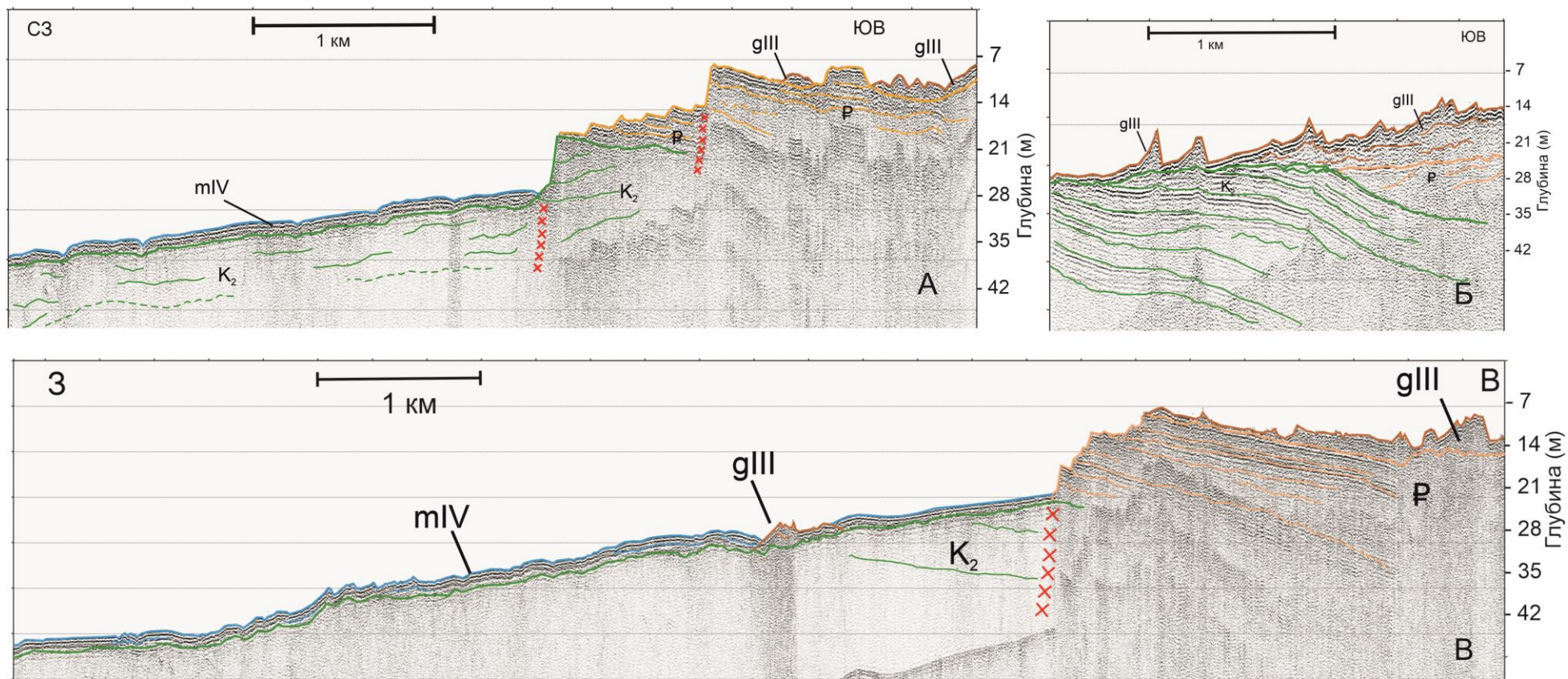


Рисунок 157. Примеры записи профилей НСП к западу от Самбийского п-ва с обнажениями пород верхнего мела – палеогена в подводных обрывах (клифах), маркирующих древние береговые линии, где наблюдаются активные гравитационные процессы: а – профиль wsam-07; б – профиль wsam-03; в – профиль wsam-05. mIV – современные морские осадки, gIII – морена, P – породы палеогена, K<sub>2</sub> – верхнемеловые породы

Активный размыв песчаных терриконов и конусов выноса пульпы, сформированных в результате добычи янтаря, оказывает воздействие на береговую зону в районе опорных профилей ПР1 и ПР2 (южная часть пос. Янтарный), ПР4а и ПР5 (пос. Синявино). Относительно стабильным

остается профиль береговой зоны в месте положения опорного профиля ПР4 (рис. 158). Конфигурация ПР5 в 2014 г. обусловлена прокладкой непосредственно по пляжу технической дороги, по которой следует грузовой автотранспорт (рис. 159, 160).

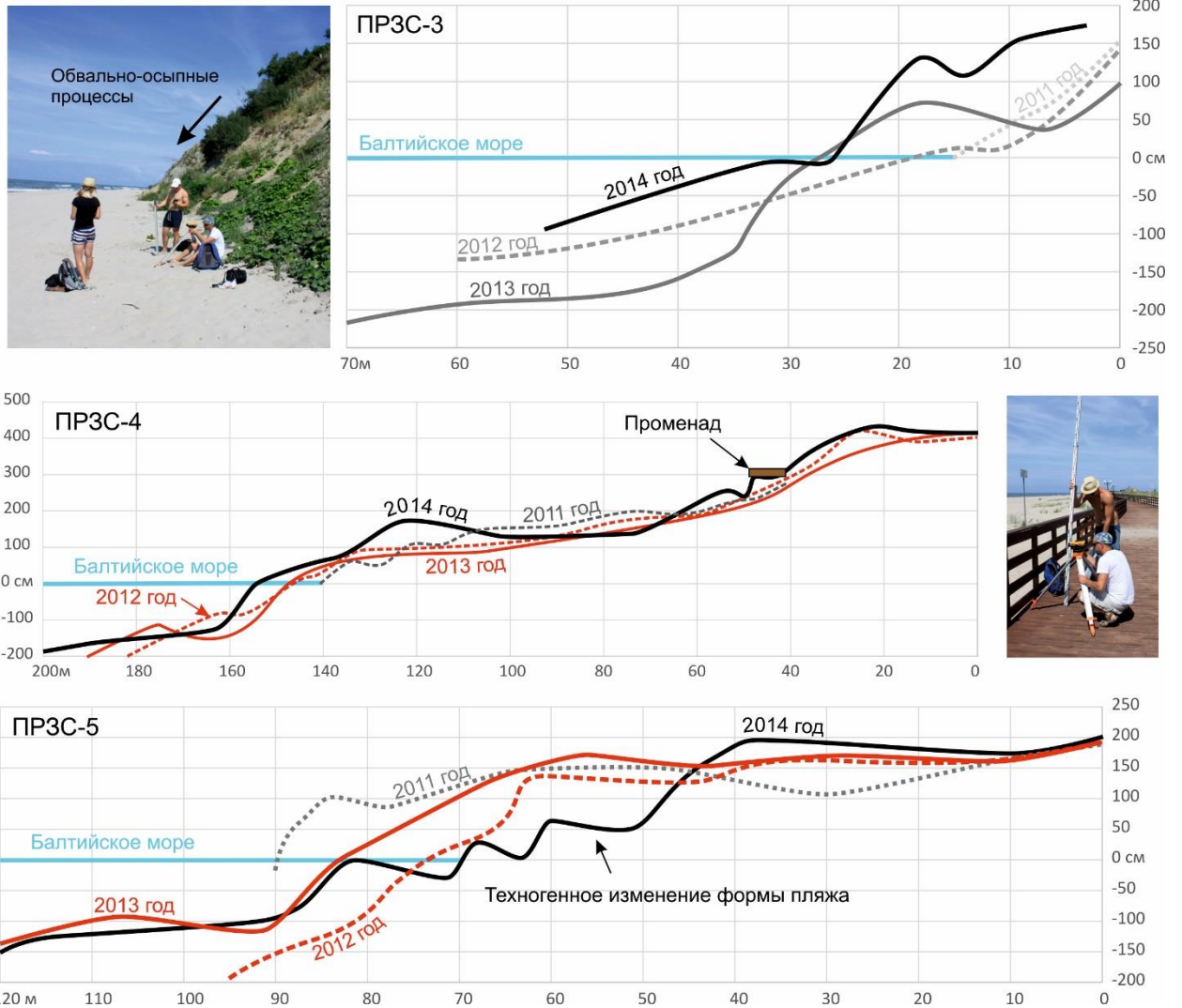


Рисунок 158. Примеры изменчивости профиля береговой зоны по данным нивелировок 2011–2014 гг.



Рисунок 159. Песчаный отвал Янтарного комбината (2014 г.). Станция наблюдения 14-ЗСБ-8



Результатом размыва вновь созданного карьера, склоны которого непосредственно находятся в зоне волнового воздействия (рис. 161) явилось резкое возрастание ширины пляжа в районе опорного ПР6 (к югу от террикона) с 18 м до 49 м (рис. 187, 188) и от 2–3 до 50–59 м к северу от него. Интересно отметить, что к северу от вновь

созданного карьера в 2013 г. располагалась зона нелегальных карьеров по добыче янтаря, результатом воздействия которых на береговую зону был резкий размыв пляжей, зафиксированный на предыдущем годовом этапе мониторинга [Информационный бюллетень, 2013].



Рисунок 160. Резкое расширение песчаных пляжей к югу (верхние рисунки, станция 14-ЗСБ-7) и северу (нижние рисунки, станция 14-ЗСБ-10) от отвала карьера по добыче янтаря

Активные абразионные процессы на рассматриваемом участке наблюдаются весьма локально, однако представляют значительную опасность в районе очистных сооружений пос. Янтарный. В 2011–2012 г. ООО «Калининградская гавань» здесь был реализован проект откосной подпорной стенки и восстановления берегового откоса. Летом 2013 г. сооружение находилось в хорошем состоянии, устойчиво фиксируя абразионно-денудационный склон (рис. 162). Однако в результате шторма «Ксавьер» (5–7 декабря 2013 г.), сопровождавшегося сильными (15–17 м/с, в порывах до 28 м/с) западным и северо-западным ветрами и волнами высотой до 7 м, произошло частичное разрушение сооружения и резкое отступление абразионного уступа к югу от него (рис. 163).

К настоящему моменту грунтовое основание откосной стенки разрушено более чем

на половине протяженности сооружения, бетонные плиты частично разрушены, восстановленный в 2012 году береговой откос, укрепленный георешеткой с щебеночным заполнением, на северном участке имеет повреждения. Незакрепленный склон к югу от сооружения дестабилизирован. Пляж перед берегозащитным сооружением, имевший в июне 2013 г. ширину 15–20 м, полностью размывает.

Разрушение сооружения подтверждает крайне низкую эффективность локальной берегозащиты и необходимость осуществления профессиональных берегозащитных решений на крупных участках береговой зоны в пределах литодинамических систем. Интенсивные склоновые процессы продолжаются в районе пос. Донское, где обрушение крупных блоков береговых откосов в 2013 г. стало причиной гибели человека.



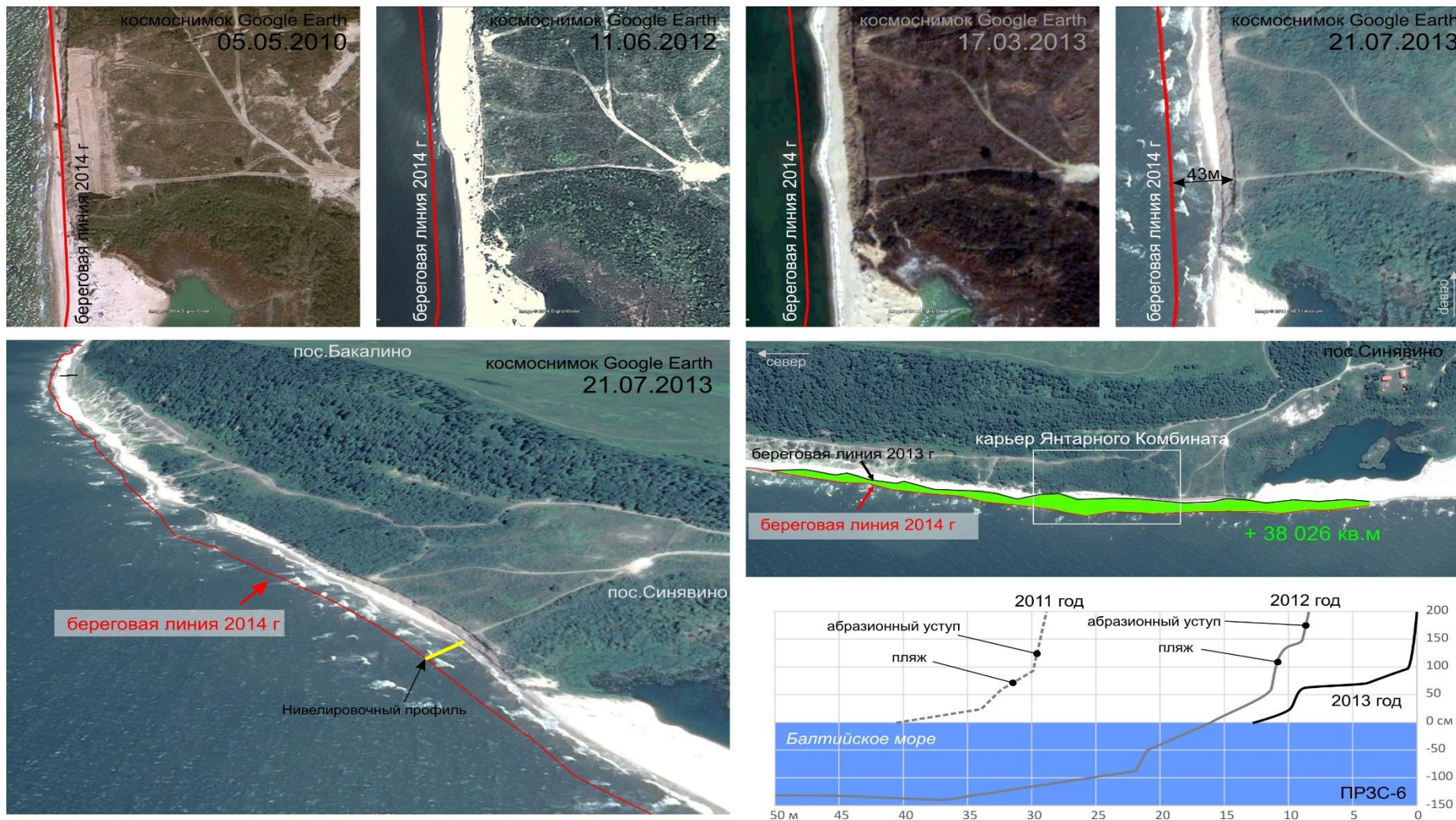


Рисунок 161. Динамика изменения положения береговой линии в районе пос. Синявино в 2011–2014 гг.





