

МИНИСТЕРСТВО ПРИРОДНЫХ РЕСУРСОВ И ЭКОЛОГИИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО НЕДРОПОЛЬЗОВАНИЮ
ДЕПАРТАМЕНТ ПО НЕДРОПОЛЬЗОВАНИЮ НА КОНТИНЕНТАЛЬНОМ ШЕЛЬФЕ И МИРОВОМ ОКЕАНЕ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ УНИТАРНОЕ ПРЕДПРИЯТИЕ
«ВСЕРОССИЙСКИЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ГЕОЛОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ им. А. П. КАРПИНСКОГО» (ФГУП «ВСЕГЕИ»)

ИНФОРМАЦИОННЫЙ БЮЛЛЕТЕНЬ

о состоянии геологической среды прибрежно-шельфовых зон
Баренцева, Белого и Балтийского морей в 2013 г.

САНКТ-ПЕТЕРБУРГ • 2014

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 2013 г. – СПб.: Картографическая фабрика ВСЕГЕИ, 2014. – 136 с.

ISBN 978-5-93761-213-7

В 2013 г. завершен очередной этап работ в подсистеме Государственного мониторинга состояния недр (геологической среды) прибрежно-шельфовой зоны Баренцева, Белого и Балтийского морей. Наблюдательная сеть мониторинга основывается на проведении комплексных исследований в пределах пяти контрольных полигонов, охватывающих Кольский залив Баренцева моря, Кандалакшский и Двинской залив Белого моря, а также восточную часть Финского залива и Российский сектор юго-восточной части Балтийского моря. При этом были выявлены и оценены, а в ряде случаев подтверждены основные тенденции развития процессов экзогенной, эндогенной и техногенной геодинамики и загрязнения геологической среды. На ключевых участках полигонов были установлены различные геодинамические и геохимические аномалии, часть которых была отнесена к категории геологических опасностей.

Авторы-составители

*А. В. Амантов, Л. М. Буданов, А. Г. Григорьев, А. В. Евдокименко,
В. А. Жамойда, О. А. Ковалева, Ю. П. Кропачев, Н. Б. Малышева,
С. Ф. Мануйлов, И. А. Неевин, Е. Н. Нестерова, Д. В. Рябчук, А. Ю. Сергеев,
М. А. Спиридонов, В. А. Шахвердов (ФГУП «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 978-5-93761-213-7

© Федеральное агентство по недропользованию, 2014
© Коллектив авторов, 2014
© Картографическая фабрика ВСЕГЕИ, 2014

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 2013 году ФГУП «ВСЕГЕИ» им. А.П. Карпинского в соответствии с Государственным контрактом № 04/10/60-14 от 19 апреля 2012 г. Заказчик работ – Департамент по недропользованию на континентальном шельфе и Мировом океане (Департамент «Моргео»). Комплексные мониторинговые полевые геолого-геофизические и гидро-геохимические работы выполнялись на ранее выделенных ключевых участках в пределах контрольных полигонов мониторинга: Кольский залив Баренцева моря, Кандалакшский и Двинской заливы 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 (Информационный бюллетень..., 2012; 2013) на прибрежном шельфе и в береговой зоне входило: непрерывное сейсмоакустическое профилирование (НСП) в разных частотах (286 км); гидролокация бокового обзора (ГЛБО) (310 км); донный геологический пробоотбор (238 ст.); опробование придонных и иловых вод (40 ст.); экспресс-аналитические гидрогеохимические исследования; гидрофизическое зондирование; береговые эколого-геологические маршрутные исследования (340 км); профильное инструментальное нивелирование (5 км) и георадиолокация (5 км) субаэральной части береговой зоны. Большая часть работ выполнена специалистами

отдела Региональной геоэкологии и морской геологии ФГУП «ВСЕГЕИ».

Оценка состояния геологической среды на полигоне «Кандалакшский залив» Белого моря 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, выполненные преимущественно в Центральной лаборатории ФГУП «ВСЕГЕИ», включали приближенно-количественный эмиссионный спектральный анализ на 45 элементов; ICP AES, химический фазовый анализ. Для определения содержания металлов в придонных и поровых водах использовался ICP MS. Определение техногенных (^{60}Co , ^{137}Cs) и природных радионуклидов в донных осадках выполнено ФГУП «ВСЕГЕИ». Часть анализов донных осадков и придонных вод, в том числе на тяжелые металлы и нефтепродукты, выполнены в лабораториях ОАО «Севморгео». Анализ донных отложений и придонных вод на органические загрязнители: хлорорганические пестициды (ХОП), 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 проводилось в Санкт-Петербургском государственном университете. Для определения химического состава выделенного газа использовался метод газовой хроматографии. Изотопный состав углерода, входящего в со-

став метана и углекислого газа, определялся в Центре изотопных исследований ВСЕГЕИ на масс-спектрометре DELTA plus XL согласно методике IRM-MS. Изотопный состав углерода ($\delta^{13}\text{C}$) выражается в единицах смещения соотношения изотопов $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$ по сравнению с международным стандартом PDB.

КОНТРОЛЬНЫЙ ПОЛИГОН «КОЛЬСКИЙ ЗАЛИВ» (БАРЕНЦЕВО МОРЕ)

В 2013 году исследования выполнялись по точкам опорной сети мониторинга в Среднем и Северном коленах Кольского залива (рис. 1). Дополнительно проведено опробование в двух бухтах (Тюва Губа и Большая Волоковая), работы в которых ранее не выполнялись. Как и в прошлые годы, не доступными для изучения остались районы базирования Северного флота – губы Оленья, Сайда и Ваенга в районе г. Североморска.

В результате исследований было детализировано геохимическое районирование Кольского залива (рис. 2). При выделении геохимических районов применялась методика, связанная с генерализацией основных свойств регионального геохимического поля с выделением его систематической (фоновой) составляющей (Шахвердов, 1997; 2008). Под геохимическим районом подразумевается часть дна акватории залива, на которой совокупность объектов (станций опробования) по результатам иерархической кластеризации относится к одному кластеру, и характеризуется однородными геохимическими свойствами. Проведенные геохимические исследования показали, что региональная геохимическая зональность и геохимическая специализация выделенных районов существенно зависят от состава геологических образований береговой зоны Кольского залива, а также локальных источников поступления некоторых химических элементов.

Для более точного представления об уровне концентрации в донных осадках канцерогенных химических элементов были рассчитаны их средние гармонические содержания в геохимических районах и коэффициент дефицита/про-

фицита (Информационный бюллетень..., 2011). Результаты многолетних исследований свидетельствуют о высокой относительной концентрации Cu, Zn, As, Cd, Pb и Hg в Южном колене Кольского залива, в особенности в районе № 3 (табл. 1, рис. 2, 3) и указывают на связь этих элементов с техногенными процессами. В то же время, обращает на себя внимание высокий уровень среднего гармонического содержания в осадках Cd и Hg в Северном колене, что может быть связано с военной деятельностью в губах Оленья и Сайда.

Наиболее высокий уровень загрязнения донных осадков по результатам работ в 2013 году установлен для Co – «явный» (рис. 4). По остальным химическим элементам донные осадки характеризуются в основном умеренным уровнем загрязнения, кроме Zn и Cd, содержание которых в основном фоновое. Осадки с умеренным уровнем загрязнения этими элементами приурочены к периферийной части губы Ваенга (станция 13М-19 – Zn, Cd; станция 13М-22т – Zn).

В Среднем колене продолжается накопление осадков с концентрацией нефтепродуктов выше уровня среднемноголетнего фона для Кольского залива.

В 2013 году были продолжены исследования форм нахождения химических элементов в донных осадках Кольского залива (рис. 5, 6). С этой целью проведено опробование на 6 опорных точках в его Северном и Среднем коленах, а также послойное опробование осадков на глубину до 22 см на ст. 13М-22. Проведенные исследования показали, что основной формой нахождения для большинства химических

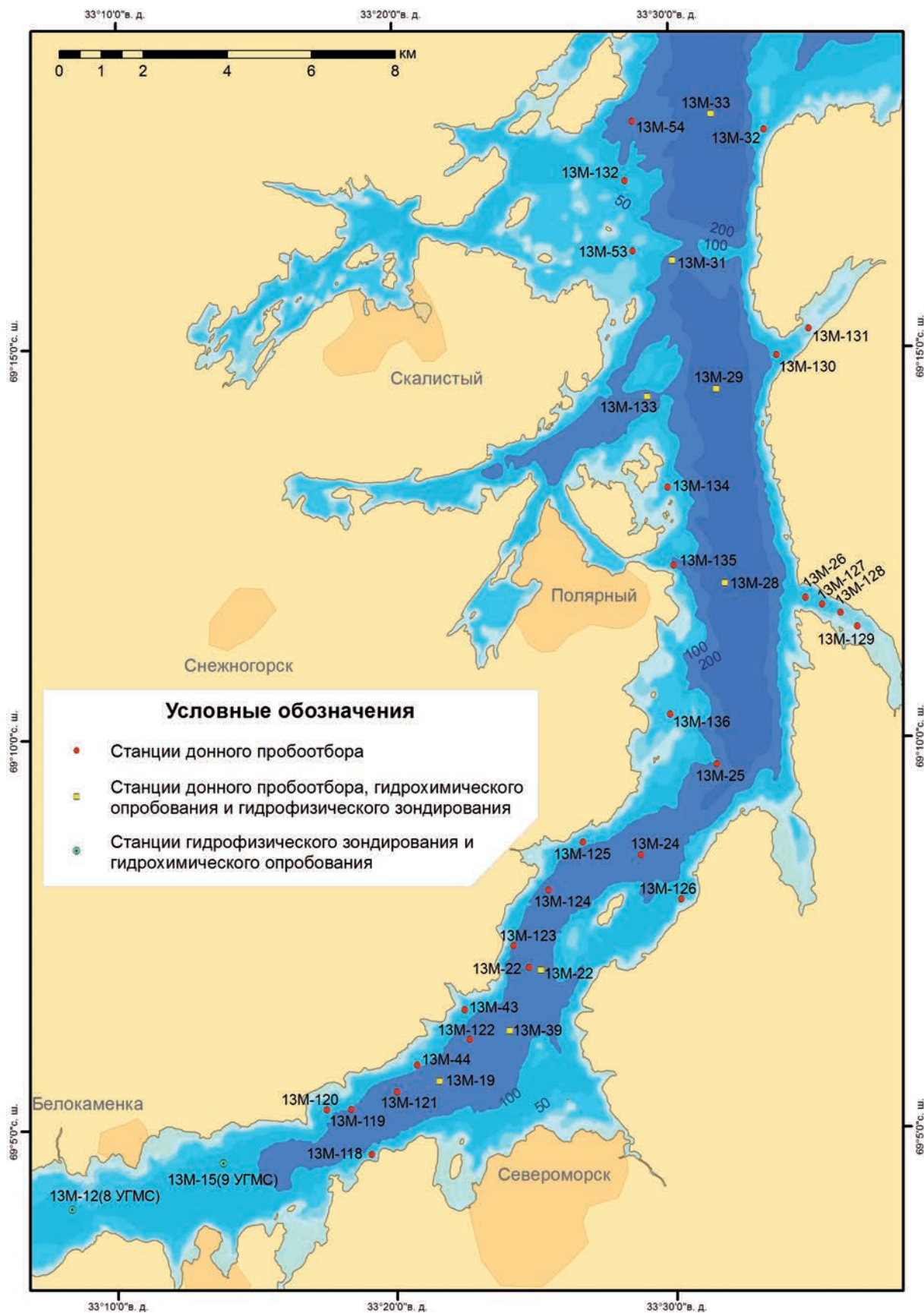


Рис. 1. Схема фактического материала.

Таблица 1

Геохимическая характеристика современных донных отложений Кольского залива

Значение среднего гармонического содержания элементов по районам, ppm (ICP MS)										
район	Cr	Co	Ni	Cu	Zn	As	Cd	Pb	Hg	НП
район 1	169,8	18,3	71,3	78,5	192,6	11,9	0,269	70,6	0,177	1,814
район 2	150,7	16,5	64,5	72,8	172,9	7,3	0,269	63,2	0,285	2,562
район 3	182,0	16,9	64,8	78,1	295,5	18,4	3,301	166,6	0,188	2,215
район 4	168,3	16,2	76,1	61,6	166,4	12,2	0,195	70,5	0,203	2,227
район 5	158,8	14,9	56,8	12,7	102,1	8,7	0,249	27,4	0,145	1,301
район 6	154,0	17,3	65,4	50,0	126,7	10,0	0,288	44,2	0,050	2,309
район 7	144,8	16,5	61,5	59,9	156,0	6,9	0,183	51,9	0,031	2,431
район 8	134,9	15,1	63,0	47,5	117,5	8,4	1,152	30,5	0,027	0,594
район 9	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)										
	153,7	16,2	65,2	43,7	135,1	10,0	0,284	45,2	0,075	1,736
Значение коэффициента дефицита/профицита по районам										
район	Cr	Co	Ni	Cu	Zn	As	Cd	Pb	Hg	НП
район 1	1,1	1,1	1,1	1,8	1,4	1,2	-1,1	1,6	2,4	1,0
район 2	-1,0	1,0	-1,0	1,7	1,3	-1,4	-1,1	1,4	3,8	1,5
район 3	1,2	1,0	-1,0	1,8	2,2	1,8	11,6	3,7	2,5	1,3
район 4	1,1	1,0	1,2	1,4	1,2	1,2	-1,5	1,6	2,7	1,3
район 5	1,0	-1,1	-1,1	-3,5	-1,3	-1,2	-1,1	-1,7	1,9	-1,3
район 6	1,0	1,1	1,0	1,1	-1,1	-1,0	1,0	-1,0	-1,5	1,3
район 7	-1,1	1,0	-1,1	1,4	1,2	-1,5	-1,6	1,1	-2,4	1,4
район 8	-1,1	-1,1	-1,0	1,1	-1,1	-1,2	4,1	-1,5	-2,8	-2,9
район 9	-1,6	-2,2	-1,8	-1,4	-2,1	-	6,6	-2,3	2,5	-3,1

* Красным цветом выделены химические элементы с высоким значением коэффициента дефицита/профицита, синим – с низким.

элементов является связанная с гидроксидами и оксидами Mn и Fe (рис. 5). В то же время для Cr, а в особенности для Sr, основной формой является труднорастворимая, составляющая в среднем соответственно 57.3% и 83.2% (рис. 5). Исключением является As, основной формой нахождения которого в современных донных осадках является связанная с гумусовым органическим веществом (рис. 5). Её доля в сред-

нем составляет 39.8% и может достигать 53% (станция 13М-28). Высокая доля формы, связанной с гумусовым органическим веществом, также характерна для Zn (в среднем – 10.1%), причем преимущественно в поверхностных и приповерхностных пробах осадков (рис. 6). Та же закономерность отмечена и для As.

Формы химических элементов, связанные с карбонатными соединениями, наиболее

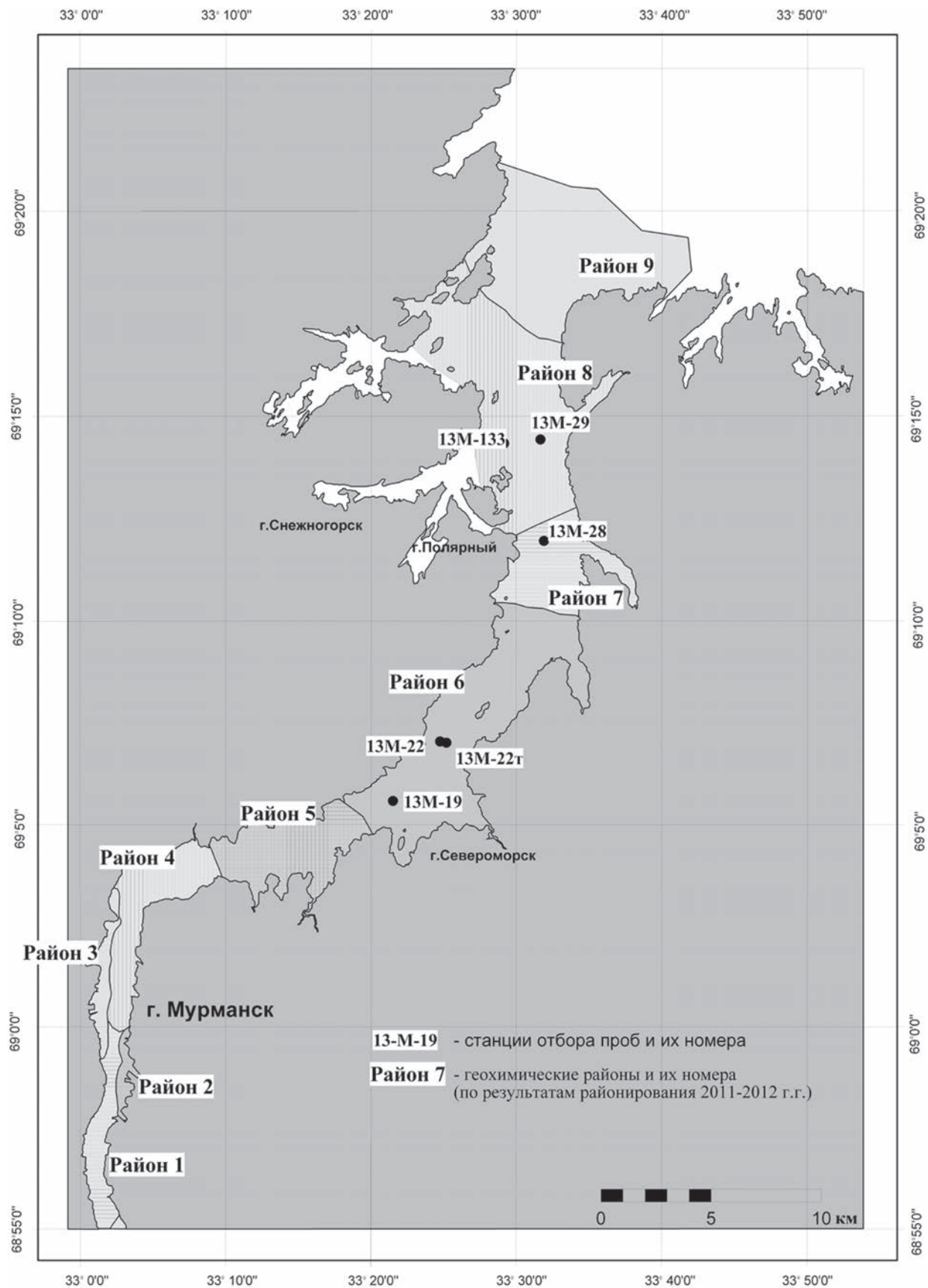


Рис. 2. Схема геохимического районирования Кольского залива.

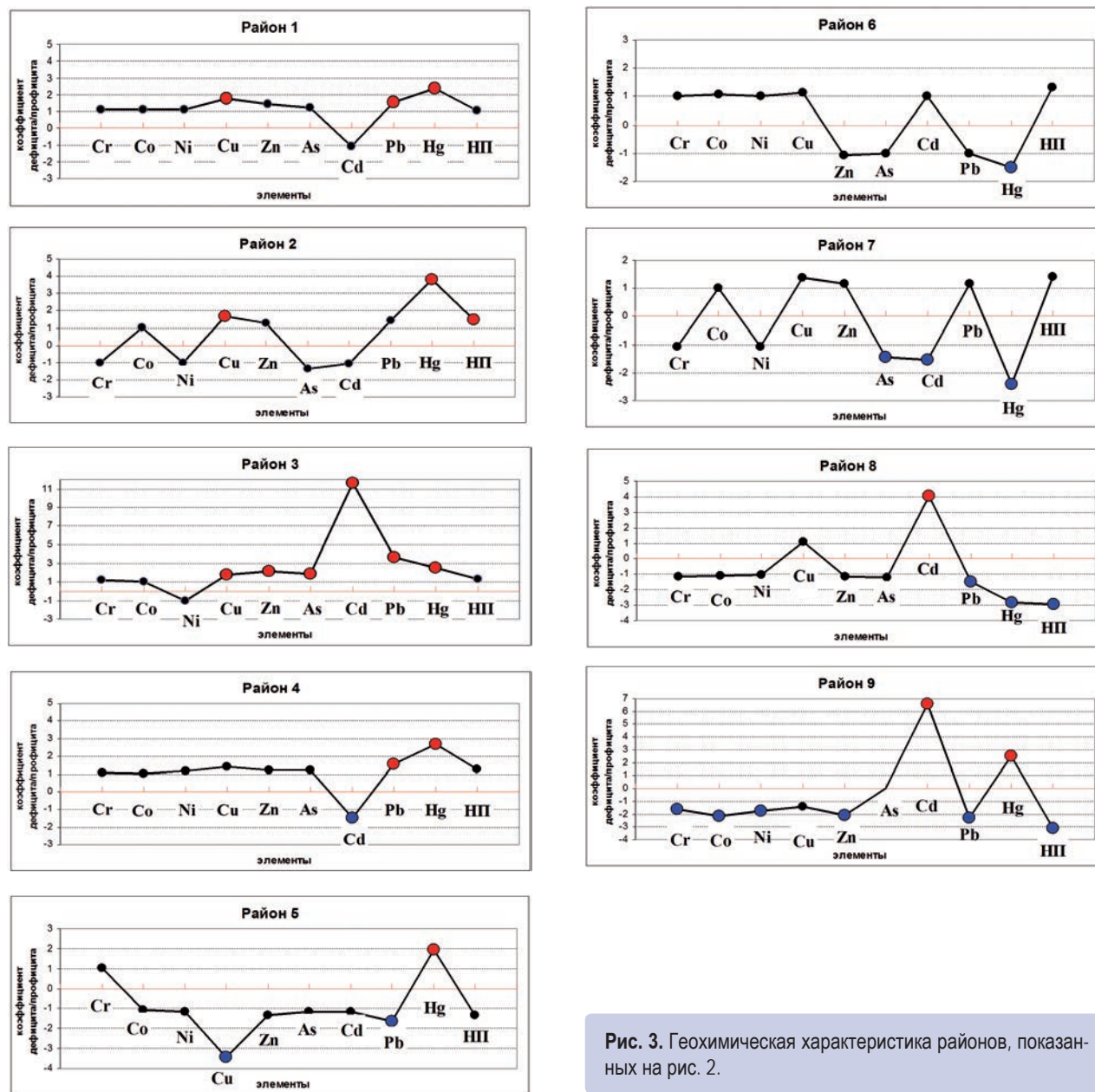


Рис. 3. Геохимическая характеристика районов, показанных на рис. 2.

характерны для As (18.9%), Ni (5.2%), Co (4.7%), Cr (3.8%) и Pb (3.3%). Содержание водорастворимых, сорбированных и связанных с битумным органическим веществом форм в современных осадках изученной части акватории Кольского залива близко к уровню или ниже порога определения химических элементов.

Относительное содержание различных форм для большинства определяемых химических элементов в донных осадках Среднего и Северного колен Кольского залива остав-

ся достаточно стабильным, за исключением Cu. Концентрация Cu, связанной с битумным органическим веществом, на станции 13М-28 достигает 7.41 ppm, что составляет 11.6% от общего содержания Cu в пробе, в то время как обычно содержание этой формы не превышает порога обнаружения.

Распределение основных техногенных радионуклидов ^{137}Cs и ^{60}Co в донных осадках среднего и северного колена Кольского залива характеризуется относительно невысокими

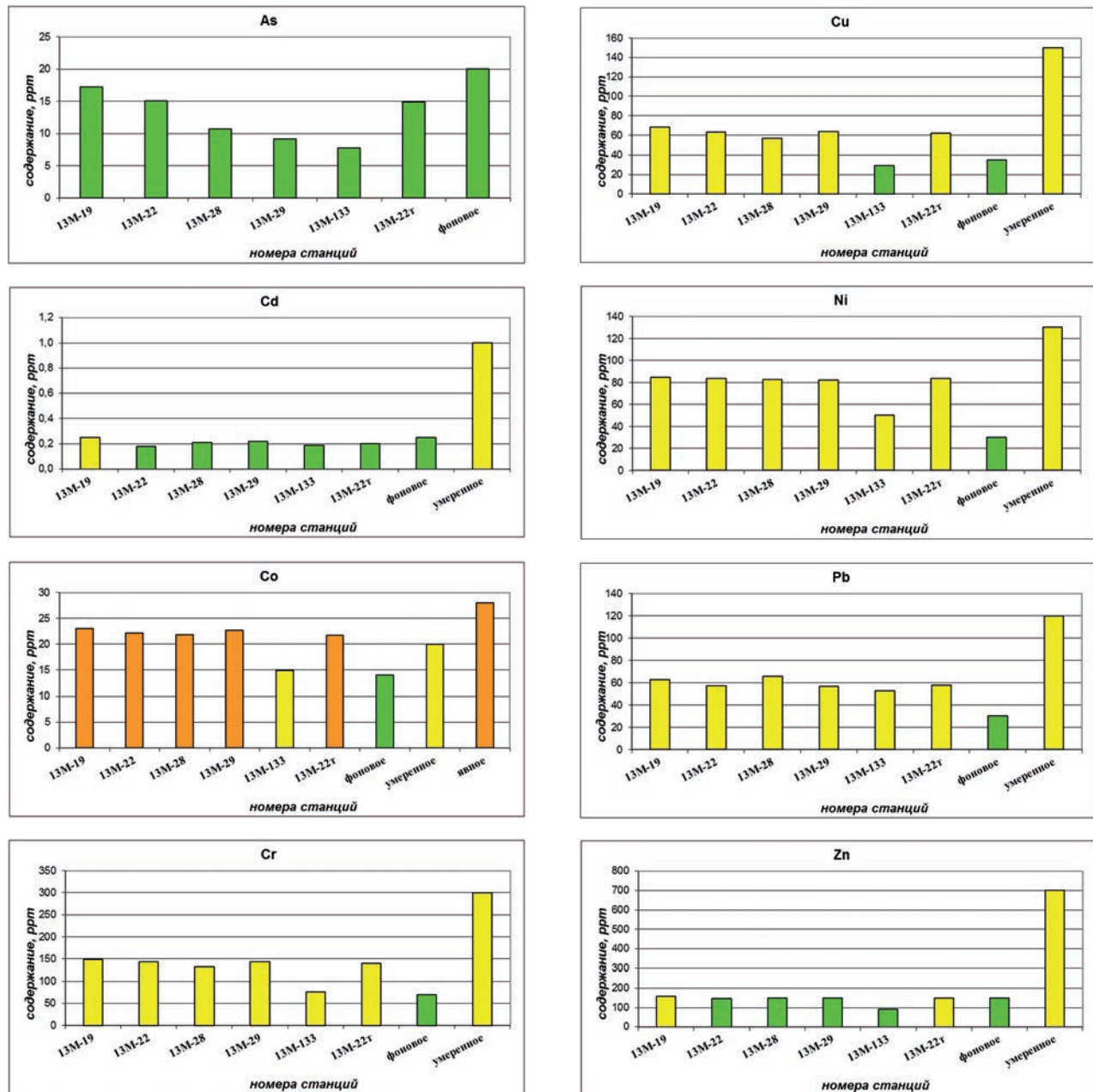


Рис. 4. Уровни загрязнения донных осадков Кольского залива (ICP-MS, по классификации SFT).

концентрациями и в целом достаточно однородно (рис. 7). Зафиксированные удельные активности ^{137}Cs колеблются в интервале от значения менее МДА до 11.1 Бк/кг, а ^{60}Co – от значения менее МДА до 4.3 Бк/кг (МДА-минимально детектируемая активность, ≈ 1.2 Бк/кг). Все станции со слабоаномальными концентрациями ^{137}Cs расположены в Среднем колене Кольского залива несколько севернее губы Ваенга.

Рассматривая данные мониторинга за 2001, 2012, 2013 годы (рис. 8) можно отметить следующее. На всех мониторинговых станциях, за исключением М-22, максимальные активности ^{137}Cs отмечены в 2001 году. В 2012 году активность ^{137}Cs заметно падает. В 2013 году отмечается крайне слабая тенденция увеличения активности ^{137}Cs в осадках по отношению к 2012 году. Наиболее отчетливо такая тенденция

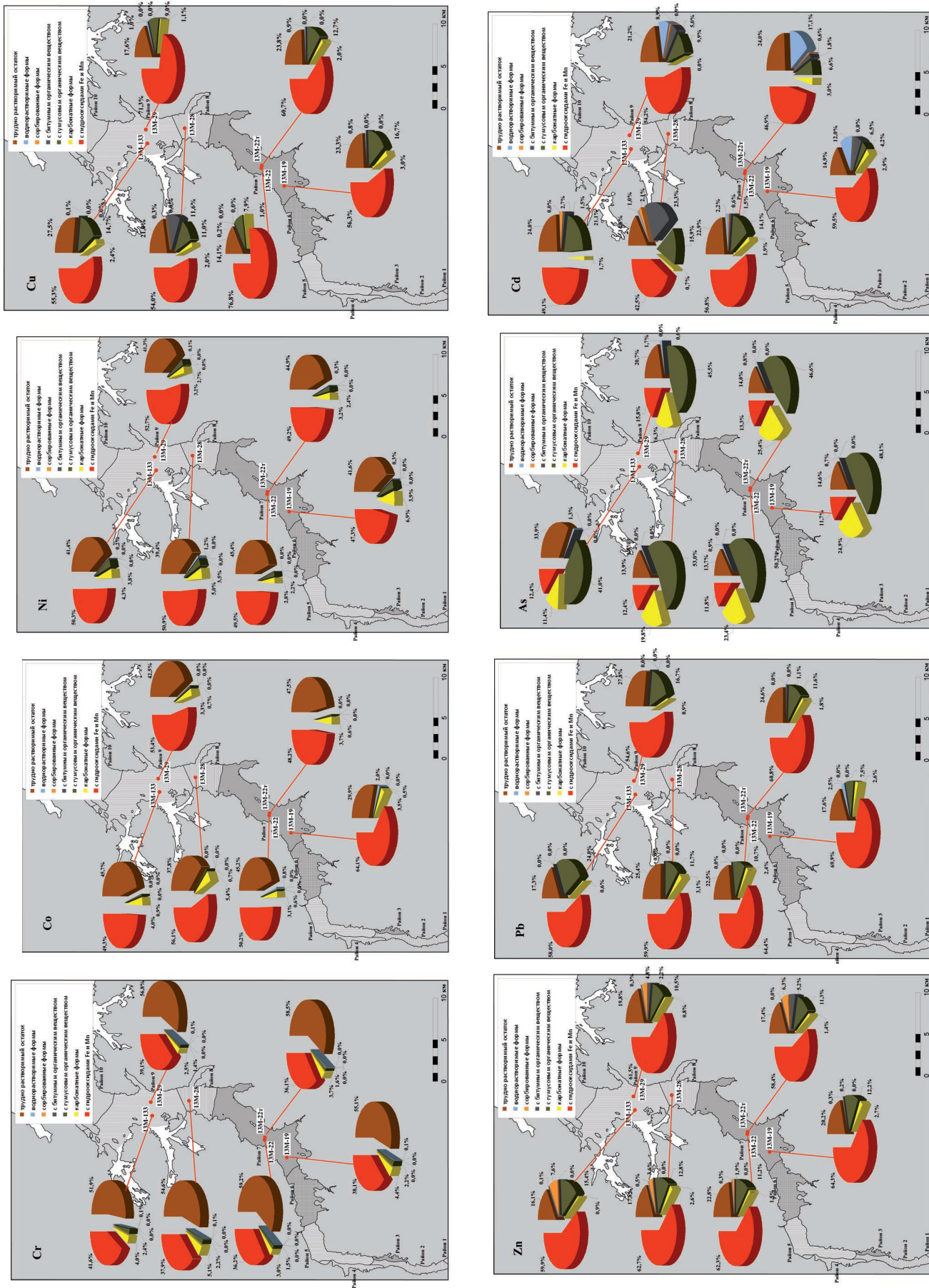


Рис. 5. Формы нахождения химических элементов в поверхностных донных осадках Кольского залива.

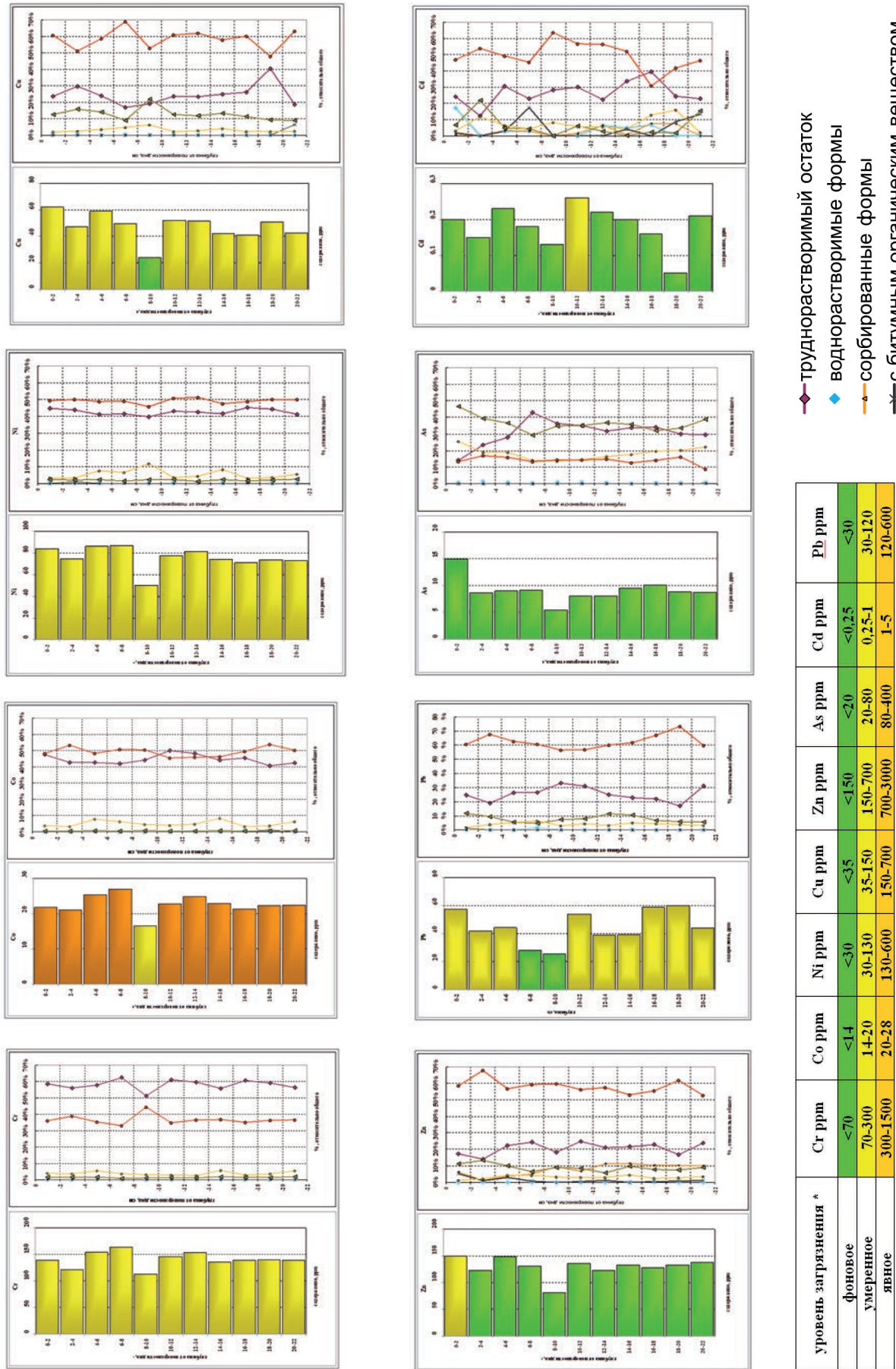


Рис. 6. Распределение форм нахождения химических элементов в разрезе осадков по грунтовой колонке №1 ЗМ-22.

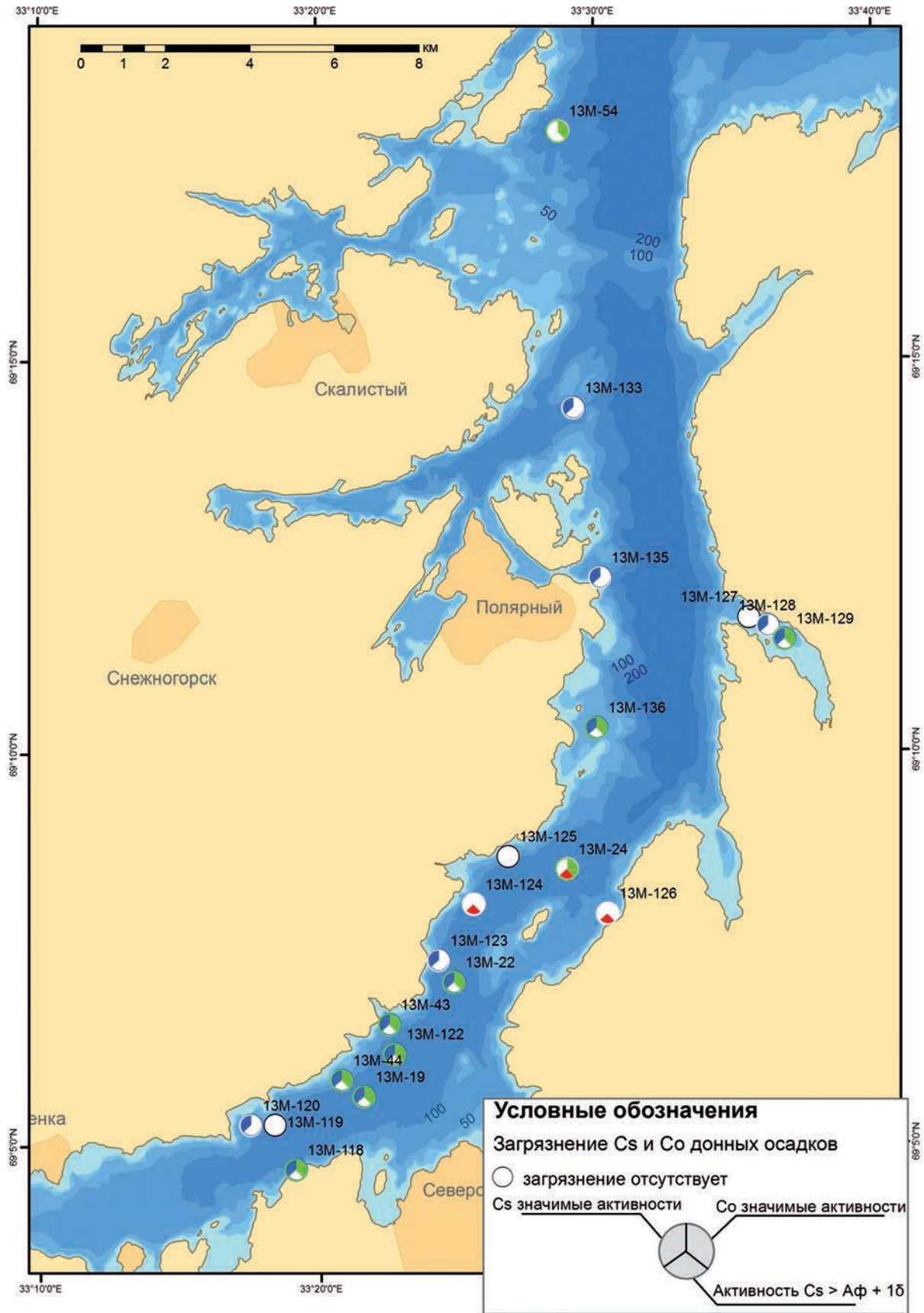


Рис. 7. Схема распределения ^{137}Cs и ^{60}Co в донных осадках Среднего и Северного колен Кольского залива.

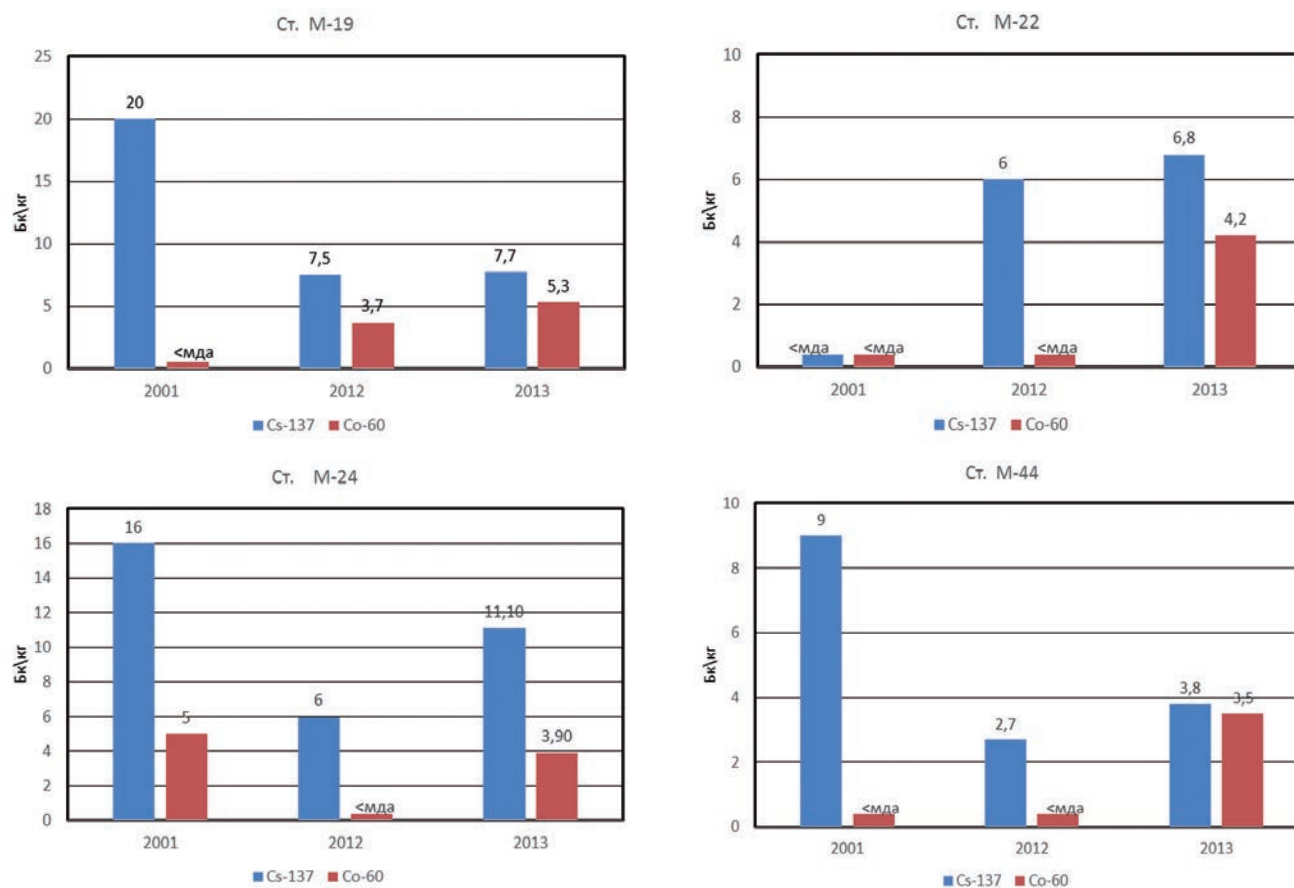


Рис. 8. Изменение активности ^{137}Cs и ^{60}Co в донных осадках за 2001–2013 годы.

Таблица 2

Результаты определения массовой концентрации нефтепродуктов (НП) в придонных водах Кольского залива

№ станции	НП мг/л
13М-19	0,017
13М-22	0,022
13М-28	0,008
13М-29	0,007
13М-31	0,010
13М-33	0,011
13М-39	0,017
13М-133	0,039

наблюдается на станциях М-24 и М-44. Для ^{60}Co , за исключением станции М-24, в период 2001–2013 годов также наблюдается слабая тенденция к увеличению его концентрации в осадках.

Следует отметить, что, как и в прошлые годы, на многих участках акватории визуально наблюдается высокий уровень загрязнения поверхности воды нефтепродуктами. В то же время в придонных водах залива их концентрация не превышает ПДК в воде водных объектов, используемых для рыбохозяйственных целей ($0,05 \text{ мг/дм}^3$) (Приказ ..., 2010) (табл. 2, рис. 9).

Измерения щелочно-кислотных характеристик донных осадков и придонной воды, проведенные в июле 2013 г., показали, что среднее значение рН донного грунта составляет 7.39, а придонной воды – 7.97. Разброс значений рН

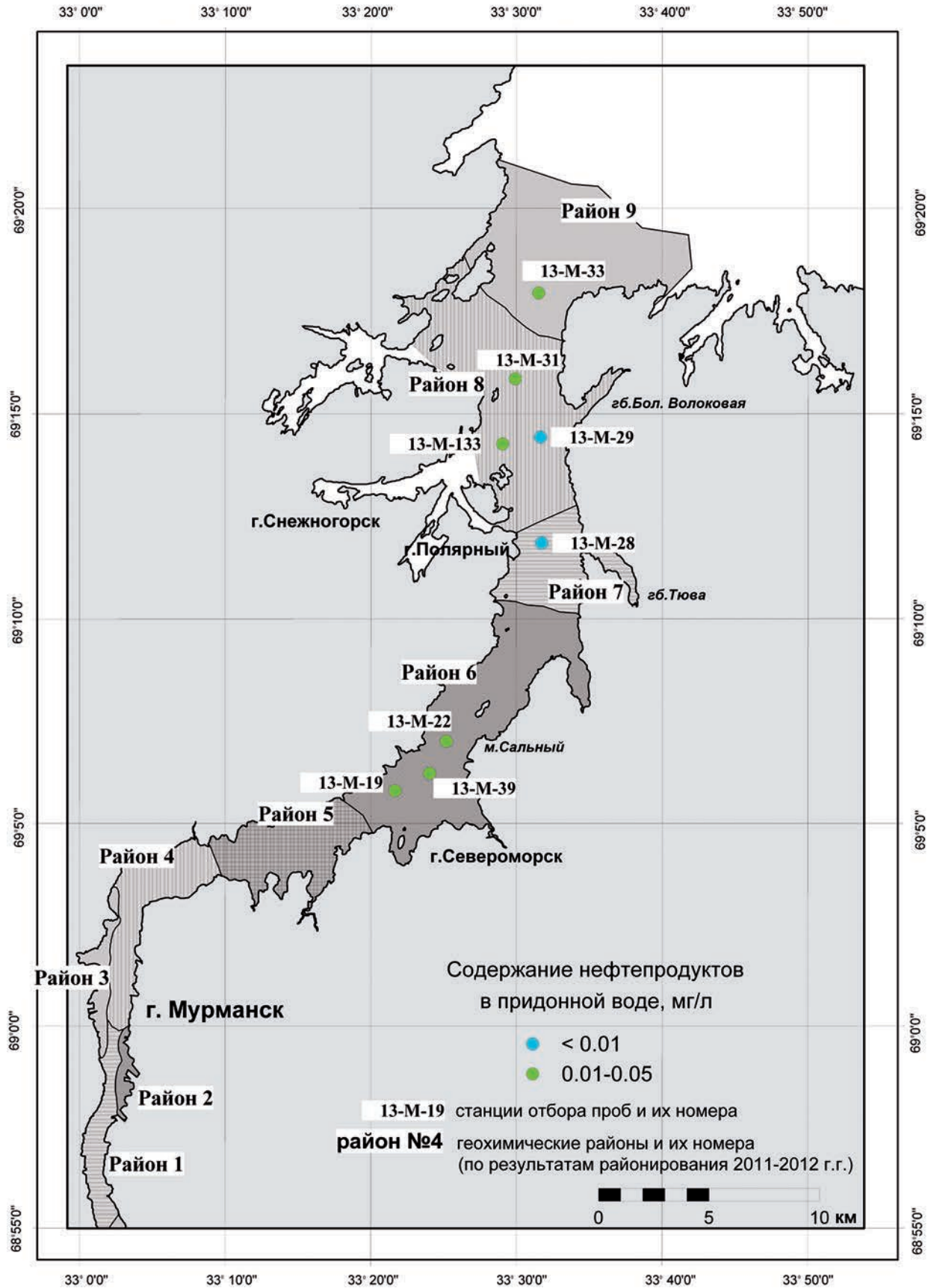


Рис. 9. Содержание нефтепродуктов в придонной воде (2013 г.).

в придонных водах значительно ниже, чем в грунте. Таким образом, придонные воды имеют слабощелочное рН, в то время как грунт характеризуется нейтральной щелочностью (рис. 10). Возможно, это определяется наличием органических кислот, которые образуются в процессе преобразования находящегося в осадке органического вещества, а более высокая неоднородность в распределении рН грунтов по сравнению с придонной водой может быть связана с неоднородным распределением в осадке органического вещества. Оценка влияния изменения физико-химических характеристик на особенности процессов миграции химических элементов, в том числе и токсичных, требует проведения более детальных исследований.

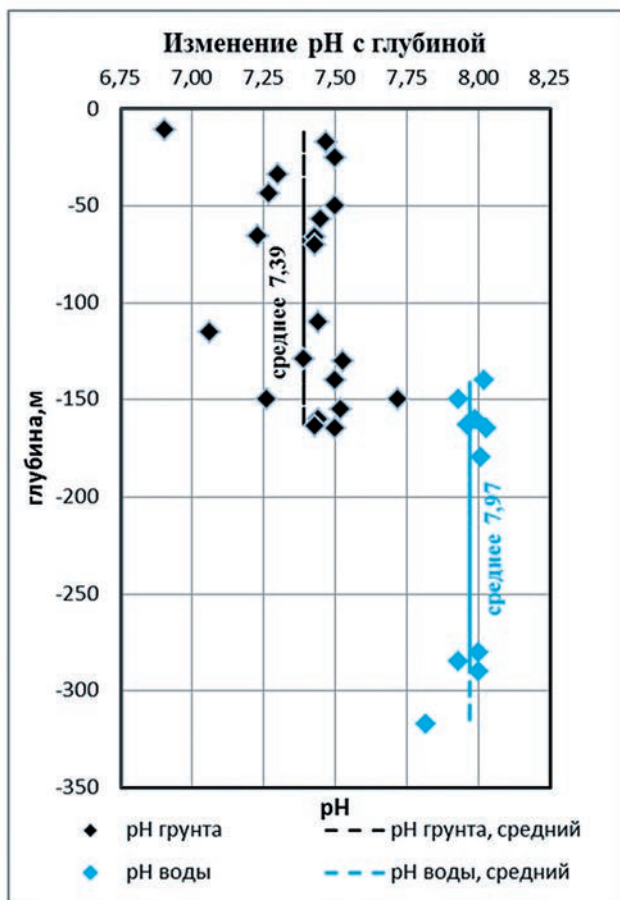


Рис. 10. Результаты измерения рН в донном грунте и придонной воде.

Анализ результатов гидрофизического зондирования показывает, что в пределах водной толщи залива могут быть выделены три основные зоны (рис. 11, 12): 1 – глубоководная (глубина моря более 90 м); 2 – переходная (от 10 м до 90 м); 3 – приповерхностная (до глубин около 10 м). Глубоководная зона характеризуется относительно стабильной, низкой (3–2°C) температурой воды, соленостью около 34‰, уменьшением концентрации растворенного кислорода до 10 ppm и ниже (рис. 11). Глубоководная зона является наиболее «консервативной» частью водной толщи со стабильными характеристиками. Переходная зона отличается постепенным снижением температуры с глубиной от 6–7°C до 3°C. Соленость в пределах данной зоны составляет около 32–33‰ и медленно возрастает с глубиной. Концентрация растворенного кислорода в переходной зоне наиболее высокая и превышает 10 ppm (рис. 11). Наиболее существенными от других зон отличиями характеризуется приповерхностная. В ее пределах температура воды достигает 11–12°C, а соленость резко падает до 22–29‰. Причем распределение поверхностного слоя к югу повышается, что свидетельствует об усилении влияния в этом направлении стока пресных вод. Наблюдается снижение концентрации растворенного кислорода до 8,7 ppm. Резкое изменение температуры и солености на нижней границе приповерхностной зоны говорит о существовании здесь термо – галоклина. В южном направлении его проявление становится более отчетливым.

Воды в Кольском заливе относятся в основном к нейтральному и слабощелочному классу. Характер распределения рН воды отличен от других физико-химических параметров. Существенных изменений величины рН в разрезе толщи воды не отмечается (рис. 12). На ряде станций с глубиной наблюдается незначительное снижение щелочности от рН 8,12 до рН 8,0. Непосредственно у поверхности на глубинах от 0,02 м до 1,4 м вода имеет рН 7,5 и менее. Станция № 39 резко отличается от других станций, на которых проводилось электрохимическое зондирование (рис. 12). Здесь

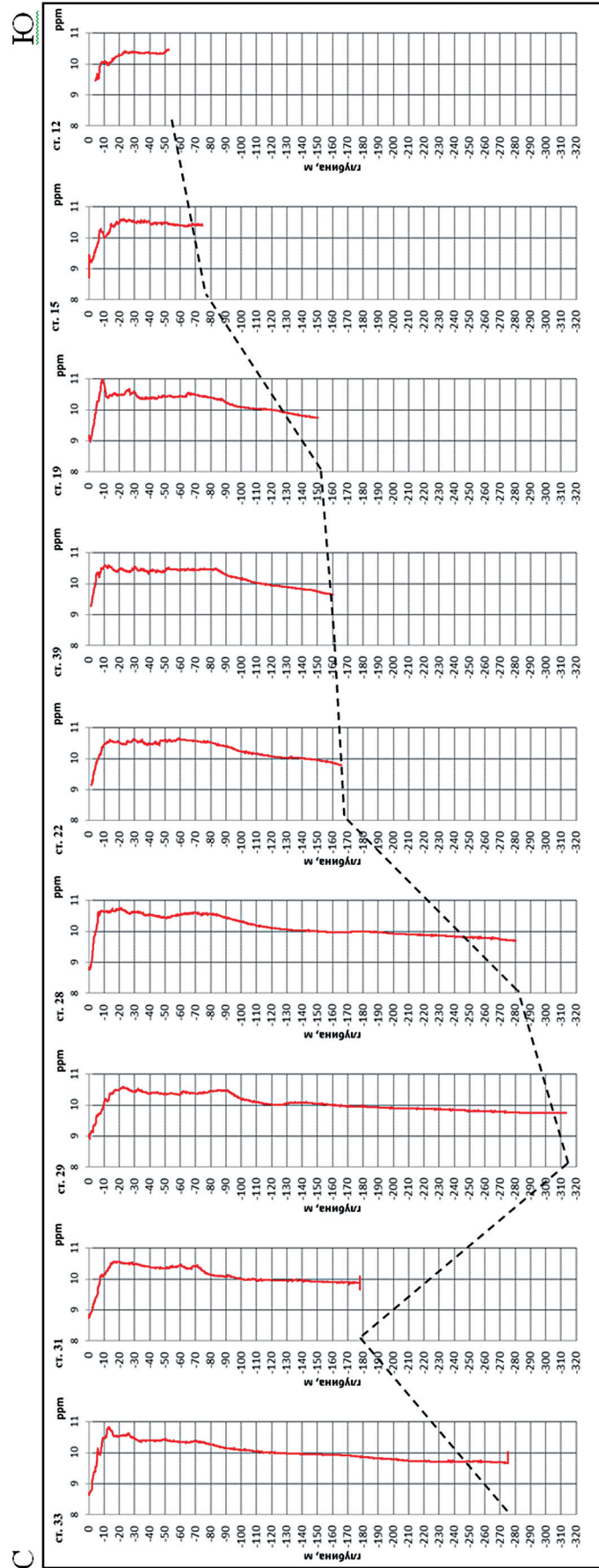


Рис. 11. Характер изменения концентрации растворенного кислорода по профилю от верховья Кольского залива к его устью.

Ю

С

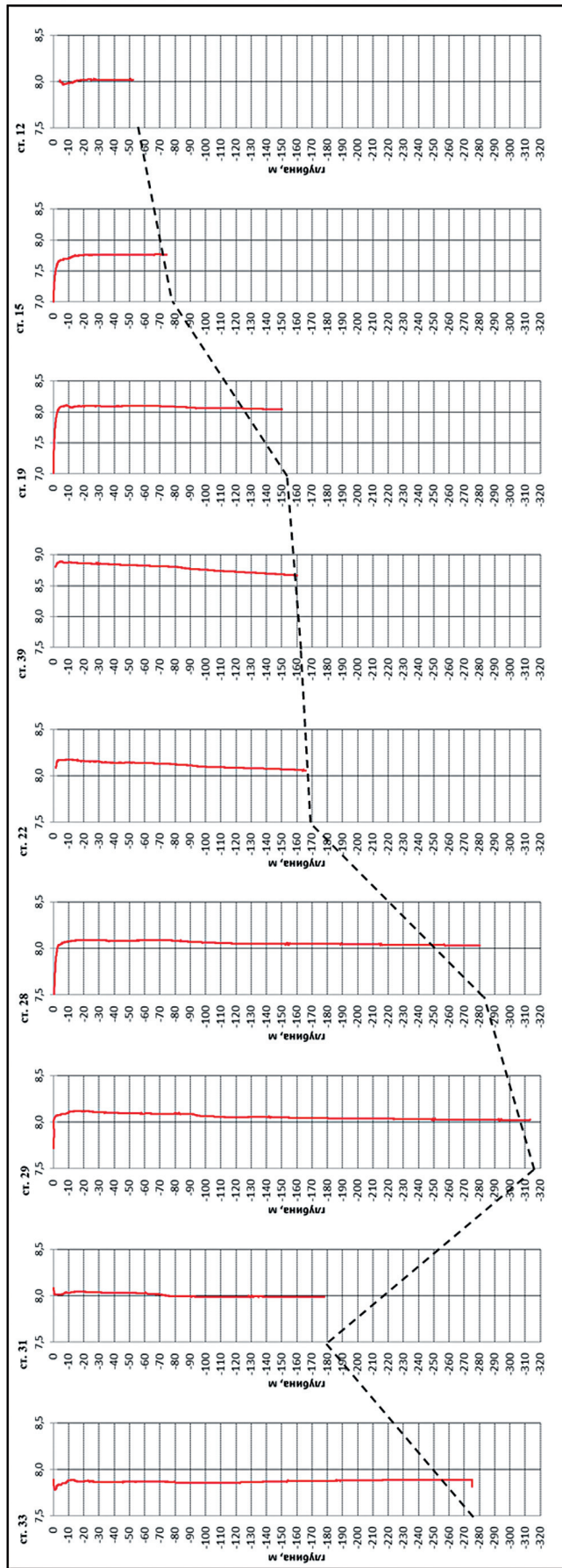


Рис. 12. Характер изменения pH воды с глубиной по профилю от верховья Кольского залива к его устью.

по всему разрезу воды относятся к сильнощелочному классу и имеют рН от 8,67 до 8,89. Данная станция располагается на траверсе г. Североморск, поэтому можно предполагать, что изменение щелочно-кислотных характеристик воды в этой области акватории связано с деятельностью Военно-морского флота.

Гидрогеохимические исследования показали, что в придонных водах концентрации большинства проанализированных химических элементов ниже ПДК для вод водных объектов, используемых для рыбохозяйственных целей (рис. 13). В то же время, концентрации, превышающие ПДК, установлены для Рb (ст. 13М-19), Сг (ст. 13М-19, 133). Концентрации Си выше ПДК на всех станциях, кроме 13М-22, 29.

Северное колено Кольского залива представляет собой субмеридиональный отрезок одного из грабенов Мурманского тектонического блока. В составе коренных пород, слагающих берега, преобладают олигоклазовые граниты, а на южной границе участка обнажаются гранито-биотитовые и биотитовые гнейсы (северо-восточный берег губы Ваенга). Абсолютно преобладает сочетание фиордового и фиардового типов берега, характеризующихся предельными уклонами склонов, резкими перепадами высот-глубин в береговой зоне и наличием устьевых порогов-ригелей. Наиболее типичные черты фиорда имеет губа Большая Волоковая. Морфологическая специфика берегов и дна прибрежных акваторий северного колена Кольского залива обуславливает в ряде случаев трудность выделения его береговой зоны, как площадного объекта. Преобладающими на большем протяжении берега, здесь являются очень крутые, близкие к отвесным, уступы тектонического происхождения (рис. 14). Такой их генезис подчеркивается системами трещин, наличием сбросовых уступов, смещенных блоков (обвалов), «зеркал» скольжения и т.п. На четко выраженные черты тектонического рельефа «наложено» не менее активное воздействие материкового оледенения. Фиксируются специфические формы ледниковой экзарации в виде ледниковых штриховых «курчавых скал», «бараньих лбов»,

экзарационных сколов и скоплений валунного материала (рис. 14). У подножия уступа местами формируются глыбовые осыпи. Аккумулятивный тип берега в Северном колене развит очень локально (рис. 15).

Современные береговые процессы могут быть представлены в виде смены различных типов воздействия, куда входят:

1. Расширение и углубление отдельных трещин при замерзании внутрипородных и поверхностных вод, что приводит к процессу расширения трещиноватости откалывания породных блоков (рис. 16, 17);

2. «Выщербление» зон трещиноватости за счет морозного выветривания и образования скальвающих моментов;

3. Обработка скальной поверхности за счет ударной силы волнения, дополненной силой удара перемещаемого обломочного материала (щебень, галька, гравий и мелкие валуны) и плавучего льда.

Аккумулятивный тип берега в Северном колене развит в устьевой части губы Средней, между мысами Чирковый и Сампонавлок, и к северу от мыса Сальный (рис. 15). Редкие субгоризонтальные или слабонаклонные поверхности берегового рельефа имеют фрагментарный покров рыхлых отложений. Чаще всего это песчано-щебенистые с алевроглинистым наполнителем образования, подверженные склоновым нивальным денудационным процессам. В этом случае отмечаются 1–2 и более террасовых уровней, фрагментарно приуроченных к изгибам береговой линии (мелким бухтам). Крайне редко четвертичные отложения попадают в зону волнового воздействия с образованием невысоких (до 5–7 м) абразионных уступов со свежими следами абразии. В ряде мест можно наблюдать линию примыкания аккумулятивного участка береговой зоны к ее скальной разновидности (рис. 17). Наиболее значительную форму современной аккумуляции представляет собой пляж к северу от мыса Сальный (рис. 15). Пляж в виде дугообразной формы протяженностью более 500 м обращен фронтом в сторону преобладающего волнения. Главной

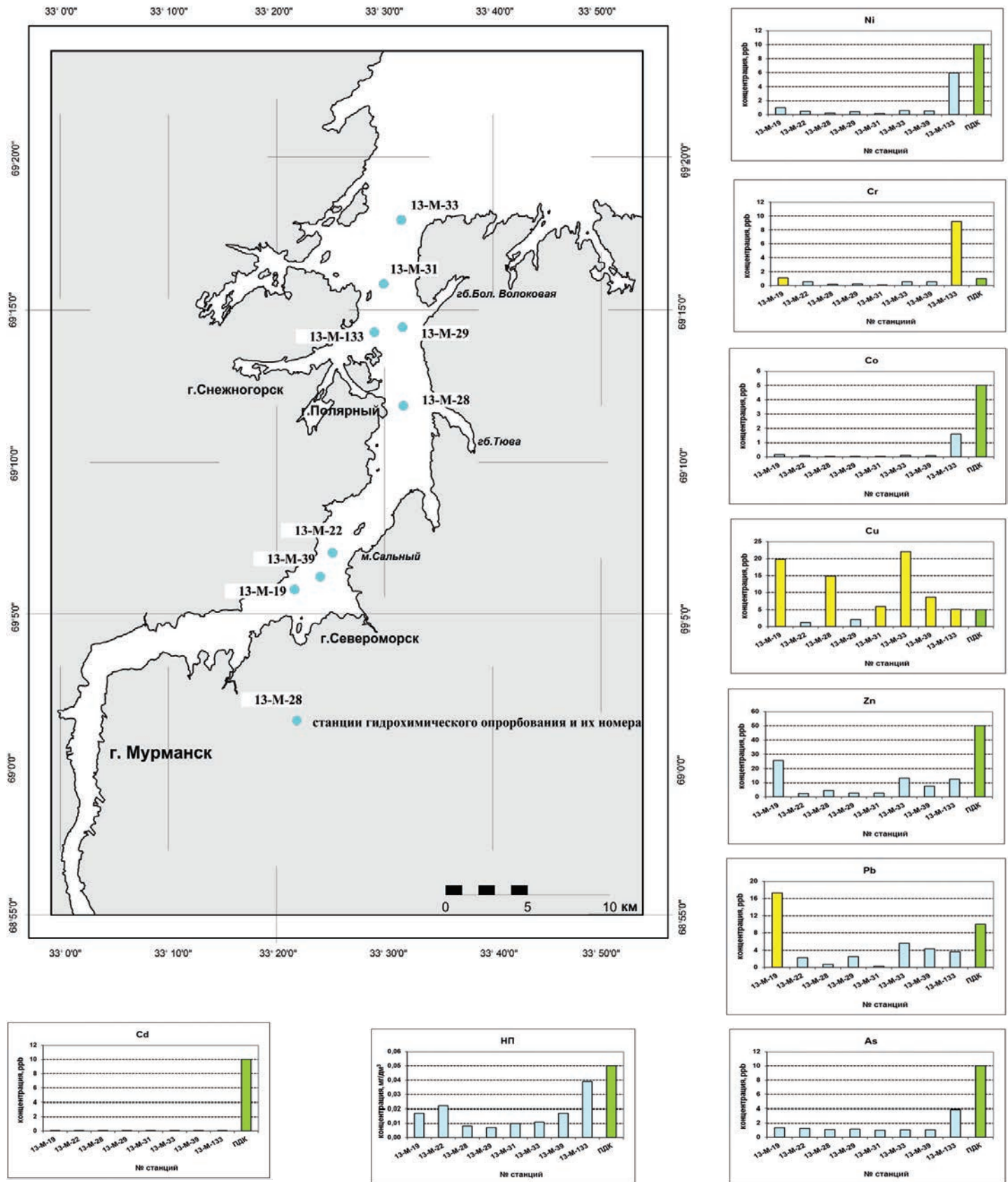


Рис. 13. Уровни загрязнения придонных вод Кольского залива.

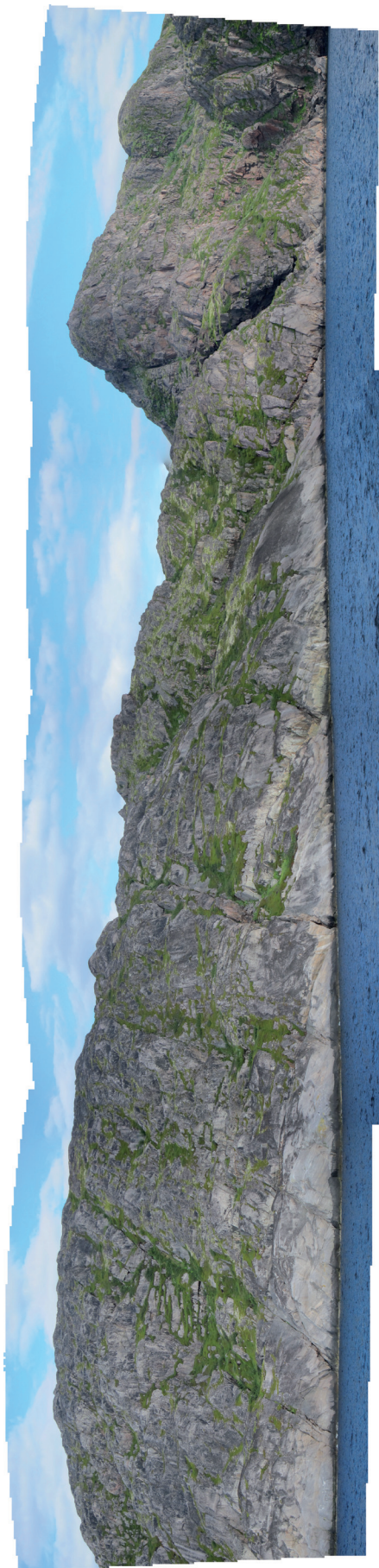


Рис. 14. Скальный восточный берег Северного колена Кольского залива в районе мыса Летинский.



Рис. 15. Аккумулятивный тип берега – пляж в районе мыса Сальный.

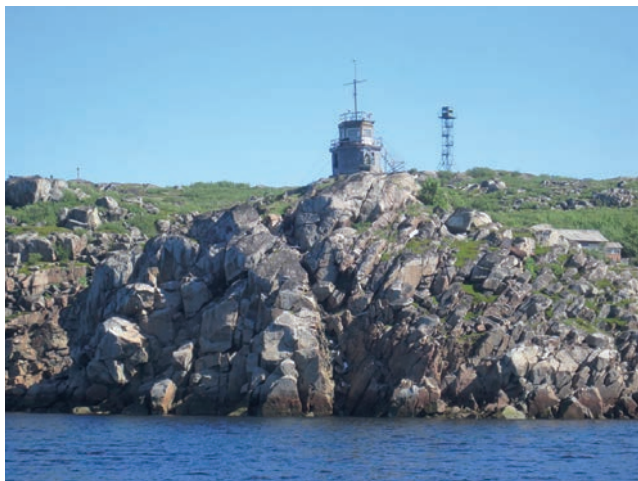


Рис. 16. Обвально-осыпной склон в береговой зоне Тюва-Губы. Откалывание породных блоков при замерзании внутрипородных и поверхностных вод.



Рис. 17. Примыкание аккумулятивного участка береговой зоны к ее скальной разновидности.

причиной образования этой формы аккумуляции может служить «торможение» вдольберегового потока наносов у выступа мыса Сальный и общее сужение акватории между материковым восточным берегом залива и островом.

Низкая степень антропогенной освоенности этой части береговой зоны обуславливает ее сохранение в близком к естественному состоянию, что не исключает негативного воздействия

в виде загрязнения (прежде всего, нефтяного). Главную геологическую опасность в береговой зоне представляют гравитационные перемещения породных блоков и дезинтегрированного обломочного материала. Особым случаем проявления таких опасностей следует считать высокую степень возможности проявления сейсмических явлений с обвалами, оползнями, осовами с возможными затоплением берегов.

КОНТРОЛЬНЫЙ ПОЛИГОН «ДВИНСКОЙ ЗАЛИВ» (БЕЛОЕ МОРЕ)

Комплексные геолого-геохимические работы в пределах морской акватории полигона «Двинской залив» проводились в основном по точкам мониторинга предшествующих лет (рис. 18).

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) и Норвежского (SFT) (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 (табл. 3).

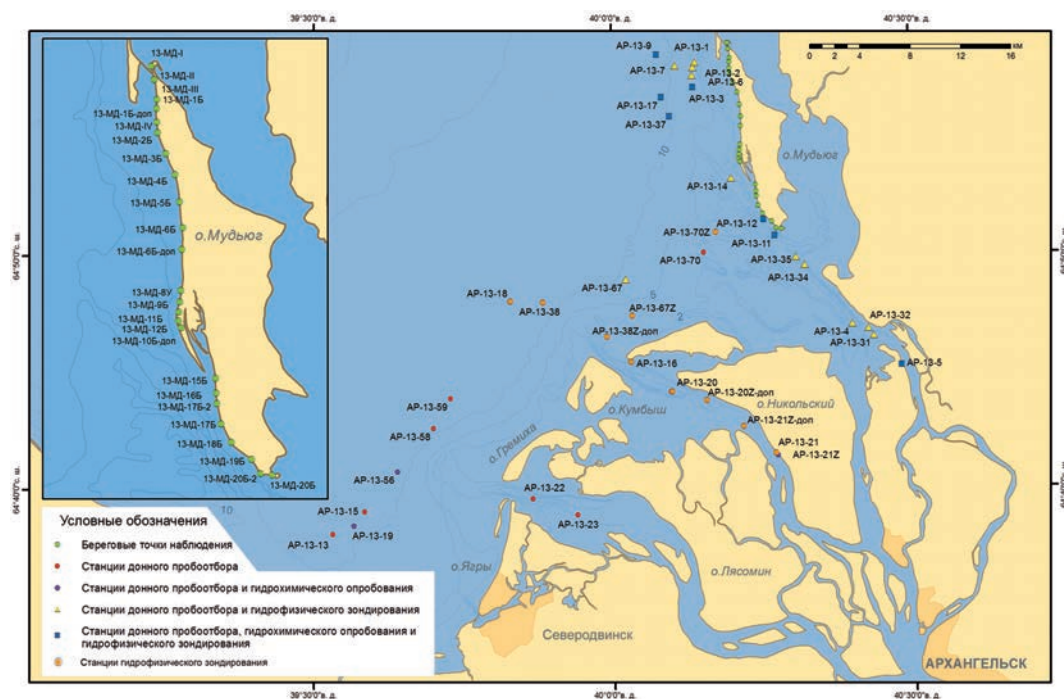


Рис. 18. Карта фактического материала полевых работ 2013 г.

Статистические параметры распределения, нормируемых (WGMS 2003 – SSQC, SFT) компонентов в донных осадках восточной части Двинского залива (ppm)

Элементы	Число проб	Минимум	Максимум	Среднее арифметич.	Среднее медианное	Ст. откл. δ
V	35	9,90	73,00	26,17	24,00	12,70
Cr	35	18,00	126,00	69,06	68,00	25,97
Ni	35	7,80	51,00	20,25	18,00	9,40
Cu	35	8,30	29,00	14,24	13,00	4,76
Pb	35	4,00	13,00	8,81	8,60	2,26
Zn	35	11,00	60,00	28,40	23,00	14,65
As	35	1,58	8,43	4,71	5,39	2,18
Co	35	3,36	18,60	10,91	11,75	4,49
Hg	35	0,01	0,05	0,03	0,03	0,01
Cd	35	<0,1	0,21	*	*	*

* в 32 пробах из 35 измеренных, концентрации Cd ниже порога обнаружения, в связи с чем расчет статистических параметров распределения невозможен.

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, SFT).

Участки с аномальными концентрациями Pb и Zn расположены в зонах дампинга в районе северо-западной оконечности о. Мудьюгский и в устье Маймаксы (комплексная аномалия в т.н. AP-13-32), а также в районе Северодвинска и напротив устья Мурманского рукава Северной Двины. Аномальные концентрации Cr, V, Ni и Hg отмечены в единичных случаях. Аномалии по Cu, As, Co (при $Q = 5\%$) не зафиксированы.

Наибольшее загрязнение донных осадков обусловлено Cr (II и III классы загрязнения WGMS 2003 и II класс по SFT) (рис. 19). Загрязненные Cr участки расположены в тех же районах. Рассматривая поведение Cr в донных осадках, можно предположить, что его распределение связано в основном с исходным

минералогическим и геохимическим составом осадков, о чем в частности говорит тесная корреляционная связь между Cr и Zr. Наличие значительного техногенного источника Cr маловероятно.

Аномальная концентрация Hg зафиксирована в т.н. AP-13-70 у восточной оконечности о. Мудьюгский. Кроме того, загрязнение Hg, относящееся по классификации WGMS 2003 к II классу – небольшое, зафиксировано отдельными точками в зоне дампинга в районе северо-западной оконечности о. Мудьюгский, в районе Северодвинска, и напротив устья Мурманского рукава (рис. 20).

Загрязнение Cu, относящееся по классификации WGMS 2003 к II классу – небольшое, зафиксировано отдельными точками в районе зоны дампинга № 150 и в устье Маймаксы, а также в районе устья Мурманского рукава (рис. 21). Загрязнение Co отмечено на участках, расположенных в зонах дампинга, находящихся в районе северо-западной оконечности о. Мудьюгский и в устье Маймаксы. Слабое

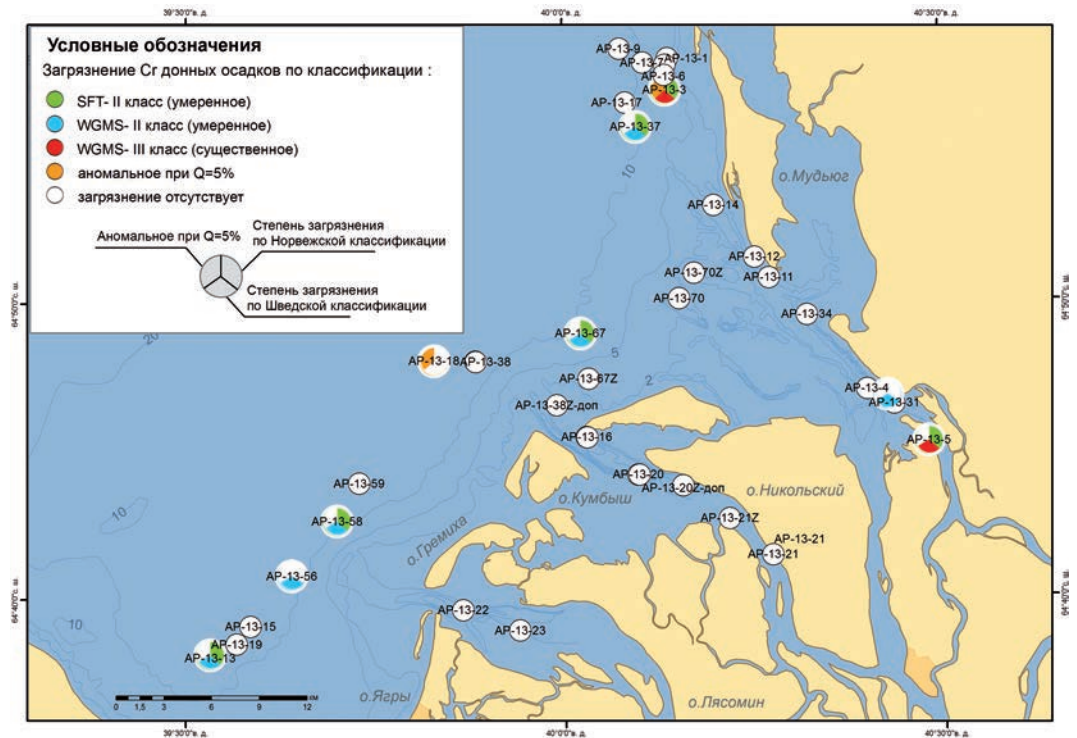


Рис. 19. Схема площадного распределения концентраций Сг в донных осадках по классам загрязнения.

загрязнение Ni и Cd II (класс WGMS 2003) отмечено на одиночных станциях.

Исходя из вышеизложенного, участками локального обогащения донных осадков загрязняющими элементами являются районы, при-

легающие к зонам дампинга у о. Мудьюгский и в устье Маймаксы. Источником поступления поллютантов в донные осадки, очевидно, и являются сами зоны дампинга. Кроме того, выделяется площадь локального загрязнения в

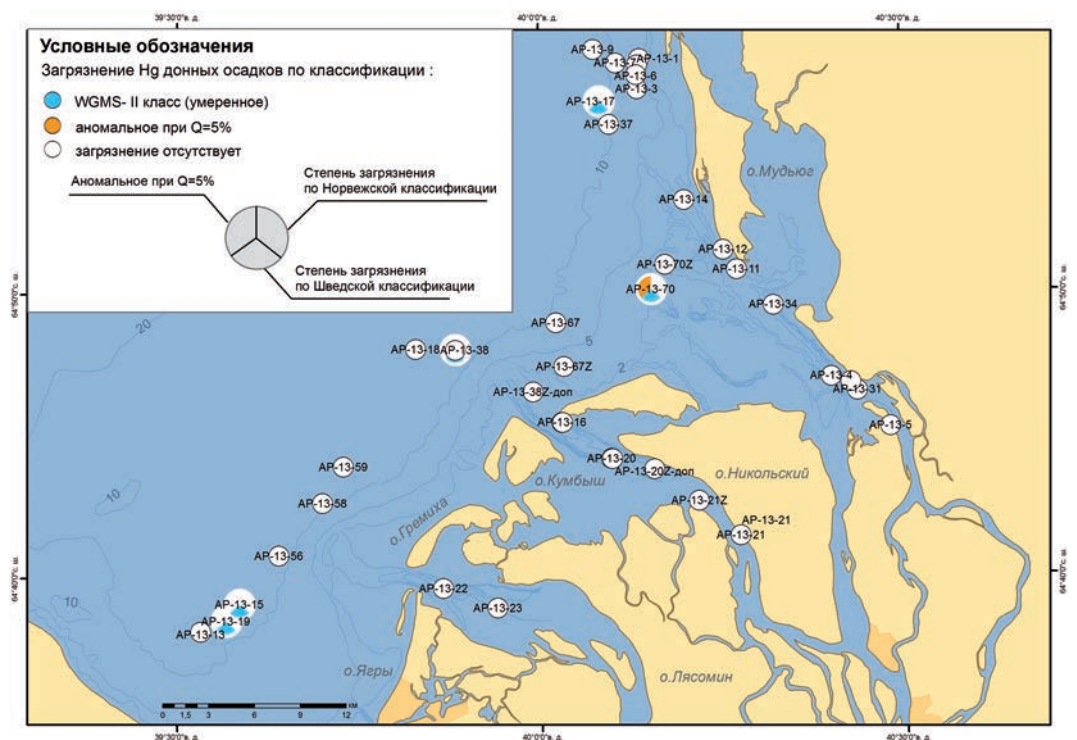


Рис. 20. Схема площадного распределения концентраций Hg в донных осадках по классам загрязнения.

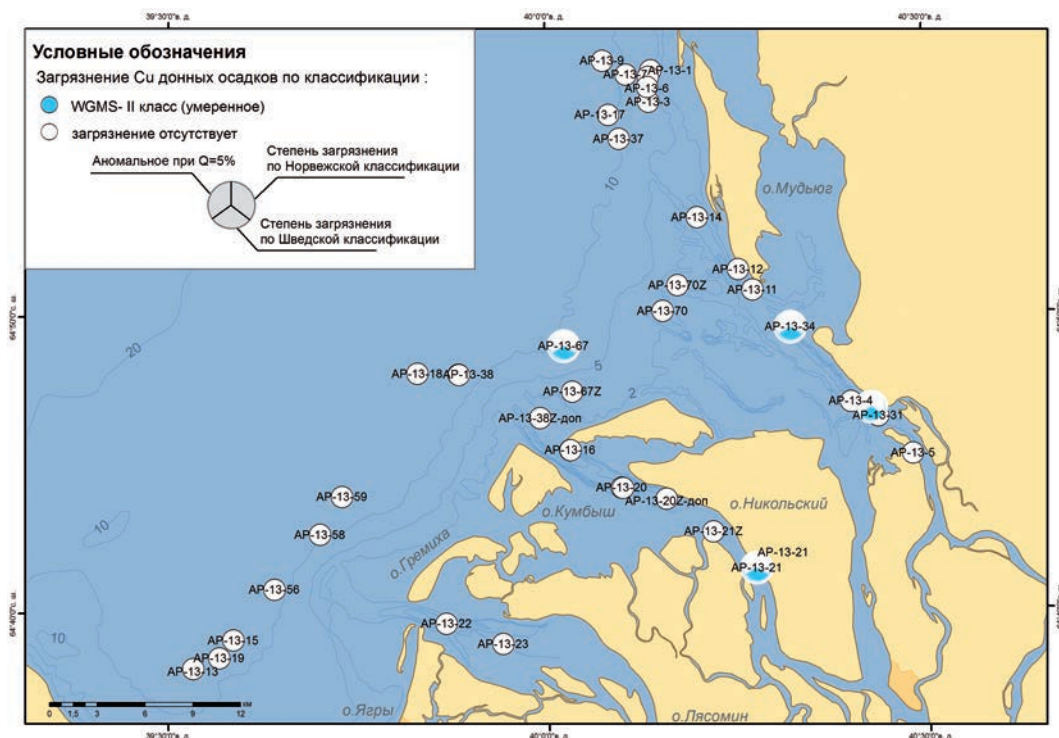


Рис. 21. Схема площадного распределения концентраций Си в донных осадках по классам загрязнения.

районе Северодвинска и слабопроявленная зона в районе устья Мурманского рукава Северной Двины. В целом уровень загрязнения донных осадков можно признать незначительным.

Обработка массива данных по распределению химических компонентов в осадках с

использованием факторного анализа методом главных компонент позволила получить достаточно интересные результаты. Анализ распределения факторных нагрузок (рис. 22) не позволяет выделить четких ассоциаций химических элементов в донных осадках. Все принятые

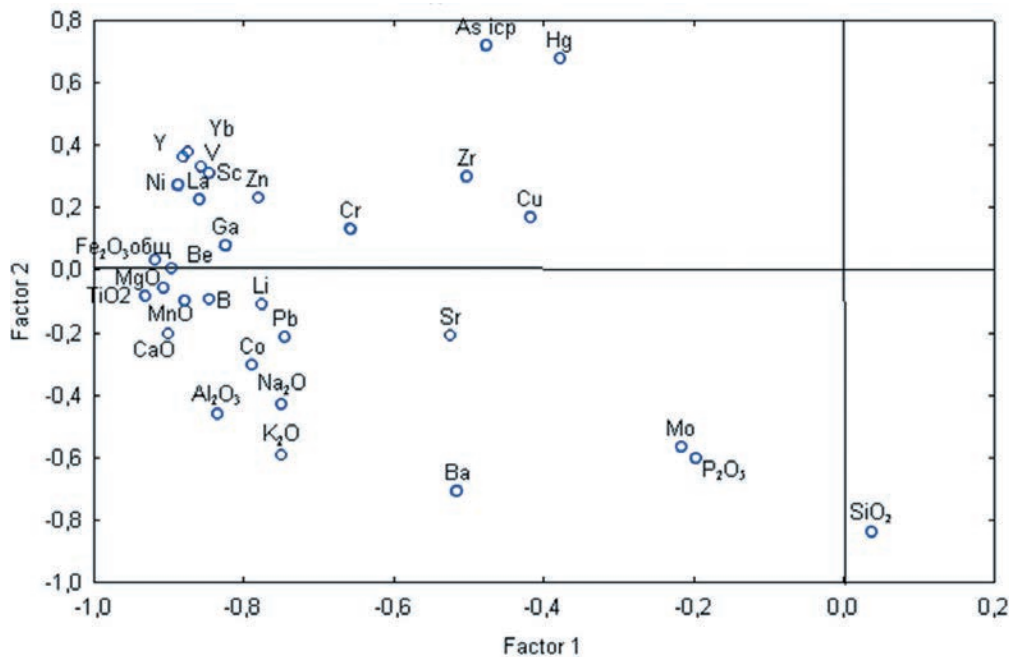


Рис. 22. Диаграмма факторных нагрузок для концентраций химических элементов в донных осадках.

в расчет микрокомпоненты, в разной степени тяготеют к группе породообразующих элементов, исключение из которой представляет SiO_2 , не входящий в выделенную ассоциацию. Из нормируемых по классификациям (WGMS 2003 – SSQC, SFT) элементов, наиболее тесную связь с породообразующими проявляют Ni, Pb, Zn, Co, V. В несколько меньшей степени к ним тяготеют Cu, As, Hg. Промежуточное положение занимает Cr.

Результаты факторного анализа указывают на отсутствие существенных наложенных процессов, в заметной степени влияющих на геохимическую ситуацию в пределах площади.