Рисунок 162. Откосное укрепление очистных сооружений пос. Янтарный (июнь 2013 г.)



Рисунок 163. Частичное разрушение откосной подпорной стенки очистных сооружений пос. Янтарный. Между станциями наблюдения 14-ЗСБ-3 и 14-ЗСБ-4

### Ключевой участок «Основание Куршской косы»

В субаквальной части ключевого участка был выполнен комплекс геолого-геофизических работ, включавший профилирование методами НСП (бумер) и ГЛБО, а также донный проботбор по сети опорных станций мониторинга 2011–2013 гг. (рис. 164). Учитывая относительный консерватизм обстановок осадконакопления, профили ГЛБО были выполнены субпараллельно берегу корневой части косы, повторяя только

наиболее мелководный опорный профиль ГЛБО 2003–2011 гг., где можно ожидать наибольших изменений в распределении поверхностных донных осадков и смены обстановок седиментации-размыва. Кроме того, ГЛБО профилирование по сети сближенных профилей было выполнено на траверсе и к западу от Зеленоградска, для площадной оценки обстановок седиментации в районе, где предполагается осуществление нового проекта берегозащиты (рис. 165–167).

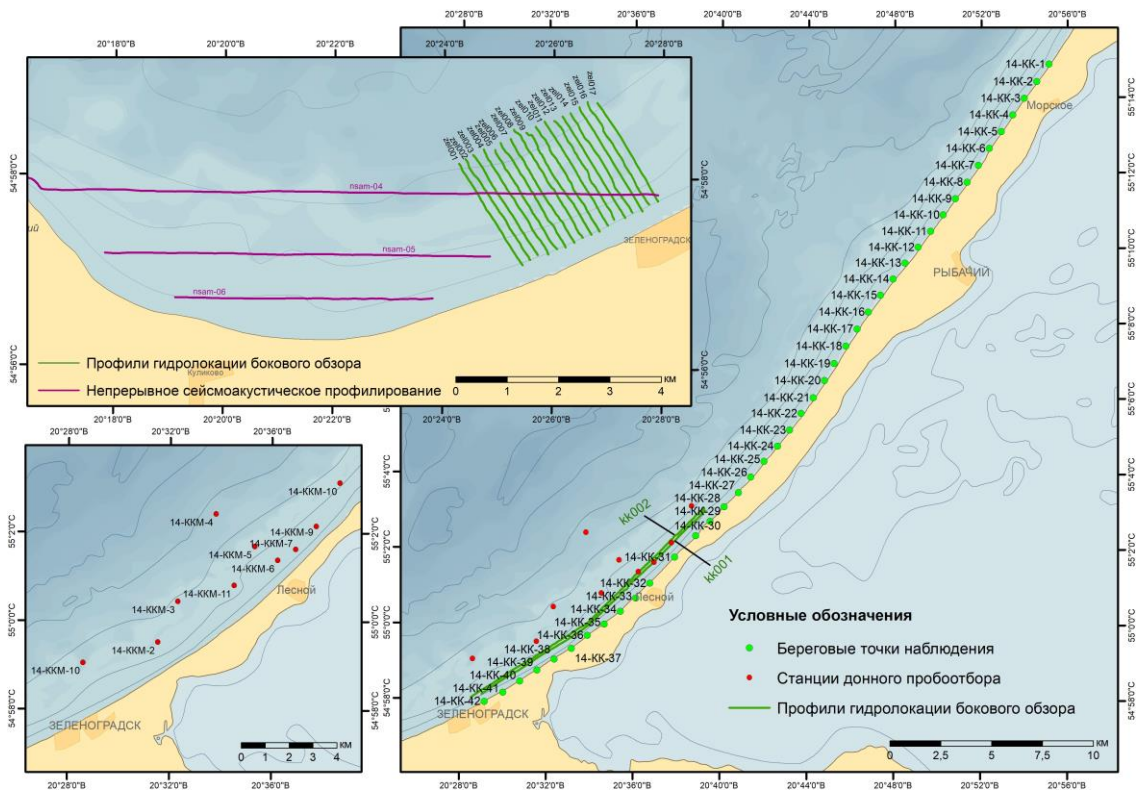


Рисунок 164. Карта фактического материала ключевого участка «Основание Куршской косы»

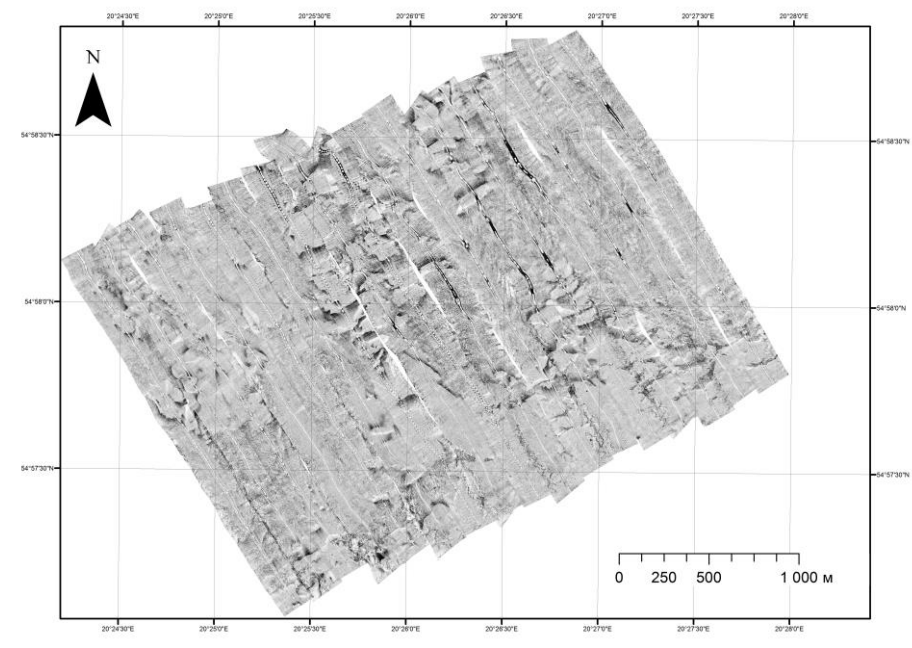


Рисунок 165. Мозаика профилей ГЛБО подводного берегового склона к западу от г. Зеленоградск



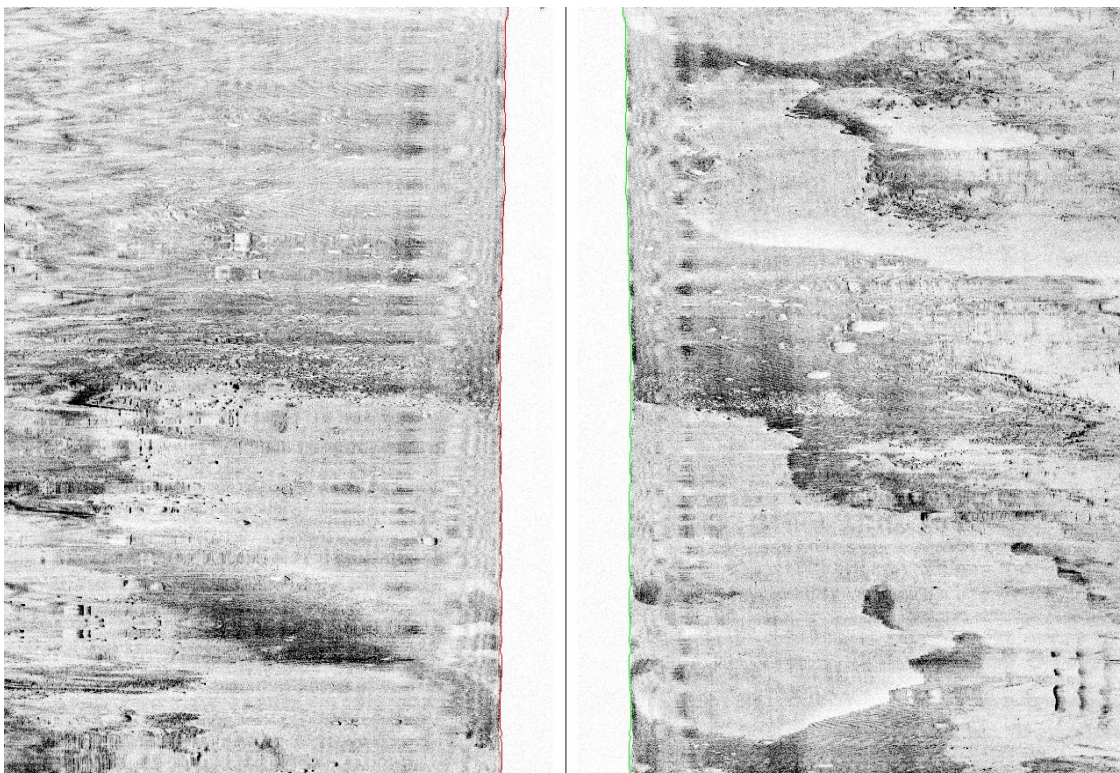


Рисунок 166. Пример записи ГЛБО (диапазон 100 м на один борт) – сложное распределение зон размыва морского дна (грубообломочные отложения), транзита (динамичные пески) и аккумуляции (покровные пески)

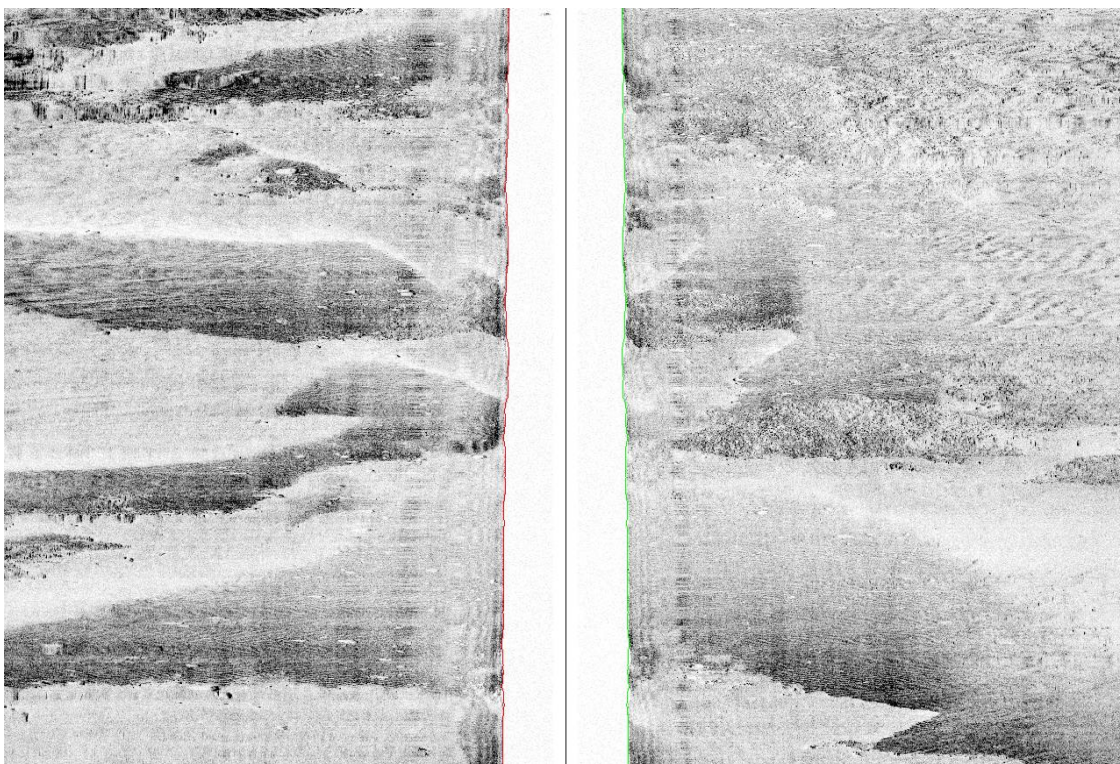


Рисунок 167. Пример записи ГЛБО (диапазон 100 м на один борт) – сложная конфигурация полей (ложбин) динамичных песков



Профилирование НСП (бумер) было выполнено к западу от Зеленоградска в районе, который характеризуется сложным геологическим строением разреза четвертичных отложений, что обусловлено существованием здесь палеопротоков в голоцене (рис. 168).

Береговые маршруты с отбором проб и описанием берегов были выполнены в течение двух дней с использованием автотранспорта для того, чтобы получить наиболее объективную характеристику распределения пляжевых осадков в условиях постоянства гидрометеорологических условий. Сопоставление данных за период с 2007 г. по 2014 г. показало существенную изменчивость динамики экзогенных геологических процессов, что выразилось в изменении протяженности и положения участков, на которых наблюдался размыв авантюны и ее стабилизации

(рис. 169). Результаты вдольбереговых маршрутов, выполненных в пределах ключевого участка «Основание Куршской косы», показали, что на протяжении трех лет мониторинга участки активного размыва авантюны изменяют свою протяженность и расположение, в то же время, занимая более значительную площадь по сравнению с участками стабилизации.

По данным мониторинга на отдельных участках прикорневой части косы в результате зимних штормов 2014 г. резко активизировались процессы размыва. Наиболее опасная ситуация сложилась к югу от станции наблюдения 14-КК-40, в районе разрушенного берегозащитного сооружения. За прошедший год резко активизировался размыв авантюны за сооружением, в здании погранпоста появилась трещина (рис. 170).