Распределение химических элементов главным образом обусловлено исходным минеральным и химическим составом донных осадков, и влияние техногенной компоненты в данном случае можно считать достаточно ограниченным. Вероятно, техногенное воздействие частично обуславливает распределение таких элементов как Cu, As, Hg, о чем говорит их несколько обособленное положение на диаграмме факторных нагрузок.

Рассматривая основные формы нахождения изучаемых химических элементов в донных осадках, можно отметить, что водорастворимые формы характерны лишь для Cu (рис. 23).

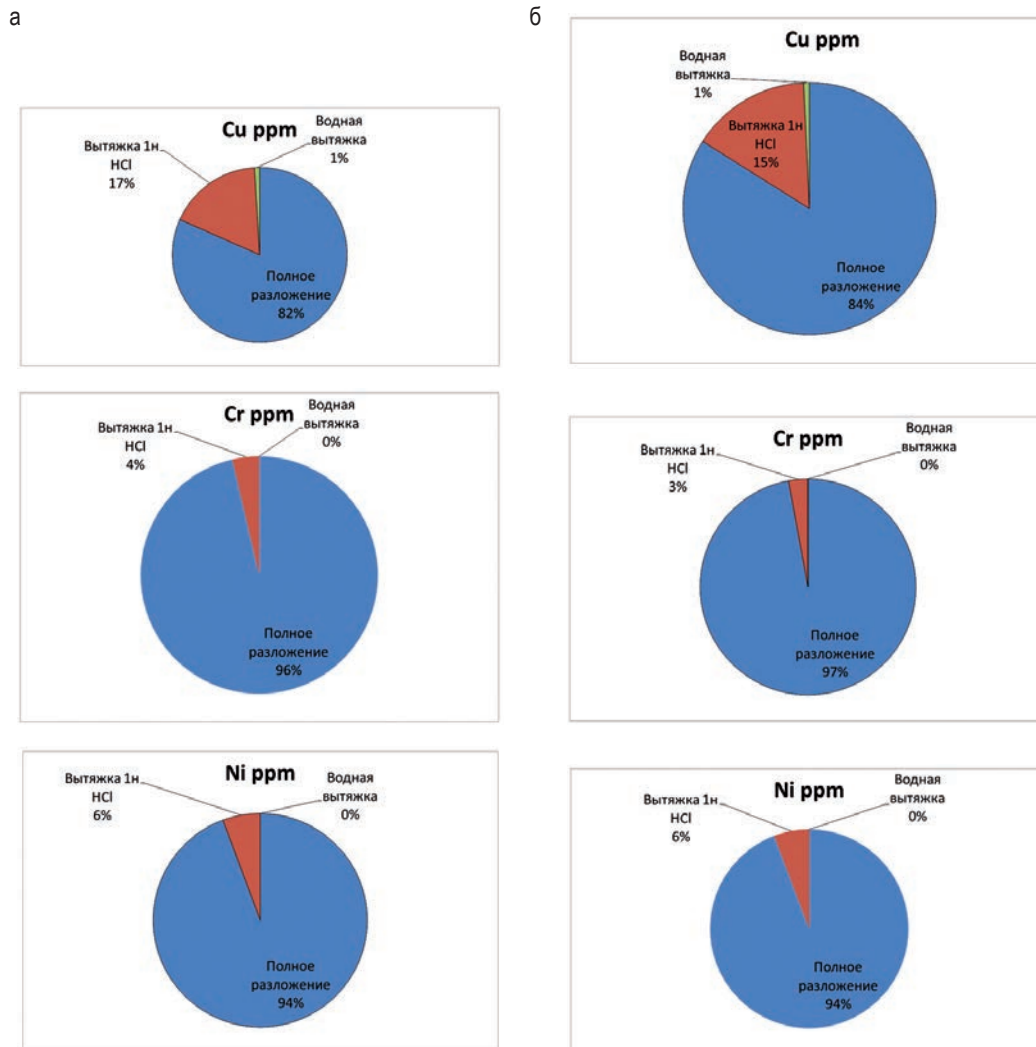


Рис. 23. Формы нахождения Cu, Ni, Cr в донных осадках восточной части Двинского залива: а – т.н. AP-13-15, б – т.н. AP-13-32.

Слабокислотная вытяжка, разрушающая карбонаты, гидроксилы и некоторые другие соединения извлекает (15–17)% Cu, (3–4)% Cr и приблизительно 6% Ni. Преобладают труднорастворимые формы (Cr 96–97%, Ni 94%), то есть вероятнее всего эти элементы входят в состав труднорастворимых минералов. Таким образом, можно предположить, что только для Cu вклад техногенной составляющей играет существенную роль (не более 18%). Содержание Cr и Ni вероятно обусловлено главным образом исходным минеральным составом донных осадков. Вклад техногенной составляющей играет подчиненную роль (не более 6% для Ni и 3–4% для Cr). Приведенные результаты в целом подтверждают результаты факторного анализа.

На площади исследований, техногенные радионуклиды (^{137}Cs , ^{60}Co) в донных осадках содержатся в весьма незначительных количествах. Удельная активность ^{137}Cs колеблется в интервале от величины менее МДА (минимально детектируемая активность) до 11 Бк/кг, ^{60}Co в интервале от величины менее МДА до 4.8 Бк/кг на сухую массу.

В целом, наблюдаемые значения уровней загрязнения донных отложений ^{137}Cs в восточной части Двинского залива, включая площади, примыкающие к производственному комплексу в городе Северодвинск, не превышают уровней глобального загрязнения донных отложений северных морей европейской территории России,

которые в зависимости от их литологических особенностей колеблются от 0.3 Бк/кг до 14.3 Бк/кг. Мониторинг, проводимый в течение ряда лет Гидрометеослужбой Архангельска и ВСЕГЕИ, показывает общую тенденцию к уменьшению удельной активности ^{137}Cs в донных осадках района, начиная с 2009 года (рис. 24).

Результаты определения нефтеуглеводородов (НУВ) в воде и донных осадках приведены в табл. 4, 5.

Из приведенных в табл. 4 данных видно, что содержание НУВ в поверхностных и придонных водах устья Северной Двины и акватории восточной части Двинского залива не превышает ПДК для морских вод (Приказ..., 2010, Сборник..., 1991), составляющее 0.05 мг/дм³, и ПДК для питьевых вод (СанПиН 2.1.4.559..., 1996), составляющее 0.1 мг/дм³.

Обращает на себя внимание отсутствие загрязнения в районе поступления нефтепродуктов в Мурманский рукав (Ст. АР-13-21). Работами 2012 года на этой станции отмечено загрязнение с содержанием НУВ 0.16 мг/дм³. Вероятным объяснением этому может являться то, что опробование на станции АР-13-21 проводилось во время прилива, при этом происходило разбавление загрязненных вод и их перенос вверх по течению реки.

ПДК содержания нефтепродуктов в донных осадках в России официально не установлены,

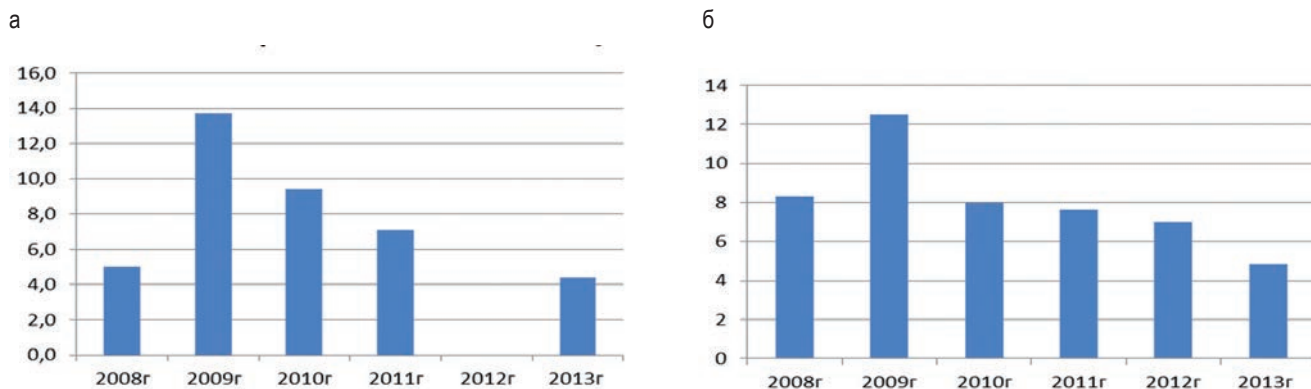


Рис. 24. Гистограмма изменения активности ^{137}Cs : а – т.н. АР-13-15 (в 2012 году проба не отбиралась), б – т.н. АР-13-13.

Таблица 4

Содержание нефтеуглеводородов (НУВ) в поверхностных и придонных водах (мг/дм³)

точка отбора	AP-13-56 поверхность	AP-13-12 поверхность	AP-13-18 поверхность	AP-13-18 придонная	AP-13-21 поверхность	AP-13-21 придонная
НУВ	0.04	0.02	0.04	0.04	0.03	0.04

Таблица 5

Содержание нефтепродуктов в донных осадках (мг/кг сухого грунта)

1	точка отбора	AP-13-12	AP-13-15	AP-13-21	AP-13-38
2	содержание	<5	<5	21	189

поэтому использовались региональные нормативы, разработанные ОАО «Ленморниипро-ект» (Нормативы..., 1996). Согласно данному нормативу донные осадки станций AP-12-12, AP-12-15, AP-12-21 относятся к классу «0» – чистые отложения. Донные осадки станции AP-13-38 относятся к классу «1» – слабозагрязненные. Вероятно, на станции AP-13-38, расположенной напротив устья Мурманского рукава, куда поступают нефтепродукты, тяжелые НУВ начинают накапливаться в донных осадках. Причиной этому может служить частичная сорбция тяжелых НУВ донными осадками, либо их поступление в донные осадки с

глинистыми частицами, обогащенными НУВ в наземных условиях, а затем смытыми в акваторию залива.

Анализ загрязнения донных осадков хлорорганическими пестицидами (ХОП), полихлорированными бифенилами (ПХБ) и бенз(а)пиреном (БП) показал во всех пробах концентрации ниже порога обнаружения (табл. 6).

В пробах придонных вод лишь на станции AP-13-9 отмечена значимая концентрация бенз(а)пирена – 0.0007 мкг/кг, что меньше значения ПДК для водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования = 0.001 мкг/кг. Таким образом, заметного

Таблица 6

Пороги обнаружения определяемых токсикантов в пробах донных отложений и воды

Для донных отложений				
ПХБ, мкг/кг	ХОП, мкг/кг			БП, мкг/кг
	∑ ГХЦГ	ГХБ	∑ ДДТи метаболиты	
<10	<2	<2	<10	<5
Для воды				
ПХБ, мкг/кг	ХОП, мкг/кг			БП, мкг/кг
	∑ ГХЦГ	ГХБ	∑ ДДТи метаболиты	
<0.01	<0.01	<0.005	<0.01	<0.0005

Концентрации тяжелых металлов в воде Двинского залива и приустьевой части реки Северная Двина (мкг/дм³)

№ т.н.	Cr	Co	Ni	Cu	Zn	As	Cd	Pb	Hg
AP-13-4	0,42	0,13	0,8	<1	8,89	0,89	0,099	0,99	<0.3
AP-13-5	0,47	0,22	0,9	<1	12,7	0,77	0,11	0,81	<0.3
AP-13-9	0,34	0,12	0,6	1,08	15,7	0,65	0,3	1,32	<0.3
AP-13-11	0,42	0,16	0,59	<1	6,71	0,83	0,1	0,6	<0.3
AP-13-12	0,38	0,12	0,67	<1	7,13	0,75	0,17	0,99	<0.3
AP-13-17	0,5	0,18	0,73	1,32	13,6	0,71	0,45	1,52	<0.3
AP-13-37	0,3	0,16	0,6	<1	16	0,77	0,16	0,87	<0.3
AP-13-20	0,4	0,17	0,85	<1	8,5	0,93	0,066	0,78	<0.3
AP-13-21	0,41	0,25	1,01	<1	9,46	1,21	0,073	0,9	<0.3
AP-13-18	0,27	0,075	0,35	<1	3,1	0,69	0,051	0,3	<0.3
AP-13-19	0,29	0,1	0,58	<1	5,99	0,75	0,062	0,5	<0.3
AP-13-56	0,17	0,068	0,42	<1	2,82	0,74	0,054	0,24	<0.3

загрязнения акватории восточной части Двинского залива данными токсикантами не выявлено.

Результаты определения тяжелых металлов в придонной воде приведены в табл. 7. Во всех измеренных пробах концентрации определяемых микрокомпонентов в воде имеют значение существенно ниже ПДК для морских водоемов, используемых для рыбохозяйственных целей (Нормативы..., 1996). Исключение представляет станция AP-13-21 на которой ПДК по содержанию Ni было незначительно превышено (1,01 мкг/дм³, при значении ПДК 1,0 мкг/дм³).

Сопоставляя полученные данные с результатами гидрохимических работ 2012 года можно отметить, что для точек наблюдения, расположенных в приустьевой части р. Северная Двина, концентрации определяемых металлов, либо остаются на прежнем уровне, либо имеют тенденцию к уменьшению. Исключением является станция AP-13-21, расположенная в районе

поступления нефтепродуктов в Мурманский рукав. В пробах воды, отобранной на станции AP-13-21, по отношению к данным 2012 года заметно повысились концентрации Co, Zn, As, Cd, Pb.

Для станций, расположенных в восточной части Двинского залива, динамика изменения содержаний определяемых микрокомпонентов разнонаправленна. На части станций концентрации либо остаются на прежнем уровне, либо имеют тенденцию к уменьшению. Наиболее типичной станцией такого типа является AP-13-18, где содержание Ni снизилось в 2 раза, содержание Zn снизилось в 2.6 раза, содержание Cd в 1.5 раза, Pb в 1.5 раза, Cu с 1.55 мкг/дм³ упало до значения ниже порога обнаружения.

При этом отмечены станции, где фиксируется повышение концентраций Co, Zn, Cd, Pb. Так по отношению к 2012 году на станции AP-13-17 концентрации Co увеличилась в 5 раз, Zn в – 3.7 раз, Cd в – 7.5 раза, Pb в – 3.4 раза.

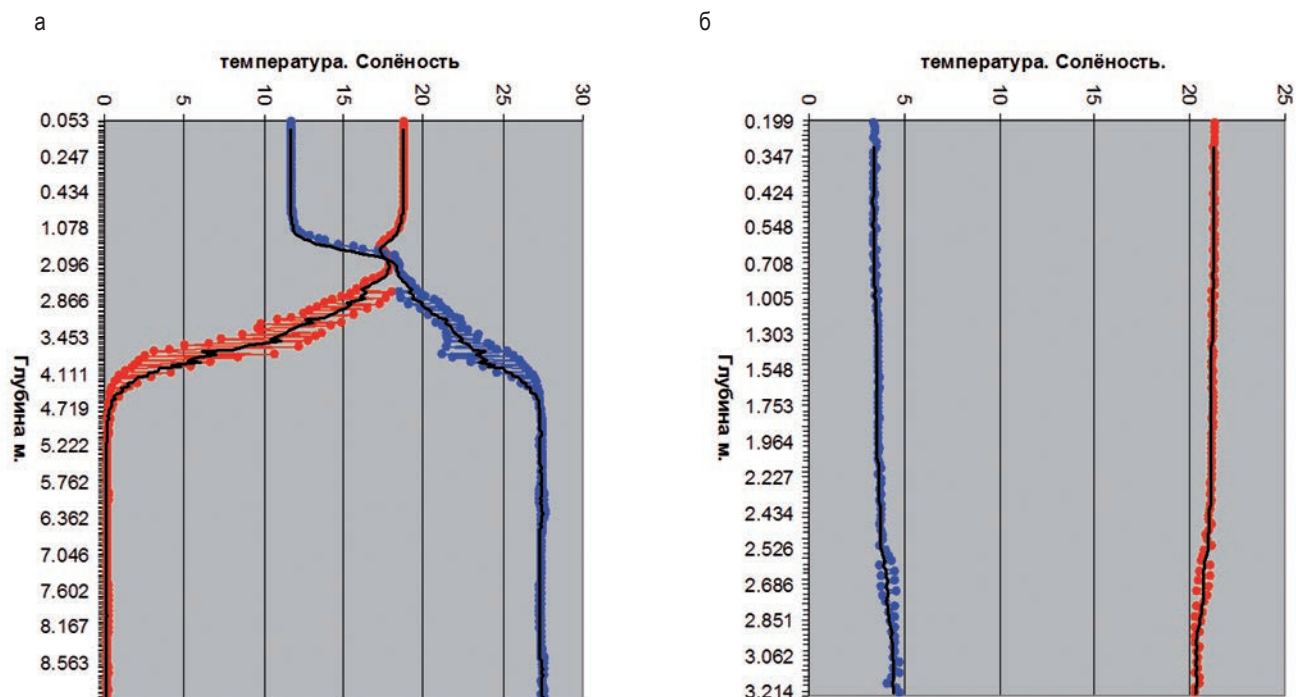


Рис. 25. Примеры распределения гидрофизических параметров (красная линия – температура °С, синяя линия – солёность ‰ – спуск-подъём). Черным цветом показана усредняющая линия тренда: а – т.н. AP-13-6, б – т.н. AP-13-21Z доп.

Общих закономерностей, обосновывающих процессы увеличения или уменьшения концентрации поллютантов, на настоящий момент установить не удалось. Однако следует отметить, что станции со значительным повышением концентраций отдельных поллютантов, в пределах Двинского залива, сосредоточены в районе острова Мудьюгский.

Гидрофизические исследования (июль 2013 г.) показали два типа разрезов водной толщи. В восточной части Двинского залива выявлена резкая стратификация водной толщи по температуре и солёности. Начиная с глубин 1–2 метра, происходит резкое скачкообразное падение температуры и увеличение солёности воды (рис. 25а). Затем на глубинах от 4 до 7 метров, в зависимости от общей глубины моря, изменение температуры и солёности так же скачкообразно прекращается, графики изменения этих параметров выходят на асимптоту, оставаясь практически постоянными вплоть до дна. Скачок изменения температуры для

различных станций составляет 19–21°C, скачок изменения солёности 11–16‰ (в среднем – 13.5‰). Градиент изменения температуры колеблется в интервале от 3.6°/м до 8.2°/м, а градиент изменения солёности колеблется в интервале от 2.1‰/м до 8.2‰/м. Наличие устойчивых по площадному распространению и гидрофизическим характеристикам термоклина и галоклина вероятнее всего обусловлено заточками холодных и более солёных вод из глубоководной впадины центральной части Белого моря.

Второй тип разрезов характерен для устьевой части р. Северная Двина. В данном случае стратификация водной толщи по температуре и солёности крайне незначительна или отсутствует. На рис. 25б показан типичный пример вертикального распределения по разрезу температуры и солёности на приустьевых участках р. Северная Двина.

Гидрофизические параметры Eh, pH и O₂ в пределах одной станции измерения по всему

разрезу водной толщи малоизменчивы. В целом, и для акватории восточной части Двинского залива, и для приустьевой части р. Северная Двина характерна окислительная обстановка, Eh варьирует в интервале от +65.67 до +169.48. Причем, как правило, окислительный потенциал вод Северной Двины несколько выше, чем вод залива. Водородный показатель рН варьирует в интервале 7.30–7.79, то есть воды можно отнести к очень слабощелочным. Кислородный режим акватории в целом достаточно стабилен. Концентрация растворённого кислорода O_2 колеблется в интервале 7.48–10.11 ppm, то есть концентрация растворенного кислорода превышает минимум, установленный ПДК для морских водоемов, используемых в рыбохозяйственных целях (Приказ..., 2010), составляющий 6 мг/дм³ (для ценных пород рыбы) и 4 мг/дм³ для остальных пород.

Гидрофизическая характеристика водной толщи, вероятно, отчасти объясняет отсутствие в кутовой части залива зон аккумуляции алевропелитовых осадков, способных накапливать некоторые поллютанты. Непосредственно в авандельте реки Северная Двина, где водная толща малоизменчива, накоплению алевропелитовых частиц препятствует мощная гидродинамика, обусловленная приливно-отливными процессами. А на выходе в открытое море наличие хорошо проявленного галоклина предполагает возможность концентрирования на нем тонкозернистой органической и минеральной взвеси, препятствуя ее аккумуляции на морском дне

Мониторинг состояния геологической среды береговой зоны выполнялись на ключевом участке «Остров Мудьюгский» по наблюдательной сети базовых точек и опорных профилей. В 2013 г. было выполнено обследование южного отрезка морской береговой зоны острова, которая подразделяется на три динамических участка – северо-западный (абразионный) (т.н. МД-1–МД-7), центральный (аккумулятивный, с активным ростом современных кос) (т.н. МД-7–МД-15) и юго-восточный (абразионный) (т. н. МД-16–МД-18) (Информационный бюллетень..., 2012).

В северной части острова наблюдаются активные абразионные уступы высотой до 3–4 м, берег активно отступает (рис. 26).

Интенсивная абразия берегов происходит и в самой южной части острова Мудьюгский около метеостанции. Практически на всем протяжении береговой зоны здесь, за исключением укрепленного валунами участка берега под линией электропередач, отмечается активное разрушение зданий и берегозащитных сооружений. Фрагменты кирпичных стен зданий и реликты старых берегозащитных сооружений можно наблюдать у подножия абразионных уступов, высота которых достигает 1,5 м (рис. 31).

Не обнаруживается существенных различий при сравнении результатов гранулометрических анализов песков, отобранных в 2011 и 2013 годах, что иллюстрируется графиками изменения коэффициента сортировки осадков (рис. 27) и кривыми распределения по фракциям (рис. 28). Четкий тренд в улучшении сортировки (уменьшение S_0) песков с севера на юг, отмечаемый на графиках, свидетельствует об устойчивом движении потока наносов в этом направлении.

На северо-западном абразионном участке острова среди осадков пляжа преобладают средне-крупнозернистые разности – на урезе и более мелкие (мелко-среднезернистые) – в верхней части профиля. Сортированность песков пляжа преимущественно средняя или плохая – на урезе и средняя – в тыловой части пляжа (S_0 – от 1.27 до 1.02), значительная примесь грубооблочного материала приурочена к урезу (до 46% в 2011 году и до 30% – в 2013). В тыловой части пляжа наблюдается высокая степень эоловой переработки осадка, в результате которой резко изменяются его гранулометрические показатели (улучшается сортированность, возрастает вес модальной фракции до 83–85%), а также возникают зоны естественного шлихования, обогащенные гранатом и темноцветными минералами (рис. 29).

Центральная часть западной береговой зоны острова Мудьюгский характеризуется наличием сложно построенных песчаных кос. Осадки



Рис. 26. Результаты активных абразионных процессов в северной части берега острова Мудьюгский: а – 2011 г., б – 2013 г., в-г – разрушение зданий в результате активных абразионных процессов в южной части острова (2013 г.).

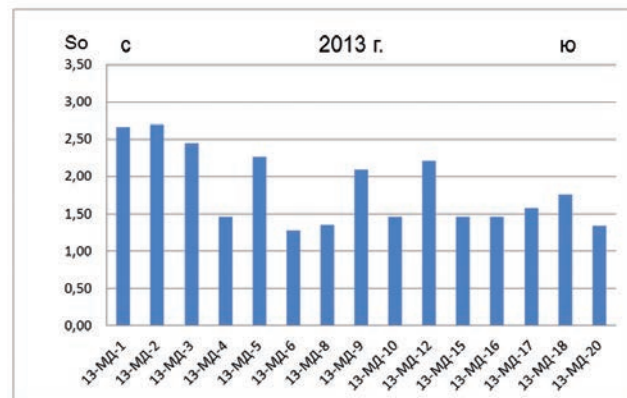
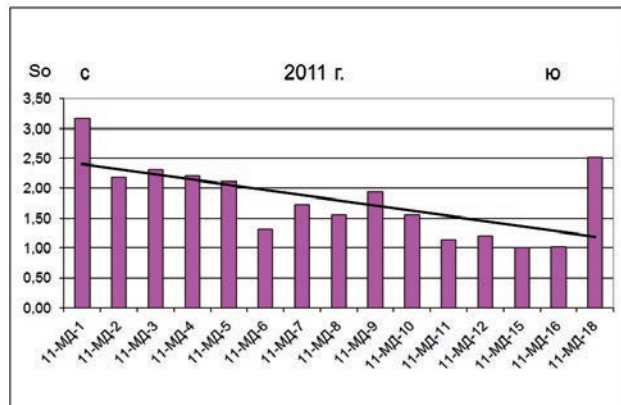


Рис. 27. Изменение коэффициента сортировки осадков приуезовой части пляжа о-ва Мудьюгский (с севера на юг) в песках, отобранных в 2011 и 2013 гг.

Северо-западный абразионный участок



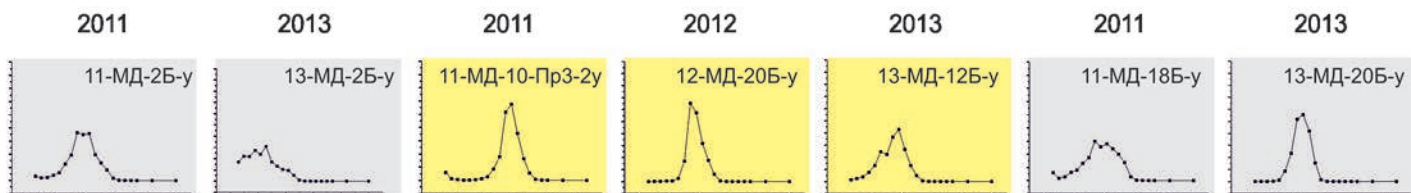
Центральный аккумулятивный участок



Юго-восточный абразионный участок



приурезовая часть пляжа



тыловая часть пляжа

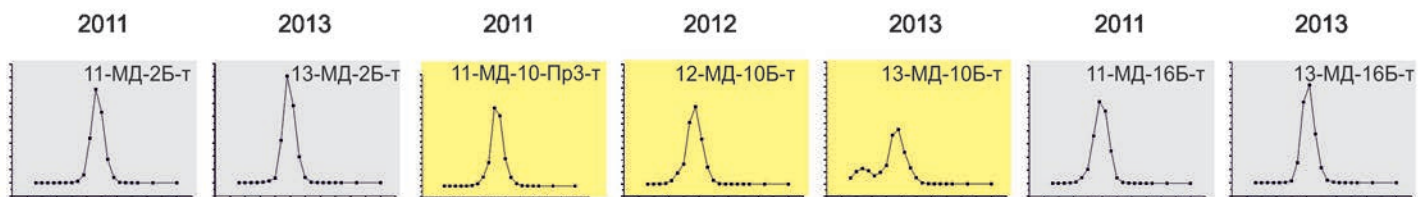


Рис. 28. Примеры кривых распределения гранулометрического состава осадков пляжа о-ва Мудьюгский.

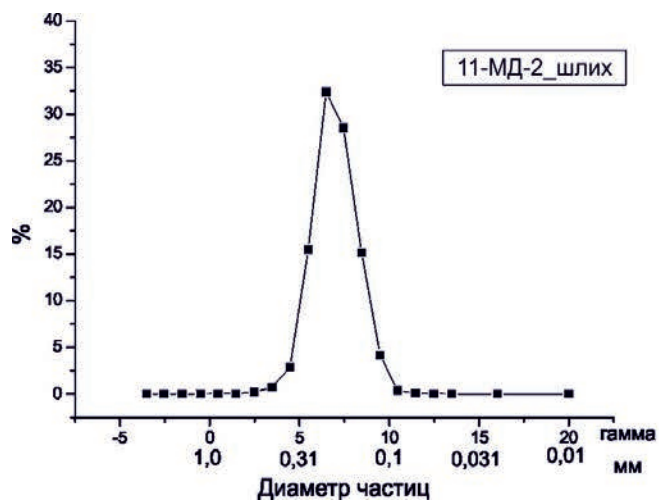


Рис. 29. Зона естественного шлихования и кривая гранулометрического распределения золотых отложений тыловой части пляжа.

приурезовой части кос представлены хорошо сортированными песками (S_o от 1.14 до 1.94, средняя 1.4; вес модальной фракции от 51.9 до 71.8%, средний – 62%).

В юго-восточной части береговой зоны, где аккумулятивные процессы затухают, и в тыловой части узких пляжей появляется абразионный уступ, песчаные осадки представлены крупно-среднезернистыми и средне-мелкозернистыми разностями, сортированность этих песков в 2011 году была больше, чем в 2013 (рис. 27, 28). Таким образом, исследования береговой зоны, проведенные в 2013 году, не выявили существенных изменений по сравнению с 2011–2012 гг.

В структуре дна Двинского залива методом НСП зафиксированы узкие и протяженные грабеноподобные зоны опускания северо-западного простирания. Протяженность этих зон, только в пределах изученного участка, достигает ста и более километров. Установленные

структуры (рис. 30) разделяются на две группы. К первой группе относятся вендские грабены, не затронутые неотектонической активизацией и полностью перекрытые мощной толщей четвертичных осадков и голоценовых отложений. Ко второй группе относятся структуры, обусловленные неотектонической активизацией в четвертичное и голоценовое время. Глубина вреза современных грабеноподобных структур может достигать 40 и более метров, а углы их склонов колеблются от 2° до 21° , что значительно превышает критические значения, при которых подводный склон является потенциально оползнеопасным.

Выделенные грабеноподобные структуры голоценового возраста могут представлять потенциальную геологическую опасность при проведении подводных инженерно-технических работ, в том числе при прокладке газопроводов и нефтепроводов, укладке кабелей, установке буровых платформ. На крутых подводных

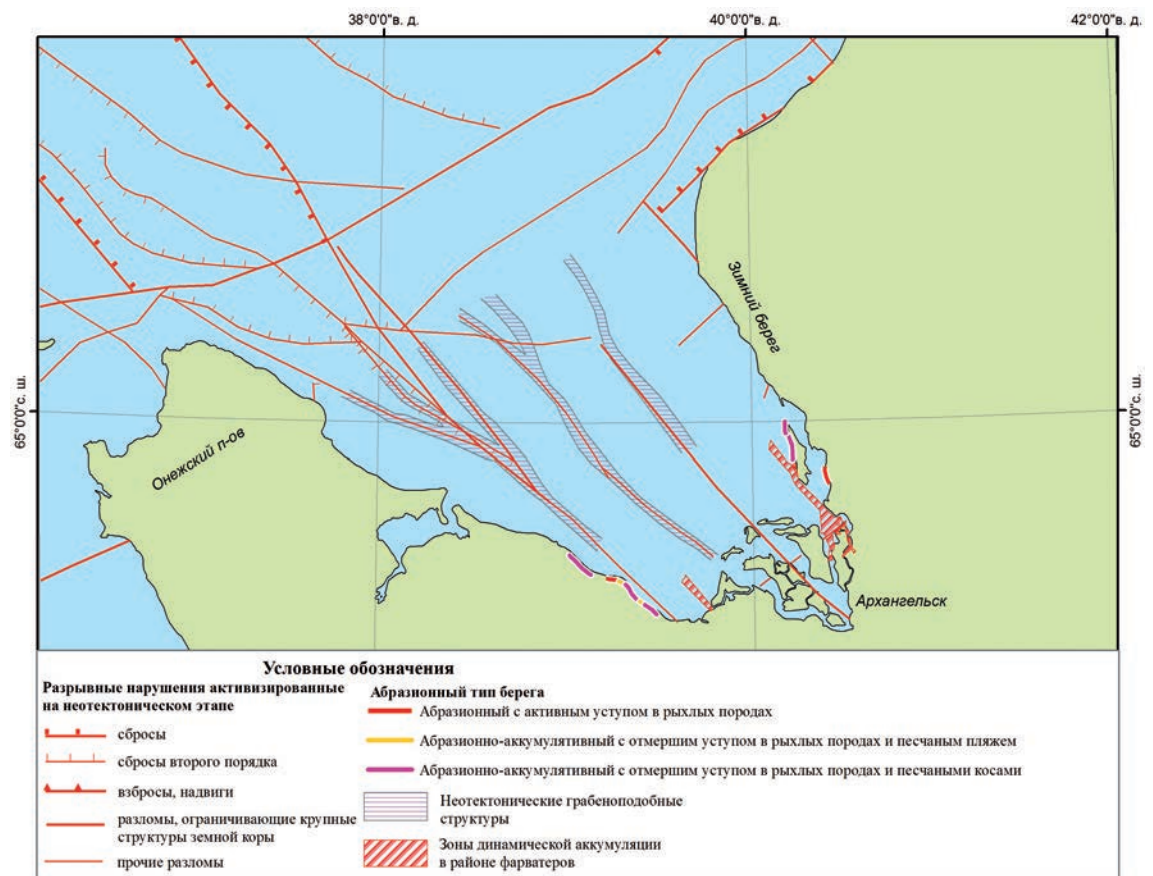


Рис. 30. Схема потенциально опасных геологических процессов в Двинском заливе.

склонах прокладка коммуникаций, особенно – в зоне развития слабых грунтов, может привести к возникновению течения грунта, сплывов и оползней. Сама по себе прокладка подводных коммуникаций с пересечением подобных структурных элементов представляет значительную сложность и является особым видом гидротехнических работ. Разрывные нарушения, связанные с неотектонической активизацией территории, также могут представлять потенциальную геологическую опасность, являясь ослабленными зонами по которым возможны

подвижки, как коренных пород, так и четвертичных отложений.

В целом по геоморфологическим условиям, геологическому строению и геологическим процессам площадь развития выделенных грабеноподобных структур по категории сложности инженерно-геологических условий на шельфе (СП 11-114-2004) можно отнести к категории III (сложная). Следует отметить, что наличие проявлений современной тектоники является индикатором возможности возникновения землетрясений.

КОНТРОЛЬНЫЙ ПОЛИГОН «КАНДАЛАКШСКИЙ ЗАЛИВ» (БЕЛОЕ МОРЕ)

Комплексные геолого-геофизические работы выполнялись как по станциям мониторинга предыдущих лет, в частности, в зонах установленных ранее газопроявлений, так и по новым профилям и точкам пробоотбора для более широкой и объективной характеристики геоло-

гических процессов, происходящих в пределах полигона (рис. 31), в том числе на ключевом участке «Великая Салма», где в 2012 г. было выявлено развитие гравитационных процессов.

Профилевание методом НСП позволило получить дополнительные доказательства

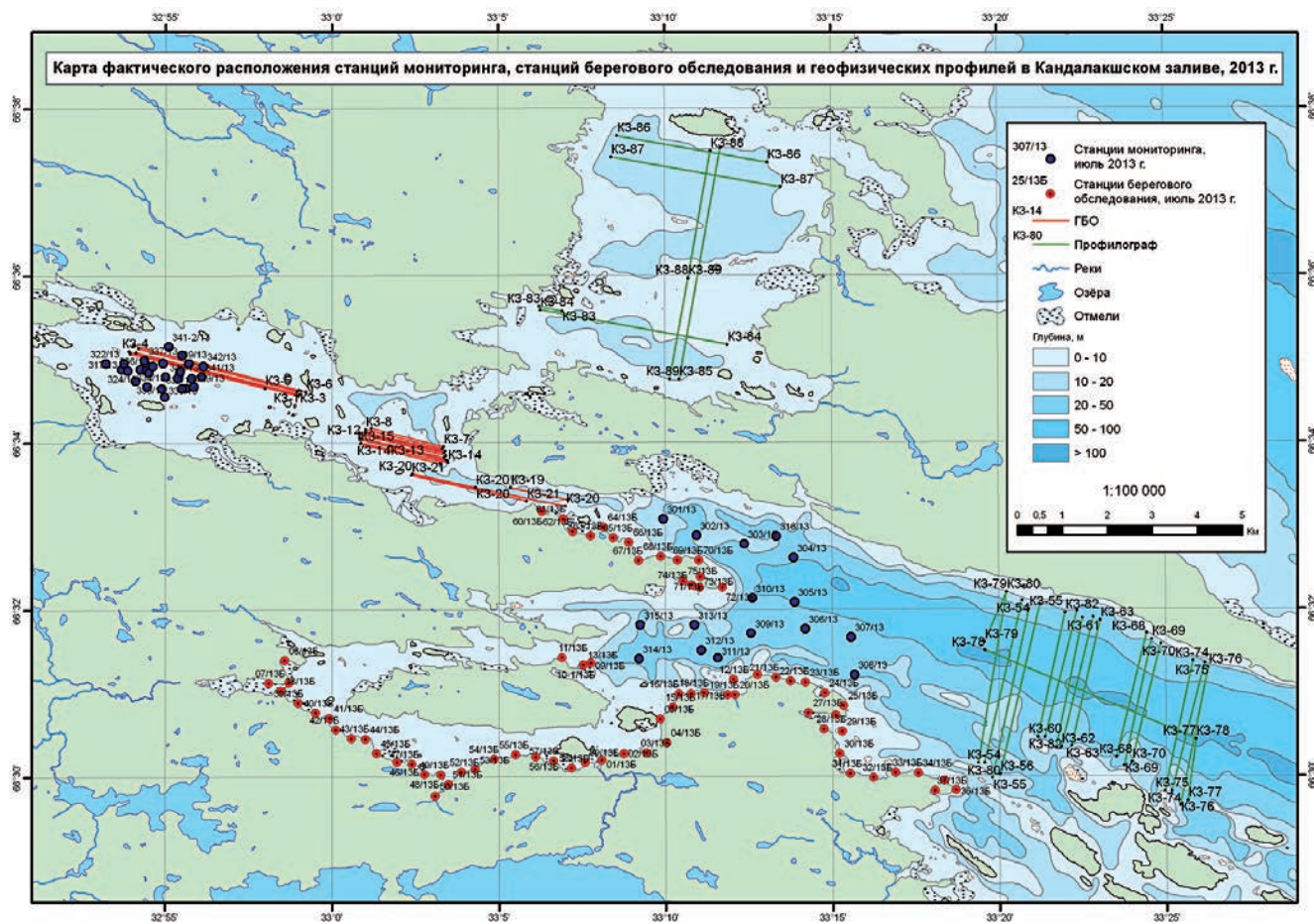


Рис. 31. Схема фактического материала геолого-геофизических работ в Кандалакшском заливе в 2013 г.

гравитационной природы донных отложений в проливе Великая Салма. Амплитуда глубин здесь колеблется от 0 до 120 м. На сейсмограммах четко выражен ступенчатый склон (рис. 32, 33). Ступени имеют ширину до 100–200 м, а высота уступов достигает 20, реже 30 м. Поверхность склонов на глубинах моря 10–50 м обычно представляет собой плоскость скольжения, сформированную либо по морене, либо

по кристаллическим породам. Мощность современных осадков в осевой части пролива в целом незначительна и возрастает на террасовидных уступах, которые очевидно сформированы оползнями, на что указывает отсутствие корреляции толщ осадков с глубиной моря, возникновение резких угловых несогласий, смена «слоистой» структуры толщи на неупорядоченную хаотичную, а также иногда улавливаемое

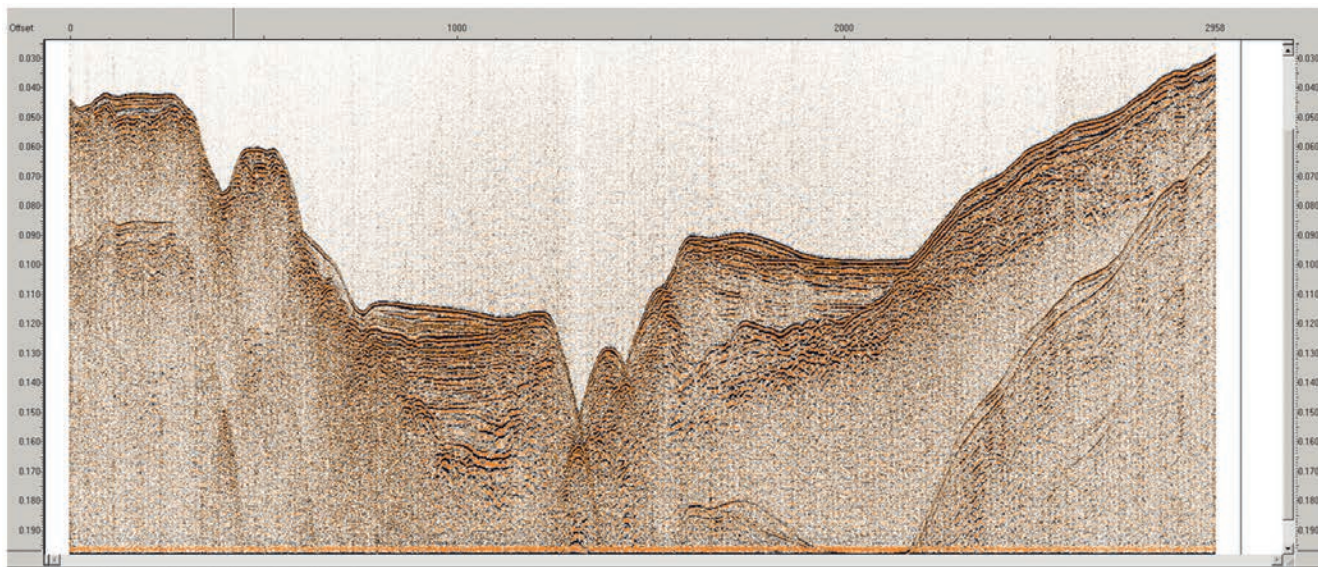


Рис. 32. Мощные оползневые тела, выполняющие центральную часть пролива Великая Салма (НСП).

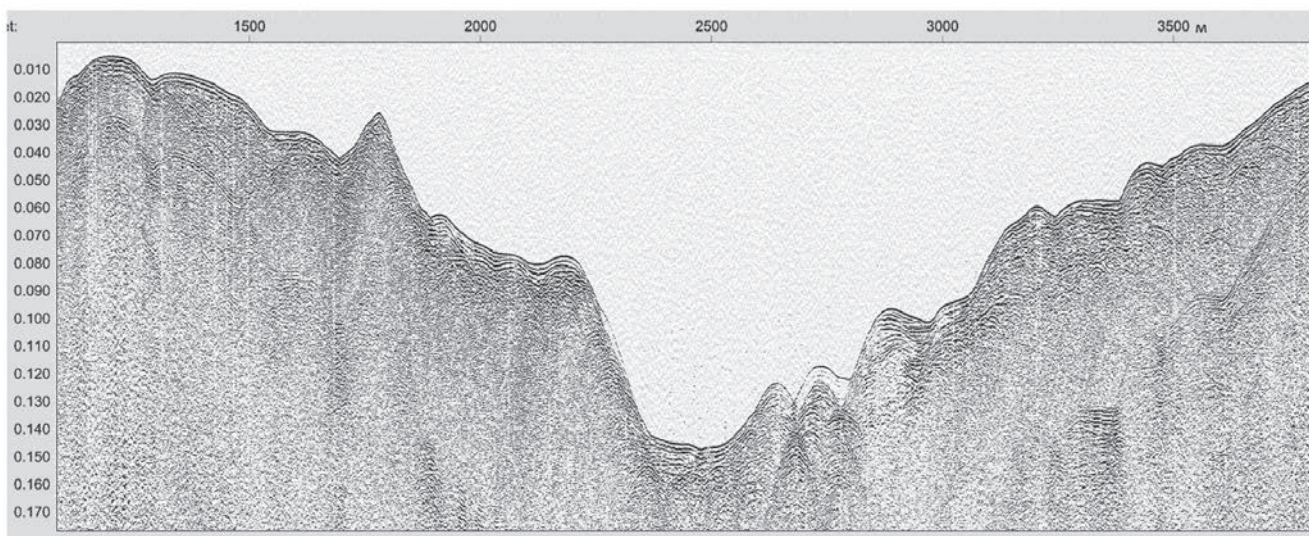


Рис. 33. «Лестница» последовательно оползших гравитационных тел на южном борту пролива Великая Салма (ЛЧМ-профилограф).

мая тонкая складчатость в основании уступов. Согласно расчетам объем грунта на уступах может достигать 800 000 м³. Сползший или оторвавшийся блок оползня иногда отмечается и непосредственно по оси долины пролива.

Активизация движения оползней, по-видимому, происходило под влиянием сейсмических толчков. Причем, хотя наибольшая неотектоническая активность, вероятно, отмечалась в среднем голоцене, нельзя исключать и современные геодинамические движения, на что указывают находки «свежих» сейсмодислокаций. В частности, можно предполагать смещения типа взбросо-сдвига по разлому в осевой части грабена, как результат Кандалакшского землетрясения 1967 года (Ассиновская, 1986).

Геохимические мониторинговые работы в 2013 году были проведены на ключевом участке «Великая Салма. Значительную часть данной площади занимает Кандалакшский заповедник. Источников антропогенного загрязнения, за исключением стоков Биологической станции и пос. Нильма (частично прошедших локальную очистку), практически нет. Повы-

шенные содержания ряда тяжелых металлов в донных осадках определяются в основном металлогенической специализацией региона. При этом установлена прямая связь концентраций тяжелых металлов в донных осадках с содержанием в них алевропелитовых частиц. В частности, донные осадки пролива Великая Салма характеризуются повышенными концентрациями Zn, близкими к ориентировочно допустимым концентрациям (ОДК) (Нормативы..., 1996) или чуть выше их (рис. 34). Наиболее высоки содержания Zn в Ругозерской губе, где преобладают пелитовые осадки. В пляжевых песках, практически отмытых от мелкозема, концентрации Zn минимальны. То же можно сказать и о распределении в донных осадках Ni (рис. 35).

Отчасти распределение в осадках металлов контролируется и неотектоническим фактором. В зонах протяженных разломов или их пересечения было установлено повышение концентраций ряда металлов, в частности Cu (рис. 36). Это особенно хорошо видно на примере восточного берега губы Ругозерская.

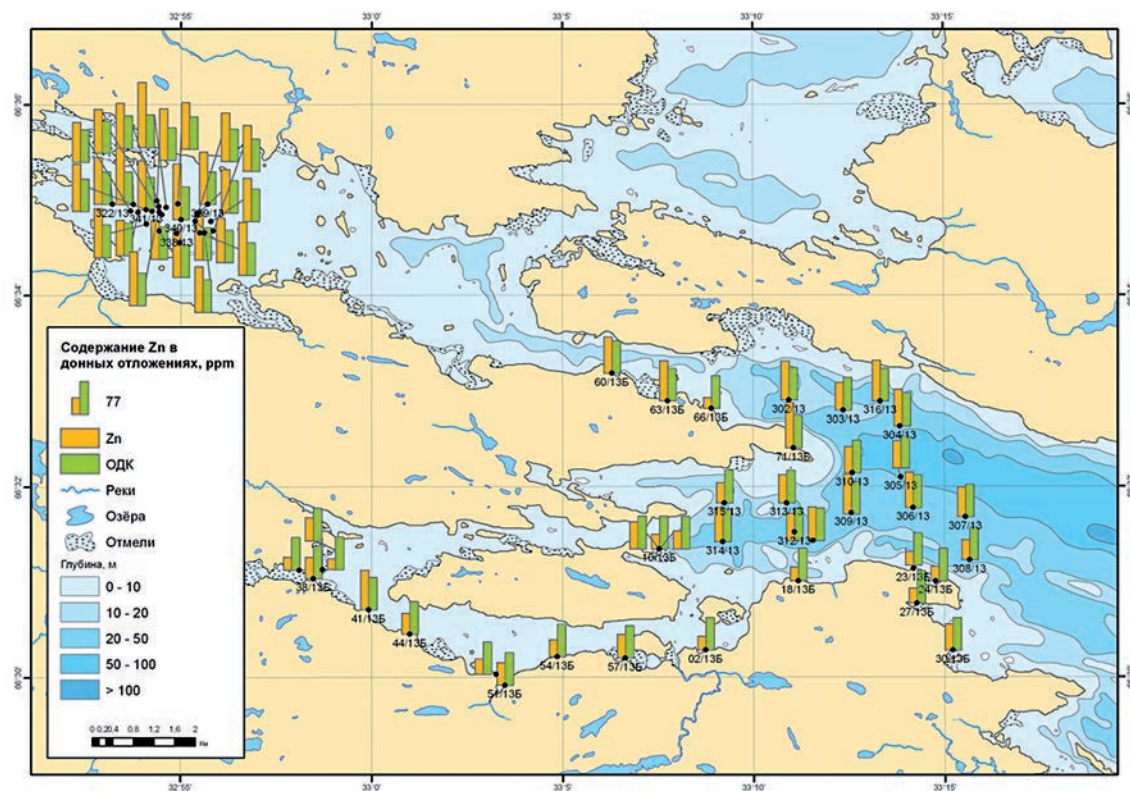


Рис. 34. Схема распределения содержания Zn в донных осадках. Пролив Великая Салма.

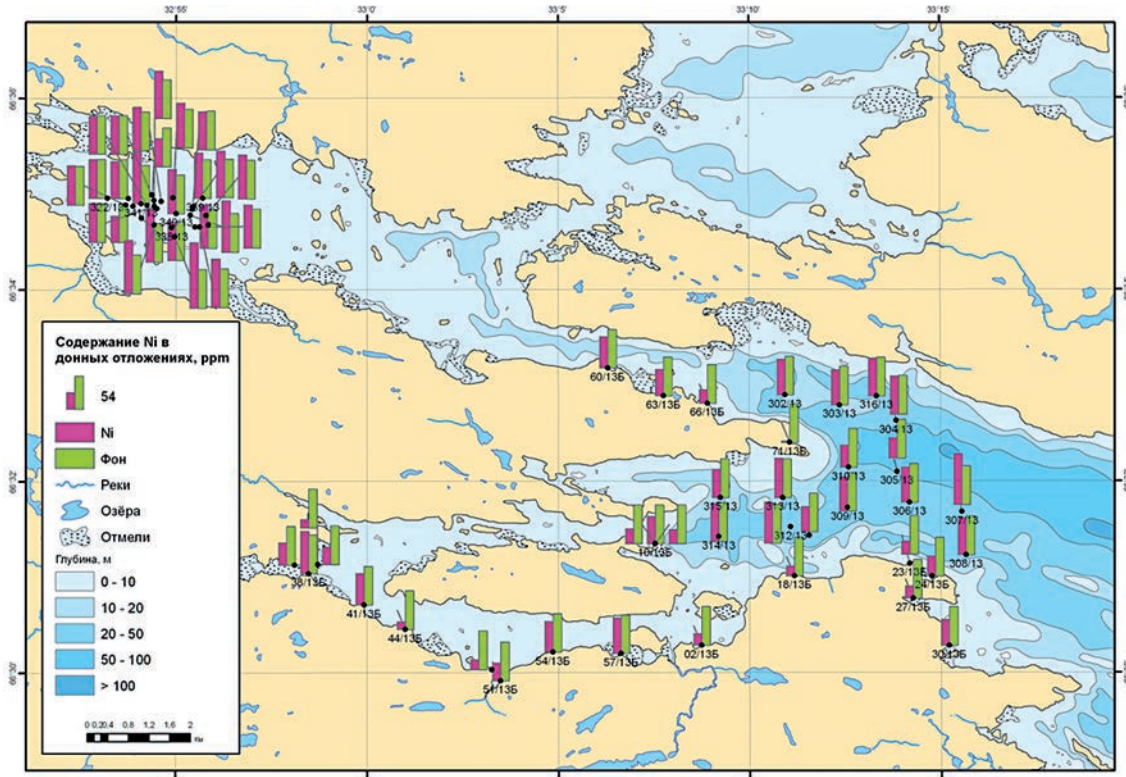


Рис. 35. Схема распределения содержания Ni в донных осадках. Пролив Великая Салма.

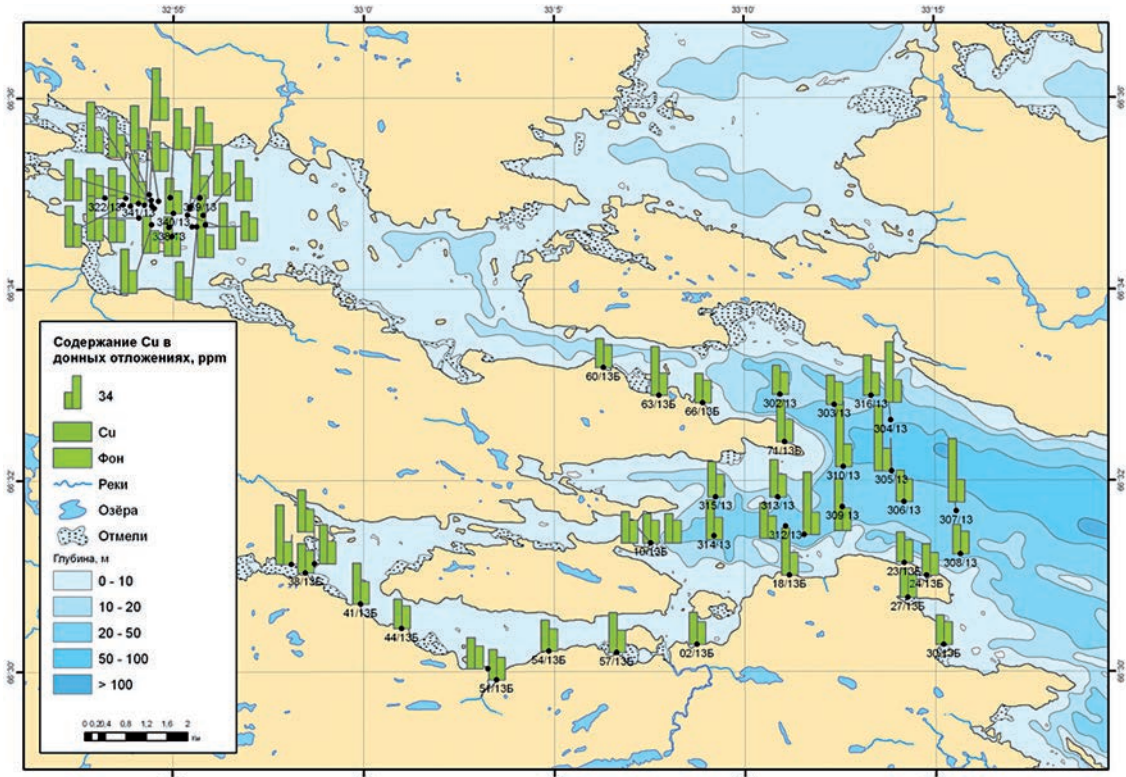


Рис. 36. Схема распределения содержания Si в донных осадках. Пролив Великая Салма.

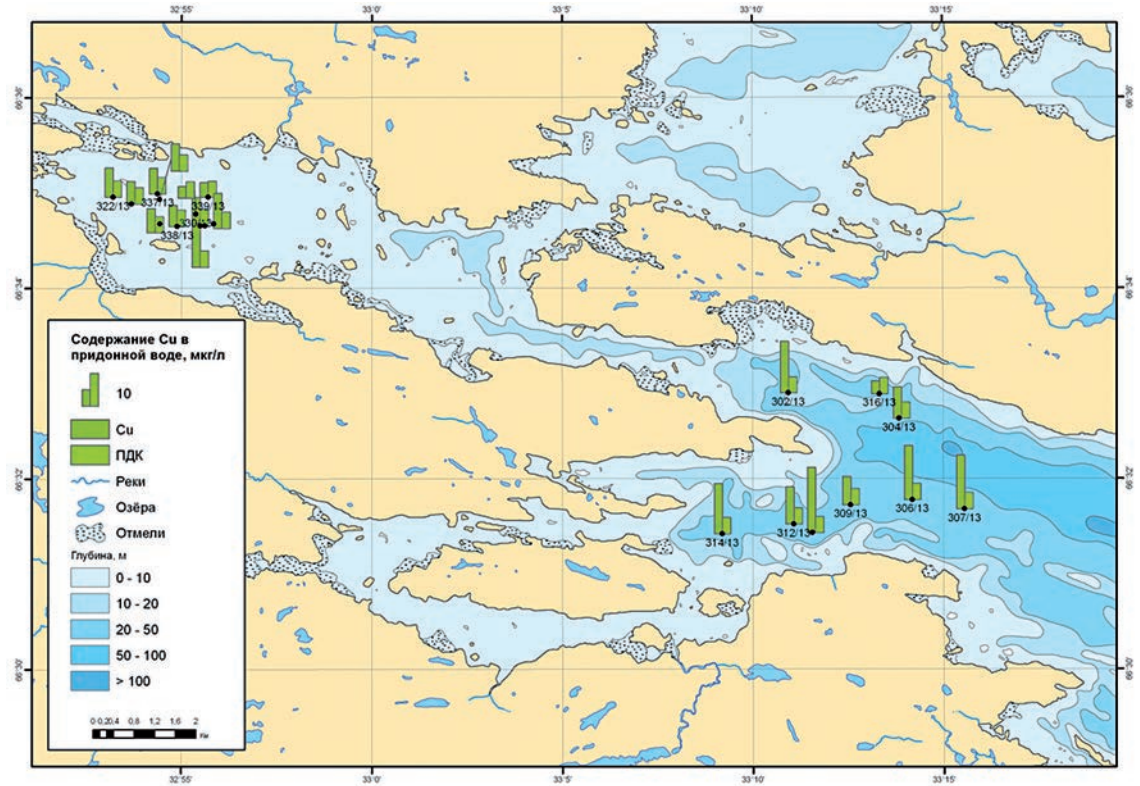


Рис. 37. Схема распределения содержания Si в придонной воде. Пролив Великая Салма.

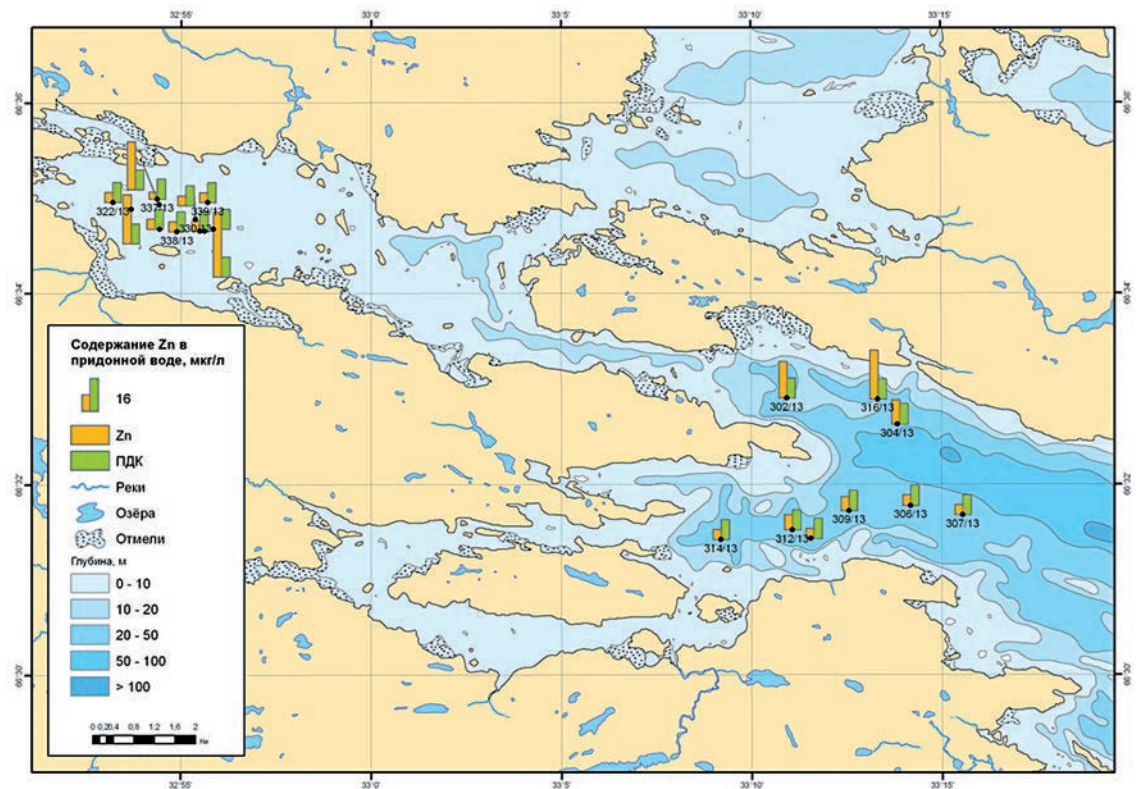


Рис. 38. Схема распределения содержания Zn в придонной воде. Пролив Великая Салма.

Отчетливо фиксируется и приуроченность высоких концентраций микроэлементов в придонной воде, в том числе Cu (рис. 37), к зонам пересечения разломов. По данным гидрогеологических исследований в этом районе на суше, Cu является одним из ведущих микроэлементов в пластово-трещинных водах.

В придонных водах вдоль южного берега острова Великий, перед входом в Ругозерскую губу и в ее внутренней части установлены также четкие аномалии (почти в 2 раза превышающие ПДК) содержания Zn в придонных водах (рис. 38). В первом случае это связано с зоной пересекающихся разломов, вероятно, частично активизированных и в настоящее время. Во втором случае вопрос более сложный. Здесь по данным гидролокации бокового обзора отмечается подъем дна, а ранее были установлены выходы газов. Обе аномальные станции расположены на одной линии в тыловой части островов, фиксирующих гряды тектонического происхождения. Это делает возможным предположение о связи этих аномалий с подводными выходами газифлюидов.

Уровень содержания нефтепродуктов, как в донных осадках, так и в придонных водах, низкий (рис. 39). Современное загрязнение в этом районе практически отсутствует, несмотря на достаточно интенсивное движение маломерного флота.

Проведенные в июле 2013 г. экспресс-гидрохимические измерения показали, что зона окисления в донных осадках в проливе Великая Салма выражена четко, а в Ругозерской губе практически отсутствует. Eh придонной воды изменялся от -300 до $+200$ мв. Слабо-восстановительные условия были зафиксированы на 75% станций вне зависимости от глубины моря (рис. 40). Водородный показатель (рН) варьирует от 7,04 до 7,35 и закономерно изменяется от мелководной части залива в более мористую глубоководную.

Поверхностные донные осадки характеризуются прерывистым тонким окисленным наилком мощностью от 0 до 1 см и слабо восстановительными значениями Eh, что свидетельствует о нормальной геохимической обстановке, когда линия нулевых значений находится

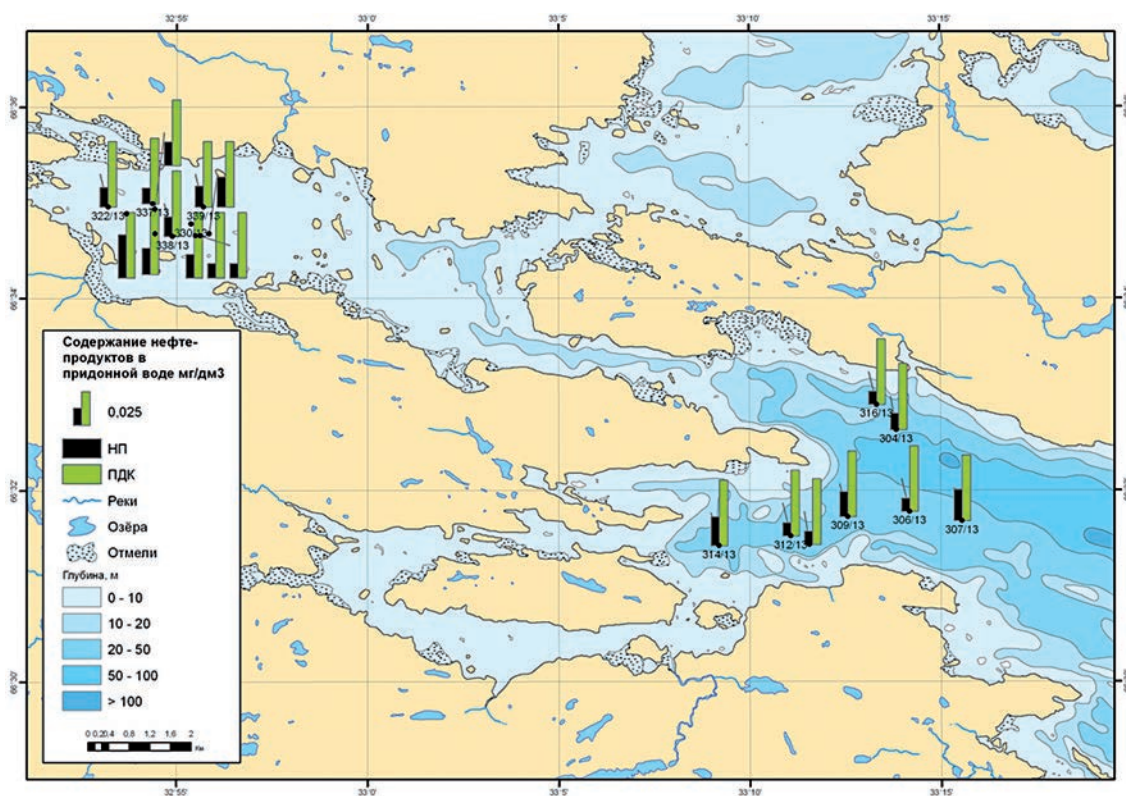


Рис. 39. Схема распределения содержания нефтепродуктов в придонной воде. Пролив Великая Салма.

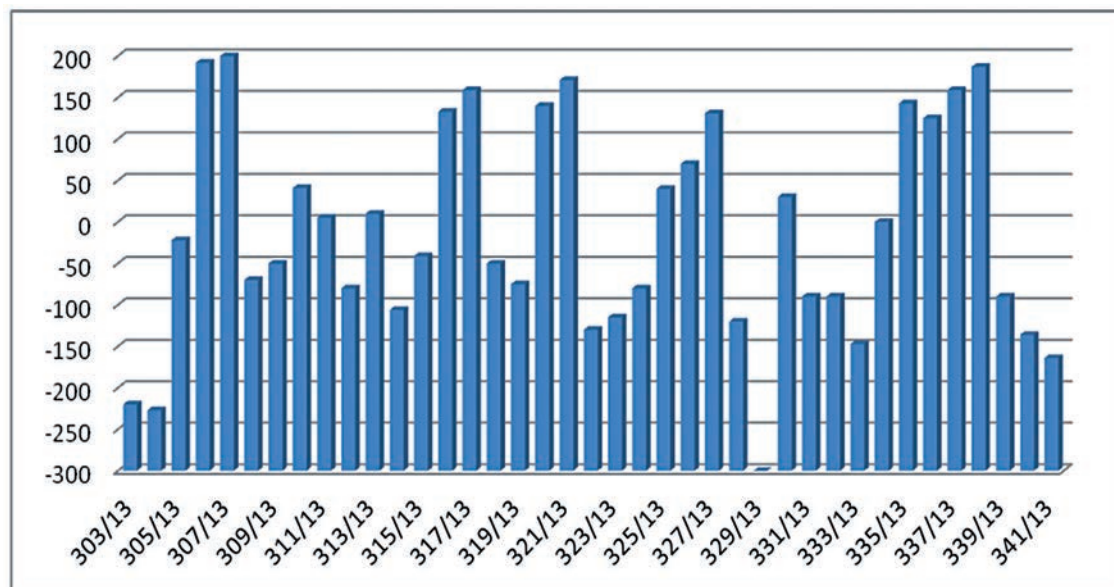


Рис. 40. Изменение Eh придонной воды Кандалакшского залива в июле 2013 года.

в толще осадка, а у дна насыщенность придонной воды кислородом достаточна для нормального развития бентоса.

В целом, результаты измерений физико-химических параметров придонных вод и донных осадков в Кандалакшском заливе на всем полигоне позволили оценить состояние водной толщи вблизи границы «дно–вода», как благоприятное.

В пределах изучаемого участка преобладают устойчивые моренные валунные берега. Пляжевые отложения встречаются редко. Обычно

это небольшие «вложенные пляжи» шириной до 10 м, развитые в вершинах бухт (рис. 41а). Мощность песков не превышает 1–2 м. Выходы коренных пород редки. Обычно это сплавленные ледниковой экзарацией трещиноватые гнейсы. Иногда фиксируются четкие уступы высотой 20–30 см. В отдельных случаях наблюдаются свежие сколы, приуроченные к вытянутым склонам маленьких сельг. Возможно, эти сколы произошли в результате современных геодинамических движений и представляют собой новейшие дислокации (рис. 41б).

а



б



Рис. 41. а – небольшой пляж на валунной косе, б – предположительно сейсмодислокация на Киндо-мысе.

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

Работы на контрольном полигоне «Восточная часть Финского залива» выполнены на семи ключевых участках (рис. 42).

На ключевом участке Северная береговая зона Курортного района Санкт-Петербурга было проведено профилирование ГЛБО в режиме

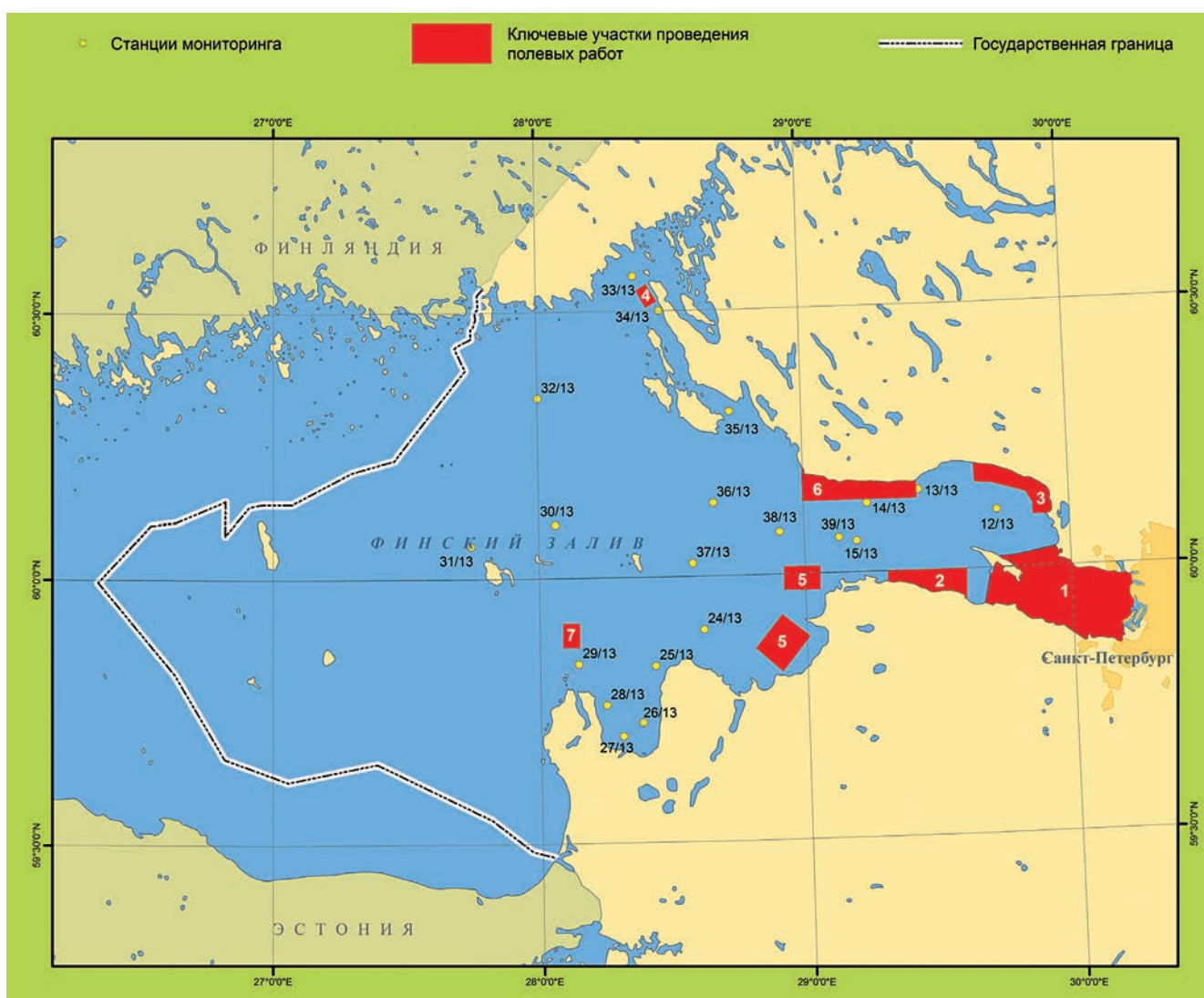


Рис. 42. Карта фактического материала полевых работ в восточной части Финского залива. 1–7 – ключевые участки: 1 – Невская губа; 2 – южная береговая зона в районе пос. Лебяжье–Большая Ижора; 3 – северная береговая зона Курортного района; 4 – Выборгский залив; 5 – Копорский залив; 6 – северная береговая зона между м. Флотский и Песчаный; 7 – Кургальский риф (Лужская губа).

мониторинга по опорным профилям (рис. 43), а также детальные исследования на площади (размером 7 км²) напротив пос. Репино.

На участке детальных исследований у подножия подводной террасы была закартирована зона развития узких протяженных ложбин западного направления. В составе донных осадков ложбин и на примыкающих участках дна установлены существенные различия (рис. 44). В пределах ложбин осадки представлены средне- или плохо сортированными (S_o 1.6–3.4) крупно-грубозернистыми песками с высоким содержанием грубообломочного материала (рис. 45). На поверхности дна ложбин установлены крупные мегарифели с расстоянием между гребнями от 0.5–1.0 м и высотой валиков до 20–30 см. Осадки на окружающей аккумулятивной равнине резко отличаются по составу и представлены тонкозернистыми, хорошо сортированными песками (S_o 1.2–1.4) (рис. 45) с мелкими знаками ряби. Очевидно, что выявленные ложбины представляют собой эрозионные ложбины стока нагонных вод. Сравнение дан-

ных ГЛБО 2007 и 2013 гг. показало постоянство конфигурации этих ложбин.

Анализ гранулометрических характеристик образцов песков вдоль оси ложбин показал, что сортированность песков существенно улучшается к их устью. Значение коэффициента сортировки S_o изменяется 2.4–3.4 до 1.6–1.7. Гранулометрическая мода смещается в сторону среднезернистых фракций. Можно предположить, что эти особенности гранулометрического состава указывают на формирование подобие конусов выноса. Таким образом, песчаный материал, поступающий на подводный береговой склон в ходе штормовых размывов пляжей Курортного района, выносится по подводным эрозионным ложбинам за пределы береговой зоны и изымается, таким образом, из общего баланса наносов, что приводит к резкому возрастанию их дефицита и усилению абразионных процессов на берегах.

Летом 2013 г. было отмечено значительное увеличение рекреационной нагрузки на берега ключевого участка, связанное с интенсивным

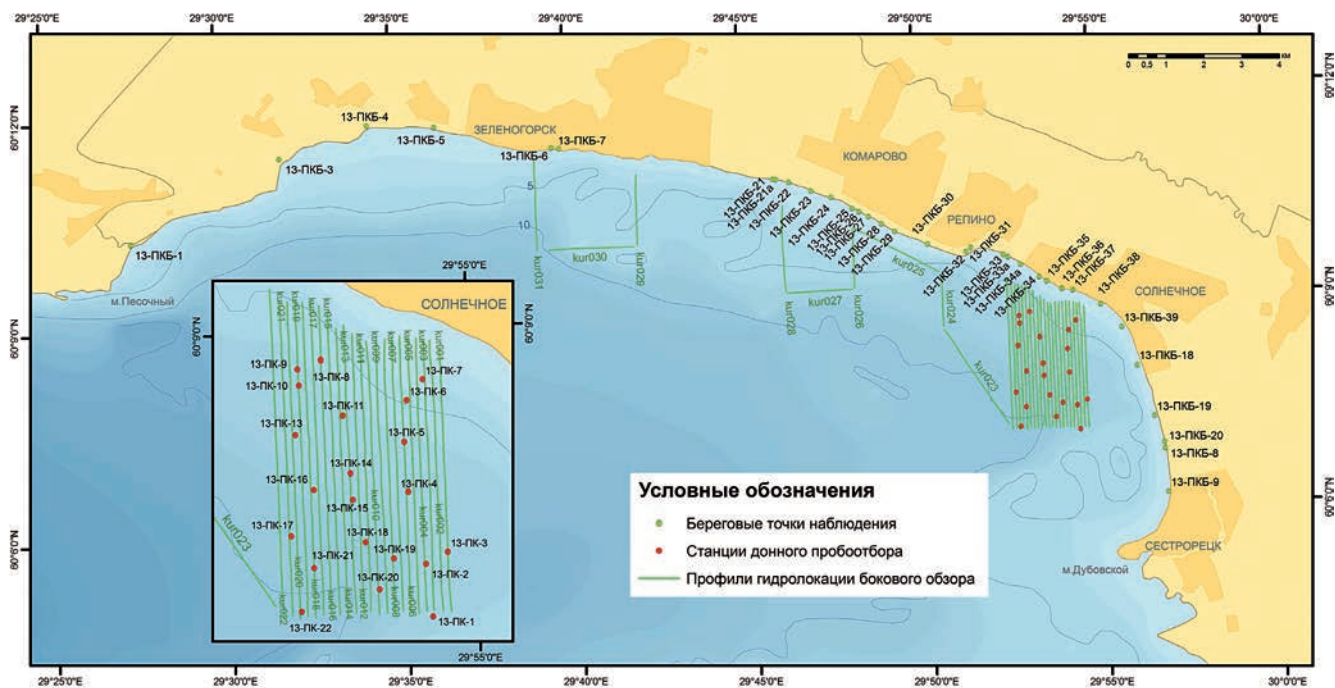


Рис. 43. Карта фактического материала на участке Северная береговая зона Курортного района.

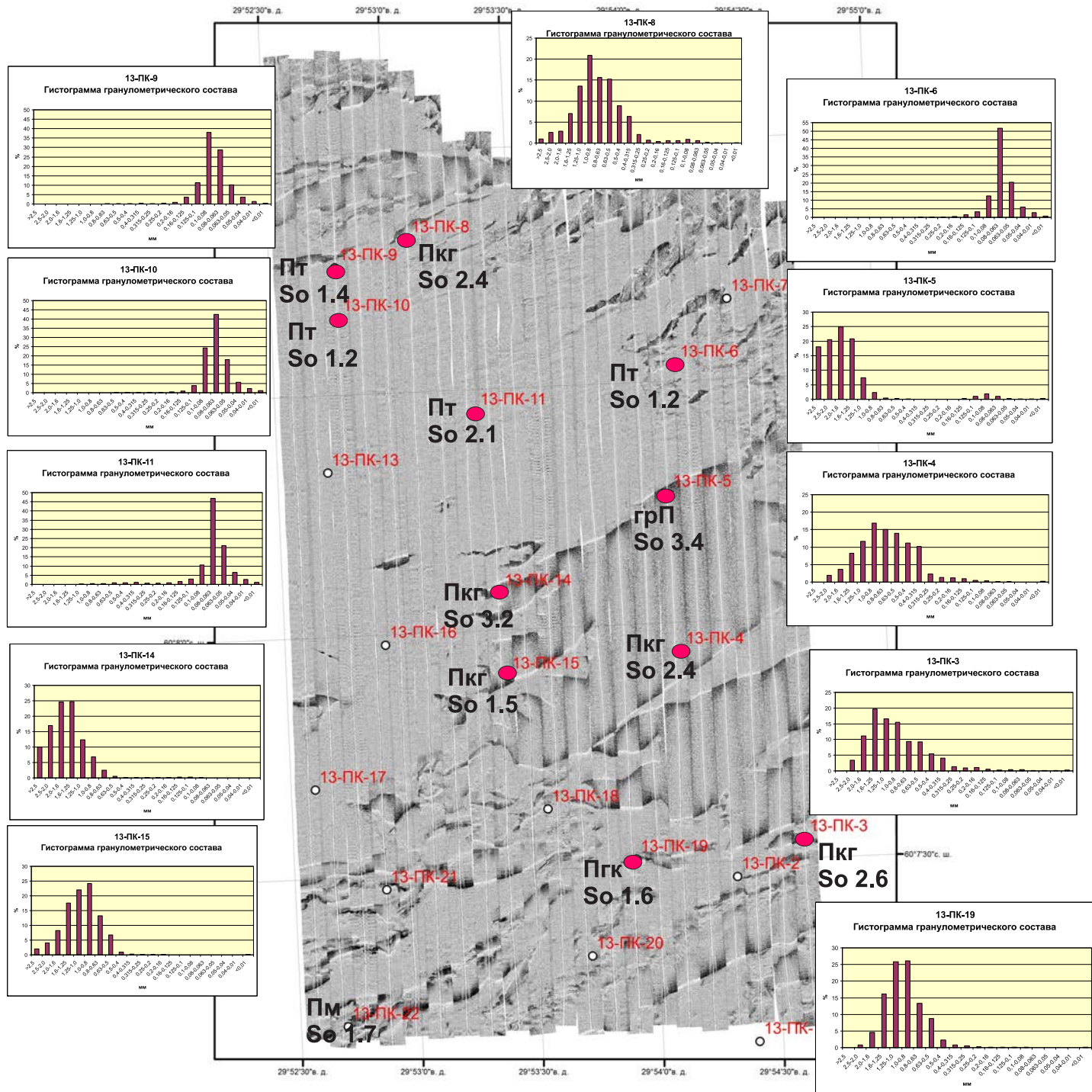


Рис. 44. Схема-мозаика ГЛБО для детального участка в районе пос. Репино (ключевой участок «Северная береговая зона Курортного района Санкт-Петербурга»).

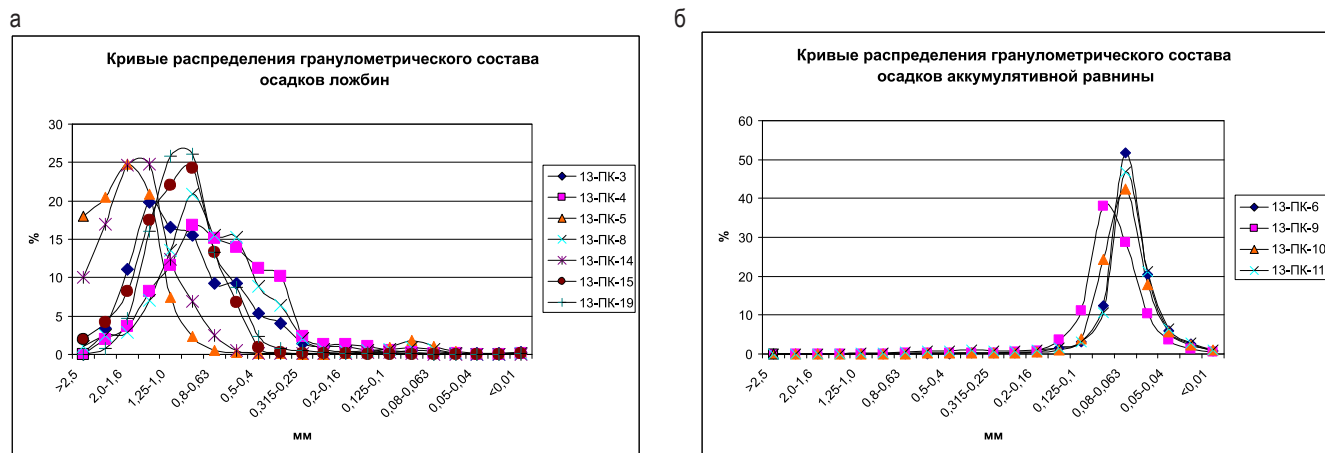


Рис. 45. Кривые гранулометрических распределений эрозионных ложбин стока (а) и поверхности аккумулятивной равнины (б) для детального участка в районе пос. Релино (ключевой участок «северная береговая зона Курортного района Санкт-Петербурга»).



Рис. 46. Результаты непродуманного берегоукрепления в пос. Солнечное с июля по ноябрь 2013 г.: а – размыв берега и разрушение укрепления откосного типа; б – формирование абразионного уступа при разрушении берегозащитного сооружения.

строительством зданий и других объектов рекреационной инфраструктуры в пределах водоохранной зоны и в непосредственной близости от берегозащитной полосы. Частично застроены реликтовые дюны в пос. Репино. Источником негативного воздействия на состояние берега являются вертикальные волноотбойные стенки, сооруженные по периферии участка застройки территории на западной окраине пос. Солнечное. В то же время в связи с непрофессиональным подходом к берегоукреплению и планированию береговых территорий на этом участке прогнозировалось усиление абразионных процессов. Прогнозы оправдались после осенне-зимних штормов. По данным оперативных наблюдений, выполненных 26 ноября 2013 г., установлено, что здесь произошел резкий размыв пляжа и отступление абразионного уступа высотой 1.5 м на расстояние более 10 м. В результате полностью разрушена облицовка уступа и берегозащитная валунная наброска, обнажилась корневая система древесной растительности (рис. 46).

Наблюдения, выполненные весной и летом 2013 г., не зафиксировали существенного отступления абразионных уступов или размывов пляжей, вызванных природными факторами. Стабилизация профилей пляжей объяснялась отсутствием сильных штормов, сопровождав-

шихся нагонами в осенне-зимний период 2012–2013 гг. При этом декабрьские температуры воздуха в 2012 г. были на 3–4° ниже нормы, поэтому к середине декабря в восточной части Финского залива сформировался защитный ледовый покров.

Ситуация резко изменилась после серии осенних штормов 2013 г. (29 октября и 17 ноября). Важно отметить, что оба раза было произведено закрытие затворов КЗС, что, по данным оперативных наблюдений, снизило волновое воздействие на береговую зону в Невской губе, однако усилило его как в пределах Курортного района, так и вдоль южного берега залива (в районе пос. Большая Ижора – Лебяжье).

29 октября 2013 г. береговая зона Финского залива подверглась воздействию экстремального шторма «Святой Иуда». Скорость юго-западного ветра достигала 20 м/с, высота волн в открытой части залива по данным моделирования (meteo.pl) превышала 3 м (рис. 47). Уровень воды в восточной части Финского залива на пунктах наблюдения Шепелево и Приморск составлял 86 см и 77 см соответственно. В Курортном районе по визуальной оценке высота нагона составляла 1.5–2 м.