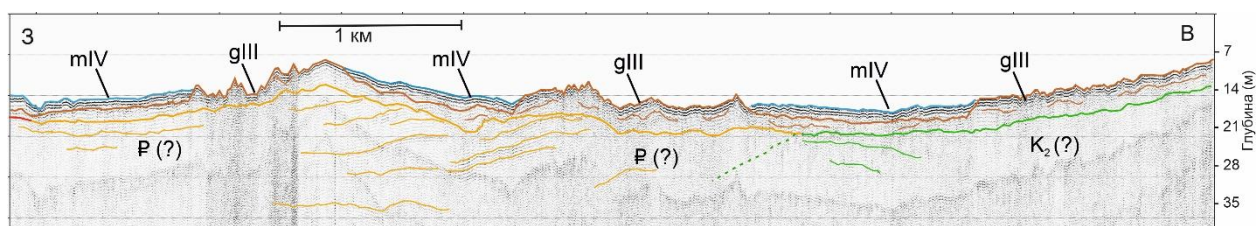


Рисунок 168. Фрагмент записи профиля НСП nsam-04: mIV – современные морские осадки, gIII – морена, P – породы палеогена, K<sub>2</sub> – верхнемеловые породы

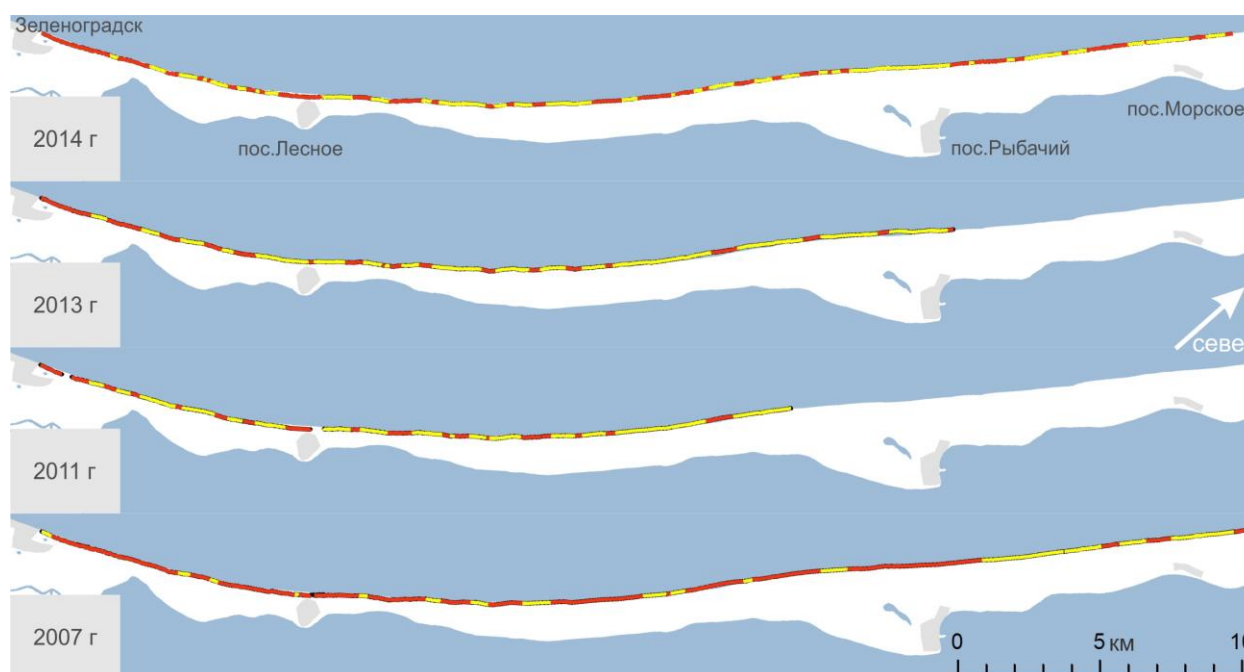


Рисунок 169. Динамика проявления экзогенных береговых геологических процессов в российской части Куршской косы: красный цвет – размыв авантюны, желтый цвет – стабилизация авантюны (летние сезоны 2007–2014 гг.)

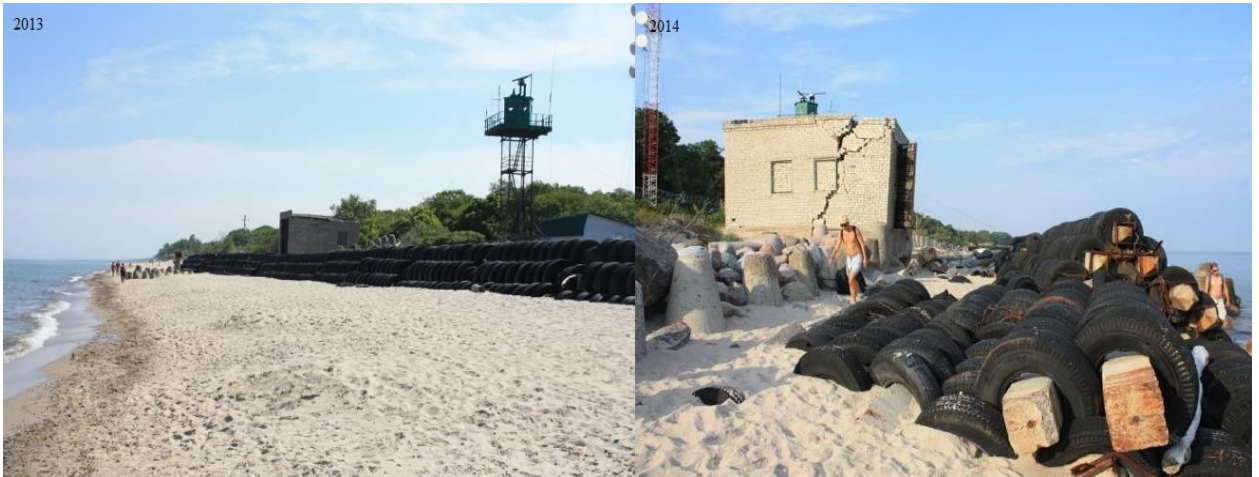


Рисунок 170. Берегозащитное сооружение и здание погранзаставы. 2013 г. – пляж шириной 10 м, 2014 г. – пляж размывает, здание дало трещину. Между станциями наблюдения 14-ККБ40 и 14-ККБ41

**Региональное лито-геохимическое опробование прибрежно-шельфовой зоны** Российского сектора юго-восточной Балтики (рис. 171) включало отбор проб донных отложений, гидрофизическое зондирование и отбор проб придон-

ных вод на органические загрязнители и тяжелые металлы. При геохимических исследованиях использовался как материал регионального лито-геохимического опробования, так и пробы, отобранные на прибрежных ключевых участках.

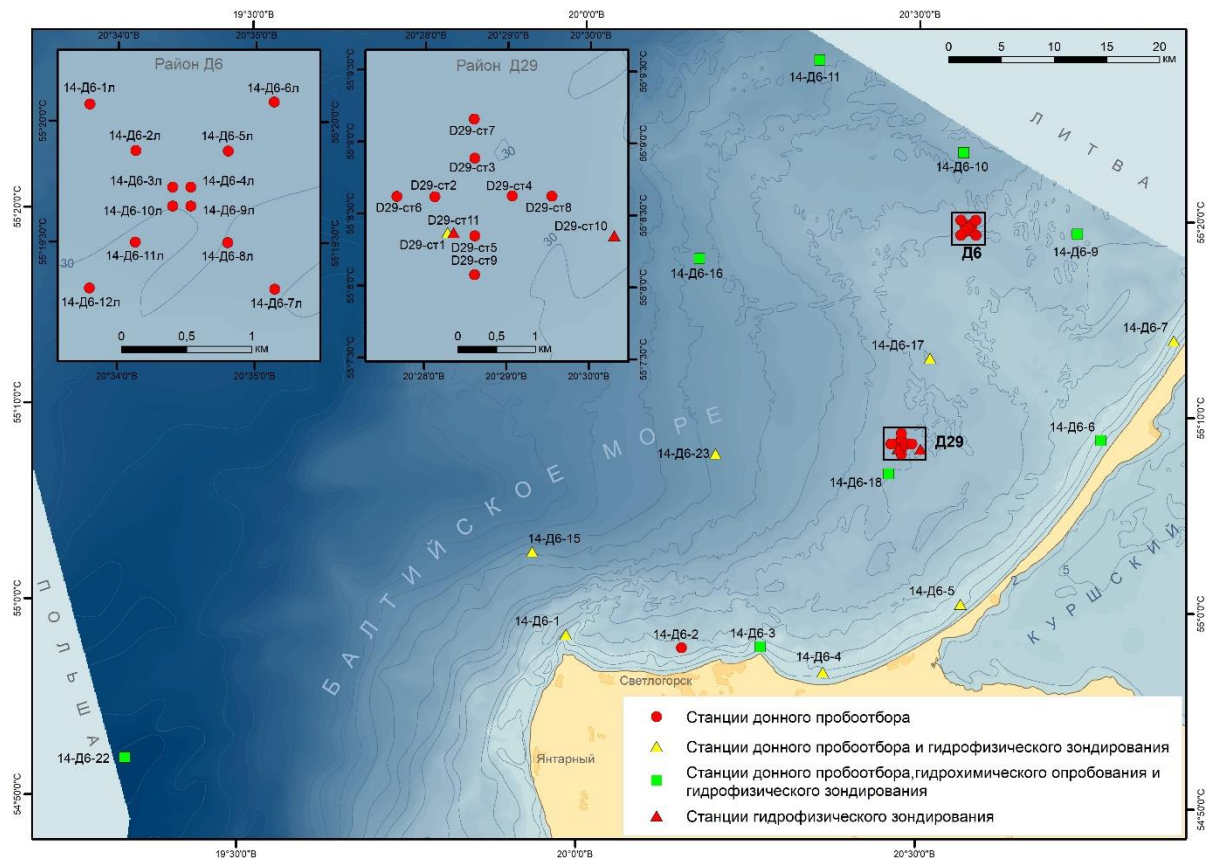


Рисунок 171. Карта фактического материала регионального лито-геохимического опробования прибрежно-шельфовой зоны Российского сектора юго-восточной Балтики в 2014 г.



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. Статистические параметры распре-

ления компонентов, нормируемых по классификации загрязнения донных осадков Шведского агентства по контролю над загрязнением окружающей среды [Swedish Sediment Quality Criteria – SSQC – WGMS, 2003], приведены в таблице 21.

Таблица 21. Статистические параметры распределения металлов в донных осадках Российского сектора Балтийского моря

	Кол-во набл.	Среднее	Медиана	Мин.	Максим.	Ст.откл.
V ppm	58	17,1	14,0	6,8	44,0	9,3
Cr ppm	58	40,9	24,0	7,0	270,0	44,9
Co ppm	58	3,7	3,9	1,0	7,1	1,6
Ni ppm	58	8,6	7,4	3,2	32,0	5,5
Cu ppm	58	4,0	3,4	1,3	12,0	2,3
Pb ppm	58	5,4	5,0	1,0	16,0	2,9
Zn ppm	58	12,4	11,0	5,0	65,0	9,6
As ppm	58	2,3	1,6	0,5	18,0	2,8

*Примечание. Концентрации Cd и Hg выше порога обнаружения зафиксированы в единичных пробах. В связи с этим расчет статистических параметров их распределения не является корректным и в данной таблице не приводится.*

Сопоставляя приведенные в таблице фоновые (средние и медианные) значения с нормативами классификации SSQC можно констатировать, что фоновые значения для площади исследования значения по всем нормируемым элементам-загрязнителям относятся к первому классу – загрязнение отсутствует.

Характерной чертой района работ является достаточно широкое распространение участков с аномальными по отношению к региональному фону концентрациями в донных осадках таких химических элементов как Cr, Ni, Pb, Cu, Zn, As. Следует отметить, что аномалии Cr и Ni, отчасти и Cu тяготеют к прибрежной части акватории, протягиваясь вдоль северного побережья Самбийского п-ва и Куршской косы. Аномальные концентрации Pb, Zn, As характерны для более глубоководных участков и в целом приурочены к районам расположения нефтеносных структур Д-6 и Д-29. Специфической является станция 14-Д6-22, где за исключением Cr и Pb, все элементы описываемой группы имеют высоко аномальные концентрации.

Выявлено несколько локальных участков и отдельные станции с концентрациями опреде-

ляемых поллютантов, соответствующих повышенному уровню загрязнения согласно используемой классификации [WGMS 2003 Report– SSQC].

Наибольшее по степени загрязнение донных осадков в пределах изучаемой площади обусловлено Cr (от II до V класса загрязнения) (рис. 172). Территориально область с высокой степенью загрязнения хромом локальными участками протягивается на северо-восток от мыса Таран вдоль побережья Самбийского полуострова и Куршской косы. Исходя из полученных результатов, наиболее вероятным источником поступления Cr в донные осадки следует считать породы палеогена и неогена Самбийского полуострова. Далее Cr вдольбереговым течением переносится вдоль Куршской косы. Отдельно следует упомянуть станцию опробования 14-Д6-22. Как по степени аномальности, так и по уровню загрязнения она является уникальной. Степень загрязнения донных осадков As, Hg, Cd на данной станции по классификации SSQC соответствует IV классу – высокое. Концентрации всех остальных нормируемых элементов на изучаемой площади относятся к I классу (загрязнение отсутствует).

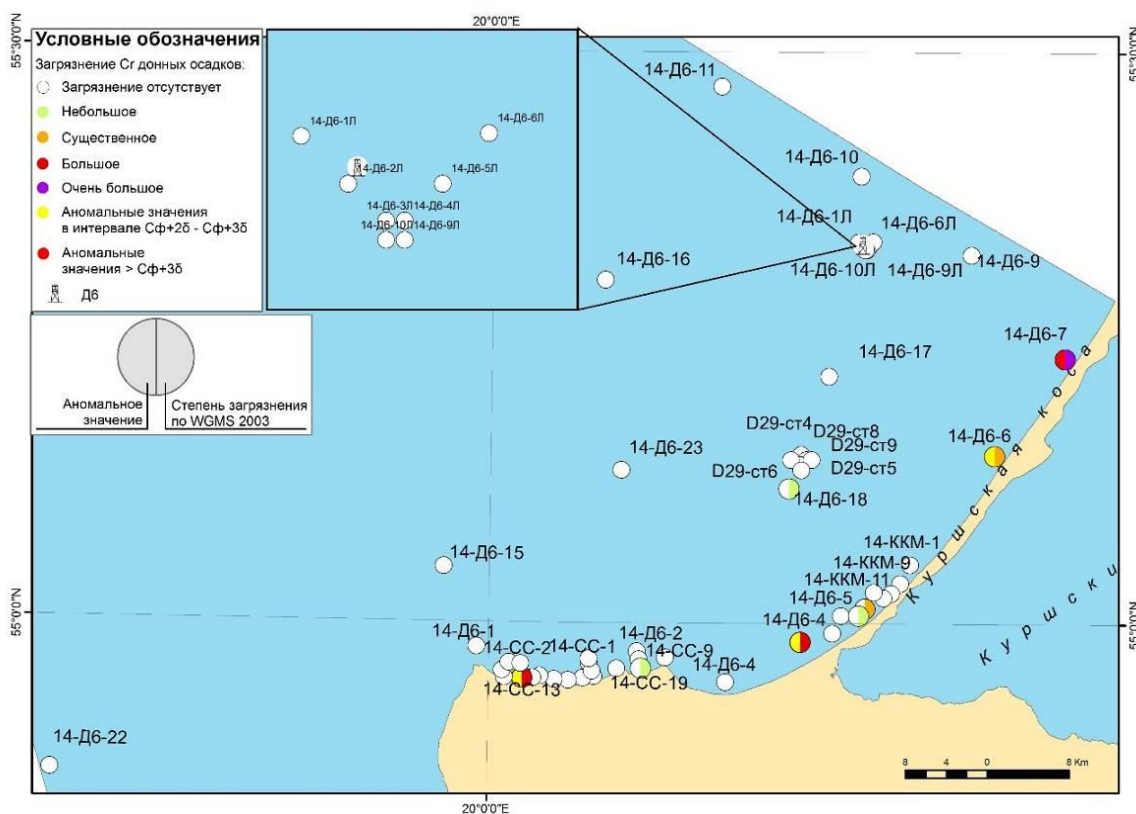


Рисунок 172. Схема площадного распределения концентраций Sr в донных осадках Российского сектора Балтийского по степени аномальности и классам загрязнения в 2014 г.