Участок берега в пос. Репино, где расположена обзорная терраса, был полностью затоплен в результате нагона воды, а волны

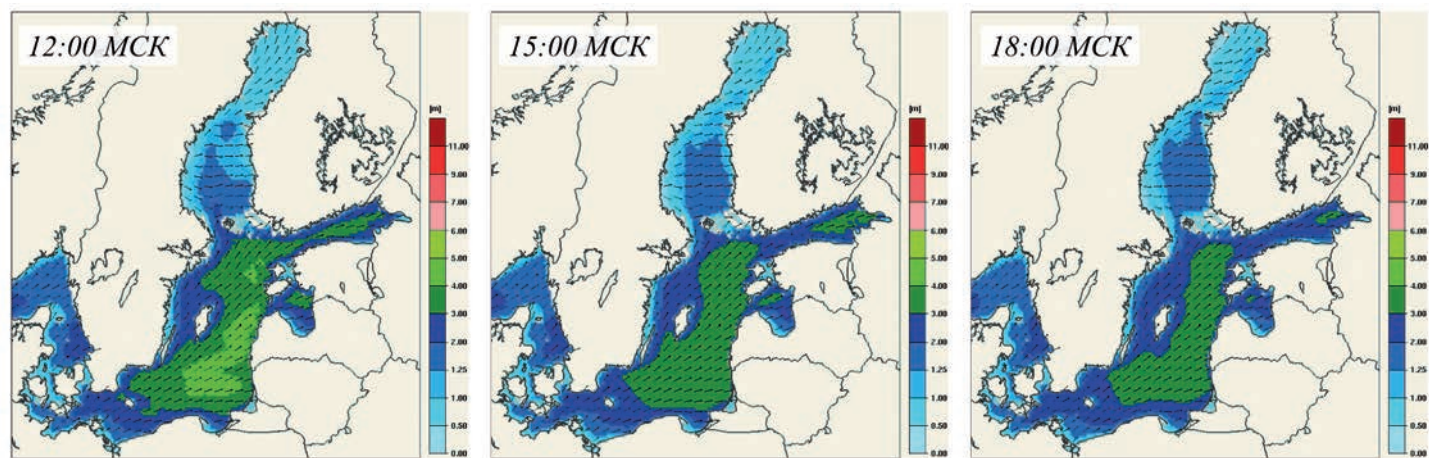


Рис. 47. Высота волны в Балтийском море 29.10.2013 г. Прогнозная модель WAM (www.meteo.pl).

обрушивались непосредственно на стенку променада, частично заливая дорожное покрытие Приморского шоссе. Высота волн на удалении от берега 30–40 м достигала 3 м (рис. 48).

Зона волнового воздействия в зависимости от уклона приморской суши составляла от 15–20 м до 50 м. Еще большие площади на низменных приморских участках подверглись затоплению. По результатам наблюдений для участков береговой зоны Курортного района составлены схемы, показывающие зону затопления и зону активной ударной переработки надводной части береговой зоны волнением (рис. 49).

По данным оперативных наблюдений в результате воздействия осенних штормов на всем протяжении береговой зоны в Курортном районе произошло отступление абразионного уступа, подмыв корневой системы древесно-кустарниковой растительности, повреждение объектов береговой инфраструктуры.

Ключевой участок Южная береговая зона в районе пос. Лебяжье – Большая Ижора (рис. 50).

В южной береговой зоне Финского залива (от форта Красная Горка до восточной окраины пос. Лебяжье) в 2013 г. продолжалось развитие опасных экзогенных процессов, спровоцированных штормами поздней осени – зимы

2011 г. Наиболее резкие размывы были зафиксированы в результате обрушившегося на берега восточной части Финского залива 17 ноября 2013 г. шторма «Хильда», так как траектория циклона несколько отличалась от октябрьской, преобладающим направлением ветра был западный. На некоторое время было прервано автомобильное движение на трассе А-121, соединяющей Санкт-Петербург и Сосновый Бор (Ленинградская атомная электростанция).

Порывы ветра достигали 24 м/с, высота волн, по данным моделирования (meteo.pl), превышала 3 м (рис. 49).

Наиболее опасная ситуация сложилась в пос. Красная Горка и в районе 57 км шоссе Санкт-Петербург – Ручьи. В пос. Красная Горка абразионный уступ с активным проявлением обвально-осыпных и оползневых процессов достиг исторически сложившейся и новой жилой застройки поселка, а также полотна автодороги, оказавшейся за последние годы на бровке уступа, и навигационным знакам (рис. 52).

Неустойчивости склонов способствует наличие в разрезе выходов глинистых слоев и зон разгрузки подземных вод, приуроченных, преимущественно, к верхним частям склонов. В то же время следует отметить, что резкая активизация процессов наблюдается именно в последние два года. В 2011 г. осыпные склоны



Рис. 48. Воздействие шторма «Святой Иуда» на променады и основание Приморского шоссе (29.10.2013 г.).



Рис. 49. Зона воздействия шторма на пляж и субаэральную часть береговой зоны: а – в районе станции Александровская; б – в районе променада в пос. Репино. Желтая линия – 100 м. Синяя заливка – зона затока воды, красная заливка – зона активной ударной переработки надводной части береговой зоны волнением.

были стабилизированы растительностью, летом 2013 г. все склоны активны, произошел отрыв крупных масс грунта, падение древесной растительности и резкое отступление бровки уступа (рис. 53).

Опасные процессы в пос. Лебяжье наблюдаются в районе т.н. 13-Л-9 (угрожающее состояние автодороги) и между т.н. 13-Л-10 и 13-Л-11, где в непосредственной близости от бровки активного уступа расположены жилые

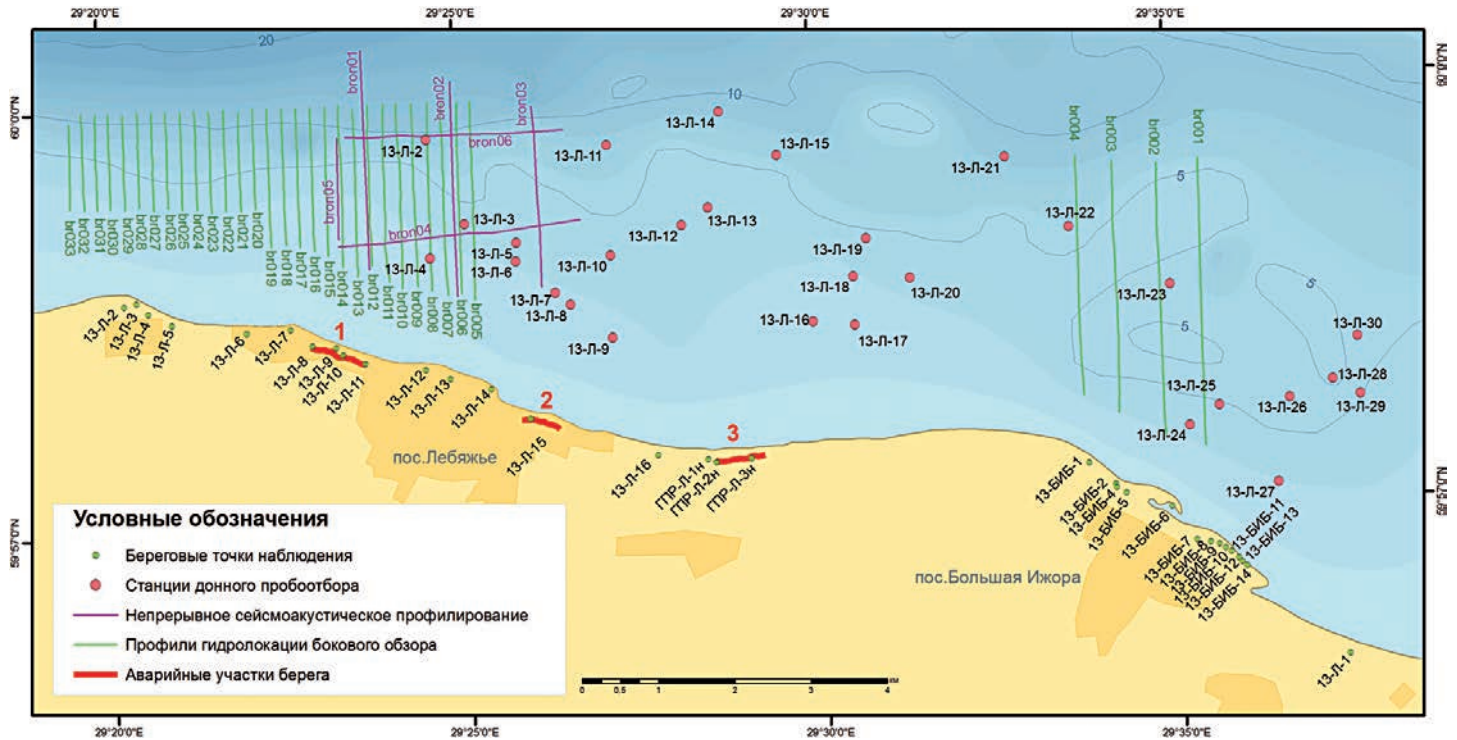


Рис. 50. Карта фактического материала на ключевом участке «Южная береговая зона в районе пос. Лебяжье–Большая Ижора».

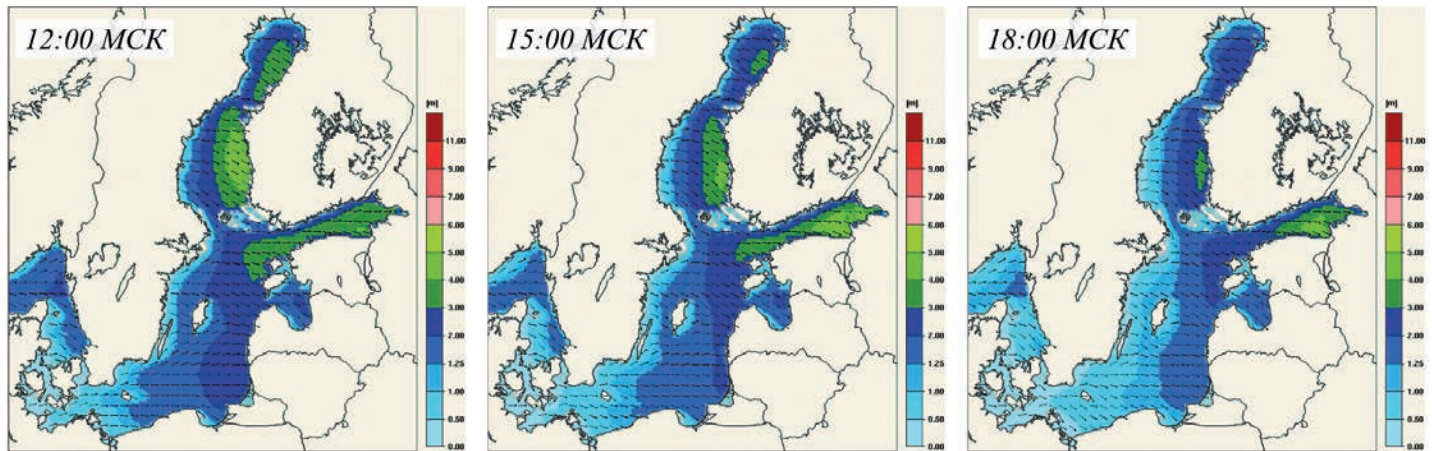


Рис. 51. Высота волны в Балтийском море (www.meteo.pl) 17 ноября 2013 г.

строения (рис. 55, 55, 56). На одном из участков склона, где недавно построенные коттеджи располагаются в опасной близости от отступающей бровки уступа, в 2012 г. реализованы комплексные работы по укреплению склона с

применением современных эффективных методов, включающих водоотведение горизонтов подземных вод, отсыпку склона, закрепление его основания габионами и стабилизацию растительностью (рис. 57). Выполненные работы



Рис. 52. Активный абразионно-оползневой склон в районе пос. Красная Горка.



2011



2013

Рис. 53. Результаты активизации абразионных и оползневых процессов в береговой зоне пос. Красная Горка в период с 2011 по 2013 гг.

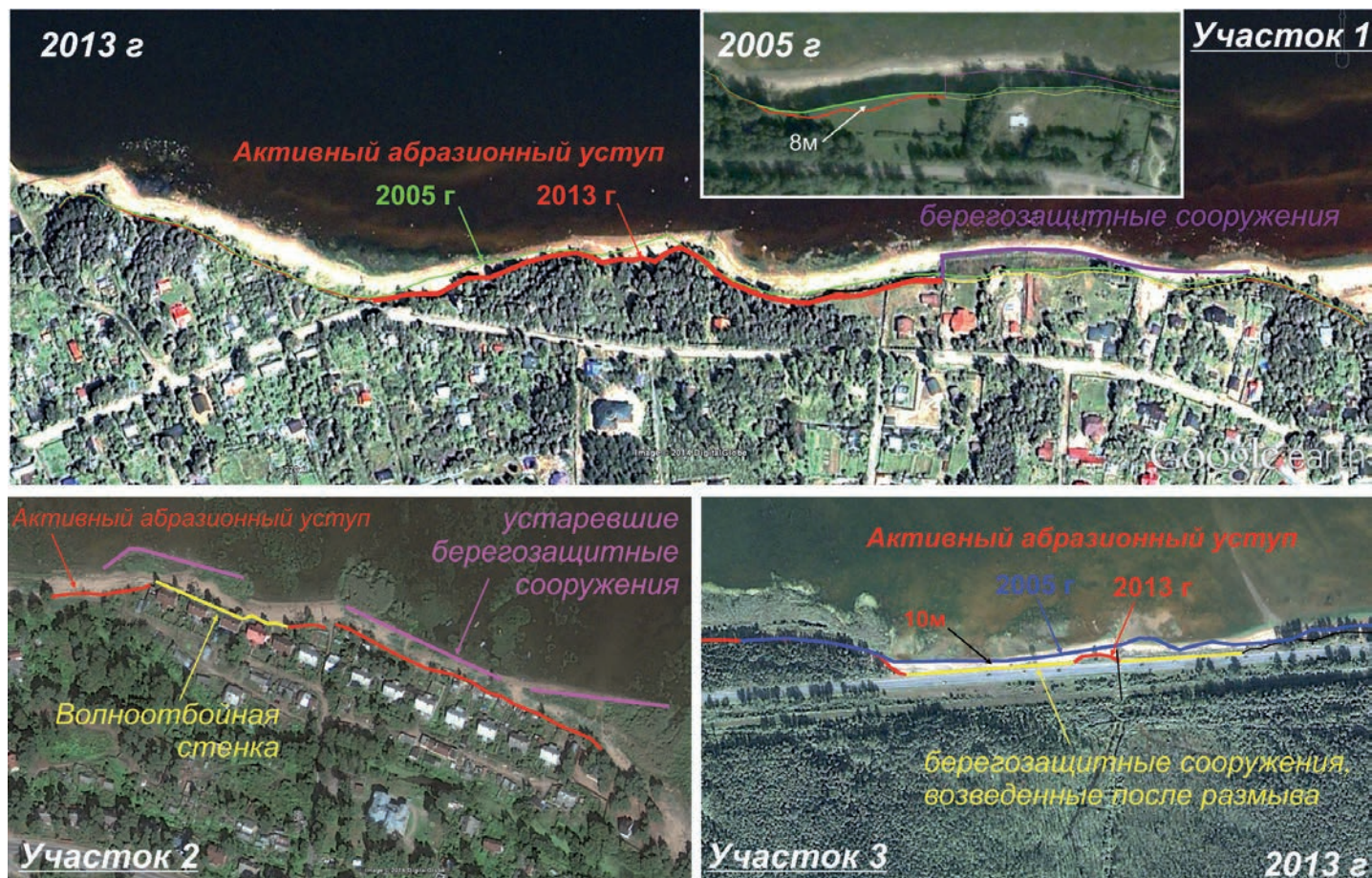


Рис. 54. Аварийные участки на побережье в районе пос. Лебяжье.



Рис. 55. Глинистый оползень (т.н. 13-Л-8) и зона разгрузки подземных вод (т.н. 13-Л-10).



Рис. 56. Восточная часть аварийного участка береговой зоны в районе пос. Красная Горка.



Рис. 57. Участок локального укрепления склона (а) и результаты его негативного воздействия на соседний участок (б).



Рис. 58. Новое берегоукрепление вблизи жилой застройки пос. Лоцманское Селение.

создают уникальный прецедент попытки решения задачи берегоукрепления только на одном из наиболее сложных участков береговой зоны российской части Финского залива. В то же время, закрепление одного из участков склона, еще более ухудшило ситуацию на соседних (рис. 57б). Следует ожидать еще более активного разрушения соседних участков склонов и постепенного образования техногенного «мыса» на укрепленном участке, после чего начнется его разрушение не только с фронтальной стороны, но и с краев. В данном случае необходимо осуществление эффективных мероприятий по берегозащите и укреплению склонов для всего аварийного участка длиной 700 м.

Многолетний мониторинг береговых процессов в районе пос. Красная Горка показал, что основной причиной опасного обострения экзогенной геодинамики являются инженерно-геологические условия и гидрогеологические процессы абразионно-оползневых береговых уступов. По данным наблюдений, проведенных во время максимального по уровню воздействия на южную береговую зону шторма 19 ноября 2013 г., подтвердилось предположение о том, что в результате длительных абразионных процессов, на подводном береговом склоне

сформировалась широкая подводная абразионная терраса, значительно снижающая волновое воздействие на основание берегового уступа.

В районе пос. Лоцманское Селение (т.н. 13-Л-15) по состоянию на лето 2012 г. располагался один из аварийных участков, где под угрозой размыва под воздействием осенне-зимних штормов находились дома малоэтажной застройки. К лету 2013 г. в тыловой части пляжей была сооружена бетонная волноотбойная стенка, опоясывающая основание зданий (рис. 58).

Наблюдения, проведенные во время прохождения над Финским заливом шторма «Хильда» 19 ноября 2013 г., зафиксировали интенсивное волновое воздействие на берег и расположенные на нем сооружения, которое усиливается в результате взаимодействия волн с вертикальной волноотбойной стенкой (рис. 59). Таким образом, примененный вид берегоукрепления, очевидно, в данном случае необходим, но недостаточен. При эксплуатации порта МЧС важным является схема использования песка, изъятого при дноуглублении фарватера, расположенного к западу от устья реки, впадающей в залив. В случае изъятия песка из вдольберегового потока наносов значительно усилится угроза размыва на соседних (восточных) участках берега.



Рис. 59. Воздействие волнения на берегозащитные сооружения в пос. Лоцманское Селение. Фото 19.11.2013 г.

Напряженной остается ситуация в районе размыва участка шоссе Санкт-Петербург – Ручьи (т.н. 13-Л-17). К лету 2013 г., несмотря на отсутствие в этот период сильных штормов длина аварийного участка увеличилась. К востоку от участка размыва шоссе в результате интенсивного разрушения берегового уступа обнажился электрический кабель (рис. 60).

Основной причиной деструктивных экзогенных геологических процессов в данном случае является строение геологического разреза. На глубине от 4–4.5 м (на участках максимальной высоты берегового уступа к востоку и западу от зоны размыва шоссе) до 2.5–3 м под слоем песков прослеживаются выходы серых пластичных глин. Верхняя часть песчаной толщи (до глубины 90 см) представлена крупно-грубозернистыми песками с прослоями гравия, сухих пластинчатых бурых глин (мощностью 10–15 см) и глинистых песков (мощностью 30–35 см). Ниже (до глубины 250 см) залегает горизонтально-слоистая толща, сложенная мелко-

зернистыми алевритовым песком, подстилаемая серыми пластичными глинами. Глины являются водоупором, в зонах разгрузки грунтовых вод залегающие выше пески сильно обводнены, вследствие чего устойчивость разреза к размыву еще более снижается (рис. 61).

Обострению ситуации на рассматриваемом участке берега способствовали осенние шторма. По результатам оперативных обследований 19 и 26 ноября 2013 г. установлено, что длина аварийного участка за истекшие месяцы увеличилась на 300 м. По всей длине аварийного участка произошло отступление абразионного уступа на расстояние до 1–2 м, подмыв корневой системы и обрушение древесной растительности, дальнейшее разрушение локального берегоукрепления вдоль аварийного участка шоссе (рис. 60). Если не будут предприняты берегозащитные меры, в ближайшие годы в результате потери полосы береговой территории шириной от 10 до 20 м под непосредственной угрозой размыва окажется участок шоссе



Рис. 60. Аварийный участок береговой зоны в районе размыва шоссе Санкт-Петербург–Ручьи.

а



б



Рис. 61. а – выходы глин и зоны разгрузки подземных вод в приурезовой зоне пляжа к востоку от аварийного участка шоссе; б – результаты размыва берега осенними штормами 2013 г.

протяженностью от 500 до 700 м. Выполненные летом 2013 г. исследования в субаквальной части береговой зоны рассматриваемого ключевого участка выявили значительно более широкое, чем предполагалось ранее, развитие зон подводного размыва.

На ключевом участке «Копорский залив» в 2013 г., учитывая близость Ленинградской атомной электростанции, выполнялись работы по радиогеохимическому мониторингу и продолжено обследование поля покмарков (рис. 62).

Оперативная оценка степени загрязнения донных осадков основными техногенными радионуклидами показала, что отмечается значительная неоднородность в распределении ^{137}Cs по площади, что обусловлено различиями в литологическом составе осадков. Активность ^{137}Cs колеблется в интервале от 186.3 Бк/кг до <1,9 Бк/кг. Зафиксированные активности ^{60}Co незначительны и колеблются от 4 Бк/кг до <1,7 Бк/кг.

Сопоставляя данные опробования с результатами прошлых лет можно отметить, что в области распространения алевропелитовых осадков отмечается небольшое повышение активности ^{137}Cs . Например, на станции ФЗ-13-28 отмечена максимальная для района мониторинга активность ^{137}Cs – 186.3 Бк/кг. В 2011 году активность ^{137}Cs на этой станции

(ФЗ-11-28) составляла 171.7 Бк/кг, и за счет естественного распада, в 2012 году должна была составлять ≈ 162 Бк/кг. Отмеченное слабое накопление ^{137}Cs в данном случае, скорее всего, обусловлено не воздействием работы Ленинградской атомной электростанции, а перераспределением «Чернобыльского» ^{137}Cs в донных осадках и его накоплением в алевропелитовом материале. В областях распространения смешанных или существенно алевро-песчаных осадков заметного изменения концентрации ^{137}Cs за прошедшие годы не отмечено. Для ^{60}Co результаты мониторинга показывают отсутствие определенной тенденции в изменении его концентраций.

В районе распространения покмарков была расширена площадь сплошного покрытия дна съемкой ГЛБО. Дополнительно в рамках международного российско-финляндского проекта TOPCONs (Трансграничные инструменты для пространственного планирования и охраны Финского залива) было выполнено многолучевое эхолотирование. В результате к настоящему времени на площади около 20 км² выявлено более 200 покмарков (рис. 63).

Анализ материалов НСП показывает, что на всей этой площади поверхностные донные образования подстилаются преимущественно ледниково-озерными отложениями, мощность

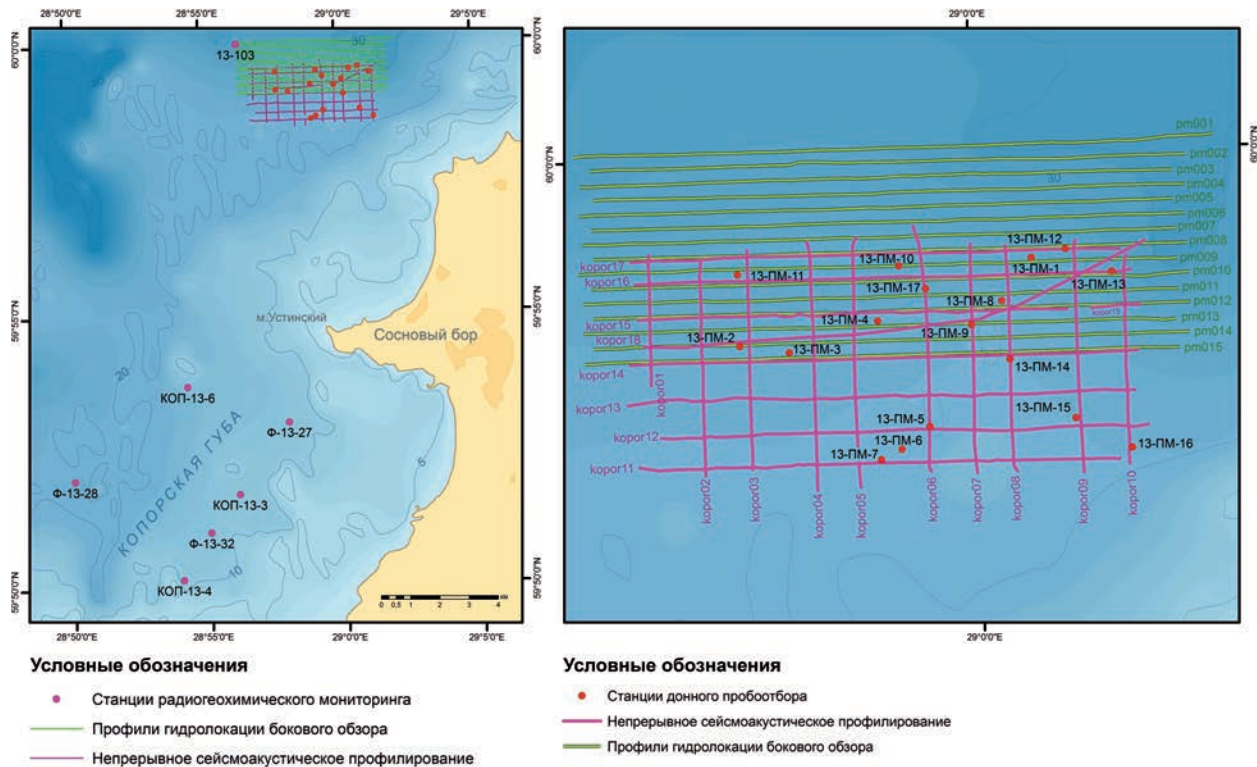


Рис. 62. Карта фактического материала на участке «Копорский».

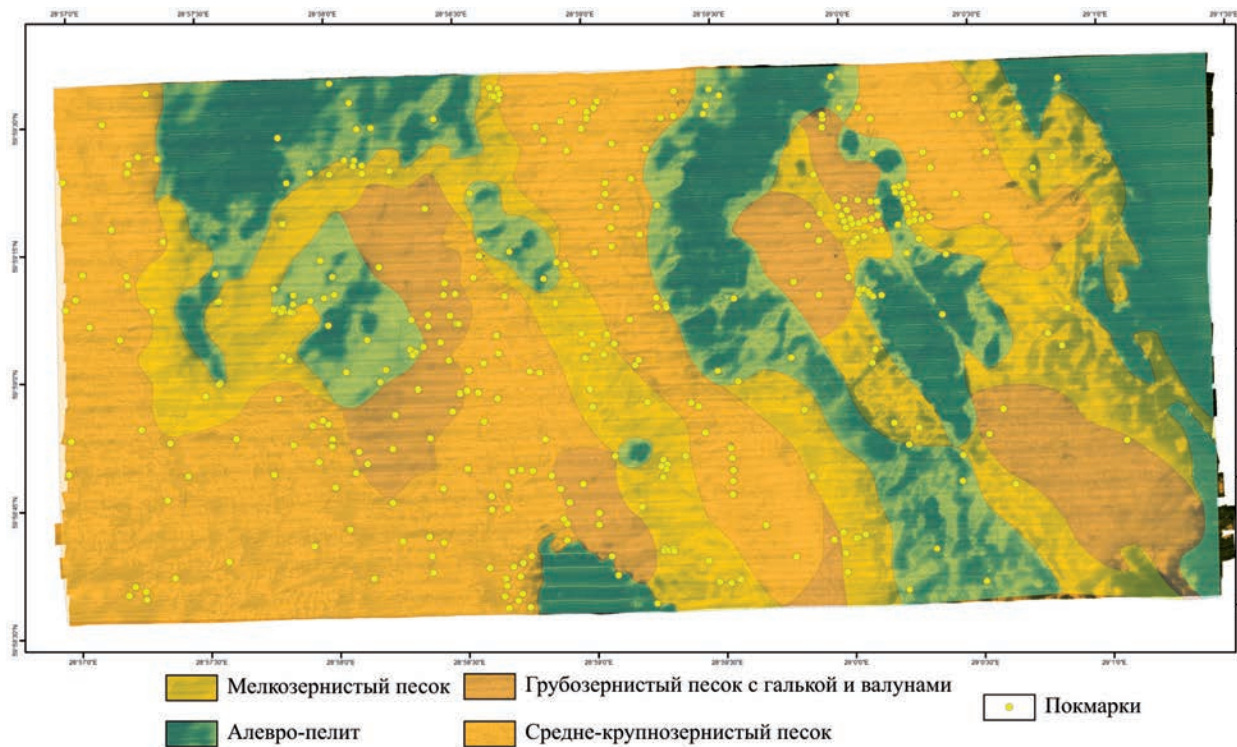


Рис. 63. Распределение покмарков на ключевом участке «Копорский залив» по данным интерпретации результатов многолучевого эхолотирования и ГЛБО.

которых составляет в среднем 10 м (до 15 м). Локально на поверхность дна выходят ледниковые отложения. Запись НСП фиксирует многочисленные линейные зоны нарушений, которые могут быть интерпретированы как выходы на поверхность подземных вод (или газов) (рис. 64).

Колонковый пробоотбор и данные многолучевого эхолотирования (по методике бэкскатер) подтвердили отсутствие в зоне развития покмарков достаточно мощного слоя восстановленных голоценовых морских алевро-пелитовых илов, которые могли бы стать потенциальным источником биогенного метана (рис. 65).

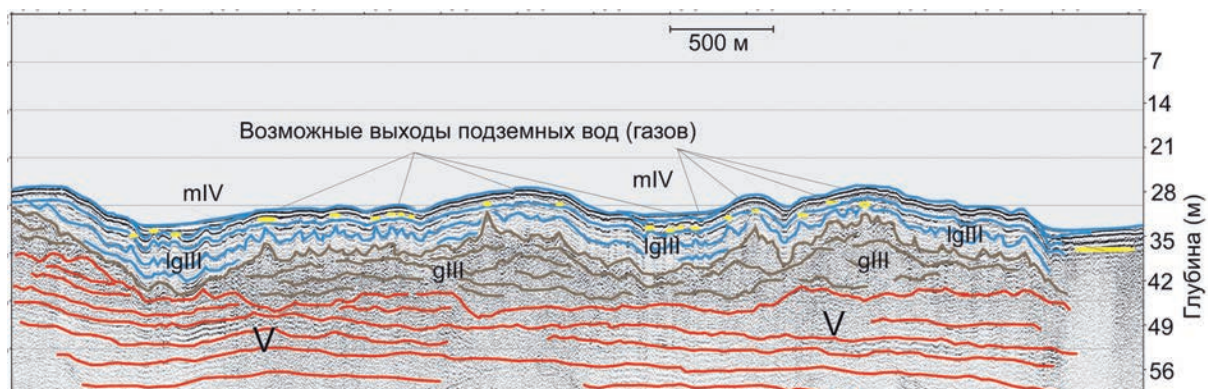


Рис. 64. Профиль НСП (корог16), пересекающий поле покмарков: V – породы венда, gIII – морена, lgIII – ледниково-озерные отложения, mIV – морские отложения.

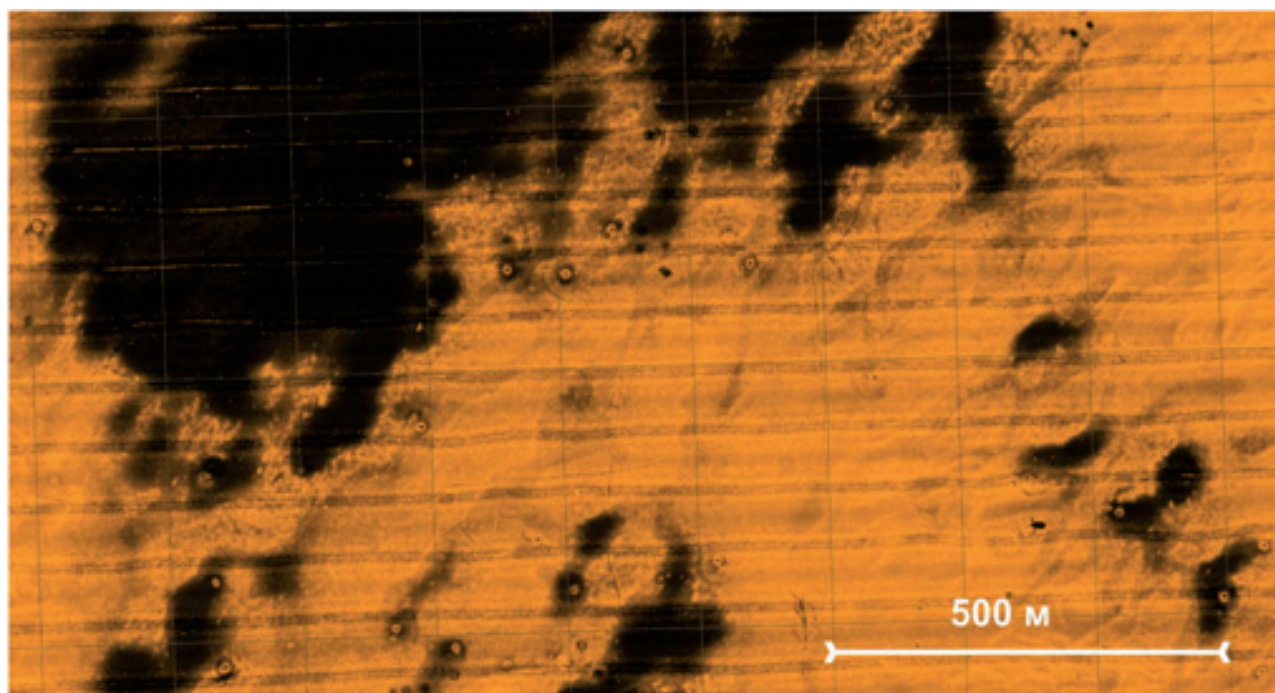


Рис. 65. Фрагмент планшета съемки поля покмарков в Колорском заливе методом многолучевого эхолотирования (ВСЕГЕИ, 2013). Черное поле – на поверхности дна алевропелитовые илы мощностью – 20–30 см, желтое поле – покровные пески.

Основная часть покмарков приурочена к полям распространения покровных песчаных осадков небольшой мощности.

Анализ форм покмарков по глубине и форме «кратера» позволил предположить наличие их разновозрастных генераций, с выделением молодых, зрелых и реликтовых разностей (рис. 66). Размеры структур варьируют от 5–7 до 10–15 м.

Комплексные геолого-геохимические данные 2013 г. позволяют в первом приближении определить природу покмарков Копорского залива.

Определение концентраций метана в донных отложениях, опробованных в кратерах покмарков Копорского залива, показало существенно различные величины. Так в покмарке, опробованном на станции 13-ПМ-7 (рис. 67), концен-

трация метана достигала 12988,14 мкл/дм³, а в отложениях формирующих покмарк, опробованный на станции 13-ПМ-11 концентрация колебалась в интервале 9,02÷13,58 мкл/дм³. Покмарк станции 13-ПМ-12 характеризуется диапазоном изменения концентрации метана 16,81÷507,81 мкл/дм³ (рис. 68). Обращает на себя внимание резкая дифференциация содержаний метана по глубине опробования. Причем, как правило, наиболее высокие концентрации приурочены к нижней части опробованного разреза (рис. 67, 68). Возникает вопрос об источнике поступления метана. Неожиданно высокие содержание метана установлены в глинах Балтийского ледникового озера (БЛО). Эти глины практически не содержат органического вещества, и таким образом в них не может генерироваться биогенный метан. В таком случае

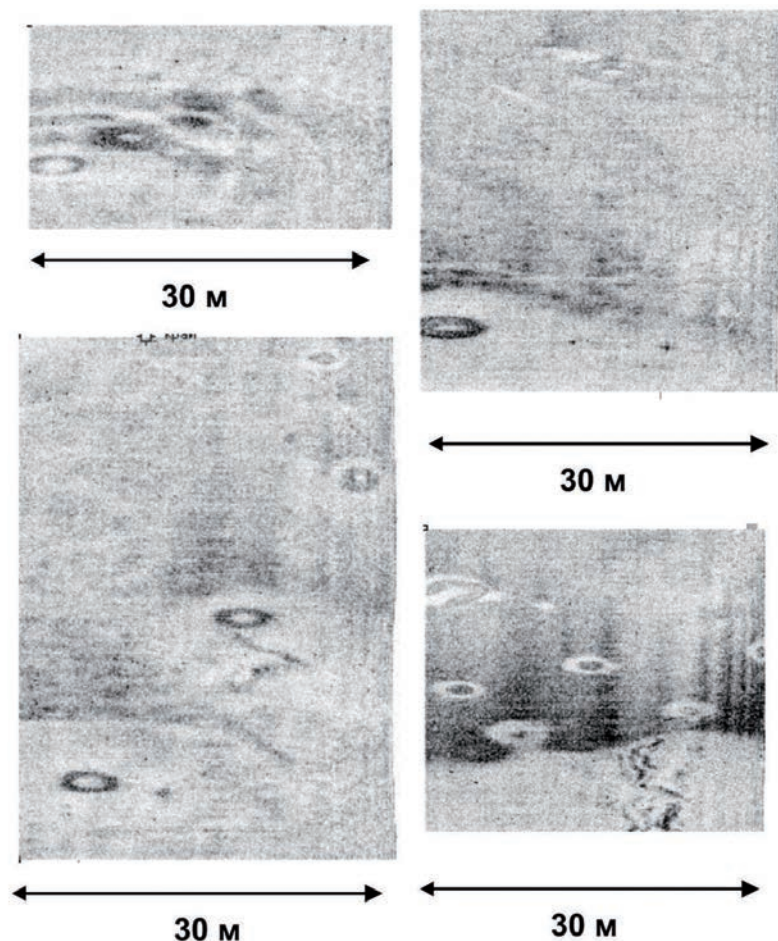


Рис. 66. Фрагменты записи ГЛБО 2013 г. с изображением покмарков различного размера и возрастных генераций. Копорский залив.

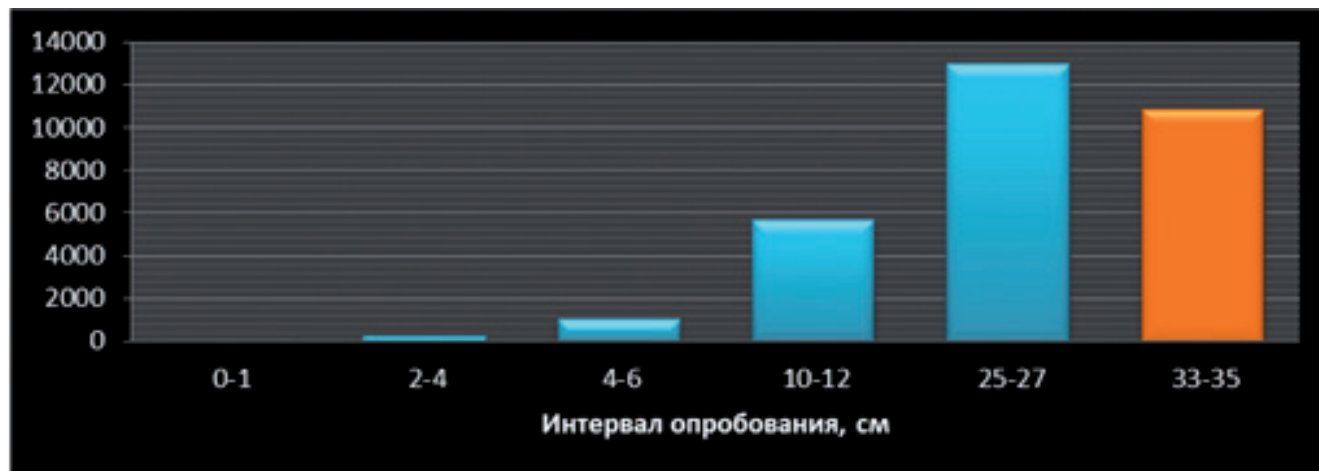


Рис. 67. Распределение концентраций метана (мкл/дм³) в разрезе отложений, опробованных в т.н. 13-ПМ-7: голубой цвет – современные алевропелитовые илы, оранжевый – ледниково-озерные глины.

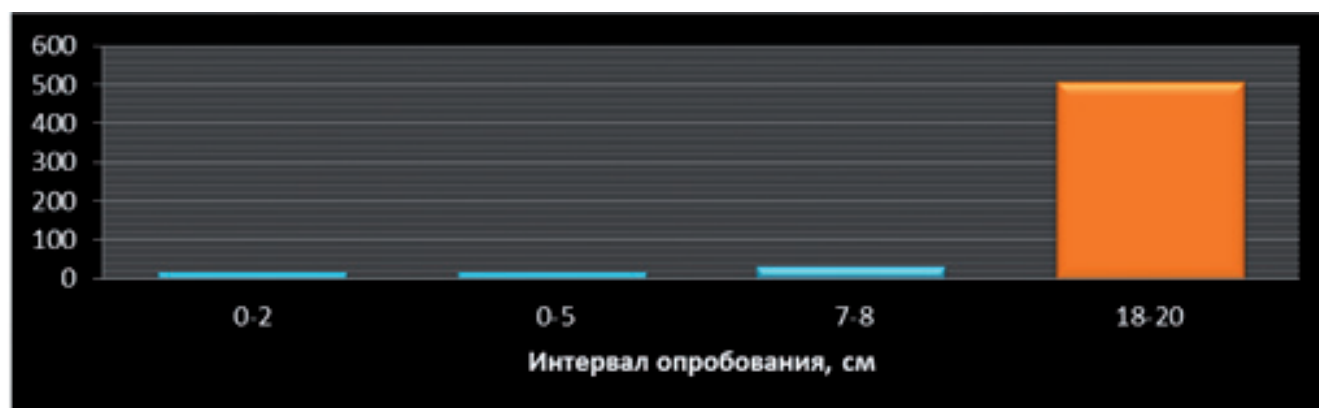


Рис. 68. Распределение концентраций метана (мкл/дм³) в разрезе отложений, опробованных в т.н. 13-ПМ-12: голубой цвет – современные алевропелитовые илы, оранжевый – ледниково-озерные глины.

образование метана, вероятно, происходит в отложениях, подстилающих ледниково-озерные глины.

Полученные аналитические данные по химическому и изотопному составу газов выделенных из проб отложений, формирующих поцмарки, приведены в табл. 8.

Соотношение O_2/N_2 в пробе т.н. 13-ПМ-7 (1/3,1) приблизительно соответствует таковому в воздухе (1/3,7), т.е. вероятно дополнительное поступление O и N из других источников

отсутствует. В пробах 13-ПМ-11 соотношение O_2/N_2 – (1/1,65) и 13-ПМ-12 O_2/N_2 – (1/5,7) заметно отличается от стандартного соотношения в воздухе. Для т.н.13-ПМ-12 такое отличие вероятно обусловлено протекающими в осадках микробиологическими процессами, а именно – анаэробным окислением метана (Raghoebarsing et al., 2006). То есть, в результате реакции образуется молекулярный азот, углекислый газ и расходуется метан. В данном случае отмечается достаточно высокие по

Химический и изотопный состав газов, выделенных из проб отложений, отобранных в кратерах покмарков

№ пробы	Общая концентрация грунта, см ³ /л	Состав газа – объемный, %					$\delta^{13}\text{C}$, ‰	
		O ₂	N ₂	CO ₂	CH ₄	∑ гомологов	CH ₄	CO ₂
13-ПМ-7	56	2,8	8,8	6,3	82,2	<0,0001	-64,44	-20,26
13-ПМ-11	62	4	6,6	9,2	80,2	<0,0001	-61,13	-20,7
13-ПМ-12	60	3,5	20,1	11,9	64,5	<0,0001	-68,34	-24,03

отношению к остальным станциям опробования концентрации азота, повышенные концентрации CO₂ и пониженные концентрации метана. Нарушение стандартного соотношения O₂/N₂ в донных осадках станции 13-ПМ-11 в настоящий момент объяснить затруднительно и вопрос остаётся открытым.

По литературным данным (Прасолов, 1990; Хёфс, 1983) известно, что изменение изотопного состава углерода достаточно жестко обусловлено различием в генезисе метана. Изотопный состав углерода ($\delta^{13}\text{C}$) выражается в единицах смещения соотношения изотопов ¹³C/¹²C по сравнению с международным стандартом PDB. Близповерхностный «биогенный» метан

является наиболее изотопно лёгким. Газовые залежи характеризуются более тяжелым изотопным составом метана, однако известны мелкие залежи с изотопно легким метаном. Высокотемпературный глубинный метан по изотопному составу является наиболее тяжелым. В целом изотопный состав метана из отложений, отобранных в кратерах покмарков, позволяет говорить о его низкотемпературном, малоглубинном генезисе. Рассматривая изотопию метана на конкретных станциях (рис. 69) можно отметить следующее. На станциях 13-ПМ-12 и 13-ПМ-7 величина $\delta^{13}\text{C}$ метана равна -68,3‰ и -64,4‰, соответственно, что уверенно позволяет отнести его по генезису к «современной биогенной»

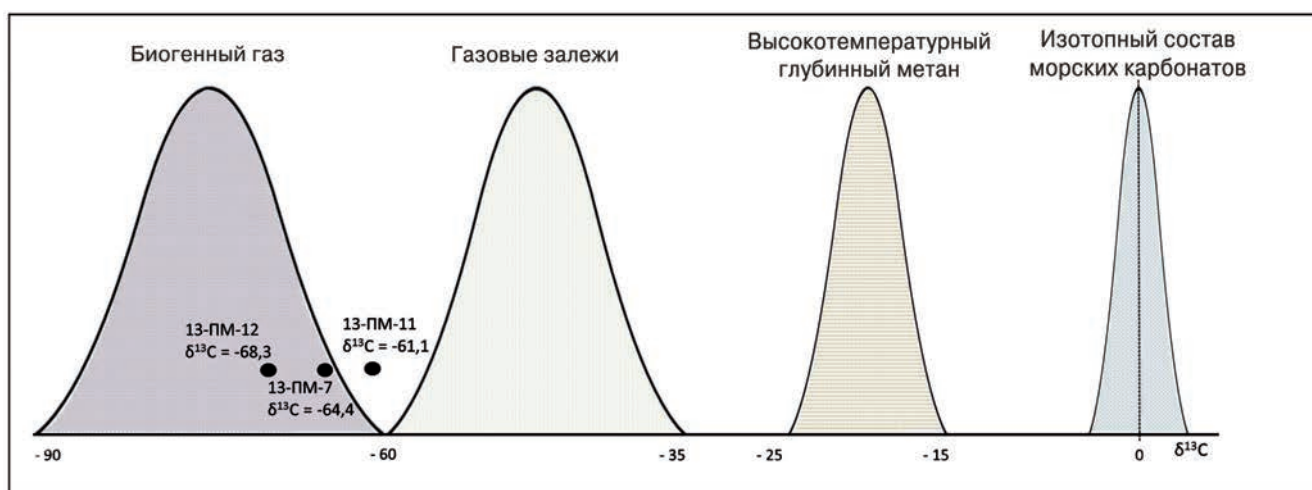


Рис. 69. Распределение изотопного состава углерода метана на станциях опробования, выраженного в единицах смещения ($\delta^{13}\text{C}$) на фоне стандартного распределения изотопов углерода по условиям генерации метана.

генерации. На станции 13-ПМ-11 величина $\delta^{13}\text{C}$ метана равна $-61,1\%$, попадая в пограничную область значений. С одной стороны такой изотопный состав углерода близок к изотопному составу характерному для мелких залежей с изотопно легким метаном, с другой стороны к граничным значениям метана современной «биогенной» генерации. Таким образом, можно предположить, что в данном случае метан может иметь как микробное происхождение, так и образовываться химическим путем в более глубоких слоях осадочного чехла. При этом не исключена возможность, что происхождение метана в подобном случае может быть обусловлено обоими источниками генерации.

Изотопный состав углекислого газа – CO_2 ($\delta^{13}\text{C}$) в пробах донных отложений варьируется в интервале $(-20,26\% \div -24,03\%)$, что в целом соответствует изотопному составу $\delta^{13}\text{C}$ рассеянного органического вещества $(-25\% \pm 3\%)$. Данный факт позволяет достаточно уверенно предположить, что источником углекислого газа в данном случае является рассеянное органическое вещество.

По литературным данным сумма содержания гомологов метана (тяжелых углеводородов – Т.У.) в попутных газах нефтяных месторождений, как правило, близка к 20%, для газовых залежей сумма гомологов составляет приблизительно 5%, хотя отмечены залежи, где их суммарная концентрация может составлять и менее 0,1% (Прасолов, 2006). В нашем случае \sum гомологов в каждой из отобранных проб составляет $<0,0001\%$, что позволяет говорить о том, что природа исследуемых покмарков не связана с наличием в пределах площади значительных глубинных залежей углеводородов.

Отбор проб придонной воды на гидрохимические исследования проводился, как непосредственно в пределах «кратеров» покмарков, так и вне кратеров – в границах поля покмарков для определения фоновых значений. Результаты статистической обработки полученных аналитических данных приведены в табл. 9, 10.

Средние концентрации Cu, Zn, Ni, Co, Cr, As, Pb, Cd, U в придонных водах кратеров

покмарков значимо превышают их фоновые значения в границах поля (табл. 9). Наибольшее превышение над фоновыми значениями характерны для: Co в $-43,8$ раза, Pb в 22,1 раза, Cr в 10 раз. Для остальных элементов группы, превышение средней концентрации над фоновыми значениями находится в интервале 2,7–5,3. Можно предположить, что значительное превышение концентрации определяемых микрокомпонентов в придонных водах покмарков над их фоновыми значениями, может происходить за счет разгрузки вод Вендского водоносного комплекса по системе малоамплитудных разломов и зон трещиноватости.

Для макрокомпонентов – Ca, Mg, K, Na, Cl значимого превышения средних концентраций в водах, отобранных в кратерах покмарков, по отношению к фоновым значениям, не установлено, что вероятно обусловлено сопоставимостью их содержаний в водоносном горизонте и в морской придонной воде в районе работ. Коэффициент 1,2 при ограниченном объеме выборки не может считаться значимым.

Экспресс-анализы придонной воды показали, значение редокс-потенциала (Eh) воды кратеров покмарков заметно отличается от вод вне покмарков, т.е. обстановка в кратерах является более окислительной (табл. 10). Кроме того, наблюдаются определённые различия по температуре для вод внутри кратеров и вне их.

При литогеохимических исследованиях отбор проб донных осадков проводился, как непосредственно в пределах кратеров покмарков, так и вне расположения кратеров в границах поля покмарков для определения фоновых значений. Установлено, что хотя средние концентрации большинства химических элементов в отложениях кратеров покмарков несколько превышают их фоновые значения, значимого отличия по геохимическому составу отложений не зафиксировано. Отношение средних концентраций в отложениях, отобранных в кратерах покмарков к фоновым значениям – коэффициент концентрации ($C_{\text{ср. покмарк}}/C_{\text{фон.}}$), как правило, колеблется в интервале 1,05–2,15. Максимальный

Таблица 9

Статистические параметры распределения химических элементов (мкг/дм³) в придонных водах вне покмарков и непосредственно в кратерах покмарков

Элемент	Вне покмарков (фоновые)			В кратере покмарков			С _м покмарк. / С _м фон.
	кол-во проб	Среднее арифмет.	Среднее медианное	кол-во проб	Среднее арифмет.	Среднее медианное	
Cr	4	0,64	0,32	4	2,47	3,21	10,0
Co	4	0,25	0,05	4	1,73	2,19	43,8
Ni	4	1,13	1,11	4	2,6	3,2	2,9
Cu	4	2,03	1,76	4	4,91	5,19	2,9
Zn	4	5,27	4,03	4	16,42	21,55	5,3
As	4	0,72	0,52	4	1,99	2,3	4,4
Cd	4	0,04	0,03	4	0,13	0,15	5,0
Pb	4	0,92	0,39	4	6,75	8,61	22,1
U	4	0,3	0,3	4	0,68	0,81	2,7
Ca	4	100	99	4	118	118	1,2
Mg	4	218	217	4	262	263	1,2
K	4	62	62	4	75	75	1,2
Na	4	1680	1665	4	2008	2015	1,2
Cl	4	2163	2140	4	2560	2585	1,2

Таблица 10

Статистические параметры распределения гидрохимических характеристик в придонных водах

Параметры	Вне покмарков			В кратере покмарков		
	кол-во проб	Среднее арифмет.	Среднее медианное	кол-во проб	Среднее арифмет.	Среднее медианное
pH воды	5	7,48	7,4	4	7,35	7,32
Eh	5	96	100	4	158,25	160
T ⁰ (C) воды	5	11,01	11,9	4	9,38	9,1

коэффициент концентрации (КК) = 2,15 отмечен для Na₂O. Для очень небольшой группы элементов (P, Mn, Nb, Mo, B) коэффициент концентрации колеблется в интервале (0,7–0,97), для Sr, Ba, Pb – К.К. равен 1.

Суммируя выше изложенное можно предполагать, что образование покмарков в Копорском

заливе, вероятнее всего связано с разгрузкой вод Вендского водоносного комплекса. В то же время наличие относительно изотопно-тяжелого метана (пограничные значения), характерное для некоторых покмарков, не позволяет полностью отклонить предположение о связи процессов кратерообразования с глубинными

газами. Вероятно, в данном случае имеет место комплексное воздействие обеих причин. Не исключено, что метан, в том числе и относительно «глубинный» поступает в отложения Копорского залива вместе с водами Вендского водоносного комплекса.

При работах на ключевом участке мониторинга в Выборгском заливе основной задачей было исследование процесса возможной регенерации железомарганцевых конкреций (ЖМК) на участке их подводной добычи ООО «Петротранс» в 2006–2008 гг. (рис. 70). Благодаря проведенному ранее в рамках мониторинга и проекта TOPCONS многолучевому эхолотированию было выполнено ранжирование дна по интенсивности техногенного воздействия на геологическую среду; выделены зоны наибольших нарушений, а также останцы с ненарушенной поверхностью дна.

Было установлено, что на участке подводной добычи сплошной покров ЖМК сохранился только на останцах с ненарушенной поверхностью дна. В пределах траншей (глубиной до 1 метра), оставленных добычным судном «Лауэр», отмечено резкое изменение условий седиментации. Повсеместно замедленная или почти нулевая седиментация сменилась на аккумуляцию алевропелитовых илов. Мощность поверхностного слоя буровато-серых алевропелитов позволяет предположить аномально высокие (до 1–1.5 см/год) современные скорости осадконакопления. При этом вся исследованная площадь дна характеризуется преобладанием слабо окислительных условий на границе днo-вода (E_h придонной воды 14–60). Сферические ЖМК (диаметром до 1 см) и их обломки, оставшиеся после добычи, малочисленны, и в основном встречаются в толще осадков

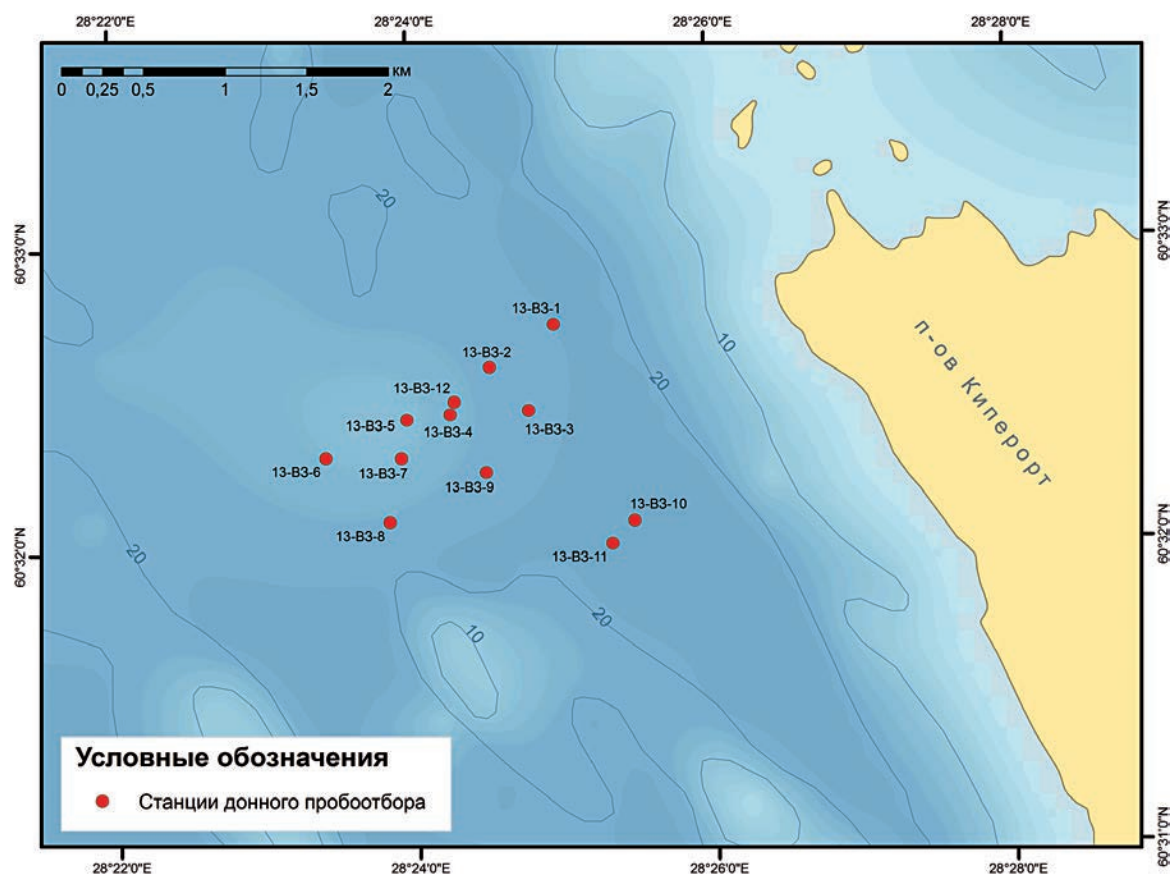


Рис. 70. Карта фактического материала участка «Выборгский».

на глубине 5–10 см. Отсутствие микроконкреций и сглаженная поверхность сферических ЖМК (отсутствие текстур роста), свидетельствуют о том, что процессы роста не проявлены (рис. 71). ЖМК законсервированы или, что более вероятно, растворяются. Этому утверждению не противоречат и результаты геохимических исследований ЖМК.

Сопоставление геохимической структуры ЖМК, отобранных в пределах участков выработки и вне этой зоны, позволило установить их заметное различие. На рис. 72а представлены результаты факторного анализа методом главных компонент для ЖМК на незатронутых добычей площадях. В данном случае наблюдается типичная геохимическая структура сфери-

ческих ЖМК с четко выраженными ассоциациями. С одной стороны – ассоциация, представленная породообразующими элементами терригенной составляющей, с другой стороны – две ассоциации рудных элементов, тяготеющих к Mn и Fe. Mg и Ca, в силу своего двойственного механизма вхождения в состав ЖМК, занимают промежуточное положение между породообразующими и рудными ассоциациями.

Структура распределения факторных нагрузок для выборки ЖМК, отобранных в пределах выработок, заметно отлична (рис. 72б). В частности, обычно ассоциации Mn и Fe, имея высокие значения факторных нагрузок, являются антагонистами (рис. 72а). В данном случае теснота их связи со вторым фактором,



Рис. 71. ЖМК ключевого участка «Выборгский залив»: а – до добычи (фото ОАО «Петротранс», 2004 г.); б – фото ВСЕГЕИ, 2013 г.

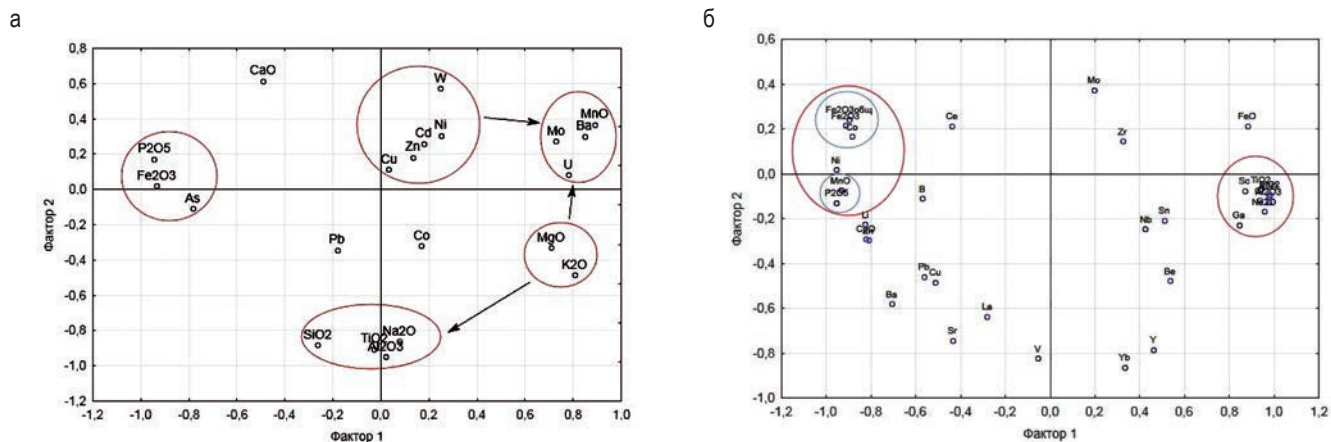


Рис. 72. Диаграммы факторных нагрузок для ЖМК отобранных: а – на незатронутых добычей площадях, б – в пределах участков добычи.

контролирующим взаимоотношение хемогенных (рудных) элементов с сорбционными центрами (Fe или Mn) весьма незначительна и эти ассоциации практически совмещены. P_2O_5 , как правило, жестко связанный с окислами Fe, в данном случае ассоциируется с Mn. Ba и Mo, обыкновенно тесно связанные с Mn, оказались вне марганцевой ассоциации. Можно предположить, что геохимическая структура конкреций, отобранных в пределах выработок, нарушена, вероятно, в результате селективного выноса элементов при растворении ЖМК. Таким образом, оставшиеся после отработки месторождения ЖМК, в результате изменения условий седиментации, превратились во вторичный источник загрязнения донных отложений. Можно прогнозировать дальнейшее растворение захороненных в осадке ЖМК и последующее конкрециеобразование по периферии зон современной алевропелитовой аккумуляции после того, как борозды, оставленные земснарядом, будут заполнены осадками и будет восстановлено седиментационное равновесие, существовавшее до добычи ЖМК.

Задачей работ на ключевом участке мониторинга Северная береговая зона между м. Флотский и Песчаный (рис. 73) было выяснение характера седиментационных процессов в отработанных подводных карьерах на поверхности

вдоль береговой подводной террасы (месторождение «Пески»), где в 1972–1992 гг. проводилась добыча песков. Требовалось установить – происходит ли восстановление песчаного тела за счет заполнения техногенных депрессий песком или в них накапливаются алевропелитовые илы.

Естественная площадка террасы субгоризонтальна. Тыловой шов террасы на западе располагается на расстоянии 700–900 м от берега, а на востоке поверхность террасы сливается с подводным береговым склоном. Уступ, ограничивающий ее со стороны моря, имеет уклон в пределах $5-6^\circ$, со стороны берега терраса ограничена пологим уступом ($1-1.5^\circ$), начинающимся с глубин 7–6 м и переходящим в современный подводный береговой склон. Поверхность террасы покрыта преимущественно крупно-среднезернистыми и мелко-среднезернистыми плохо сортированными ($So\ 1.5-2.0$) песками, однако встречаются и мелкозернистые, хорошо сортированные ($So\ 1.0-1.3$) пески.

По данным бурения, цоколем террасы в основном служат неоплейстоценовые ледниково-озерные отложения, на ряде участков под песками в прибрежной части террасы наблюдаются выходы морены. Поверхность террасы сильно нарушена техногенными процессами. По данным НСП и эхолотирования относи-

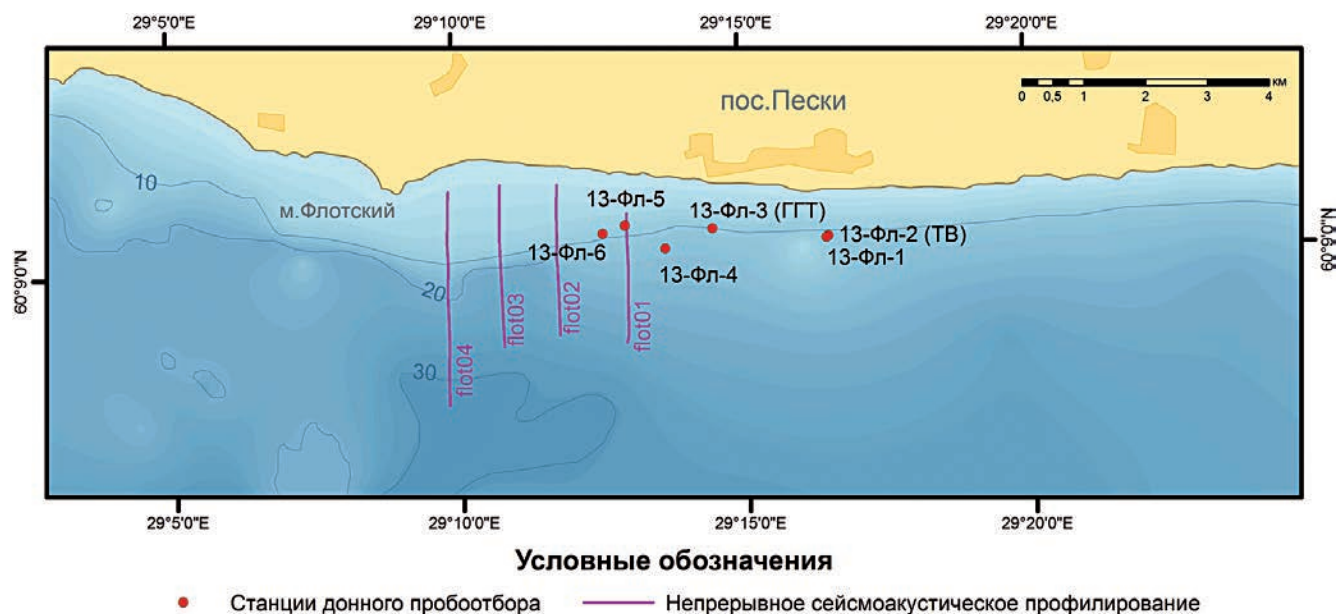


Рис. 73. Карта фактического материала на ключевом участке Северная береговая зона между м. Флотский и Песчаный.

тельная глубина техногенных депрессий достигает нескольких метров (рис. 74). В подводных карьерах по добыче песка к настоящему времени сформировался слой алевропелитов мощностью более 50 см (рис. 75, 76). Судя по внешним литологическим признакам (крупно-слоистая текстура, образованная чередованием черных и светло-серых прослоев мощностью 1–2 см), можно предполагать очень высокую скорость осадконакопления (не менее 0.5 см/год) и резкую периодическую смену гидрохимических условий – чередование окислительной и восстановительной обстановки.

Можно констатировать, что даже в условиях активной волновой переработки осадков в субаквальной части береговой зоны, восстановления песчаных залежей на месте подводных карьеров не происходит. В техногенных выработках наблюдается активное накопление алевропелитовых илов, ранее нехарактерных для этой площади, что в значительной мере изменяет природный подводный ландшафт и, очевидно, влияет и на биоценоз. Илы в береговой зоне могут рассматриваться и как потенциально

активные аккумуляторы загрязняющих веществ, преимущественно накапливающихся в алевропелитовых осадках.

В вертикальном распределении ^{137}Cs по разрезу алевропелитовых осадков в пределах отработанного подводного карьера выделяются два максимума активности. Первый – относительно незначительный, расположен в интервале глубин 8–10 см, и второй – высокой активности с максимумом в интервале глубин 30–32 см (рис. 77). Интервал 10–28 см характеризуется относительно равномерным распределением ^{137}Cs , а на интервале 10–12 см отмечен заметный минимум активности. По данным ВСЕГЕИ максимальные концентрации ^{137}Cs в донных отложениях восточной части Финского залива отмечались в 1989 году, что было обусловлено активными процессами его перераспределения после первичного выпадения «Чернобыльских» радиоактивных осадков в 1986 г. Таким образом, максимум активности ^{137}Cs на интервале глубин по разрезу 30–32 сантиметра можно датировать 1989 г. За прошедшие 24 года накоплено приблизительно

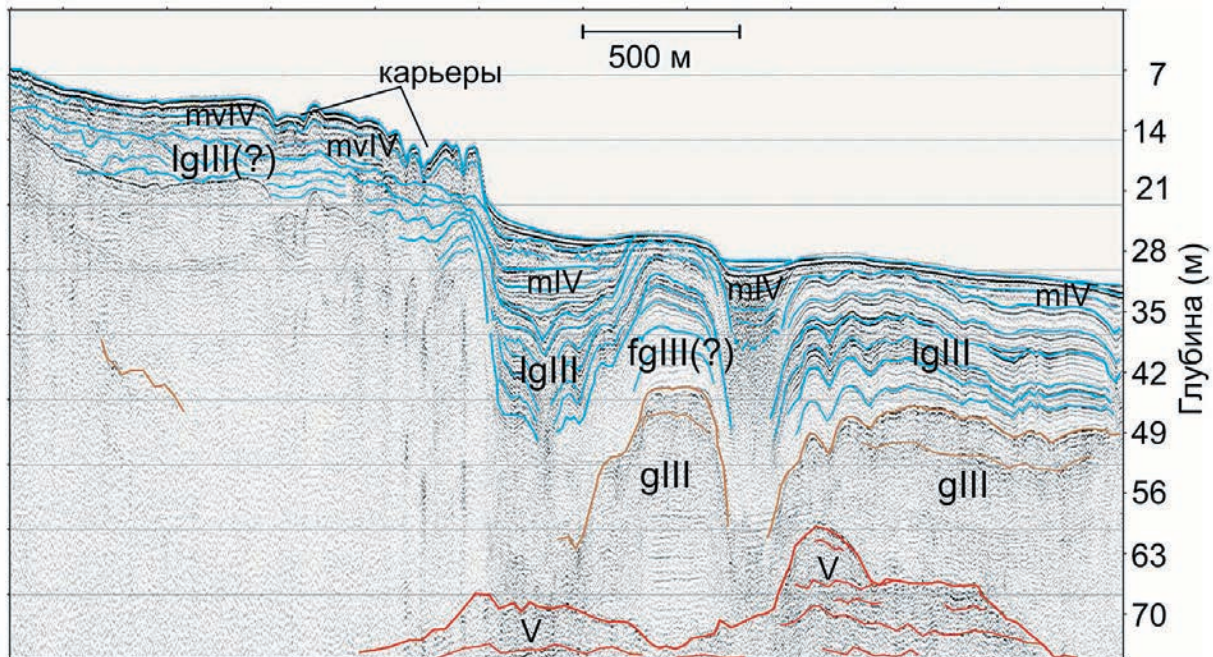


Рис. 74. Профиль НСП подводной террасы в районе м. Флотский-м. Песчаный. Рельеф террасы нарушен техногенными процессами: mvIV – голоценовые пески террасы, mIV – голоценовые алевро-пелитовые илы, lgIII – неоплейстоценовые ледниково-озерные глины, fgIII(?) – предположительно флювиогляциальные отложения, gIII – морена, V – осадочные породы венда.

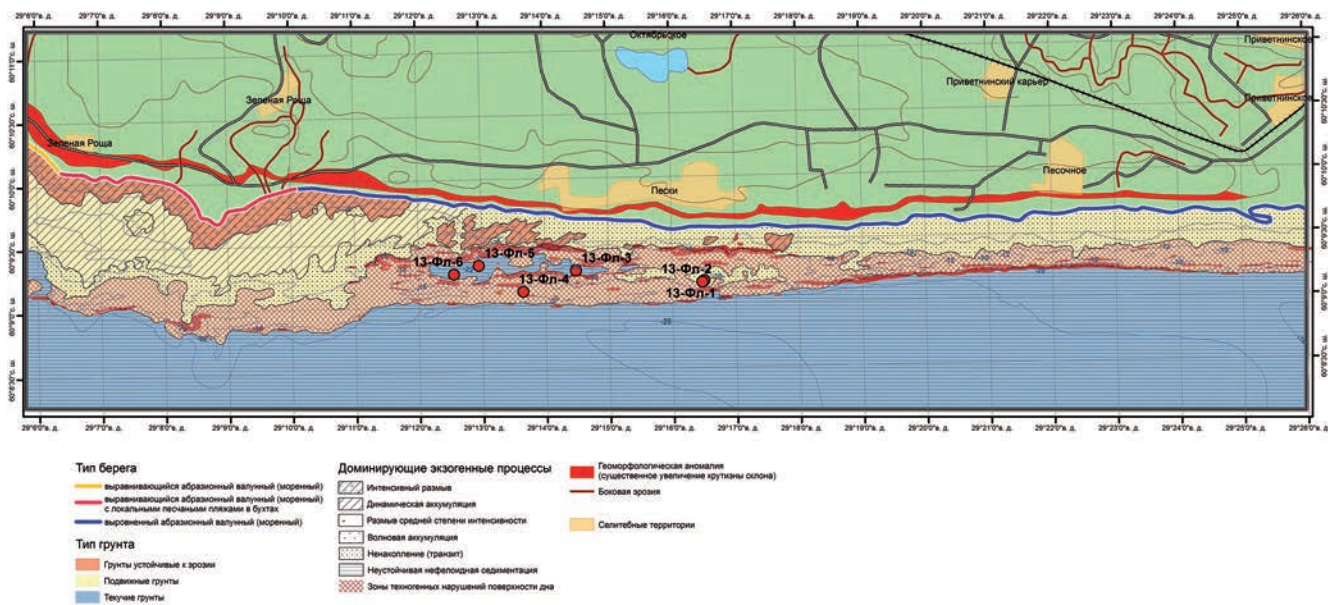


Рис. 75. Расположение станций донного пробоотбора 2013 г. относительно карьеров по добыче песка.

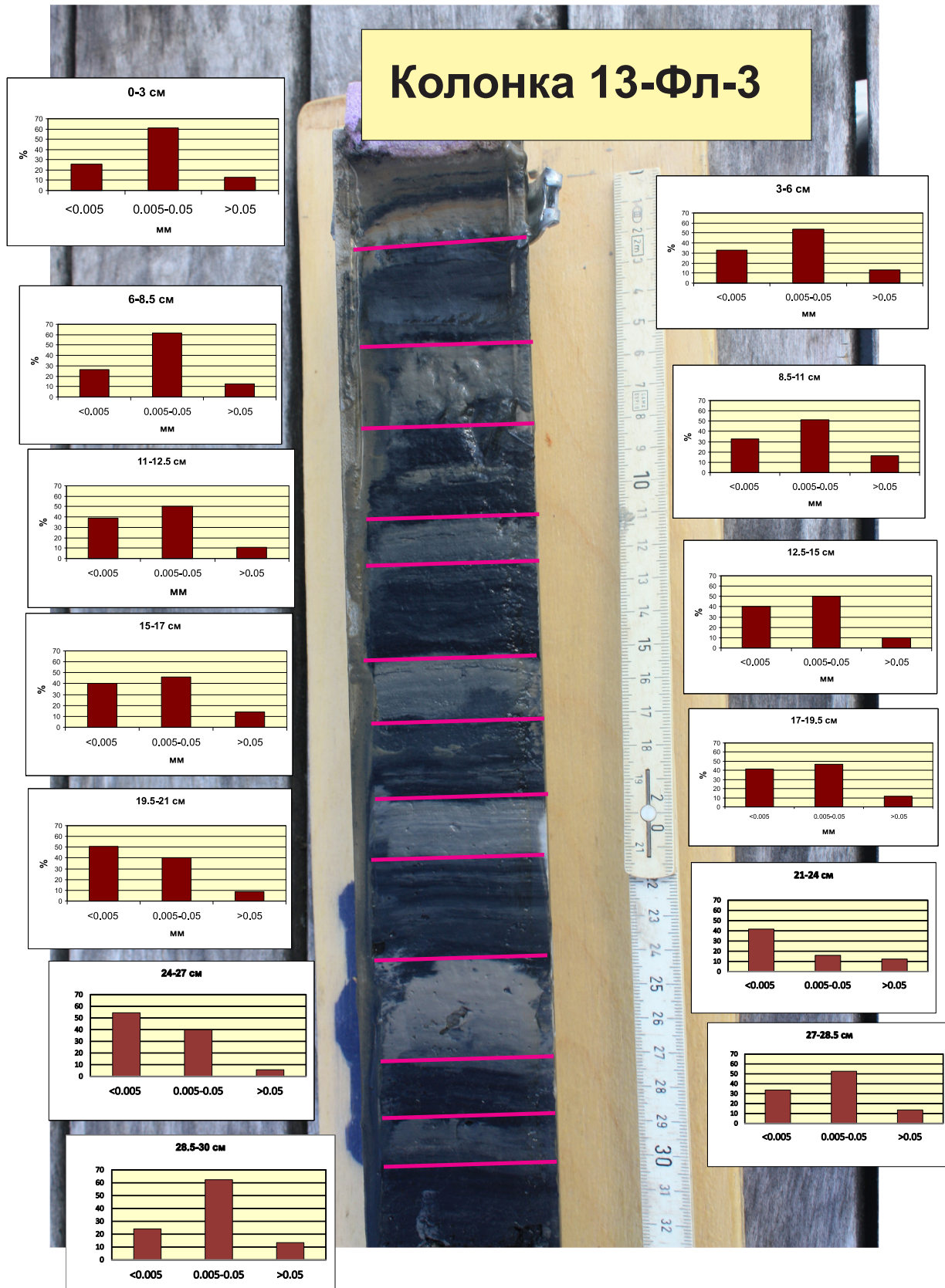


Рис. 76. Алевропелитовые илы, отобранные в техногенной депрессии подводного карьера по добыче песка. На гистограммах показаны гистограммы гранулометрического состава (песчаная-алевритовая-глинистая фракции).

31 см осадков, следовательно, средняя скорость осадконакопления на данном участке составляет не менее 1.2 см/год. Принимая в расчет естественное уплотнение осадка можно предположить, что реальная скорость осадконакопления превышает полученное значение. Исходя из рассчитанной скорости осадконакопления максимум активности ^{137}Cs , расположенный в интервале 8–10 см можно датировать приблизительно 2006 годом. Вероятно, в данном случае

наблюдается локальное увеличение привноса ^{137}Cs , связанное с гидротехническими работами и перемещением донного грунта, хотя не исключены и другие причины.

Ключевой участок «Кургальский риф» расположен в северо-западной части Лужского залива. Основой детальных исследований (рис. 78) стали данные съемки многолучевым эхолотом, выполненные ВСЕГЕИ в рамках проекта ТОПКОНС.

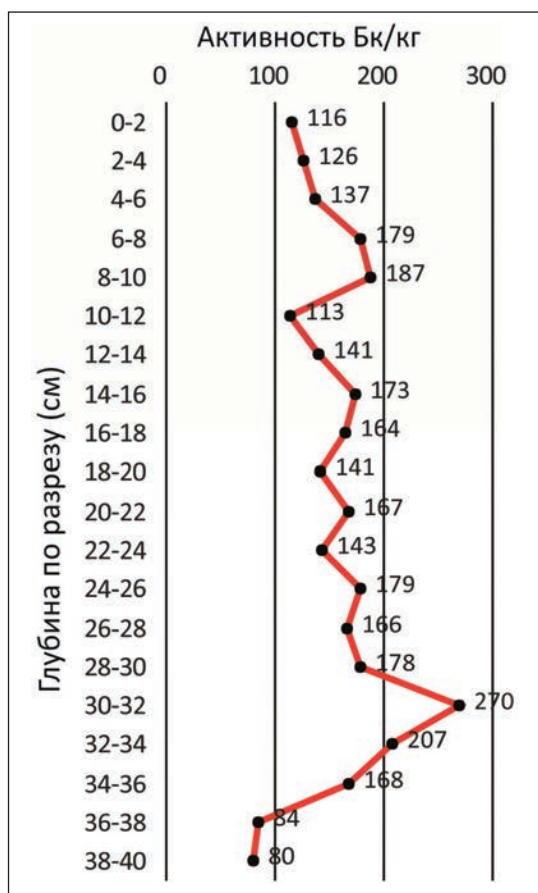


Рис. 77. Распределение активности ^{137}Cs по разрезу отложений в т.н. 13-Фл-3.

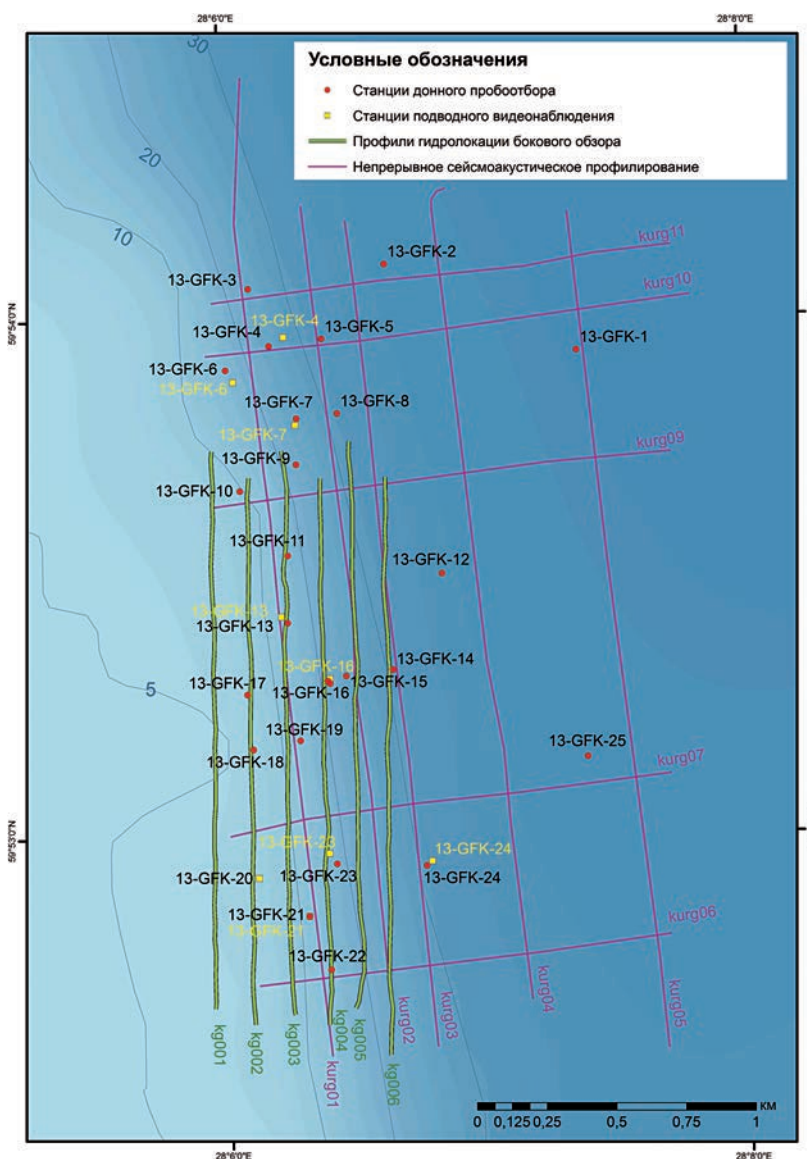


Рис. 78. Карта фактического материала ключевого участка «Кургальский риф» (Лужская губа).

В рельефе дна выделяется три основных морфологических элемента: аккумулятивная терраса, склон, аккумулятивная равнина у подножия террасы. Глубины моря в пределах террасы, поверхность которой слабо наклонена в восточном направлении, изменяются от 6–7 м до 12–13 м. Основание террасы сложено отпрепарированным моренным выступом, перекрытым с поверхности песками мощностью до 5 м (рис. 78). Бровка и склон террасы сложены песчаным аккумулятивным телом. Мощность песков, поступающих за счет размыва мелководной части Кургальского рифа, достигает 25 м. Пески аккумулятивной части террасы подстилаются слоистой толщей ледниково-озерных глин, которые у подножия склона перекрываются морскими песчано-алевритовыми осадками, а с

увеличением глубины моря латерально замещаются алевропелитовыми илами.

Поверхность подводной террасы характеризуется сложным микрорельефом. Это обусловлено, как процессами размыва дна, так и песчаными формами динамической аккумуляции и транзита. На поверхности террасы наблюдаются поля песков с хорошо проявленными знаками ряби. Крутой склон террасы с поверхности перекрыт тонко-мелкозернистыми, иногда алевритовыми песками. У подножия террасы отмечаются отдельные хорошо выраженные в рельефе конусы-выноса, вероятно образованные за счет оползания донных осадков по склону. Осадки, этих форм сложены алевропесками и песчаными алевритами, которые в виде «язычков» прослеживаются до

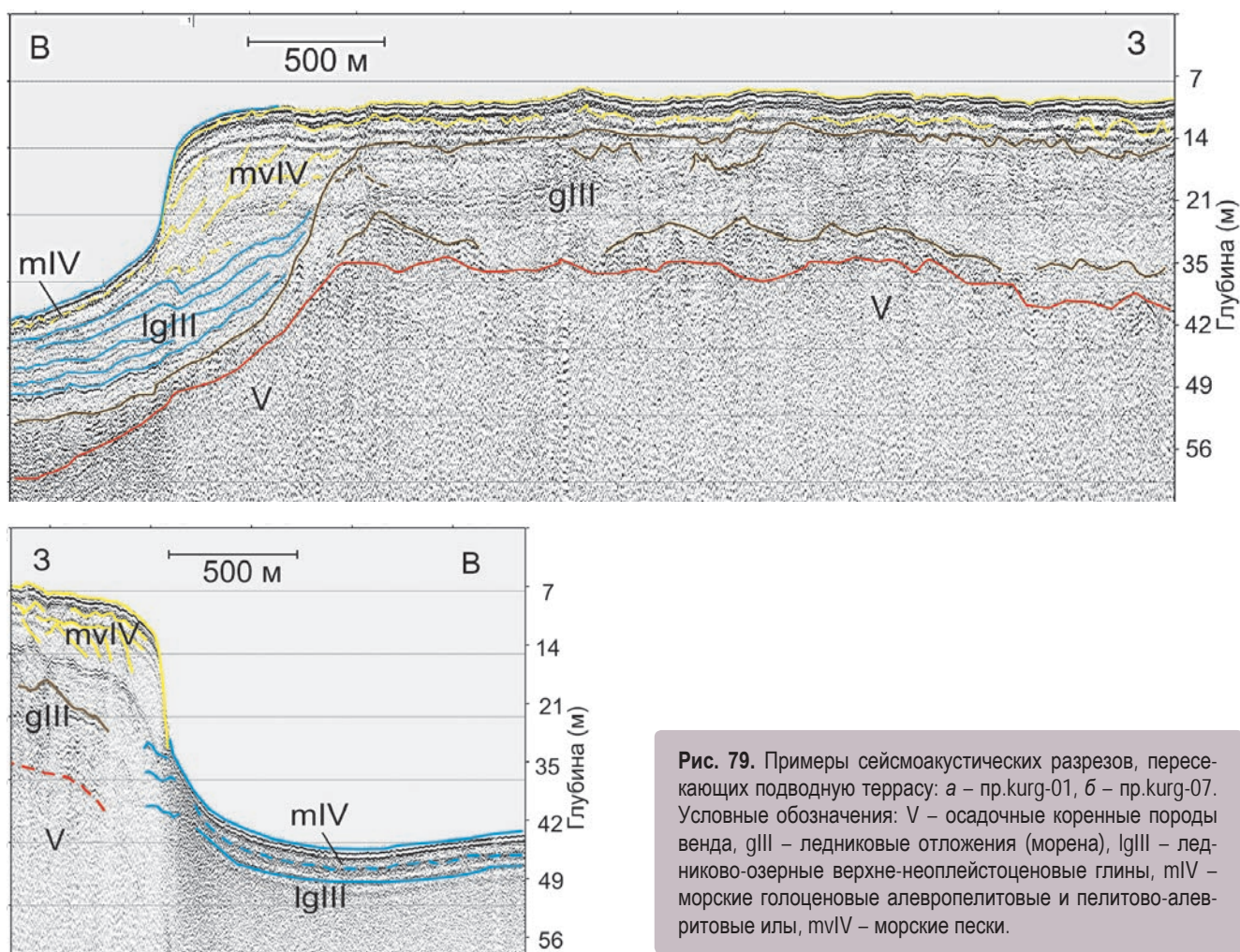


Рис. 79. Примеры сейсмоакустических разрезов, пересекающих подводную террасу: а – пр.kurg-01, б – пр.kurg-07. Условные обозначения: V – осадочные коренные породы венда, gIII – ледниковые отложения (морена), lglIII – ледниково-озерные верхне-неоплейстоценовые глины, mIV – морские голоценовые алевропелитовые и пелитово-алевритовые илы, mvIV – морские пески.