*Минеральный состав донных осадков и формы нахождения химических элементов.*

Минеральный состав песчаной фракции донных осадков глубоководной части бассейна, по имеющимся данным, представлен в основном следующими минералами. Легкая фракция: кварц – (47,1 ÷ 79,6) %, К-На полевой шпат – (5 ÷ 12) %, глауконит – до 8,6 %, кальцит – до 4,1 %, плагиоклаз – до 2,9 %, доломит – до 1,1 %, биотит – до 1 %, кроме того, в заметных количествах отмечены обломки гранита, известняка и карбонатов (раковинный детрит). В тяжелой фракции преобладают гидроокислы железа (р.з. ÷ 8,8) %, ильменит (1,1–33) %, рутил (р.з. ÷ 2) %, лейкоксен до 1,7 %, магнетит (0,1 ÷ 4,8) %, силлиманит (0,3 ÷ 7,1) %, дистен (р.з. ÷ 1) %, циркон (р.з. ÷ 9,7) %, амфиболы (6,1 ÷ 14,4) %, пироксены (0,2 ÷ 4,6) %, алмадин (3,8 ÷ 13,3) %, эпидот (0,2 ÷ 9,2) %, турмалин до 1,3%, апатит (р.з. ÷ 1,3) %, фосфат (р.з. ÷ 12) %, барит (р.з. ÷ 1,3) %. Отмечены также обломки гранитов и гнейсов. В незначительных количествах зафиксированы гематит, хромшпинелиды, ставролит, биотит, гидрослюды, глауконит, сфен.

Размерность минералов тяжелой фракции, за исключением обломочного материала, как правило, не превышает 0,63 мм.

В зоне пляжей из минералов легкой фракции широко распространены кварц, полевой шпат, глауконит, карбонаты. Тяжелая фракция представлена главным образом магнетитом, ильменитом, цирконом, амфиболами, турмалином, эпидотом, дистеном, сфеном, рутилом.

В глинистой фракции осадков основными минералами являются кварц, альбит, ортоклаз, иллит, альбит, кальцит. К наиболее характерным минералами-примесями относятся пирит, гранат (гроссуляр), доломит, ильменит, апатит, амфибол (роговая обманка), авгит, глауконит.

Химический состав выделенных (установленных) минералов весьма разнообразен. Согласно литературным данным, основными минералообразующими компонентами, помимо элементов группы породообразующих, являются Ti, Mg, Fe, Cr, Mn, Zr, Ba, P. В качестве элементов-примесей широко распространены Fe, Mn, Mg, Cr, Ti, Zn, Cu, Ni, V, Sn, Ta, Nb, U, Th, Ba, Zr, Sr, Rb, Cs, реже F, Cl, Pb, Co, Hf, Ga, Li, редкоземельные элементы.

*Формы нахождения химических элементов*

Рассмотрим основные формы нахождения Co, Cr, Cu, Ni, Zn, Pb, V в донных осадках Калининградского шельфа. Водорастворимые формы этих элементов, как правило, связанные с сорбционными процессами, имеют крайне ограниченное распространение, составляя от 0 до 4% общего объема (табл.22). Лишь для меди эта величина достигает 9%. Степень извлечения химических элементов слабокислотной вытяжкой (1N HCl), разрушающей карбонаты, гидроксилы, значительную часть фосфатов, отсорбированные формы и ряд других соединений, заметно различается в пределах изучаемой группы. Так, степень извлечения Cu достигает 98 %, а степень извлечения Cr не превышает 9 %, колеблясь в интервале (1–9) %. При этом степень извлечения, характерная даже для одного элемента, находится в широком диапазоне. Так, например, для Co она варьирует в интервале от 1 до 24 %, а для V от 3 до 22 %. Полученные данные позволяют предположить, что в донных осадках Калининградского шельфа практически все изучаемые элементы (за исключением Cr) в заметных количествах входят в состав карбонатов, фосфатов и различных гидроокислов. В наибольшей степени это характерно для меди, по всей вероятности, тесно связанной с карбонатами. Значительные вариации в степени извлечения Co, V, и отчасти Zn, могут говорить о наличии нескольких минеральных форм этих элементов, различающихся по степени устойчивости. Труднорастворимая форма нахождения является наиболее типичной для изучаемой группы химических элементов (за исключением Cu), а их наличие и концентрация в осадках обусловлена прежде всего элементным составом природных устойчивых минералов.

Исходя из вышеизложенного, можно предположить, что для донных осадков Калининградского шельфа в пределах исследуемой площади

минеральная форма нахождения является основной для изучаемой группы элементов. Причем для каждого химического элемента характерно наличие нескольких минеральных форм. Сорбционная составляющая имеет, вероятно, подчиненное положение и связана с сорбционной способностью отдельных минералов, например, глауконита.

Примеры распределения основных форм нахождения изучаемой группы химических элементов в донных осадках Калининградского шельфа приведены на рисунках 173–175. Определение форм нахождения элементов было произведено в пробах донных осадков, отобранных на станциях мониторинга в 2013 г. Обобщение геохимических, гранулометрических, минералогических данных.

Для обобщения геохимических, гранулометрических и минералогических данных использовался факторный анализ методом главных компонент. На первом этапе рассматривались две выборки. Первая характеризует участок акватории Калининградского шельфа и представлена преимущественно песчаными осадками различной крупности. Вторая характеризует акваторию Куршского залива и представлена преимущественно глинисто-алевритовыми осадками.

Факторный анализ по исходной выборке, представленной химическим и гранулометрическим составом донных осадков Калининградского шельфа, показал следующее. За основную изменчивость изучаемых признаков отвечают два главных фактора. Совместный анализ распределения факторных нагрузок позволяет выделить две основные ассоциации (рис. 176).

Первая расширенная ассоциация представлена тесно связанной группой, объединяющей гранулометрические фракции размерностью от 0,5 мм до >2,5 мм (соответствующие крупно-грубозернистым пескам), K<sub>2</sub>O, Na<sub>2</sub>O, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, и тяготеющим к данной группе CaO, Ba, As.

Таблица 22. Соотношение основных формы нахождения Co, Cr, Cu, Ni, Zn, Pb, V в донных осадках в процентах от общего количества выделенных форм

Формы нахождения	Co	Cu	Zn	Ni	Pb	V	Cr
Воднорастворимая	(0-2)%	(1-9)%	(0-2)%	(1-2)%	(0-3)%	(0-4)%	(0-2)%
Кислотнорастворимая	(1-24)%	(32-98)%	(24-57)%	(8-19)%	(18-35)%	(3-22)%	(1-9)%
Труднорастворимая	(77-97)%	(0-67)%	(42-87)%	(80-91)%	(62-82)%	(75-96)%	(91-98)%



Вторая ассоциация представлена тесно связанным сообществом, состоящим из  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ,  $\text{MnO}$ ,  $\text{TiO}_2$ , V, Ni, La, Y, Yb, Cr, Zr, группы гранулометрических фракций в интервале от 0,05 мм до 0,125 мм, соответствующей мелко-

тонкозернистым пескам. В более широком плане к выделенной ассоциации может быть отнесена и группа, представленная  $\text{P}_2\text{O}_5$ , Zn, Co, Pb и гранулометрической фракцией с размерностью 0,04–0,05 мм.

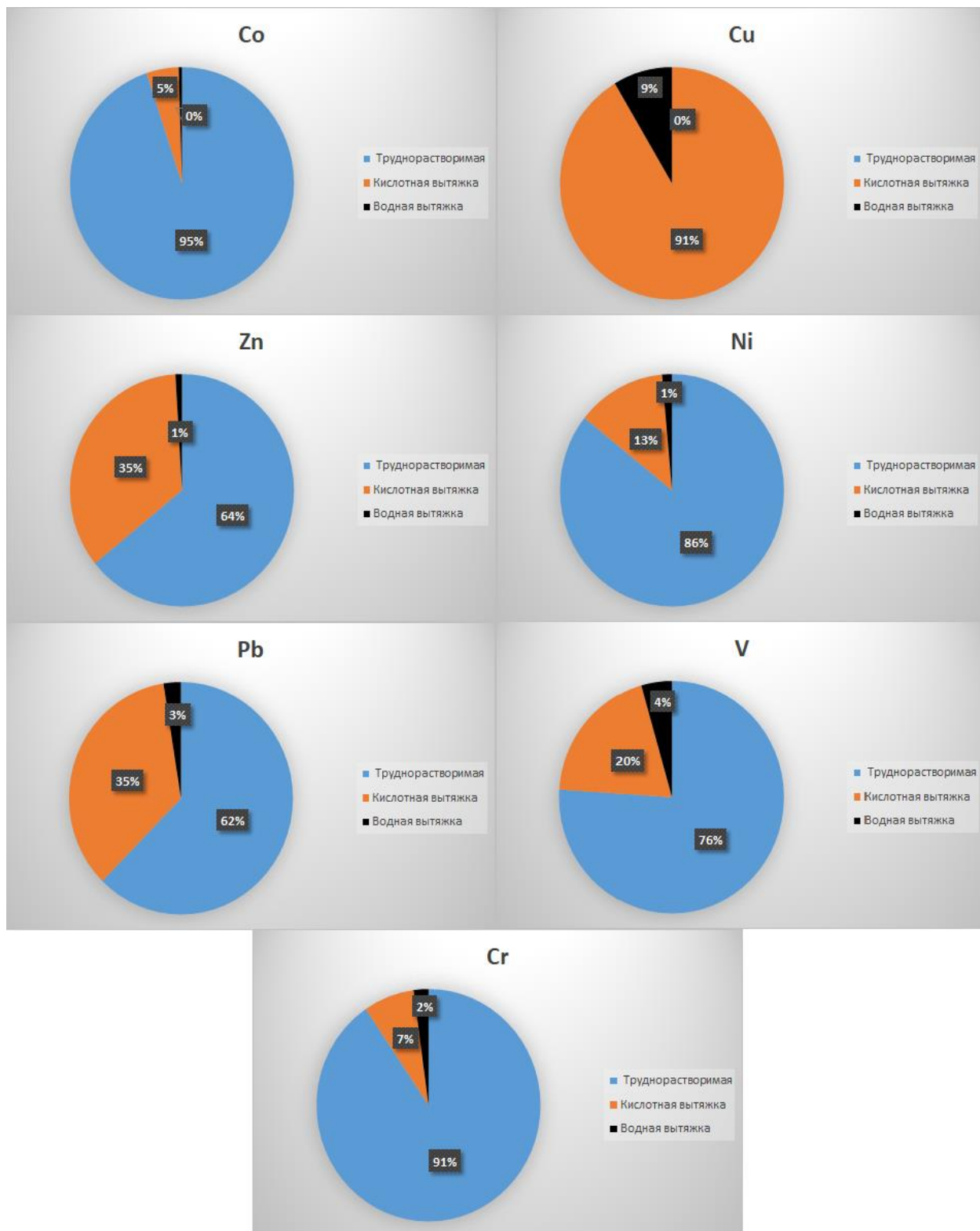


Рисунок 173. Формы нахождения Co, Cr, Cu, Ni, Zn, Pb, V в донных осадках Калининградского шельфа (станция 13-Д6-15)

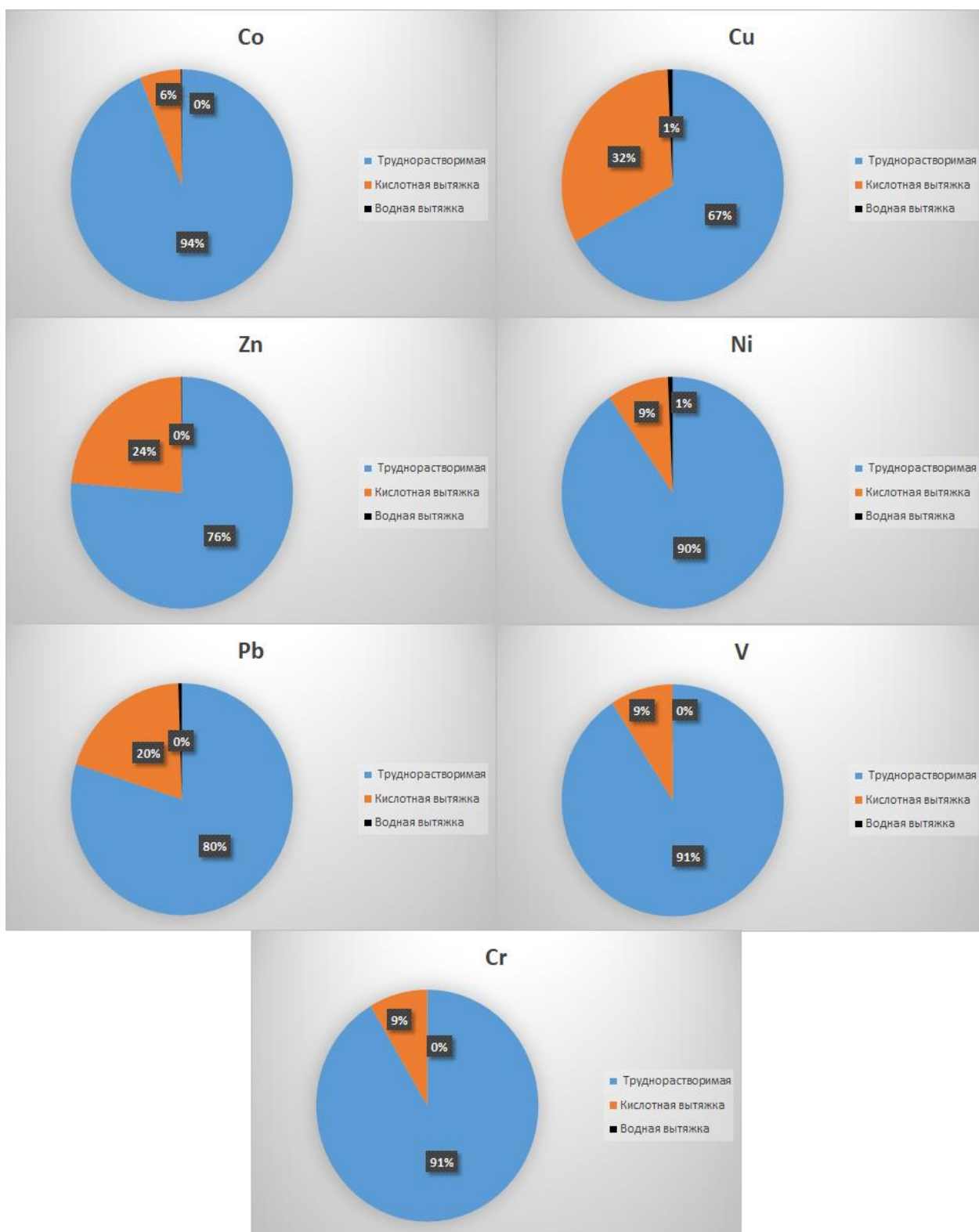


Рисунок 174. Формы нахождения Co, Cr, Cu, Ni, Zn, Pb, V в донных осадках Калининградского шельфа (станция 13-УН-15)