глубины моря 34 м (рис. 79, 80). Подводный склон террасы довольно быстро выполаживается и переходит в субгоризонтальную поверхность, где происходит устойчивое накопление алевропелитовых илов, темно-зеленовато-серых до черных с белым бактериальным наилком на поверхности (рис. 81). Несмотря на относительно небольшие глубины моря, часто отсутствует поверхностный слой окисленного наилка (Eh придонной воды изменяется от -200 до -220). Осадок газонасыщенный, с резким запахом сероводорода, часто с прослоями, обогащенными остатками полуразложившейся растительности.

Наиболее важными с точки зрения мониторинга геологической среды особенностями данного ключевого участка являются активно проявленные здесь подводные оползни (рис. 80), а также формирование у подножья склона обширных бескислородных зон. Мониторинг распространения бескислородных зон имеет большое значение с точки зрения общего экологического состояния Финского залива. Изучение колонок поверхностных осадков, отобранных в локальных прибрежных седиментационных бассейнах Финского залива, показывает, что с 1950-х годов площади илов, формирующихся в бескислородной обстановке, существенно расширились, и наблюдаются в настоящее время на меньших глубинах (Kotilainen et al., 2007).

Увеличение площадей илов, формирующихся в условиях недостатка кислорода, может спровоцировать возникновение экологических проблем, в том числе в связи с высвобождением из донных осадков ряда металлов, фосфора и органических веществ. Периоды дефицита кислорода в придонной среде Балтийского моря существовали и в прошлом, однако на фоне увеличивающейся антропогенной нагрузки, воздействие данного явления на экосистему Балтики может быть весьма существенным.

На ключевом участке «Невская губа» для оценки динамики загрязнения основной отбор литогеохимических проб производился на опорных точках мониторинга в субаквальной части

и в береговой зоне (рис. 82). Дополнительные пробы были отобраны в районе Лахтинского разлива.

Гранулометрический анализ образцов поверхностных осадков показывает, что в настоящее время естественный седиментационный режим губы восстанавливается после масштабного техногенного воздействия 2006–2008 гг. По данным мониторинга 2011–2013 гг. наблюдается постепенное уменьшение содержания тонких фракций и восстановление гранулометрических показателей естественных седиментационных образований губы в условиях ее существования, как техногенной лагуны. Среднее содержание

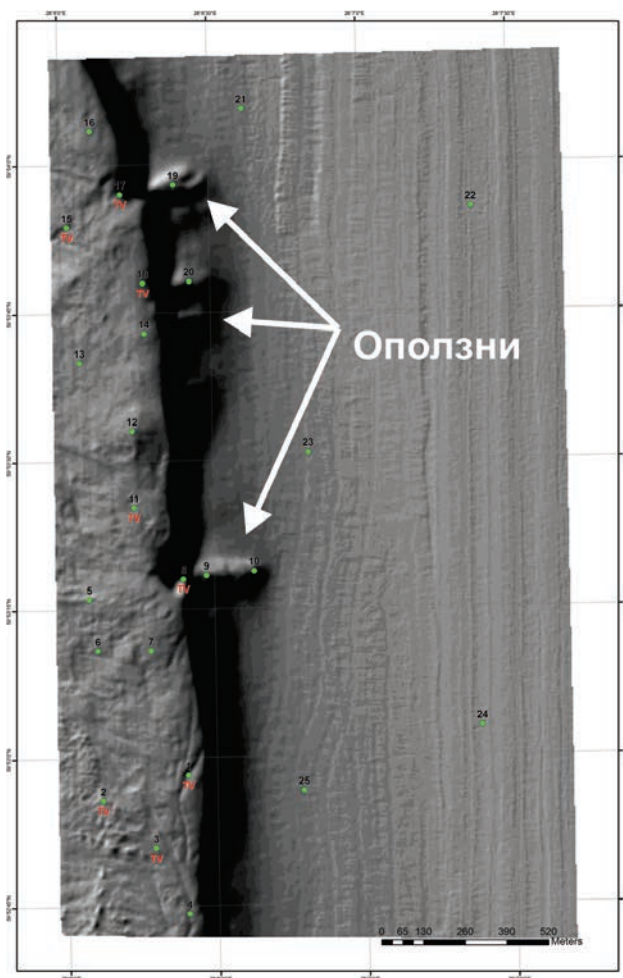


Рис. 80. Следы подводных оползней на склоне Кургальского рифа.



Рис. 81. Бескислородные зоны у подножья склона Кургальского рифа.

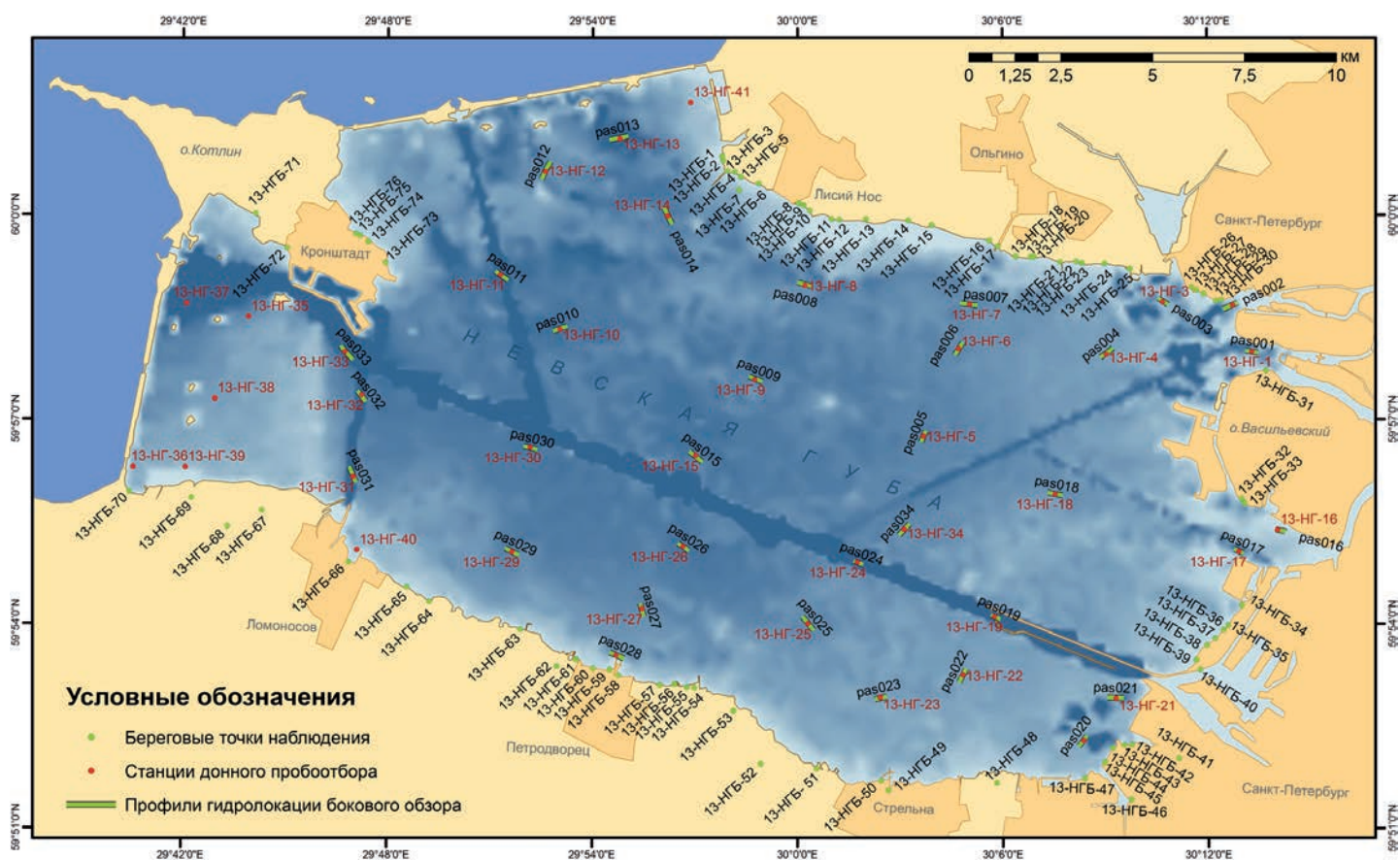


Рис. 82. Карта фактического материала участка «Невская губа».

пелитовой фракции в осадках последовательно снижается с 22% в 2011 г. до 19% в 2012 г. и 13% в 2013 г. Та же тенденция прослеживается в большинстве проб по отдельным станциям мониторинга (рис. 83).

Для оценки динамики загрязнения осадков, как и в предыдущие годы мониторинга, пробы анализировались в одной лаборатории, по единой методике, с введением в лабораторный заказ одних и тех же контрольных проб для исключения временного дрейфа (расчёта систематической временной ошибки), с последующим пересчётом результатов анализа и приведением их к единому знаменателю на год проведения анализа.

По результатам аналитических определений 2013 года проведен расчет статистических параметров распределения элементов, а также

корреляционный и факторный анализы. В итоге рассчитаны фоновые и аномальные содержания элементов и выделены полиэлементные ассоциации элементов. Для значений первых двух ведущих факторов построены карты-схемы (рис. 84–89). Первый фактор интерпретируется, как фактор общего (суммарного) накопления большинства анализируемых химических элементов, второй – как фактор распространения загрязняющих компонентов (вес 11%), в основном тесно коррелирующий с Sn, Cu, Zn, Pb, Mo, Ag. На схемы также вынесены точки с аномальными содержаниями химических элементов, превышающими фоновые значения на 3, 2 и 1 стандартное отклонение. Для понимания динамики загрязнения осадков приведены уточненные карты-схемы по данным 2011 и 2012 гг. (рис. 84, 85).

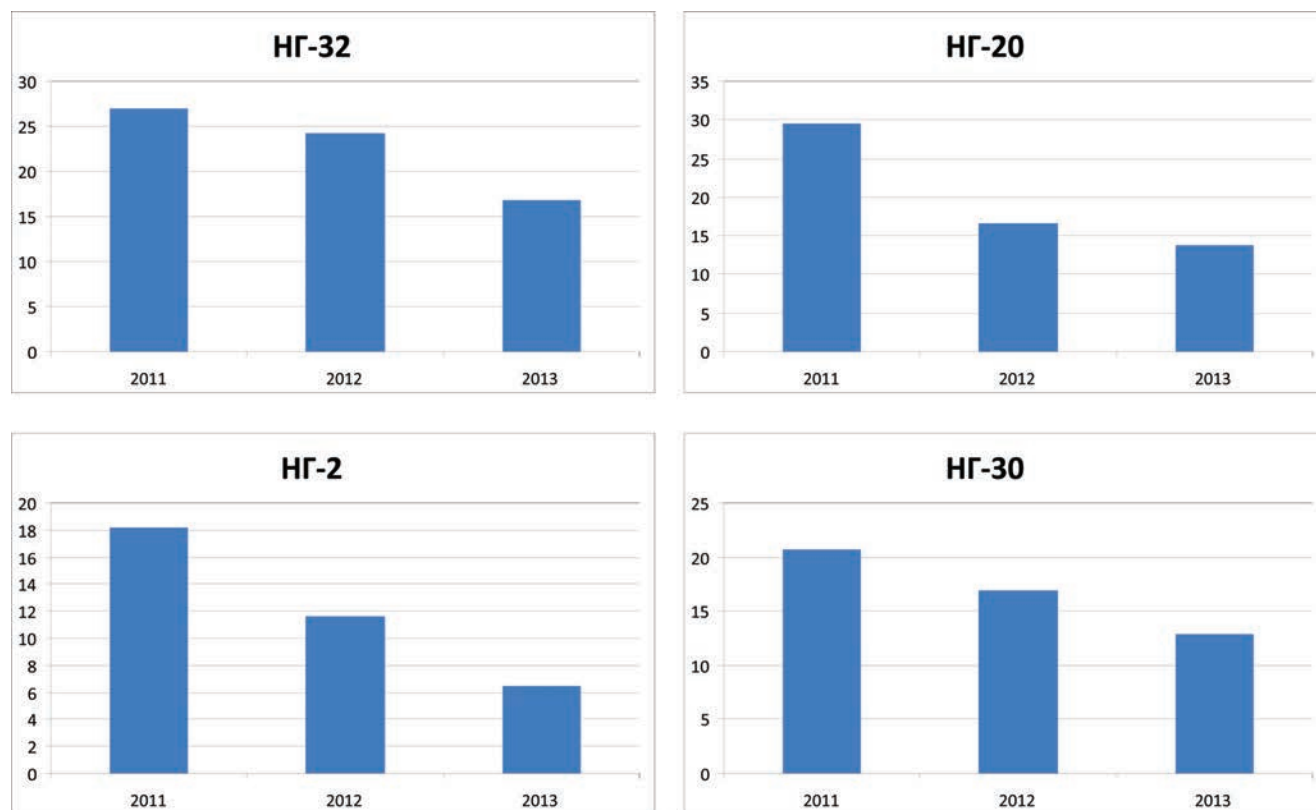


Рис. 83. Изменение содержания пелитовой фракции ($<0.005\text{ mm}</math>) в поверхностных осадках Невской губы в 2011–2013 гг. по данным мониторинга.$

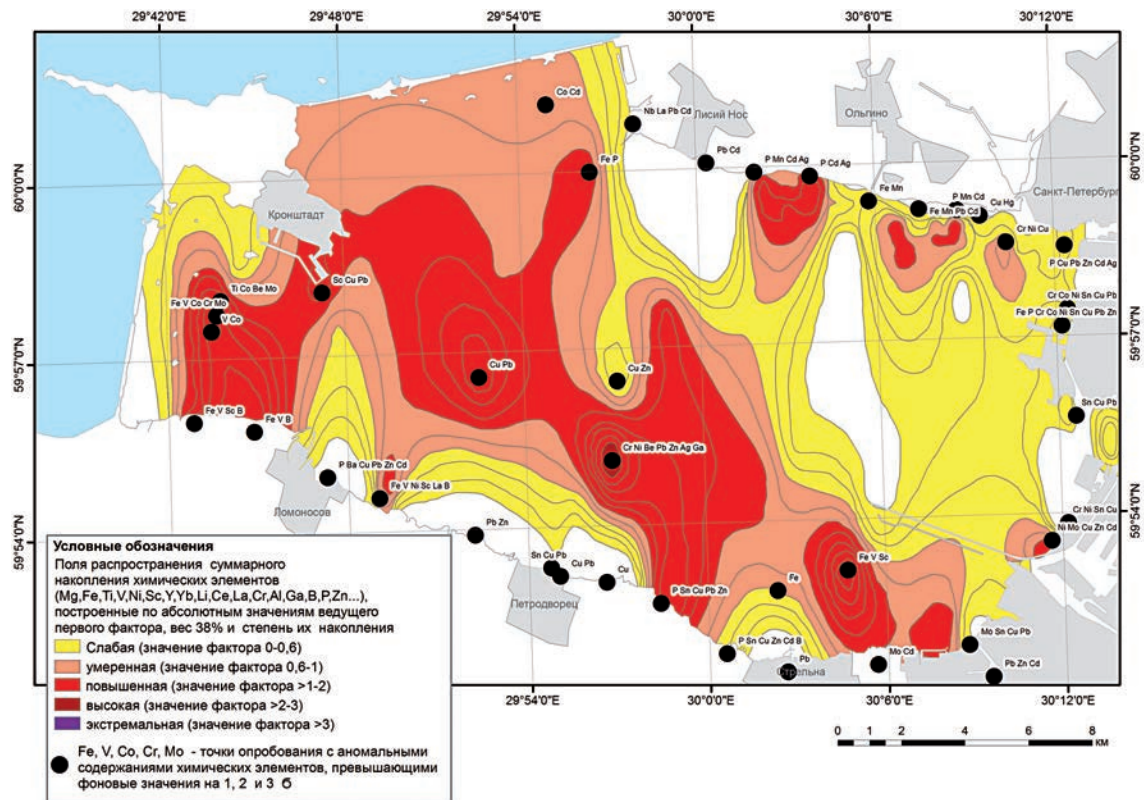


Рис. 84. Карта-схема суммарного накопления химических элементов в донных осадках Невской губы и ее береговой зоны в 2011 г. с точками опробования, на которых установлены аномальные содержания химических элементов, σ – стандартное отклонение.

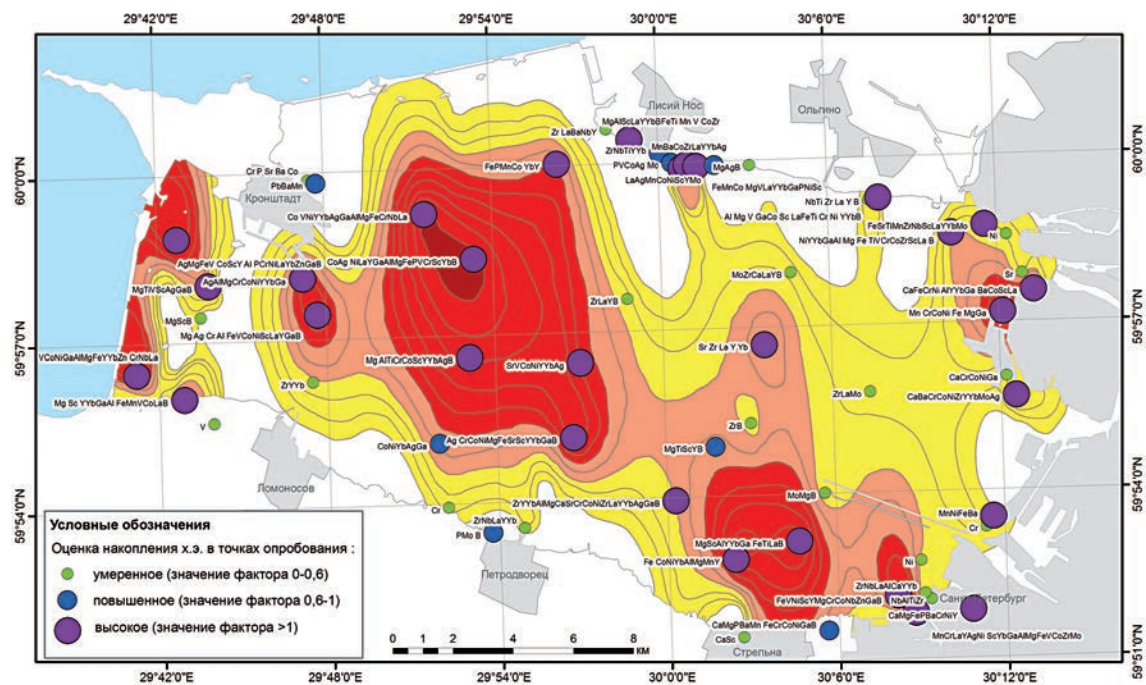


Рис. 85. Карта-схема суммарного накопления химических элементов в донных осадках Невской губы и ее береговой зоны в 2012 г. с точками опробования, на которых установлены аномальные содержания химических элементов. Вес фактора – 39 %. Условные обозначения см. на рис. 84.

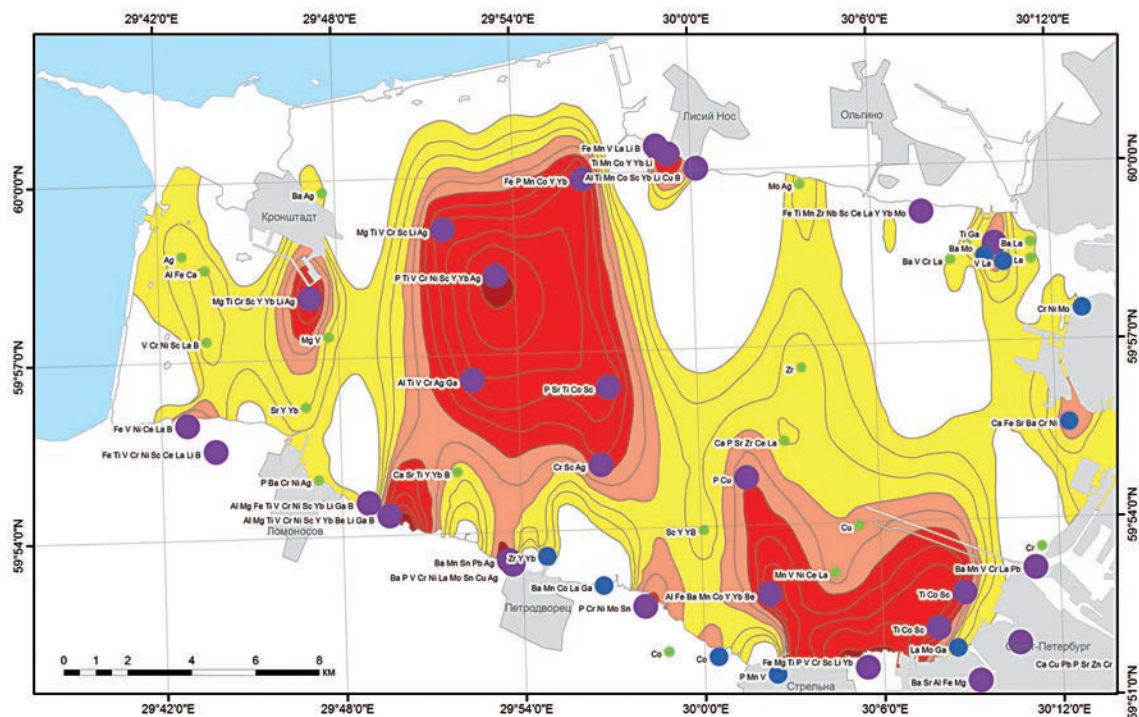


Рис. 86. Карта-схема суммарного накопления химических элементов в донных осадках Невской губы и ее береговой зоны в 2013 г. с точками опробования, на которых установлены аномальные содержания химических элементов. Вес фактора – 39 %. Условные обозначения см. на рис. 84, 85.

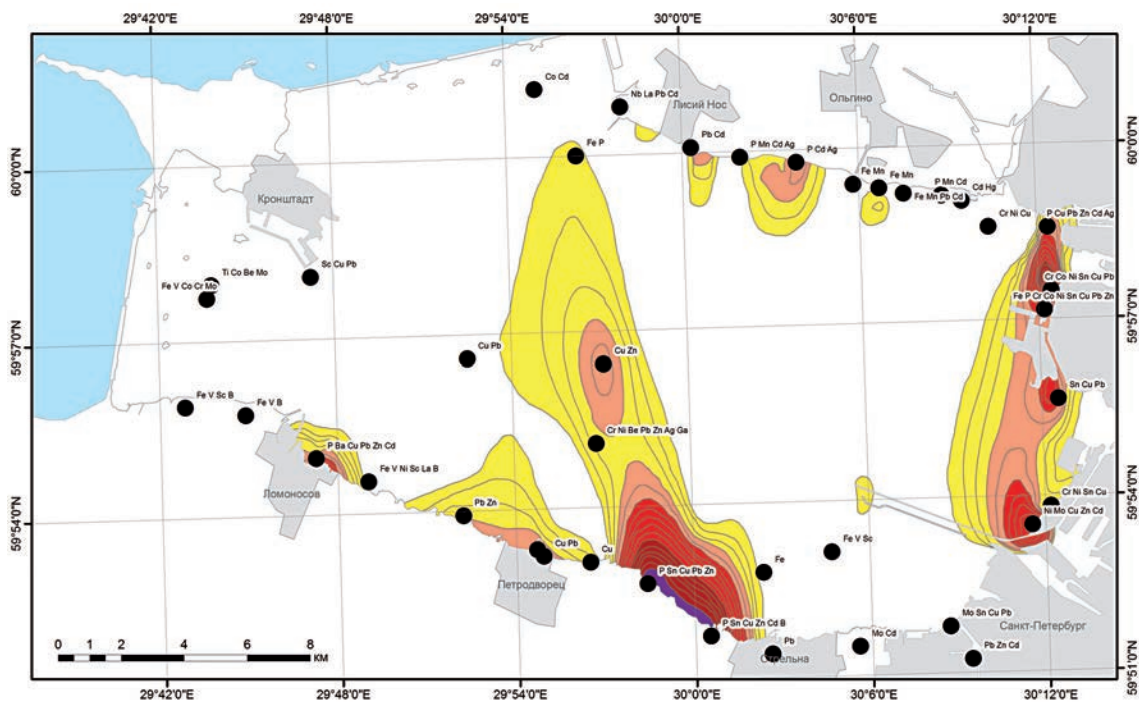


Рис. 87. Карта-схема распространения загрязняющих компонентов (Sn, Cu, Zn, Pb, Mo, Ag) в 2011 г. с точками опробования, на которых установлены аномальные содержания химических элементов. Второй фактор, вес – 13%. Условные обозначения см. на рис. 84.

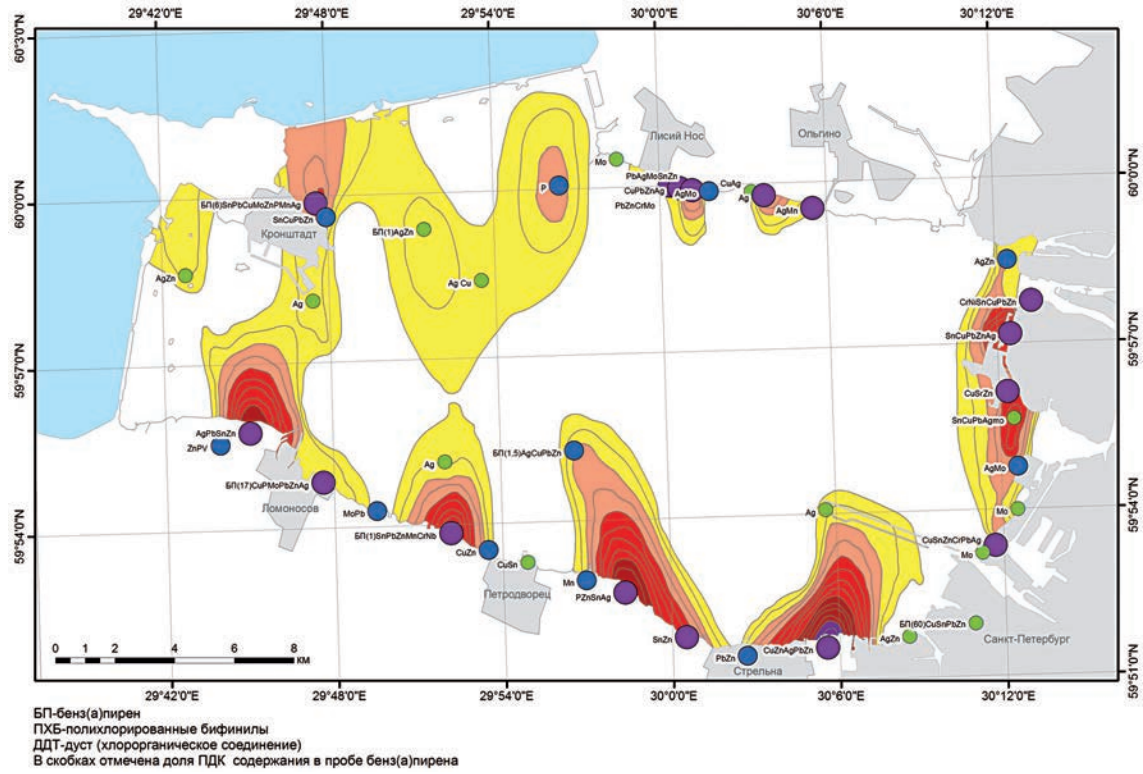


Рис. 88. Карта-схема распространения загрязняющих компонентов (Sn, Cu, Zn, Pb, Mo, Ag) в 2012 г. с точками опробования, на которых установлены аномальные содержания химических элементов. Второй фактор, вес – 14%. Условные обозначения см. на рис. 84, 85.

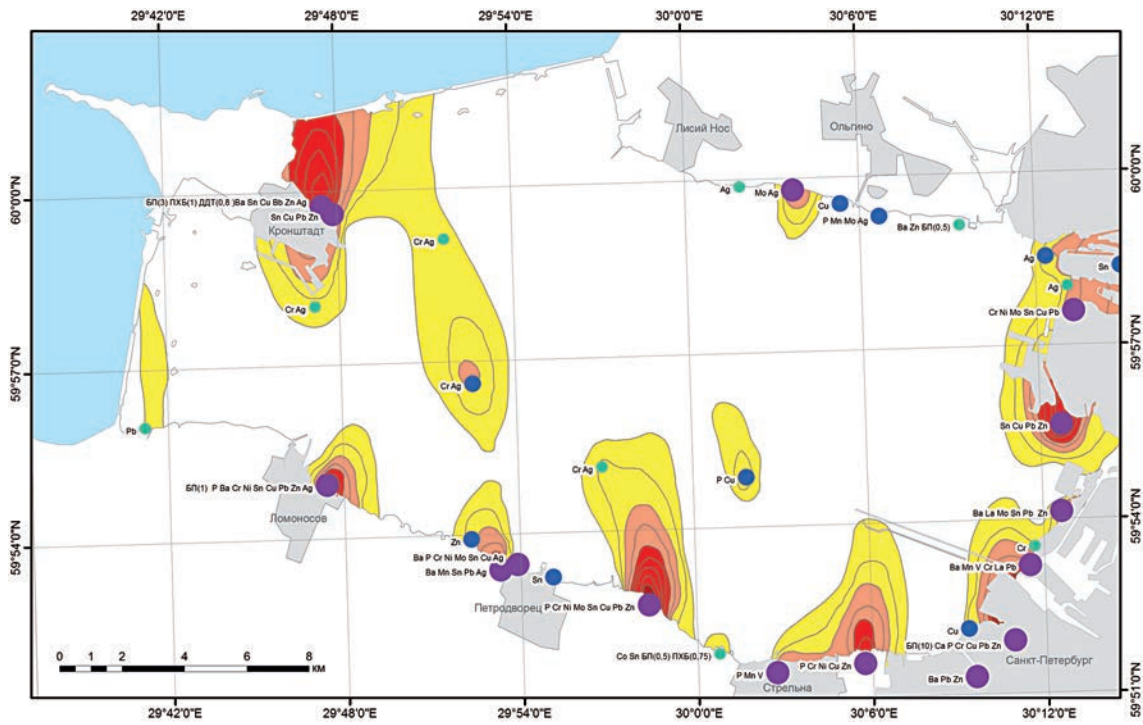


Рис. 89. Карта-схема распространения загрязняющих компонентов (Sn, Cu, Zn, Pb, Mo, Ag) в 2013 г. с точками опробования, на которых установлены аномальные содержания химических элементов. Второй фактор, вес – 11%. Условные обозначения см. на рис. 84, 85.

На карте-схеме суммарного накопления химических элементов в донных осадках Невской губы и ее береговой зоны выделяется область накопления большинства анализируемых элементов, которая совпадает преимущественно с понижениями рельефа дна естественного и техногенного происхождения, где происходит аккумуляция алевропелитовых осадков (рис. 86). Сопоставление с картами-схемами по результатам опробования 2011–2012 гг., показывает, что области суммарного накопления этих элементов в целом сохраняют свою конфигурацию, несколько расширяясь вдоль южного берега губы (район Стрельны – Балтийской Жемчужины). В целом по Невской губе к 2013 г. ситуация с загрязнением не улучшилась. По результатам сравнения фоновых значений за последние три года мониторинга отмечается повышение в 1.3–1.5 раза содержания большинства химических элементов (табл. 11). Несколько «чище» стали осадки акватории вдоль северного берега губы.

В табл. 11 приведено сравнение содержаний химических элементов (без аномальных проб) в осадках акватории и береговой зоны по работам 2011–2013 гг.

Распределение полей повышенных содержаний загрязняющих элементов (Sn, Cu, Zn, Pb, Mo, Ag) в донных осадках и береговой зоне подтверждает, что загрязнение акватории поступает с берега (рис. 87–89). Сопоставление с аналогичными картами-схемами, построенными по результатам опробования 2011–2012 гг., свидетельствует о стабильности положения полей загрязненных осадков. Однако уменьшилась область загрязнения по этим элементам в районе Ломоносовского порта. По-прежнему высокий уровень загрязнения осадков отмечен в прибрежной полосе Васильевского острова и о-ва Котлин.

В 2 пробах донных осадках (12-НГ-, 12-НГ-11) и 2 из береговых осадков (12-НГБ-ПЛ-3у, 12-НГБ-К-01д) Невской губы проведён анализ форм нахождения Cr, Co, Ni, Cu, Zn, As, Sr, Cd, Pb, Hg путём 6 последовательных этапов селективного выщелачивания элементов. В пробе

12-НГ-4 отмечены фоновые содержания химических элементов, в остальных повышенные.

Во всех 4 пробах содержание Cd превышает кларк в земной коре (0.13 г/т). В пробе песков 12-НГ-4 Cd приурочен к Fe-Mn оксидам и сульфидам – 45%, 15% находится в водорастворимой форме и 27%, вероятно, в силикатах. В пробе 12-НГ-11 (алевропелиты), отобранной на глубине 7.1 м в депрессии к востоку от о. Котлин, содержание Cd (1.44 г/т) в 10 раз превышает кларк в земной коре, основная его форма связана с Fe-Mn оксидами и сульфидами – 57%, к сорбированным формам приурочено – 18%, к твердому остатку (силикаты (?)) – 10% и к битумной органической составляющей – 8%. В пробе черных загрязненных илов (12-НГБ-ПЛ-3у) (канализационный сток), отобранных на участке Ломоносовской бухты, отшнурованном от основного бассейна новообразованной песчаной косой и где находится выход городского канализационного стока, Cd (0.24 г/т) концентрируется в сульфидах и Fe-Mn оксидах – 57%, в битумах – 27%, в твердом остатке – 8%, в сорбированной форме – 4%, в гумусовой органической и карбонатной формах по 2%. В этой же пробе установлены высокие содержания серы 0.276%. В донных осадках устья р. Красненькой 55% Cd находится в сульфидной форме и в Fe-Mn окислах, в гумусовой органической составляющей – 19%, в труднорастворимом остатке – 10%, в воднорастворимых формах – 9%, в битумах и карбонатах – по 3%.

As во всех пробах преимущественно накапливается в твердом остатке, в гумусовой органике, в сульфидах и Fe-Mn окислах. В донном осадке устья р. Красненькой гумусовая органика намного больше аккумулирует в себе As, чем его содержится в твердом нерастворимом остатке. Общее содержание As в этой пробе достигает –7.6 г/т, что в 4.5 раза превышает его кларк. Pb и Cu преимущественно накапливаются в твердом остатке, в сульфидах и Fe-Mn окислах. В сильнозагрязненных пробах содержание Cu увеличивается в гумусовой органической составляющей.

Распределение основных техногенных радионуклидов ^{137}Cs и ^{60}Co в верхнем слое донных осадков Невской губы характеризуется относительно невысокими концентрациями, незначительной дисперсией и в целом контролируется литологическим составом осадков. Зафиксированные удельные активности ^{137}Cs колеблются в интервале от значения менее МДА до 39,7 Бк/кг, а ^{60}Co от значения менее МДА до 4,7 Бк/кг (МДА-минимально детектируемая активность, $\approx 2,4$ Бк/кг). Рассматривая данные мониторинга за 2012–2013 гг. и сопоставляя их с данными, полученными в 1993 году (рис. 90) можно констатировать следующее. На станциях мониторинга, расположенных в пределах площадей распространения алевропелитовых осадков, максимальные активности ^{137}Cs зафиксированы в 1993 году. В 2012 г. на этих станциях отмечено резкое снижение активности ^{137}Cs . В 2013 г. заметного изменения концентрация ^{137}Cs в осадках по отношению к 2012 г. не наблюдается. Необходимо отметить, что рас-

четная активность ^{137}Cs (полученная путем пересчета данных 1993 года на 2013 год с учетом естественного распада) значительно выше наблюдаемой. То есть заметное уменьшение концентрации ^{137}Cs в верхнем слое донных осадков обусловлено не только его естественным распадом, но и общим уменьшением количества ^{137}Cs , попадающего в осадки. Зарегистрированные активности ^{60}Co в донных осадках Невской губы незначительны.

В 2013 году на базовых точках проведено гидрохимическое опробование в устьях естественных и техногенных водотоков, впадающих в Невскую губу (рис. 91). По результатам гидрохимического анализа выявлены элементы, содержание которых превышает ПДК по нормам САНПиН для питьевых вод. Концентрации элементов в наиболее загрязненных стоках по результатам опробования в 2012–2013 гг. приведены в табл. 2. Содержания ассоциации элементов (P, Mn, Fe, Ba) превышают ПДК в несколько раз. На северном берегу в 2013 г. в ручьях

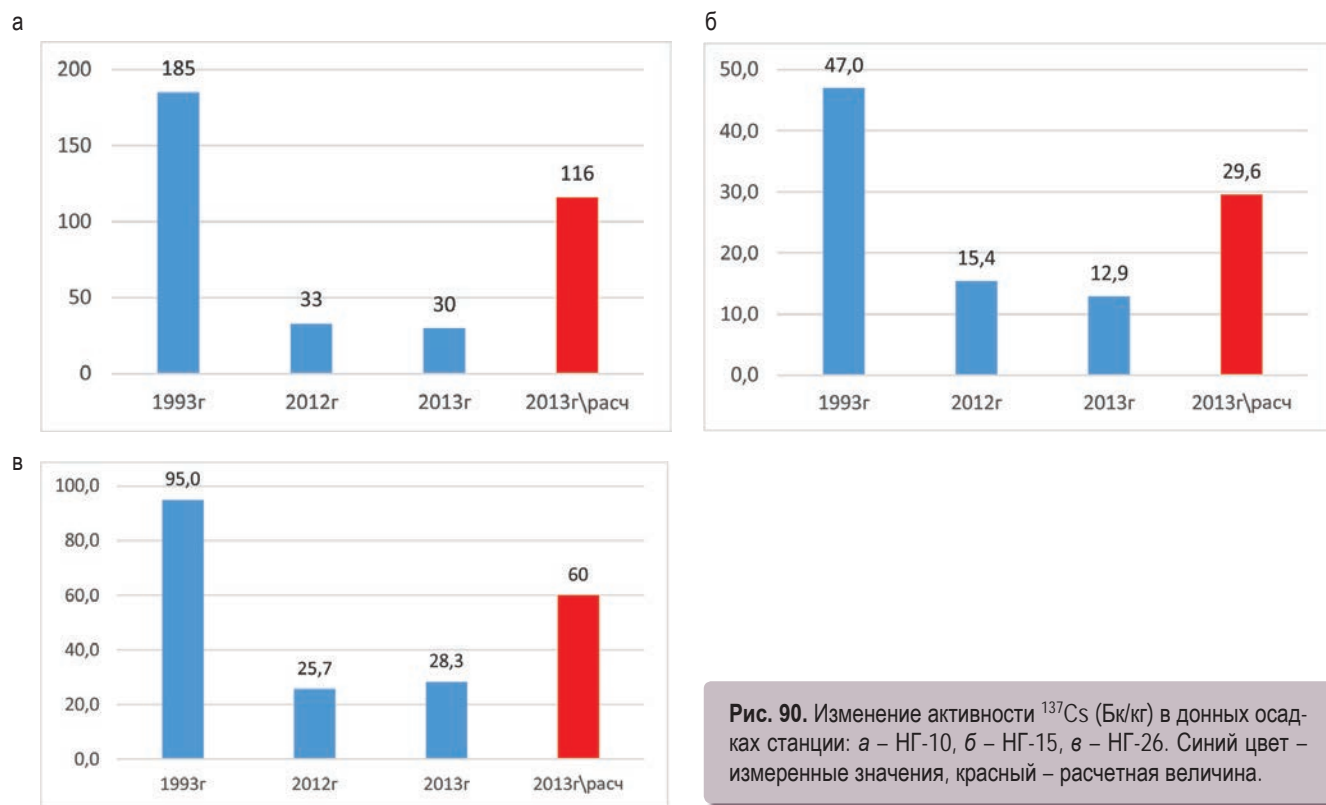


Рис. 90. Изменение активности ^{137}Cs (Бк/кг) в донных осадках станции: а – НГ-10, б – НГ-15, в – НГ-26. Синий цвет – измеренные значения, красный – расчетная величина.

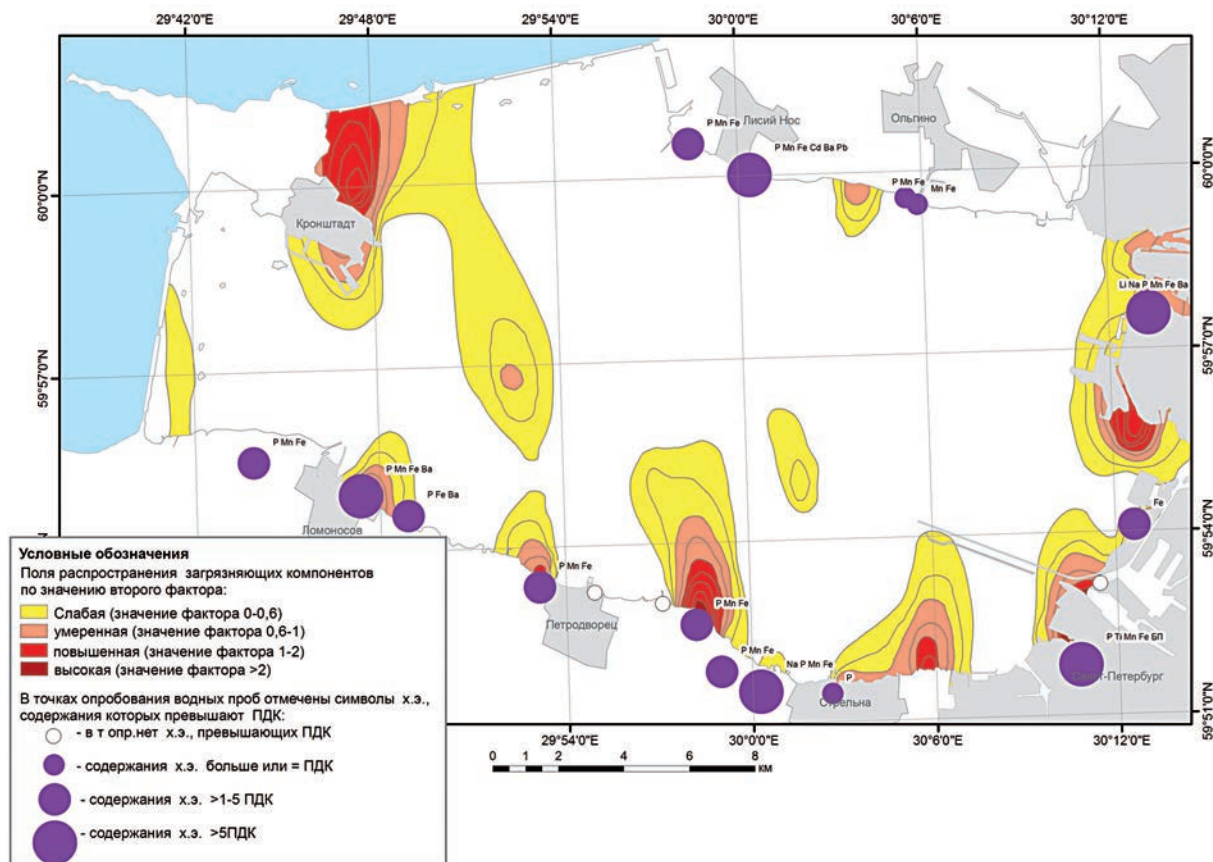


Рис. 91. Карта-схема распространения загрязняющих компонентов в воде Невской губы и устьях водотоков.