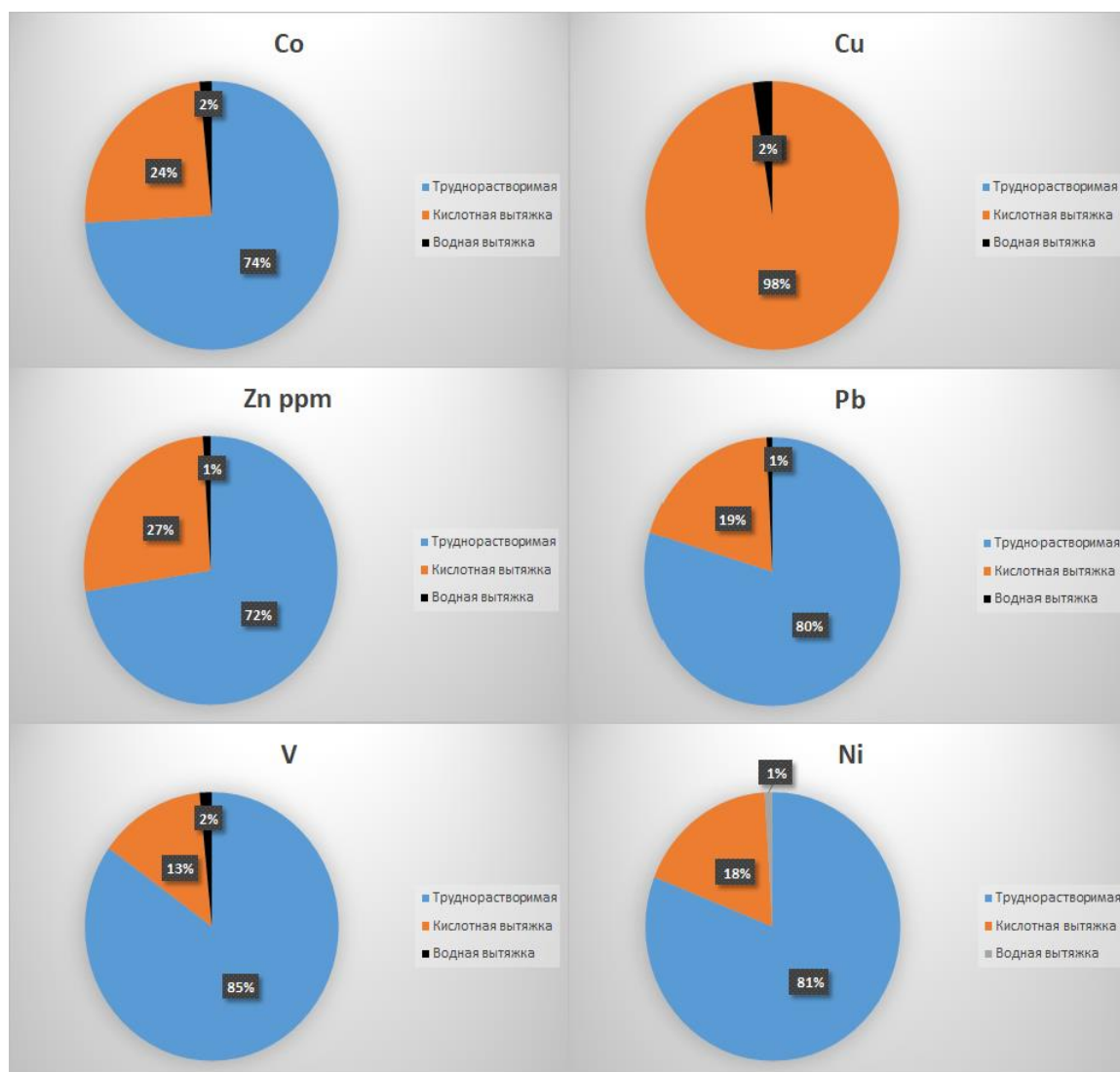


Рисунок 175. Формы нахождения Co, Cr, Cu, Ni, Zn, Pb, V в донных осадках Калининградского шельфа (станция 13-Д6-5л)

Выделяется также группа элементов: Hg, Cu, Mo, Mg, Ga, ведущих себя относительно индифферентно по отношению к установленным ассоциациям, к ней же можно отнести и наиболее мелкие фракции размерностью 0,04–0,01 и <0,01 мм.

Песчаные фракции размерностью 0,16–0,5 мм, соответствующие мелко-среднезернистым пескам, образуют отдельную группу, практически не связанную с определяемыми химическими элементами. Можно лишь предположить, что данную размерность имеют кварцевые пески, так как по результатам минералогического анализа (3 пробы) максимальные концентрации кварца отмечены во фракциях (1,12 ÷ 0,63, 0,315 ÷ 0,16 и <0,16 мм). При использовании факторного анализа параметр SiO<sub>2</sub> не учитывался, т. к. во всех

проанализированных пробах концентрация SiO<sub>2</sub> оказалась >50 % (выше верхнего предела достоверных определений метода) и, соответственно, не была включена в исходную выборку.

Сопоставим результаты факторного анализа с имеющимися данными минералогического анализа. Рассмотрим первую выделенную ассоциацию, включающую в себя наиболее крупные фракции осадков, группу окислов: K<sub>2</sub>O, Na<sub>2</sub>O, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, CaO, Ba, As. По данным минералогического анализа, наиболее крупные фракции (>0,63 мм) проанализированных осадков представлены главным образом обломками гранитов и кристаллических сланцев (гнейсов), основными породообразующими минералами которых являются полевые шпаты, кварц, плагиоклаз, биотит и мусковит.



## Фактор.нагрузки, фактор 1 и фактор 2

Вращение: Без вращ.

Выделение: Главные компоненты

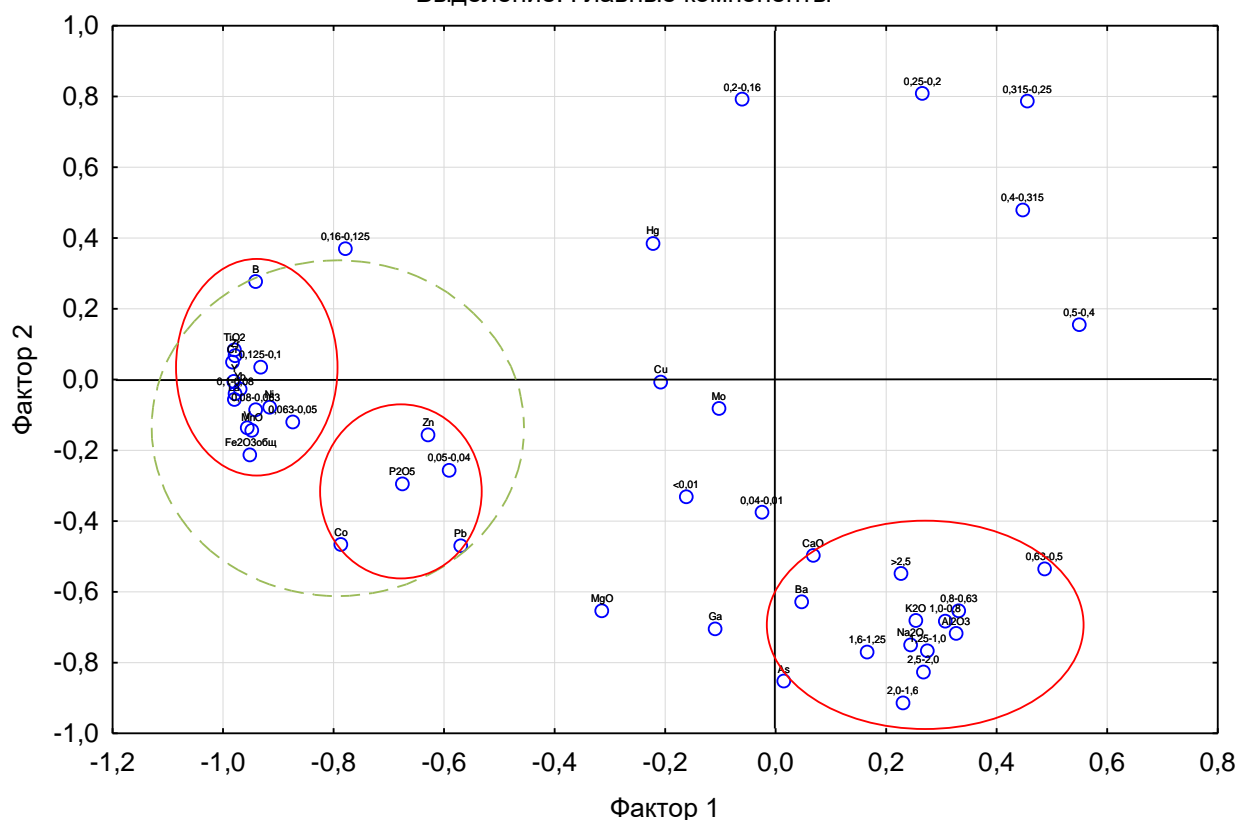


Рисунок 176. Распределения факторных нагрузок по исходной выборке, представленной химическим и гранулометрическим составом донных осадков Калининградского шельфа

Основной химической составляющей этих минералов помимо Si, являются те же Al, Na, K, Ca, входящие в первую ассоциацию. Таким образом, можно с большой долей вероятности предположить, что Al, Na, K, Ca в целом для района Калининградского шельфа имеют минеральную форму нахождения, преимущественно связанную с породообразующими минералами гранитов и гнейсов, обломки которых широко представлены в морене. Вхождение As в выделенную ассоциацию, вероятно, обусловлено иными причинами. Известен факт, что в начале XX века для дробления древесины в Восточной Пруссии использовался каменный материал, в значительной степени обогащенный мышьяком. Вполне вероятно, что значительное количество крупно-грубозернистых частиц дробильного материала могло быть вынесено и переотложено в осадках прибрежных районов Калининградского шельфа. Обосновать связь As с выделенной ассоциацией в настоящий момент достаточно затруднительно. Отмеченный

в пробах в незначительных количествах Ba имеет, по данным анализа, размерность менее 0,16 мм.

Рассмотрим вторую выделенную ассоциацию, включающую в себя Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, MnO, TiO<sub>2</sub>, V, Ni, La, Y, Yb, Cr, Zr, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, Zn, Co, Pb и группу гранулометрических фракций (0,05 мм – 0,125 мм). Анализируя состав химических элементов, входящих в данную ассоциацию, можно отметить, что он в целом соответствует химическому составу группы минералов тяжелой фракции, определенных минералогическим анализом. Такие минералы, как гидроокислы железа, ильменит, рутил, циркон, сфен, магнетит, амфиболы и некоторые другие в качестве основных минералообразующих элементов или элементов-примесей содержат все химические элементы, входящие во вторую ассоциацию. По имеющимся данным минералогического анализа, размерность минералов тяжелой фракции, за исключением обломочного материала, как правило, составляет менее 0,63 мм, то есть в целом отвечает фракционному составу II

ассоциации. Логично предположить, что вторая ассоциация обусловлена сообществом минералов тяжелой фракции и элементы в нее входящие преимущественно находятся в минеральной форме, с размерностью минералов от 0,05 мм до 0,125 мм. Вхождение в данную ассоциацию  $P_2O_5$  и фракции размерностью 0,04–0,05 мм, вероятно, обусловлено присутствием в осадках микроконкреций либо обломков фосфоритов соответствующей размерности. Известно, что в породах палеогена Самбийского полуострова широко распространены пластовые залежи с желваками фосфоритов.

Относительно индифферентное положение Hg, Cu, Mo, Mg, Ga по отношению к основным выделенным ассоциациям, вероятно, обусловлено разнообразием их минеральных форм и форм нахождения. С одной стороны, эти элементы входят в состав как породообразующих минералов (первая ассоциация элементов), так и минералов тяжелой фракции и фосфатов (вторая ассоциация). С другой стороны, для части из них определенную роль могут играть сорбционные формы. Для акватории Куршского залива факторный анализ показал, что в донных осадках основные макро- и микрокомпоненты тяготеют к фракциям  $50 \div 250$  мкм (0,05 ÷ 0,25 мм), то есть к мелко-тонкозернистым пескам. Таким образом, в данном случае следует предположить преимущественно минеральные формы нахождения основных определяемых элементов. Сорбционные формы при этом, видимо, играют подчиненную роль. Полученные результаты в целом хорошо согласуются с имеющимися данными по формам нахождения таких элементов как Co, Cr, Cu, Ni, Zn, Pb, V. Минеральная форма нахождения для этих элементов является основной для донных осадков

Калининградского шельфа. Сорбционные формы имеют подчиненное значение. Действительно, факторный анализ показал, что наиболее мелкие фракции алевропелитовой размерности, обладающие наибольшей сорбционной способностью, практически не связаны с определяемыми элементами.

Распределение основных техногенных радионуклидов  $^{137}Cs$  и  $^{60}Co$  в донных осадках Российского сектора Балтийского моря характеризуется относительно невысокими концентрациями и достаточно однородно. В целом, 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. Рассматривая данные мониторинга за 2008, 2012, 2013, 2014 годы для областей распространения алевропелитовых осадков можно отметить следующее. Известно, что максимальная активность  $^{137}Cs$  в донных осадках собственно 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 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 отмечен в 2014 году. Типичным примером такого временного изменения активности являются данные по станции Д6-22, Д6-23 (рис. 177, 178).

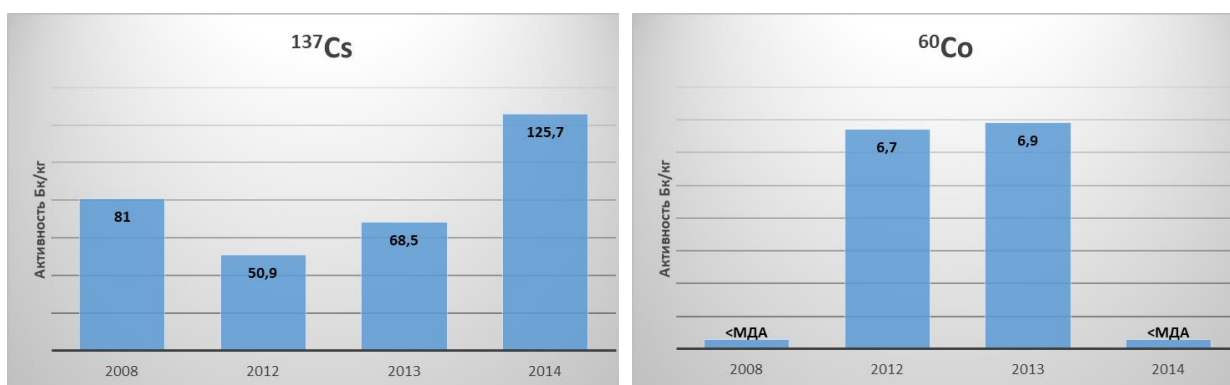


Рисунок 177. Изменение активности  $^{137}Cs$  и  $^{60}Co$  (Бк/кг) в донных осадках станции Д6-22 в 2008–2014 годы

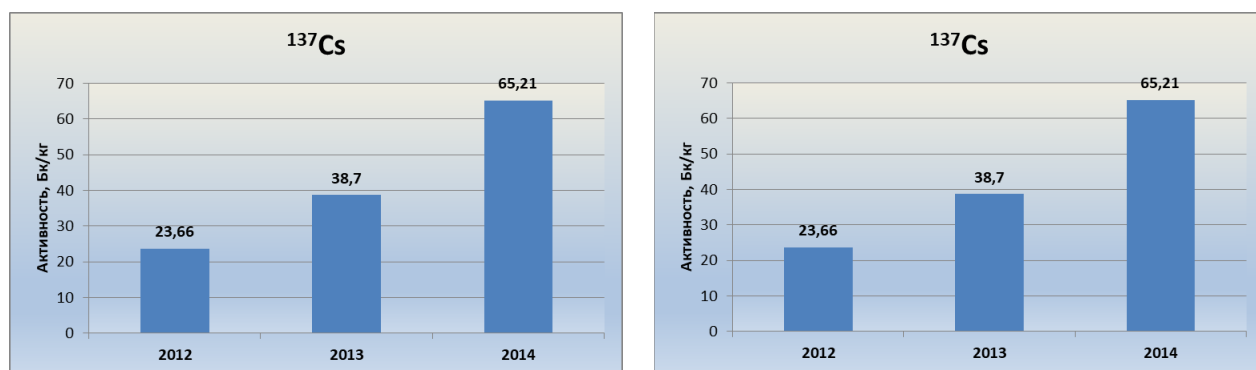


Рисунок 178. Изменение активности  $^{137}\text{Cs}$  и  $^{60}\text{Co}$  (Бк/кг) в донных осадках станции Д6-23 в 2012–2014 годы

Концентрация  $^{60}\text{Co}$  в донных осадках Российского сектора Балтийского моря крайне незначительна и в большинстве случаев не превышает величину минимально детектируемой активности (МДА), составляющую для используемого аналитического комплекса – 1,3 Бк/кг. Общей тенденции в изменении удельной активности в верхнем слое донных осадков не наблюдается (рис. 177, 178). Сам по себе факт наличия  $^{60}\text{Co}$  в верхних слоях донных осадков ряда станций, учитывая достаточно короткий период его полураспада, может говорить о периодическом поступлении незначительного количества  $^{60}\text{Co}$  в акваторию.

Для выявления загрязнения придонной морской воды Калининградской прибрежно-шельфовой зоны были проведены аналитические измерения основных гидрохимических показателей загрязнения придонных вод (тяжелые металлы, нефтепродукты, фенолы, АПАВ, полихлорированные бифенилы, полиароматические углеводороды). Полученные результаты характеризуют уровень загрязнения морских придонных вод в летний период 2014 г. на станциях, расположенных на акватории Калининградского шельфа в пределах территориальных вод и исключительной экономической зоны Российской Федерации.

Содержание анионных поверхностно-активных веществ (АПАВ) в придонной морской воде Калининградского шельфа Балтийского моря в июле 2014 г. изменялось в пределах от 0,002 до 0,016 мг/дм<sup>3</sup> (табл. 23). Содержание АПАВ на станциях у берега (14-Д6-3, 14-Д6-7) было выше, по сравнению с более глубоководными станциями (14-Д6-10, 14-Д6-11, 14-Д6-16). Снижение

загрязнения АПАВ с удалением от берега, в частности, наблюдалось вдоль границы между территориальными водами и ИЭЗ России и Литвы (14-Д6-7, 14-Д6-9, 14-Д6-10, 14-Д6-11), где концентрация снижалась с 0,016 мг/дм<sup>3</sup> у берега до 0,008–0,011 мг/дм<sup>3</sup> на мористых станциях. Полученная средняя величина и диапазон изменчивости концентрации АПАВ в придонных водах в 2014 г. соответствовали наблюдавшемуся в июле 2013 г. Как исключение, можно отметить минимальное загрязнение АПАВ (0,002 мг/дм<sup>3</sup>) в придонном слое самой глубоководной станции 14-Д6-22, расположенной в западной части ИЭЗ России. Измеренные концентрации АПАВ были ниже ПДК РФ для рыбохозяйственных водоемов (0,100 мг/дм<sup>3</sup>) [Приказ ..., 2010].

Содержание нефтепродуктов в придонной морской воде Калининградского шельфа Балтийского моря в июле 2014 г. изменялось в пределах от 0,007 до 0,017 мг/дм<sup>3</sup> (табл. 23). Содержание нефтепродуктов на станциях в пределах территориальных вод России (14-Д6-3, 14-Д6-9, 14-Д6-18) было выше, по сравнению с более глубоководными станциями в ИЭЗ России (14-Д6-10, 14-Д6-11, 14-Д6-16, 14-Д6-22). Средняя величина и диапазон изменчивости концентрации нефтепродуктов в придонных водах в 2014 г. соответствовали наблюдавшемуся в июле 2013 г. Измеренные концентрации нефтепродуктов были многократно ниже ПДК РФ для рыбохозяйственных водоемов (0,050 мг/дм<sup>3</sup>) [Приказ ..., 2010] и характеризуют придонные воды Калининградского шельфа Балтийского моря как достаточно чистые от нефтяного загрязнения.



Таблица 23. Результаты гидрохимических анализов придонных проб воды Калининградского шельфа в июле 2014 г.

№ станции	Дата	Координаты		Горизонт, м	АПАВ, мг/дм <sup>3</sup>	Нефтепродукты, мг/дм <sup>3</sup>	Фенолы, мг/дм <sup>3</sup>
14-Д6-3	15.07.2014	54°58'20N	20°16'20E	12	0,016	0,014	0,0047
14-Д6-7	16.07.2014	55°13'95N	20°52'90E	11	0,016	0,010	0,0060
14-Д6-9	16.07.2014	55°19'40N	20°44'23E	25	0,014	0,013	0,0056
14-Д6-10	18.07.2014	55°23'52N	20°34'00E	35	0,008	0,007	0,0052
14-Д6-11	19.07.2014	55°28'20N	20°21'00E	45	0,011	0,008	0,0050
14-Д6-16	19.07.2014	55°18'25N	20°10'50E	47	0,012	0,009	0,0048
14-Д6-18	16.07.2014	55°07'10N	20°27'50E	30	0,014	0,017	0,0064
14-Д6-22	17.07.2014	54°52'00N	19°20'00E	106	0,002	0,008	0,0052

Содержание фенолов в придонной морской воде Калининградского шельфа Балтийского моря в июле 2014 г. изменялось в пределах от 0,0047 до 0,0064 мг/дм<sup>3</sup> (табл. 23). Выраженная пространственная изменчивость концентрации фенолов не отмечена. Измеренные концентрации фенолов ниже ПДК РФ для водных объектов (0,010 мг/дм<sup>3</sup>) [Приказ ..., 2010].

Суммарное содержание 15 индивидуальных полиароматических углеводородов в придонной морской воде Калининградского шельфа Балтийского моря в июле 2014 г. изменялось в пределах от 9,6 до 47,7 нг/дм<sup>3</sup>. Нафталин, аценафтилен, флуорен, антрацен, пирен вносили основной вклад в суммарное содержание ПАУ (табл. 24).

 Таблица 24. Содержание индивидуальных полиароматических углеводородов в придонных водах Калининградского шельфа в июле 2014 г., нг/дм<sup>3</sup>

№ станции	Д6-3	Д6-7	Д6-9	Д6-10	Д6-11	Д6-16	Д6-18	Д6-22
Горизонт, м	12	11	25	35	45	47	30	106
1. Нафталин	9,6	5,2	<0,2	1,1	<0,2	5,3	10,9	4,8
2. Аценафтилен	19,3	12,8	1,1	2,9	2,1	5,8	9,4	9,7
3. Флуорен	4,5	9,2	1,1	<0,1	1	0,2	9,1	0,3
4. Аценафтен	<0,8	<0,8	<0,8	1,1	<0,8	<0,8	<0,8	1,1
5. Антрацен	1,1	2,9	3,8	5,1	2,0	6,2	7,6	6,9
6. Фенантрен	0,5	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	0,8	<0,1
7. Пирен	3,2	6,1	5,9	2,8	4,5	5,5	9,1	0,5
8. Флуорантен	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
9. Бенз(а)антрацен	<0,1	<0,1	0,3	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
10. Хризен	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	0,8	0,9
11. Бенз(к)флуорантен	<0,1	<0,1	<0,1	0,3	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
12. Бенз(б)флуорантен	<0,1	<0,1	0,6	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	0,5
13. Бенз(а)пирен	1,4	<0,1	0,3	<0,1	<0,1	0,6	<0,1	<0,1
14. Дибенз(а,h)антрацен	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3
15. Бенз(g,h,i)перилен	<0,15	<0,15	<0,15	<0,15	<0,15	<0,15	<0,15	<0,15
Суммарное ПАУ	39,6	36,2	13,1	13,3	9,6	23,6	47,7	24,7

Максимальные концентрации суммарного содержания ПАУ (36,2–47,7 нг/дм<sup>3</sup>) наблюдалось в придонном слое прибрежных станций (14-Д6-3 и 14-Д6-7) и расположенной недалеко от берега станции 14-Д6-18 (табл. 24). В 2013 г. максимальные концентрации ПАУ также наблюдались

на данных станциях, хотя в 2013 г. концентрации ПАУ были выше (49,8–78,4 нг/дм<sup>3</sup>). Минимальное содержание ПАУ в 2014 г. (9,6 нг/дм<sup>3</sup>) было отмечено на глубоководной станции № 11, расположенных на наибольшем удалении от берега. Снижение загрязнения ПАУ с удалением

от берега, в частности наблюдалось вдоль границы между территориальными водами и ИЭЗ России и Литвы (станции 14-Д6-7, 14-Д6-9, 14-Д6-10, 14-Д6-11), где концентрация снижалась с 36,2 нг/дм<sup>3</sup> у берега до 9,6 нг/дм<sup>3</sup> на мористых станциях. Низкие концентрации ПАУ на станциях 14-Д6-9 и 14-Д6-10 (13,1–13,3 нг/дм<sup>3</sup>), расположенных вблизи морской платформы Д6, где ООО «Лукойл-КМН» ведет с 2004 г. нефтедобычу, характеризуют данный район как достаточно чистый от нефтяного загрязнения. На исследованных станциях средняя концентрация ПАУ в 2014 г. (26,0 нг/дм<sup>3</sup>) была в 1,5 раза ниже, чем в 2013 г. (39,5 нг/дм<sup>3</sup>) и примерно на уровне 2012 г. (22,1 нг/дм<sup>3</sup>). Это может свидетельствовать о годовой изменчивости концентрации ПАУ в придонных водах Калининградского шельфа Балтийского моря. Среди исследованных 15 индивидуальных полиароматических углеводородов, бенз(а)пирен является индикатором общего загрязнения объектов окружающей среды полициклическими ароматическими углеводородами. Считается, что бенз(а)пирен можно рассматривать как маркерный углеводород вследствие его высокой токсичности и канцерогенности. Присутствие бенз(а)пирена в воде было достоверно установлено на 3 из 8 станции, но его концентрация (0,3–1,4 нг/дм<sup>3</sup>) была многократно ниже российского ПДК (5 нг/дм<sup>3</sup>). Кроме бенз(а)пирена, в России ПДК для воды водных объектов установлены для нафталина 40 000 нг/дм и фенантрена 4000 нг/дм<sup>3</sup>. Наблюдаемые в июле

2014 г. концентрации нафталина и фенантрена были в тысячи раз ниже ПДК (табл. 24).

Суммарное содержание 9 основных конгенов полихлорированных бифенилов (ПХБ) в придонной морской воде Калининградского шельфа Балтийского моря в июле 2014 г. изменялось в пределах от 5,80 до 24,12 нг/дм<sup>3</sup> (табл. 25). Фоновым уровнем может считаться содержание суммарных полихлорированных бифенилов до 10 нг/дм<sup>3</sup> [Circular on target values ..., 2000]. На трех станциях (14-Д6-10, 14-Д6-16, 14-Д6-22) концентрация полихлорированных бифенилов в придонной воде двукратно превышала фоновый уровень.

Все высокие концентрации (18,2–24,1 нг/дм<sup>3</sup>) были зафиксированы на удаленных от берега глубоководных станциях (14-Д6-10, 14-Д6-16, 14-Д6-22), а минимальные величины ПХБ (5,8–6,9 нг/дм<sup>3</sup>) отмечены на мелководных прибрежных станциях (14-Д6-3, 14-Д6-7, 14-Д6-9).

Аналогичное пространственное распределение концентраций ПХБ наблюдалось в 2013 г., максимальные концентрации наблюдались на глубоководных станциях 14-Д6-10, 22 (станция Д6-16 в 2013 г. не исследовалась), а минимальные величины – на мелководных прибрежных станциях (14-Д6-3, 14-Д6-7, 14-Д6-9).

Полученная средняя величина (12,53 нг/дм<sup>3</sup>) и диапазон изменчивости концентрации ПХБ в придонных водах в 2014 г. соответствовали наблюдавшемуся в июле 2013 г. (11,80 нг/дм<sup>3</sup>).

Таблица 25. Содержание полихлорированных бифенилов в придонных водах Калининградского шельфа в июле 2014 г., нг/дм<sup>3</sup>

№ Станции	Д6-3	Д6-7	Д6-9	Д6-10	Д6-11	Д6-16	Д6-18	Д6-22
Горизонт, м	12	11	25	35	45	47	30	106
№ 28 (2,4,4 – трихлорбифенил)	<1,00	<1,00	<1,00	3,58	1,15	3,17	2,31	2,04
№52 (2,2',5,5 – тетрахлорбифенил)	1,85	1,35	1,22	1,62	3,14	4,51	2,27	3,84
№ 101 (2,2',4,5,5 – пентахлорбифенил)	<1,00	<1,00	<1,00	1,95	<1,00	1,02	<1,00	1,25
№ 105 (2,3,3',4,4 – пентахлорбифенил)	<1,00	<1,00	1,14	<1,00	1,53	1,43	1,13	<1,00
№ 118 (2,3,3',4,4',5 – пентахлорбифенил)	1,12	2,00	2,62	3,30	1,00	1,22	<1,0	1,40
№ 138 (2,2',3,4,4',5'- гексахлорбифенил)	<1,00	<1,00	1,22	<1,0	1,65	5,20	1,28	9,64
№ 153 (2,2',4,4',5,5 – гексахлорбифенил)	2,24	<1,00	<1,00	2,20	<1,00	2,41	<1,00	<1,00
№ 156 (2,3,3',4,4',5,- гексахлорбифенил)	<1,00	<1,00	<1,00	4,08	<1,00	3,32	1,24	<1,00
№ 180 (2,2',3,4,4',5,5 – гептахлорбифенил)	1,71	2,45	<1,00	1,46	<1,00	1,84	2,53	1,67
Сумма ПХБ	6,92	5,80	6,20	18,19	8,47	24,12	10,76	19,84

В России ПДК для полихлорированных бифенилов установлено согласно СанПиН. № 4630-88 «Предельно допустимые концентрации (ПДК) и ориентировочно допустимые уровни (ОДУ) вредных веществ в воде водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования») и составляет  $1,0 \text{ мкг/дм}^3$  (2-й класс опасности) [СанПиН ..., 1988, Предельно допустимые концентрации ..., 1998].

Измеренные концентрации полихлорированных бифенилов в придонной морской воде Калининградского шельфа Балтийского моря в июле 2014 г. были многократно ниже ПДК.

Результаты определения тяжелых металлов в придонной воде приведены в табл. 26. Во всех измеренных пробах концентрации определяемых микрокомпонентов в воде имеют значение ниже предельно допустимых для морских водоемов, используемых для рыбохозяйственных целей [Приказ ..., 1999]. Исключение представляет станция 14-Д6-18, где отмечено превышение ПДК по V.

Сопоставляя результаты опробования 2014 года с результатами опробования 2012–2013 годов (табл. 27) можно констатировать следующее. В целом по всем станциям в 2014 году отмечается некоторое понижение концентраций по Cr, Ni, Cu, по отношению к 2012, 2013г.г. Концентрации Co, As, Zn, в целом не изменились и варьируют в пределах ошибки анализа. Средние концентрации Cd соответствуют данным 2013 года, но выше средних по 2012 году. Если не учитывать ураганно-высокое значение, зафиксированное на станции Д6-18 в 2013 году, то средние концентрации свинца в целом имеют тенденцию к возрастанию. Обращает на себя внимание заметное повышение концентрации Cd, Zn и Pb в 2014 году на станции 14-Д6-7 (рис. 179), а также скачкообразное резкое изменение концентраций Zn, Pb и Cr на станции Д6-18, в 2012–2014 годах (рис. 180).

Таблица 26. Концентрации тяжелых металлов в придонной воде Калининградского шельфа в  $\text{мкг/дм}^3$

Станция опробования	V	Cr	Co	Ni	Cu	Zn	As	Cd	Pb	U	Hg
14-Д6-3	0,8	0,48	0,042	1,82	3,09	15,6	0,7	0,22	1,73	0,4	<0.3
14-Д6-7	0,34	0,26	0,047	0,62	1,17	15,3	0,69	0,12	7,46	0,39	<0.3
14-Д6-9	0,36	0,24	0,033	0,69	0,68	12,1	0,64	0,076	0,9	0,37	<0.3
14-Д6-10	0,37	0,31	0,035	0,66	0,77	16,5	0,59	0,061	7,1	0,41	<0.3
14-Д6-11	0,25	0,34	0,039	0,59	1,22	33,7	0,66	0,13	0,78	0,36	<0.3
14-Д6-16	0,36	0,37	0,28	1,15	1,8	18	0,82	0,055	0,54	0,37	<0.3
14-Д6-18	1,46	0,55	0,075	1,38	2,6	20,3	0,87	0,087	8,4	0,35	<0.3
14-Д6-22	0,31	0,33	0,055	0,83	0,66	9,16	0,76	0,077	7,43	0,67	<0.3
Среднее	0,53	0,35	0,08	0,85	1,37	19,32	0,71	0,09	4,20	0,42	<0.3

Таблица 27. Сопоставление соотношения концентраций микрокомпонентов в придонных водах в 2012–2014 годах ( $\text{мкг/дм}^3$ )

№ Станции	Cr	Co	Ni	Cu	Zn	As	Cd	Pb
2013 г.								
13-Д6-7	17,6	0,033	1,48	<1	3,13	0,65	0,053	0,55
13-Д6-9	0,62	0,17	1,03	1,9	27,4	0,85	0,047	0,58
13-Д6-10	0,73	0,12	0,8	1,7	24,3	1	0,058	3
13-Д6-11	3,54	0,044	1,09	2,86	19	0,9	0,052	3,93
13-Д6-18	11,4	0,095	1,37	5,67	51,3	1,12	0,17	71,8
Средние	6,78	0,09	1,15	3,03	25,03	0,90	0,08	15,97
2012 г.								
12-Д6-7	1,71	0,027	1,54	2,06	5,93	0,76	0,02	0,89
12-Д6-9	1,9	0,026	1,38	2,45	5,15	0,74	0,026	0,43
12-Д6-10	2,86	0,041	1,53	3,93	17,2	0,78	0,03	0,78
12-Д6-11	2,97	0,035	1,91	8,03	30,5	0,82	0,038	1,55
12-Д6-18	2,28	0,05	1,66	62,4	22,3	0,79	0,03	0,91
Средние	2,34	0,04	1,60	15,77	16,22	0,78	0,03	0,91



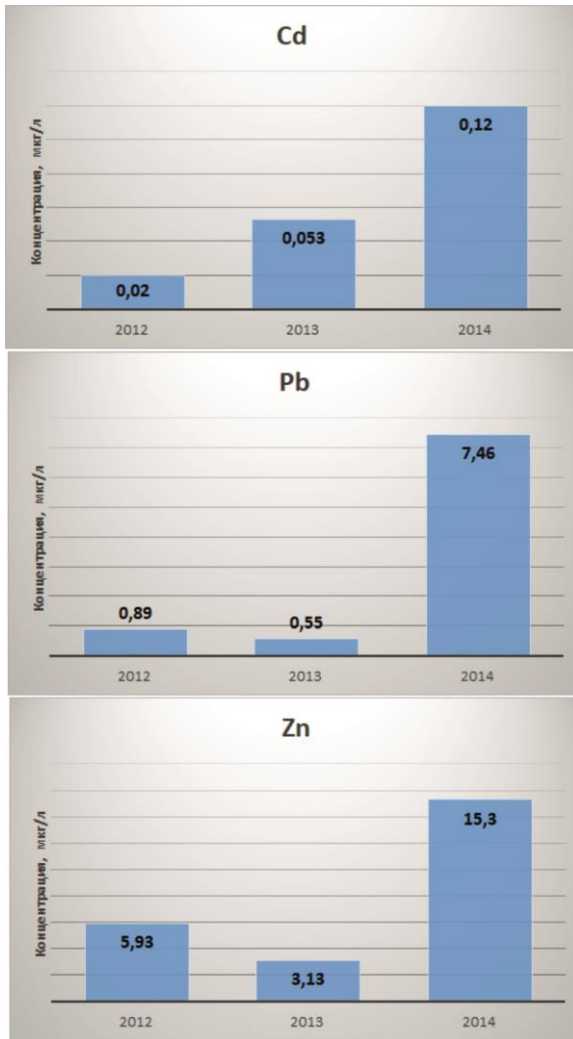


Рисунок 179. Изменение концентрации Cd, Zn и Pb в придонной воде на станции Д6-7 в 2012–2014 годы

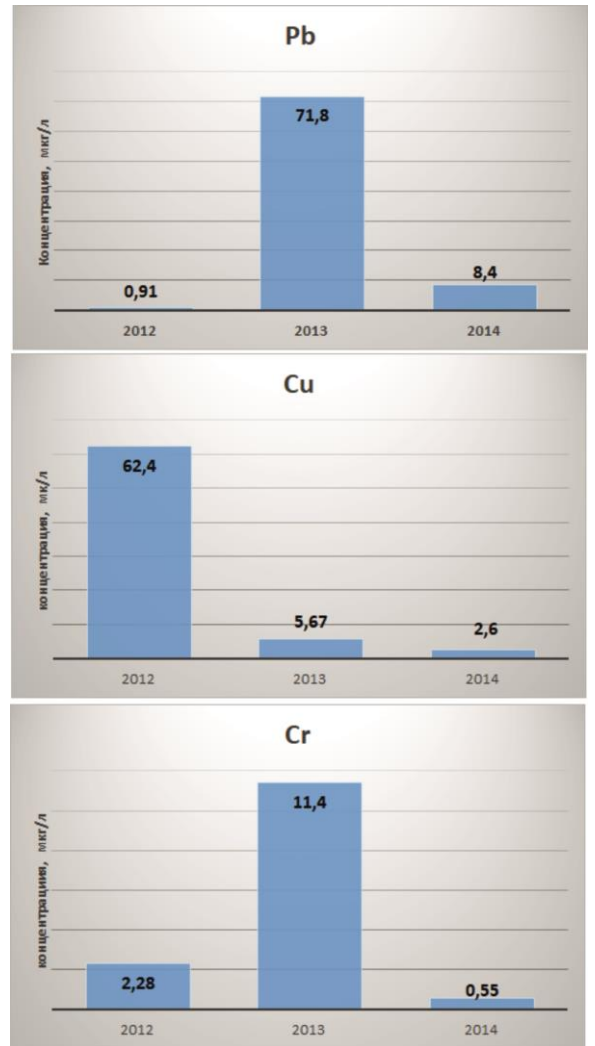


Рисунок 180. Изменение концентрации Zn, Pb и Cr в придонной воде на станции Д6-18 в 2012–2014 годы

## ВЫВОДЫ И РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ЭТАПУ ГОСУДАРСТВЕННОГО МОНИТОРИНГА СОСТОЯНИЯ НЕДР ПРИБРЕЖНО-ШЕЛЬФОВОЙ ЗОНЫ БАРЕНЦЕВА, БЕЛОГО И БАЛТИЙСКОГО МОРЕЙ ЗА 2014 ГОД

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 диапиробразование, 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 сложности проведения исследований и повторяемости проведения мониторинговых наблюдений за состоянием недр (геологической среды). Часть участков, таких как Невская губа, северное побережье Самбийского п-ва и ряд других, по-прежнему требуют проведения ежегодных циклов наблюдений. Другие, 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.

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 определен и не обоснован 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 других мониторинговых подсистем в районе проведения работ.

### Основные выводы по работам на контрольном полигоне «Кольский залив» (Баренцево море)

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. Южное колено характеризуется наиболее высоким коэффициентом дефицита/профицита по Cu, Pb, Hg, Cd и Zn. Наиболее высокий уровень загрязнения донных отложений установлен в районе № 3, который примыкает к причалам Первого грузового района рыбного порта. Загрязнение прибрежной части в районе пос. Минькино и устья р. Лавна (район № 4) Pb и Hg связано с базированием морских судов в этой части акватории и, возможно, со свалкой в районе устья реки. Аномальные концентрации Cd и Hg в Северном колене не сопровождаются повышением содержания других элементов, что

свидетельствует об ином типе загрязнения и его источниках.

2. Изучение форм нахождения химических элементов в современных донных осадках позволяет предполагать высокую вероятность вторичного загрязнения акватории при изменении физико-химических условий процессов осадконакопления. В частности, для Cd и Zn уставлена значительная доля сорбированных форм.

3. Участки акватории с высокой антропогенной нагрузкой характеризуются соотношением щелочно-кислотных особенностей придонных вод и донных осадков, при котором щелочность донного грунта выше щелочности придонных вод, в то время как на остальной части акватории наблюдается обратное соотношение.

4. Уровни загрязнения донных отложений техногенными радионуклидами  $^{137}\text{Cs}$  и  $^{60}\text{Co}$  не превышают уровни 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.

5. Сохраняется высокий уровень концентрации нефтепродуктов в поверхностных осадках, превышающий фоновое содержание более чем в 1,5 раза (до 5,45 мг/г). В то же время, в Среднем колене и на большей части Южного колена Кольского залива концентрация нефтепродуктов в придонных водах не превышает ПДК.

6. В районах акватории с высокой транспортной нагрузкой установлен высокий уровень концентрации ПХБ в донных осадках, превышающий ПДК для почв. Превышение ПДК по БП установлено в Южном колене, что, вероятно, связано со сбросом хозяйственно-бытовых стоков.

7. В придонных водах ПДК для вод водных объектов, используемых для рыбохозяйственных целей, превышен для фенолов. Наиболее высокая его концентрация достигает 8,5 мкг/дм<sup>3</sup> в районе Первого грузового района рыбного порта.

8. На записях ГЛБО выявлены многочисленные затопленные, в том числе потенциально опасные объекты.

9. Проведена типизация техногенных берегов Южного колена Кольского залива с оценкой возможного влияния конструктивных особенностей гидротехнических сооружений на

процессы морфо- и литодинамики береговой зоны и, в частности, потенциальной опасности оползневых процессов, особенно при наличии слабых сейсмических явлений.

#### Рекомендации

1. Продолжить изучение форм нахождения химических элементов в донных осадках и физико-химических условий на границе «дно–вода» с целью определения условий миграции компонентов загрязнения, и опасности вторичного загрязнения акватории. Провести исследования по выявлению участков дна с высокой вероятностью процессов мобилизации химического загрязнения из донных осадков.

2. При геохимических исследованиях особое внимание уделить изучению локальных источников загрязнения с целью их идентификации, для чего предлагается использовать изотопные методы исследования.

3. Оценить и районировать береговую зону Кольского залива по степени влияния опасных природных и техногенных процессов и явлений на состояние береговой инфраструктуры с определением степени геологического риска, уязвимости и потенциального ущерба.

4. Перейти от годовых циклов ГМСН прибрежно-шельфовой зоны с использованием геофизических методов (НСП, ГЛБО) на повторяемость их через 2–3 года. Это, однако, не должно касаться оперативных наблюдений в связи с проявлениями экстремальных природных явлений и техногенеза.

#### Основные выводы по работам на контрольном полигоне Териберка–Гремиха прибрежного шельфа Кольского полуострова (Баренцево море) – участок «Териберка»

1. Определены фоновые характеристики геологической среды, необходимые для контроля состояния недр после строительства объектов обустройства Штокмановского газоконденсатного месторождения.

2. Большая часть изученных параметров позволяет считать уровень нарушения природной (геологической) среды как «ненарушенный».

3. Выявлена малоконтрастная, но устойчивая комплексная геохимическая аномалия на рейде пос. Лодейное. Вероятно, источником загрязнения является полузаброшенная портовая зона поселка. Рассеянные геохимические аномалии выделены в губе Долгая, а также во впадине в центральной части губы Териберка.



4. На записях ГЛБО выявлены затопленные, в том числе потенциально опасные объекты.

#### **Рекомендации**

1. Учитывая слабую нарушенность геологической среды, возможна повторяемость мониторинговых наблюдений на участке «Териберка» в 2–3 года.

2. Провести изучение форм нахождения химических элементов в донных осадках и физико-химических условий на границе «дно–вода» с целью определения условий накопления и миграции компонентов загрязнения и опасности вторичного загрязнения акватории.

3. Учитывая что в пределах участка сходятся несколько систем разломов и в районе фиксировались эпицентры землетрясений, провести изучение проявлений эндогенных геодинамических процессов.

#### **Основные выводы по работам на контрольном полигоне «Двинской залив» (Белое море)**

1. Существенное загрязнение донных осадков радионуклидами и тяжелыми металлами (за исключением Cr 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 (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. Для восточной части Двинского залива минеральная форма нахождения элементов является преобладающей. Сорбционная составляющая имеет сравнительно меньшее значение.

5. В дельте реки Северная Двина проведено ранжирование берегов по интенсивности экзогенных геологических процессов, выявлены изменения конфигурации зон активной эрозии по сравнению с 2012 г. Наиболее опасного уровня процессы размыва берегов достигают в районе свалки горюче-

смазочных материалов и разрушения жилых домов в ряде прибрежных поселков.

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

7. Активная абразия продолжается на выявленных ранее аварийных участках берега о. Ягры.

8. По данным НСП в пределах вендского грабена выявлена резкая деформация слоев в средней части разреза четвертичных отложений. Структура и направление падения слоев позволяет предположить наличие на данном участке палеодолины.

#### **Рекомендации**

Следует сконцентрировать дальнейшие исследования на состоянии геологической среды в дельте реки Северная Двина, в районах специфического «маятникового» режима процессов осадко-рельефообразования за счет приливно-отливной деятельности.

Относительно благоприятная эколого-геологическая ситуация в пределах контрольного полигона «Двинской залив» позволяет перейти на периодичность повторяемости мониторинговых наблюдений до 2 лет.

#### **Основные выводы по работам на контрольном полигоне «Восточная часть Финского залива» (Балтийское море)**

1. В Курортном районе установлено значительное расширение зон опасного размыва. Результаты моделирования развития береговой зоны показали, что интенсивность абразионных процессов может резко возрасти в будущем вследствие изменений климата. При отсутствии эффективных адаптационных мер и учета результатов мониторинга в пространственном планировании прибрежных территорий, в случае реализации «оптимистичного» сценария максимальные величины размыва берега в Курортном районе достигнут 50 м за 100 лет, общая площадь потерянных территорий составит 2,9 км<sup>2</sup>, при «пессимистическом» сценарии, включающем подъем уровня воды и сокращение периода развития ледяного покрова, береговая линия на отдельных участках отступит на расстояние до 200 м, площадь потерянных земель достигнет 4 625 544 м<sup>2</sup>.

2. В субаквальной части береговой зоны Курортного района зафиксировано продолжение процессов размыва подводной террасы, в результате которого в центральной части исследованной площади уменьшается мощность песчаных отложений аккумулятивной террасы и обнажается серия моренных гряд, залегающих в ее цоколе. В то же время пространственное распределение выделенных ранее ложбин стока, площадей развития аккумулятивных форм, зон размыва морского дна является чрезвычайно консервативным.

3. В пределах ключевого участка «Южная береговая зона Финского залива» установлено продолжение интенсивного размыва на выявленных ранее аварийных участках в пос. Красная Горка и 57-м километре шоссе Санкт-Петербург–Ручьи. Как распределение зон размыва, транзита и аккумуляции, так и расположение аварийных участков определяются исключительно особенностями геологического строения (состав пород и их инженерно-геологические свойства, геоморфология, гидрогеологические особенности, баланс осадочного материала и т. д.).

4. Работы на ключевом участке «Выборгский залив», где в 2006–2008 гг. проводилась экспериментальная добыча железомарганцевых конкреций (ЖМК), показали, что полноценный конкреционный слой сохранился только на участках, расположенных вне пределов борозд, оставленных добычным судном; активная регенерация ЖМК не наблюдается. 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 с аномально высокими (до 1–1,5 см/год) современными скоростями седиментации.

5. На ряде станций мониторинга, расположенных, как правило, в областях накопления алевропелитовых осадков, отмечается общая тенденция повышения удельной активности  $^{137}\text{Cs}$  в верхнем слое донных осадков.

#### Рекомендации

Высокая активность экзогенных геологических процессов в береговой зоне восточной части Финского залива в условиях возрастающей антропогенной нагрузки диктует необходимость срочной реализации Программы

берегозащиты приморских территорий Санкт-Петербурга. Следует отметить, что в процессе исследований береговой зоны, начатых ВСЕГЕИ в рамках различных проектов с 2004 г. и продолженных в режиме мониторинга в 2011–2014 гг., была создана база данных, необходимая для реализации любых мероприятий по природопользованию на прибрежном шельфе и берегах. В частности, полученные данные долговременных наблюдений могут быть положены в основу реализации Программы берегозащиты приморских территорий Санкт-Петербурга. Без дальнейшего наращивания временных рядов мониторинга состояния геологической среды эффективность вложений в инженерные мероприятия будет минимальной.

Обязательность продолжения мониторинга состояния недр в ежегодном режиме наблюдений летне-осеннего цикла в пределах наблюдательной сети ключевых участков определяется также постоянно фиксируемыми локальными зонами существенного загрязнения донных и береговых осадков. В связи с возникновением экстремальных ситуаций естественного и техногенного происхождения необходимо проведение дополнительных оперативных наблюдений в пределах сети мониторинга и вне ее в весенне-зимние циклы.

На ряде ключевых участков целесообразно рассмотреть вопрос об организации междисциплинарных исследований, включающих, наряду с геолого-геофизическими работами, натурные измерения гидрологических, гидродинамических и биологических параметров. В первую очередь, это относится к районам существенной трансформации донного рельефа при гидротехническом строительстве и добыче полезных ископаемых, а также к зоне развития покмарков в Копорском заливе с целью выявления связи их образования с тектоническими и гидрогеологическими процессами на участке дна, непосредственно примыкающем к Ленинградской атомной электростанции.

#### Основные выводы по работам на контрольном полигоне «Российский сектор юго-восточной части Балтийского моря» («Калининградский шельф»)

1. На большинстве участков «Северного побережья Самбийского полуострова», выявленных при исследованиях 2011–2013 гг. в

качестве аварийных, предаварийных и опасных, продолжают прослеживаться негативные тенденции развития береговой зоны в районах наибольшего хозяйственного освоения, что обуславливает повышенную степень геологической опасности. Совокупность данных геофизического профилирования в 2014 г. подтвердила дефицит песчаного материала на всем ключевом участке «Северное побережье Самбийского полуострова», что обуславливает невозможность естественного восстановления пляжей побережья Светлогорских курортов.

2. Ключевой участок «Западное побережье Самбийского полуострова» за истекший годовой период характеризовался масштабным техногенным вмешательством, связанным с разработками новых карьеров по добыче янтаря, в том числе непосредственно выходящих в береговую зону. В результате следует ожидать увеличения поступления осадочного материала в береговую зону, что, вероятно, приведет к наращиванию пляжей на прилегающих участках берега. При этом локально наблюдаются активные абразионные процессы, которые представляют определенную опасность, в частности для очистных сооружений пос. Янтарный.

3. Подтверждены многочисленные локальные, не всегда повторяющиеся, аномалии концентраций  $Cr$  в донных осадках, соответствующие степени загрязнения от II класса (умеренное) до V класса (очень большое). На глубоководной станции опробования 14-Д6-22 установлен очень высокий уровень загрязнения донных осадков по As, Hg, Cd.

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 морей европейской части 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. Значимые загрязнения нефтепродуктами придонных вод и донных осадков в пределах изученной площади не установлены.

6. Концентрации АПАВ, ПАУ, ПХБ в придонных водах ниже ПДК для водных объектов, имеющих рыбохозяйственное значение.

#### Рекомендации

Высокая активность проявления экзогенных геологических процессов в береговой зоне Самбийского п-ва и Куршской косы, в условиях возрастающей антропогенной нагрузки определяют обязательность продолжения мониторинга состояния геологической среды в ежегодном режиме наблюдений летне-осеннего цикла в пределах наблюдательной сети ключевых участков. Крайне важным является использование полученных данных и продолжение цикла мониторинга в будущем при реализации масштабных берегозащитных проектов, планируемых в настоящее время ООО «Балтберегозащита». Осуществление таких проектов без опоры на результаты научно-исследовательских работ и мониторинга обречено на провал. Примером неэффективных затрат на берегозащиту является укрепление склонов в районе очистных сооружений (западное побережье Самбийского полуострова), разрушенных в результате зимних штормов 2013–2014 гг. В связи с возникновением экстремальных ситуаций естественного и техногенного происхождения необходимо также предусмотреть возможность дополнительных оперативных наблюдений в пределах сети мониторинга и вне ее в том числе и в весенне-зимние циклы. Целесообразно проведения комплексных работ по оценке состояния геологической среды на новом ключевом участке в Калининградском заливе, который подвергается наибольшему техногенному воздействию.



## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

## Опубликованная

- Аветисов Г.П.* Сейсмоактивные зоны Арктики. – СПб.: ВНИИОкеангеология, 1996. – 179 с.
- 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.
- Барков Л.К.* О литодинамике прибрежной зоны и дна восточной части Финского залива // Вестник ЛГУ. – Л. – 1989. – № 28. – С. 25–32.
- Белонин М.Д., Голубева В.А., Скублов Г.Т.* Факторный анализ в геологии. – М.: Недра, 1982. – 269 с.
- Государственная геологическая карта Российской Федерации, листы R-(35)-37-Мурманск, Объяснительная записка. – СПб.: Изд-во «ВСЕГЕИ», 2000.
- Государственная геологическая карта Российской Федерации: масштаб 1 : 1 000 000 (третье поколение). Серия Северо-Карско-Баренцевоморская. Лист R-(35),36 – Мурманск. Объяснительная записка. – СПб.: Картографическая фабрика ВСЕГЕИ, 2007. – 281 с.
- Гусакова А.И.* Минеральный состав осадков Белого моря // Океанология. – 2013. – Т. 53. – № 2. – С. 249–258.
- Иванов Г.И.* Геоэкология Западно-Арктического шельфа России: литолого-экохимические аспекты. – СПб.: Наука, 2006. – 303 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.
- Комплект карт общего сейсмического районирования территории Российской Федерации – ОСР-97. Масштаб: 1 : 8 000 000. 1999 г. // Гл. ред.: В.Н. Страхов, В.И. Уломов. Отв. сост.: В.И. Уломов, Л.С. Шумилина, А.А. Гусев, В.М. Павлов, Н.С. Медведева
- Нормативы и критерии оценки загрязнения донных отложений в водных объектах С.-Петербурга. Региональный норматив. Разработан ОАО «Ленморниипроект». – СПб., 1996.
- 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.
- Приказ Федерального агентства по рыболовству «Об утверждении нормативов качества воды водных объектов рыбохозяйственного значения, в том числе нормативов предельно допустимых концентраций вредных веществ в водах водных объектов рыбохозяйственного значения» № 20 от 18.01.2010.
- Р 52.24.566-94. Методы токсикологической оценки загрязненности пресноводных экосистем. 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.
- Спиридонов М.А., Рябчук Д.В., Орвику К.К., Сухачева Л.Л., Нестерова Е.Н., Жамойда В.А.* Изменение береговой зоны восточной части Финского залива под воздействием природных и антропогенных факторов // Региональная геология и металлогения. – 2010. – № 41. – С. 107–118.
- Тишков В.П., Иванова Л.М., Икяхеймонен Т.К.* и др. Исследования радиоактивных веществ в Балтийском море в 1988–1989 гг. – М.: ЦНТИИАтоминформ, 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.
- 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.

[www.murmanshelf-conf.ru/archive/files/2012/mandel.pdf](http://www.murmanshelf-conf.ru/archive/files/2012/mandel.pdf)  
[www.repino.info/obshaya/istoriya](http://www.repino.info/obshaya/istoriya)  
[www.Terijoki.ru](http://www.Terijoki.ru)

*Фондовая*

*Корнеев О.Ю., Рыбалко А.Е.* и др. Осуществление Государственного мониторинга состояния геологической среды прибрежно-

шельфовой зоны Баренцева, Белого и Балтийского морей. ФГУНПП «Севморгео», 2010 г. Отчет в 3-х томах.