отмечено увеличение концентрации P, Mn, Fe по сравнению с 2012 годом. В ручье, пересекающем пляж в пос. Морские Дубки, значительно повысились содержания Co, Ni, Cu, Zn, As, Se, Cs, U, а содержания Cd и Pb достигли ПДК (табл. 12). Некоторое уменьшение содержания загрязняющих компонентов отмечается в стоках южного берега Невской губы, однако значения по-прежнему превышают ПДК. Чище стала вода в реке Стрелка и в ручьях Петергофского парка. В 6 пробах береговых отложений и в 1 пробе донных осадков определено присутствие бенз(а)пирена и хлорорганических соединений (ПХБ, ДДТ). В пробе воды, отобранной в устье р. Красненькой, содержание бенз(а)пирена в 2 раза превысило ПДК.

По результатам мониторинга определены основные тенденции развития береговой зоны Невской губы. На различных участках ее

береговой зоны развиваются противоположные процессы. На участке парка 300-летия Санкт-Петербурга интенсивно размывается фронтальная часть пляжа с образованием осыпей и отступлением в сторону городской застройки. Это происходит несмотря на то, что мощные крупноглыбовые набросы блокируют восточный берег Лахтинской бухты, прикрывая от размыва западный фланг техногенного берега. Наблюдается слабый размыв пляжа и к востоку от Ольгинского ковша и вплоть до Лахты. В то же время, на участках северной береговой зоны от створа Комплекса защитных сооружений Санкт-Петербурга от наводнений (КЗС) в районе мыса Лисий Нос и до западной границы поселка Морские Дубки, а также в районе о-ва Верперлуда и станции Морская, прогрессирует заиление подводного берегового склона с зарастанием прибрежного мелководья тростником.

Таблица 11
Фоновые содержания и статистические параметры распределения химических элементов в поверхностных донных осадках акватории и береговой зоны Невской губы по работам 2011, 2012, 2013 гг. (x – среднее арифметическое значение, ст. откл. – стандартное отклонение от среднего значения, мин. – минимальное содержание, макс. – максимальное содержание)

Химический элемент	2011 год (81 проба)			2012 год (175 проб)			2013 год (173 пробы)				Кларк в Земной коре	Региональный кларк Невской губы (береговая зона 2006 г.)		
	X	ст. откл.	мин.	макс.	X	ст откл.	мин.	макс.	X	с т. 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	3,10	0,155
Fe ₂ O ₃ %	1,6	1,2	0,4	9,1	2,1	1,2	0,3	7,4	3,5	2,3	0,4	15,3	6,64	2,79
K ₂ O%	4,5	1,0	2,2	7,2	2,9	0,7	0,8	5,1	3,1	0,7	0,9	4,4	3,01	4,1
P ₂ O ₅ %	0,148	0,084	0,110	0,654	0,154	0,049	0,064	0,418	0,164	0,095	0,064	0,617	0,205	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	0,034	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	0,065	0,040
TiO ₂ %	0,059	0,042	0,012	0,200	0,084	0,058	0,019	0,287	0,107	0,068	0,015	0,493	0,750	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	0,129	0,038
V г/т	12	12	2	51	10	5	4	42	29	28	4	167	90	16
Cr г/т	28	23	4	100	41	34	7	203	47	39	5	250	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	18	3,9
Ni г/т	11	12	1	50	13	13	1	65	19	16	2	92	58	8,7
Zr г/т	128	99	23	425	115	96	24	550	145	118	16	967	170	97
Nb г/т	11	5	6	35	11	7	1	54	13	10	8	113	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	10	2,9
La г/т	48	19	29	118	45	18	2	107	44	19	1	122	49	
Y г/т	16	6	7	32	14	5	7	29	20	10	5	47	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	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	1,1	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	2,5	2,6
Cu г/т	25	21	5	86	35	33	5	253	56	62	2	427	47	18
Pb г/т	25	9	12	53	24	14	10	115	43	52	12	383	16	20
Zn г/т	28	19	8	89	41	27	6	168	96	87	1	637	83	40
Ga г/т	11	3	5	20	14	5	6	36	18	8	7	75	19	13

Таблица 12

Содержания химических элементов в водотоках, впадающих в Невскую губу

х.э. мкг/л	ПДК мкг/л	речн.вод мкг/л	Ручей на пляже в пос.Морские Дубки		Выход стока на пля- же Васильевского о-ва, северный берег		Река Красная вблизи устья		Сток по ул. Крылова в Стрельне		Ручей в парке Алек- сандрия, вблизи устья		Сток в Ломоносовскую бухту	
			2012 г.	2013 г.	2012 г.	2013 г.	2012 г.	2013 г.	2012 г.	2013 г.	2012 г.	2013 г.	2012 г.	2013 г.
Li	30	2,5	3,06	11	30,00	20,4	8,73	3,94	5,03	3,16	<1	4,1	6,57	5,41
Na	200000		109900	40300	193700	234 500	85700	41200	511000	423 400	5430	5220	74100	61500
Mg	40000		14700	13100	28700	29700	15700	6370	11800	8180	8920	32700	28300	29600
P	50-300	20	151	4050	1000	1360	467	169	4360	5470	148	8	3280	3770
Ti	100		3,18	59,1	10,70	16,3	97	106	7,65	5,76	8,00	0,3	18,00	9,7
Cr	20-500		1,25	9,76	1080	3,82	11	4,8	1,20	0,74	1,53	0,08	4,52	2,1
Mn	100	7	749	2710	134	948	865	97	705	469	765	16	493	360
Fe	300	67	1820	34300	856	1740	11500	2830	3110	1440	8620	90,5	5370	3190
Ni	100		4,51	19,3	6,46	6,29	9,09	3,64	4,44	3,76	5,05	0,31	4,79	2,64
Cu	100		5,84	56,7	20,60	19,2	17,90	8,6	3,22	0,8	3,18	0,8	8,59	0,8
Zn	5000		20,1	543	33,7	69,5	40	35,1	13,1	10,3	57,8	4,22	167	70,5
As	50	2	0,87	6,22	1,04	0,94	5,02	1,47	2,56	4,5	1,35	0,24	1,14	0,48
Se	10	0,02	<0,1	1,68	0,53	0,18	0,94	0,26	0,17	0,17	0,32	0,12	0,16	0,41
Cd	1	0,1	0,040	4,67	0,045	0,036	0,250	0,22	0,056	0,024	0,031	0,0046	0,170	0,073
Sn		0,5	<0,01	0,045	2,4	3,9	<0,01	0,063	<0,01	0,12	<0,01	<0,01	0,017	0,078
Cs		0,02	0,0270	0,57	9,9	0,069	0,3800	0,26	0,0410	0,055	0,0097	0,0094	0,2200	0,17
Ba	100	10	58,5	255	65,2	132	150,0	41,5	42,4	60,5	25,4	31,5	95,2	104
La			0,740	18,4	0,270	0,35	13,4	5,01	0,870	0,39	0,970	0,038	3,600	2,49
Pb	30	3	0,39	36,3	2,08	2,48	17,2	5,91	4,35	1,89	1,71	0,27	14,20	3,13
U	30		0,960	1,93	2,580	0,95	2,630	1,05	0,110	0,025	0,130	0,94	0,500	0,46
Hg	0,5	0,07	<0,01	<0,01	<0,01	0,096	<0,01	0,042	<0,01	0,07	<0,01	0,021	<0,01	0,17
>ПДК			P, Mn, Fe, Cd, Ba, Pb	Li, P, Cr, Mn, Fe	Na, P, Ca, Mn, Fe, Ba	P, Ti, Mn, Fe, Ba	P, Ti, Mn, Fe, Ba	P, Ti, Mn, Fe	Na, P, Mn, Fe	Na, P, Mn, Fe	P, Mn, Fe		P, Mn, Fe	P, Mn, Fe, Ba

Красным цветом выделены химические элементы, содержания которых превышают ПДК, синим – меньше ПДК, но наибольшие по объекту или больше средних в речных водах.

В небольших бухтах происходит накопление разлагающихся водорослей (рис. 92). За береговыми валами берег заболочен.

В настоящее время ведутся работы по прокладке Западного скоростного диаметра (ЗСД) кольцевой автодороги вдоль естественной береговой линии Васильевского острова и по новой намытой территории напротив гостиницы Прибалтийская. Шкиперская свалка по данным наблюдений 2013 г. законсервирована и благоустроена, склон в сторону моря отсыпан грунтом и зарос травой, на пляже каменная наброска, но у основания террасы наблюдается разрушение с образованием осыпей. В береговой зоне Канонерского острова отмечаются абразионные процессы с разрушением пляжей в месте выхода грунтовых вод (рис. 90), просадки и трещины в насыпной террасе в районе огороженной бетонным забором строительной автодорожной площадки (рис. 93а).

В междуречье реки Красненькой и Дудергофского канала за последний год активизировались работы по формированию нового бе-

рега под жилищное строительство, сооружается береговая терраса от ул. Героев к берегу Невской губы. Ближе к устью речки Красненькой, где в 2012 г. было установлено аномально высокое комплексное загрязнение донных осадков и поверхностных вод, на размываемом участке берега произведена отсыпка грунта. Зафиксировано его обрушение и оползание (рис. 93б).

Западнее Дудергофского канала до ул. маршала Мерецкова насыпается новый берег и ведется подготовка территории под строительство с выходом к морю. Вдоль Петергофского шоссе построен жилой комплекс «Балтийская Жемчужина», проложена к морю асфальтовая дорога, подводятся коммуникации, прорыты осушительные колодцы, насыпная терраса у берега высотой до 5 м. Участок берега здесь сильно загрязнен, на берегу – коммуникационные колодцы. Западнее реки Стрелка до восточной границы парка Александрии в Петергофе происходит заиление берега, прибрежная часть на ширину до 300–400 м зарастает тростником (рис. 94).



Рис. 92. Скопление разлагающихся водорослей в небольшой бухте в створе мола Лисьего Носа (т.н. 13-НГБ-Л-03).

а



б



Рис. 93. а – Канонерский остров, размыв техногенной террасы при дефиците песчаных отложений на пляже, т.н. 13-НГБ-КАН-02. б – Устье реки Красненькой, просадка техногенной террасы.

Нарушение геологической среды и напряженная в экологическом отношении обстановка складывается в районе расширяющегося порта в г. Ломоносове. К настоящему времени от насыпной части к востоку от Сидровско-

го канала отшнуровалась песчаная коса, которая вплотную подошла к восточному выступу берега бухты, перекрыв загрязненный нефтепродуктами пляж. Однако водоотводный ручей (с коммунальными стоками) прорвал намывную



Рис. 94. Стрельна, илистый топкий берег в районе стока коммунальных вод напротив ул. Крылова, т.н. 13-НГБ-С-01.

косу и впадает в Невскую губу. Вода в ручье серо-зеленого цвета с отчетливым запахом сероводорода и щелочной реакцией $pH = 9$. В 2012 г. в воде этого ручья были определены очень высокие содержания фосфора, хлора и марганца, а в пляжных отложениях – превышающие ПДК содержания бенз(а)пирена, олова, фосфора, цинка и меди.

В районе южного створа КЗС ведется строительство многофункционального морского перегрузочного порта «Бронка». Акватория губы засыпается грунтом на расстояние до 700 м за пределами прежней береговой линии. Бухта вблизи нефтехранилища NESTE, между КЗС и строящимся терминалом интенсивно зарастает водной растительностью.

Региональное лито-геохимическое опробование центральной части российских территориальных вод Финского залива было проведено ОАО «Севморгео» на 35 станциях многолетнего мониторинга (рис. 95).

По большинству измеряемых компонентов геохимическая обстановка в верхних слоях донных отложений и в придонных водах не претерпела значительных изменений по сравнению с 2012 годом. В 2013 г. в донных осадках были зафиксированы повышенные содержания Zn, Cu и Ni, превышающие ориентировочно допустимый уровень содержаний (ОДК₀). Высокие концентрации Cu и Ni в донных осадках Шепелевского плеса вероятно обусловлены их поступлением из Невской губы. На станции

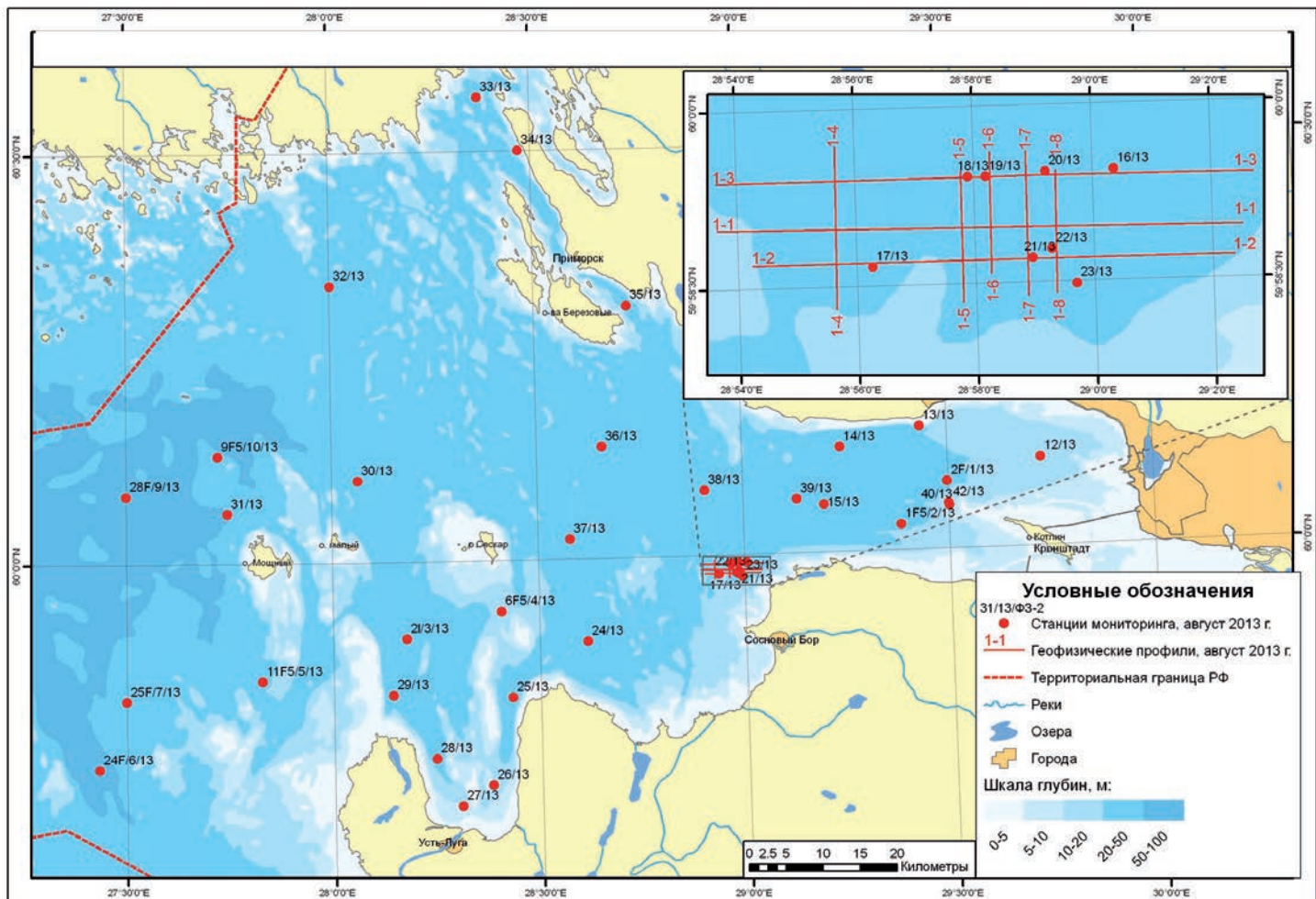


Рис. 95. Карта фактического материала работ ОАО «Севморгео» в восточной части Финского залива.

21/13 содержание Cu составляет 122 ppm, что составляет 3.5 ОДК₀. Распределение Cu в донных осадках представлено на рис. 96. Наиболее высокие содержания ее были зафиксированы на станции 31/13 (ФЗ-2). Эта станция располагается в районе о-ва Мощный, поверхностные осадки представлены железо-марганцевыми конкрециями. Содержание Zn, Cu и Ni отмечалось на уровне 2–3 ОДК₀.

Максимальные значения Ni также зафиксированы на станции 31/13 (ФЗ-2) в наилке, отобранном на конкреционном поле (рис. 97). Высокие концентрации Ni также отмечены на станциях 30-13 (ГМ-3), 32-13 (GF-6) и 13-13(ГМ-22). Вероятно, это связано с загрязнением алевропелитовых осадков.

Рассматривая общий тренд изменения концентраций тяжелых металлов по годам, начиная с 2005 года (начало активных гидротехнических работ в Невской губе) (рис. 98), можно поделить его на два этапа: до 2008 года, когда практически на всех станциях Шепелевского плеса были зафиксированы максимальные концентрации большинства тяжелых металлов в донных осадках и 2009–2013 гг., когда наблюдалось уменьшение содержания металлов в осадках.

В последние годы в ряде точек (Нарвский залив, внешняя часть Выборгского залива, а также у острова Тютерс) фиксировались высокие значения активности ¹³⁷Cs, появление которого не может быть объяснено «Чернобылем».

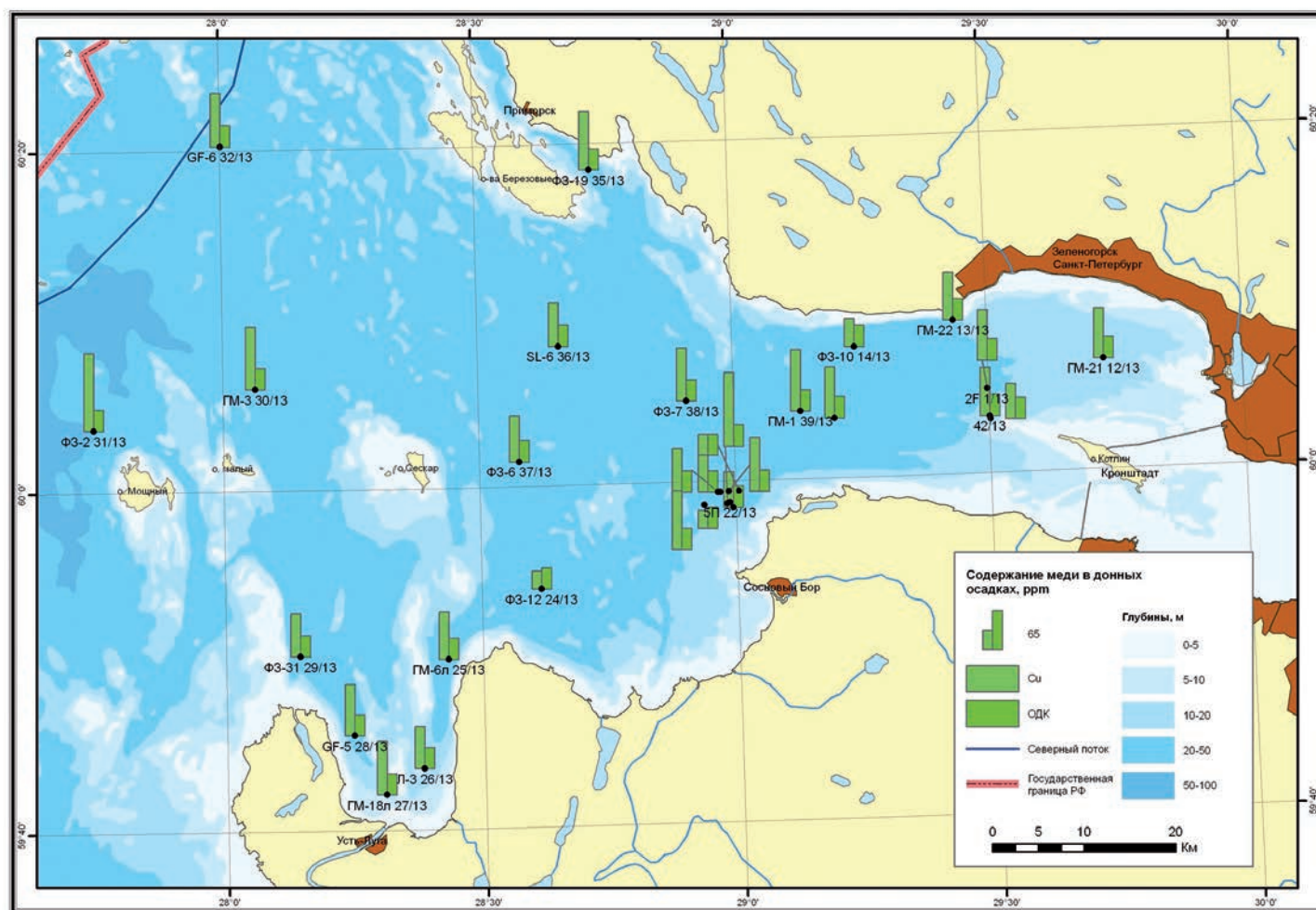


Рис. 96. Содержание Cu в донных осадках. Финский залив, 2013 г.

В то же время на опробованных станциях активность ^{137}Cs по сравнению с 2012 г. снизилась. Максимальное значение ^{137}Cs отмечается на станции 37/13(ФЗ-6) и составляет 700 Бк/кг (рис. 99). Сравнение средних значений, начиная с 2005 года, указывает на постепенное снижение активности в целом (рис. 100). Однако при сравнении средних значений следует иметь в виду, что с 2009 года Военно-морская база неуклонно расширяет площадь закрытых для исследований районов, а именно в них и находились точки с максимальной удельной активностью ^{137}Cs .

Учитывая возрастающий трафик морских судов и активное строительство нефтяных терминалов, важным показателем состояния геологической среды залива является содержание нефтепродуктов в донных осадках. На карте распределения содержания нефтепродуктов в донных осадках (рис. 101) можно отметить высокий уровень их загрязнения на площадях, примыкающих к Курортному району Санкт-Петербурга. Еще две станции (37-13/ГМ-6, 30-13/ГМ-3) с высоким содержанием нефтеуглеводородов (НУ) располагаются вдоль основного судоходного хода. При этом анализ

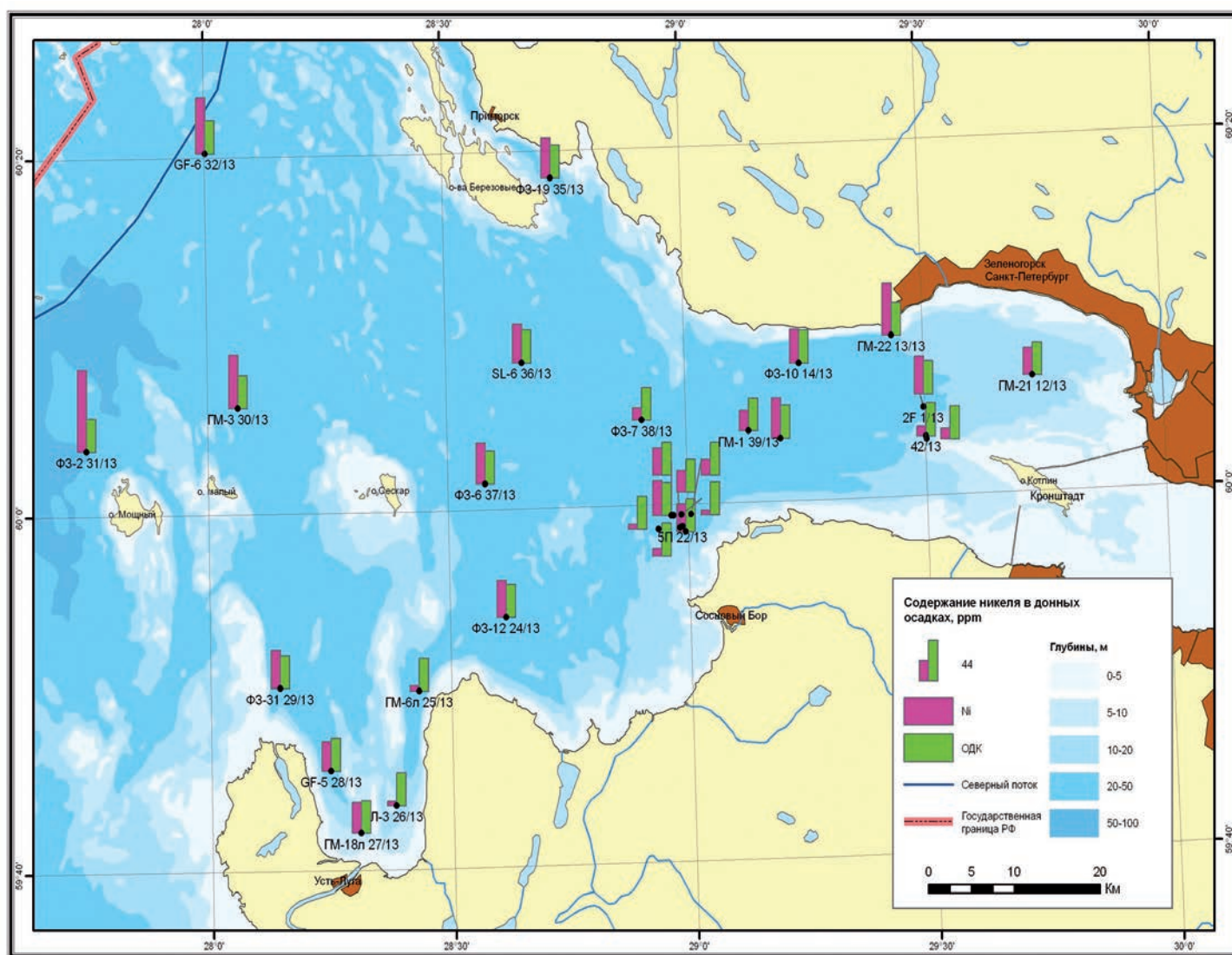


Рис. 97. Содержание Ni в донных осадках. Финский залив, 2013 г.

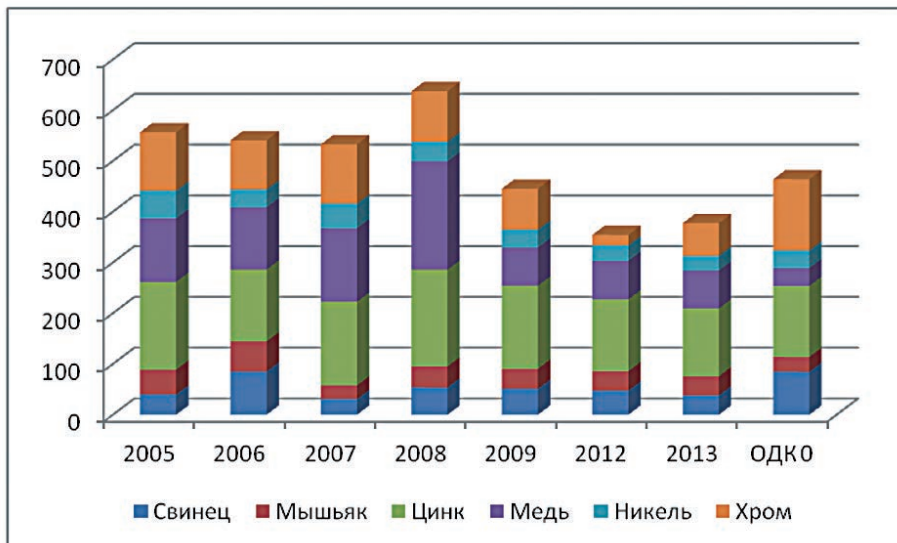


Рис. 98. Содержание тяжелых металлов в донных осадках Финского залива по годам.

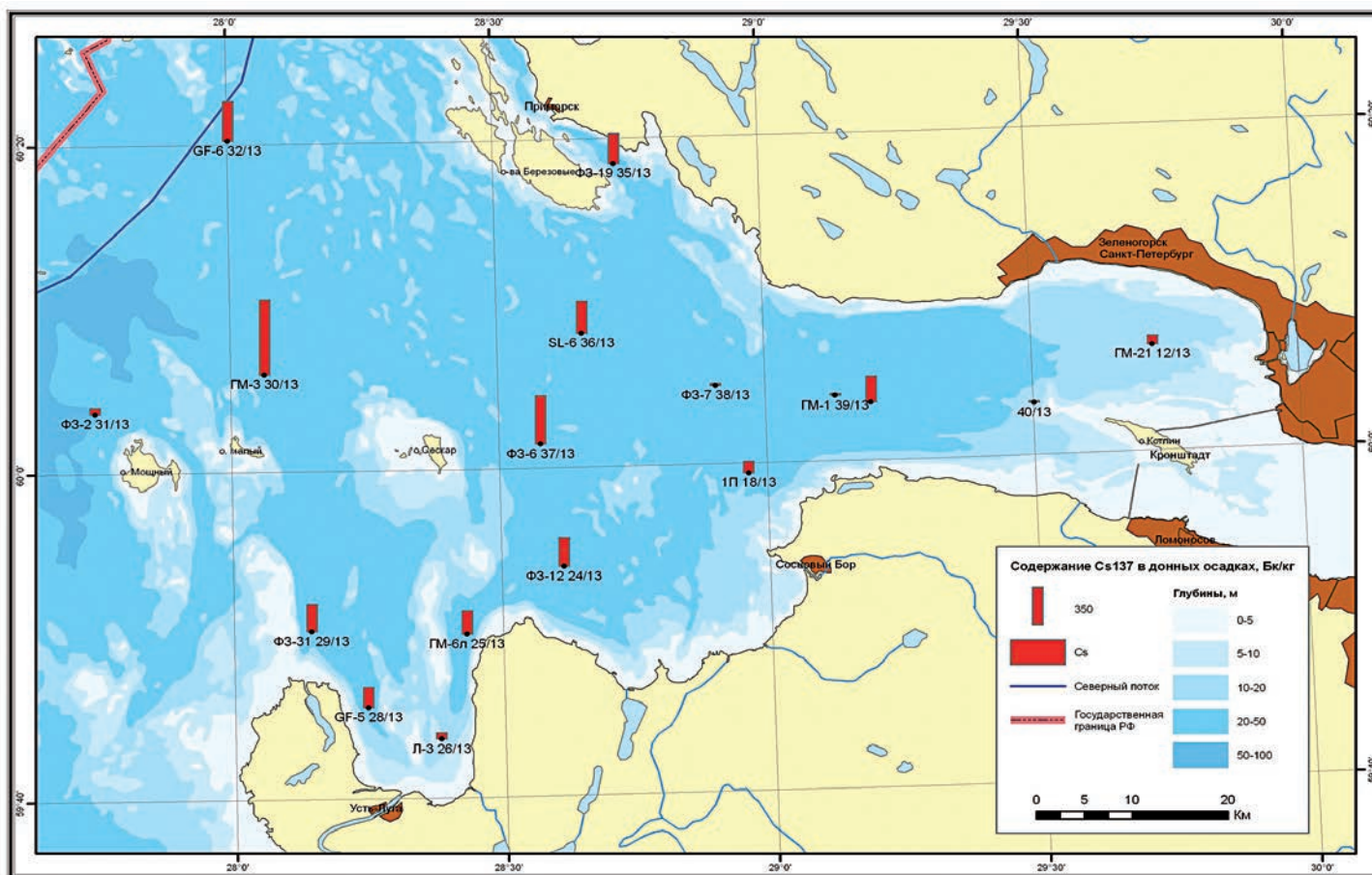


Рис. 99. Распределение удельной активности ¹³⁷Cs в донных осадках Финского залива в 2013 г.

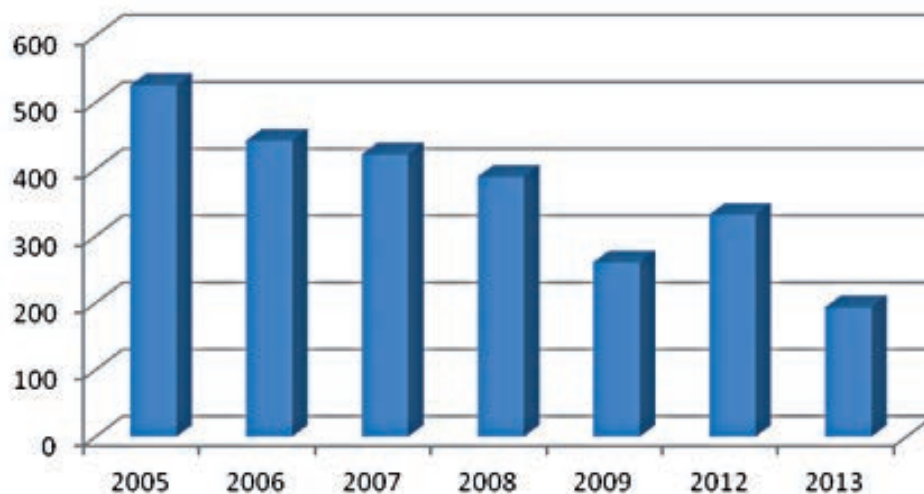


Рис. 100. Анализ изменения значений удельной активности ¹³⁷Cs в донных осадках Финского залива по годам (Бк/кг).

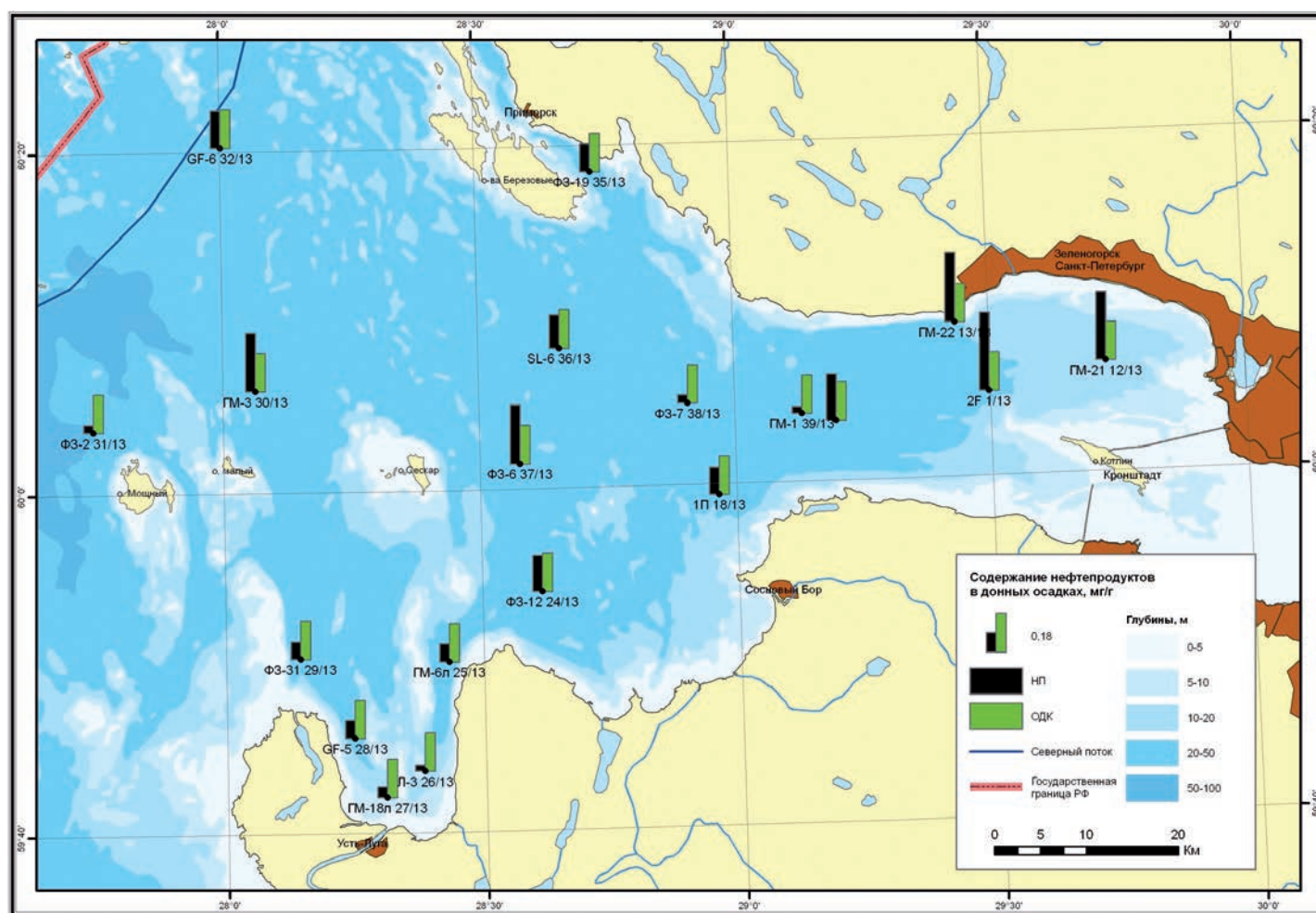


Рис. 101. Содержание нефтепродуктов в донных осадках Финского залива в 2013 г.

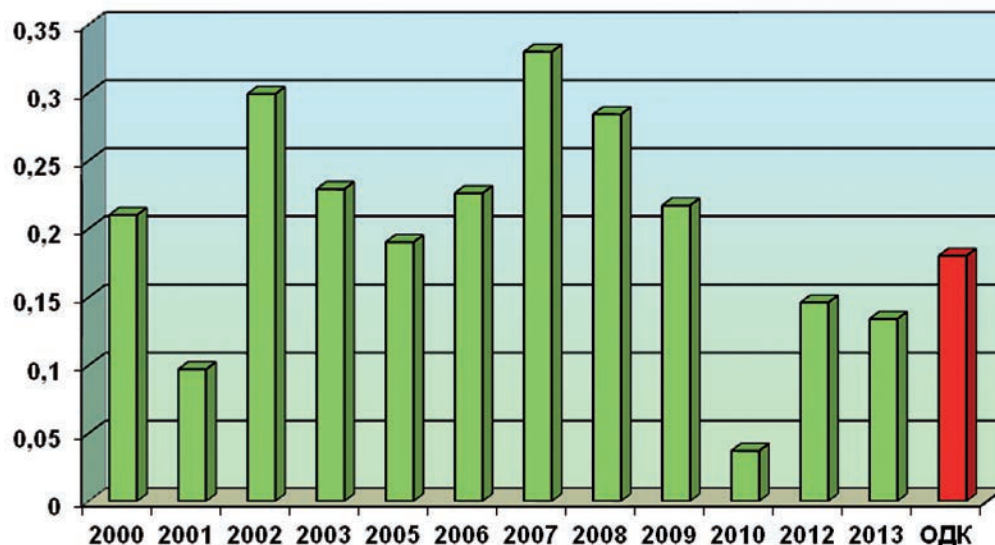


Рис. 102. Изменение средних содержаний нефтепродуктов (мг/кг) в донных осадках Финского залива в 2000–2013 гг.

изменчивости средних концентраций НУ в донных осадках Финского залива с 2000 г. указывает на то, что начиная с 2007 года, когда произошел интенсивный их вынос из Невской губы, концентрации НУ имели тенденцию к неуклонному снижению (рис. 102). Это связано с комплексом защитных мер, принимаемых к нефтетрафику.

На 25 станциях в Финском заливе по станциям мониторинга были выполнены экспресс-определения физико-химических параметров водной среды. Физико-химические условия на границе «дно-вода» происходят на фоне изменения солёности в пределах от 2.17 до 11.11‰ в зависимости от глубины опробования, которая изменяется от 10.5 до 50.6 метров. Значения водородного показателя (рН) в придонных водах изменялось в пределах от 6.9 до 7.99 ед. рН. В августе 2013 г. на всех опробованных станциях регионального многолетнего мониторинга существовали благоприятные кислородные условия. Eh придонной воды имел только положительные значения и изменялся от +144 до +320 мв. (рис. 103). Возможно, повышение значения Eh в 2013 г., по сравнению замерами

предыдущих лет является следствием некоторого улучшения эколого-геологической обстановки в связи окончанием активных гидротехнических работ, связанных с намывом территорий по проекту «Морской фасада». При этом на ключевом участке «Кургальский риф» (Лужская губа) также в августе 2013 г. были зафиксированы анаэробные условия в придонном слое воды.

В 2013 году в придонных водах российской части Финского залива вновь были зафиксированы повышенные содержания Cu и Zn (рис. 104, 105). Максимальные содержания Cu свыше 5 ПДК (25,5 мкг/дм³) и цинка до 1,5 ПДК были отмечены на станциях ст. 22/13 и 16/23, отобранных в зоне развития покмарков. Для Zn, кроме того, характерно некоторое возрастание концентраций в сторону открытой части залива (т.н. 30/13(ГМ-3)).

Содержание Ni оказалось повышенным на всех станциях, но больше всего в пределах Шепелевского плеса, где его концентрации существенно превышали уровень ПДК. В то же время достаточно равномерный тренд содержания этого металла в воде не дает оснований выделять какие-либо аномалии (рис. 106).

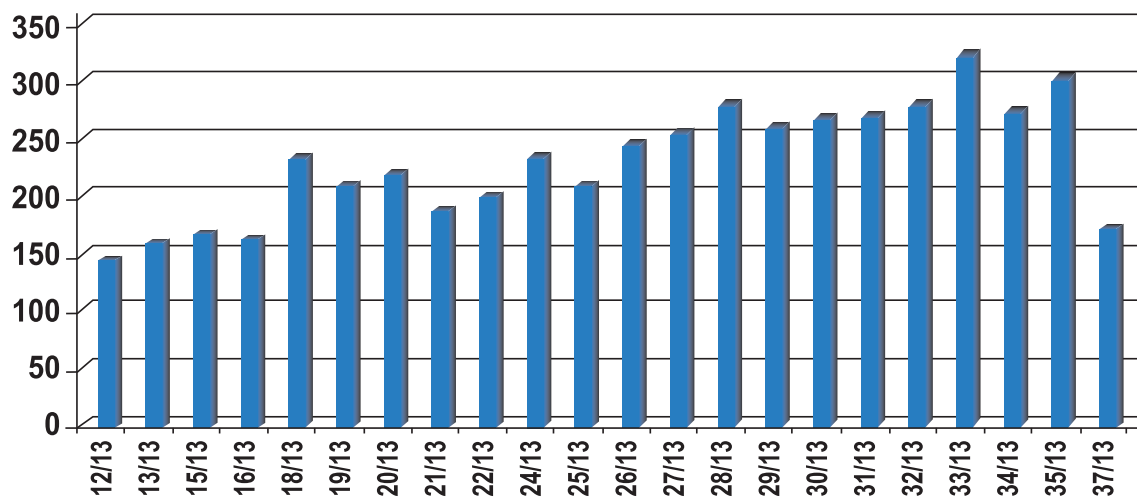


Рис. 103. Изменение Eh придонной воды Финского залива в августе 2013 года.

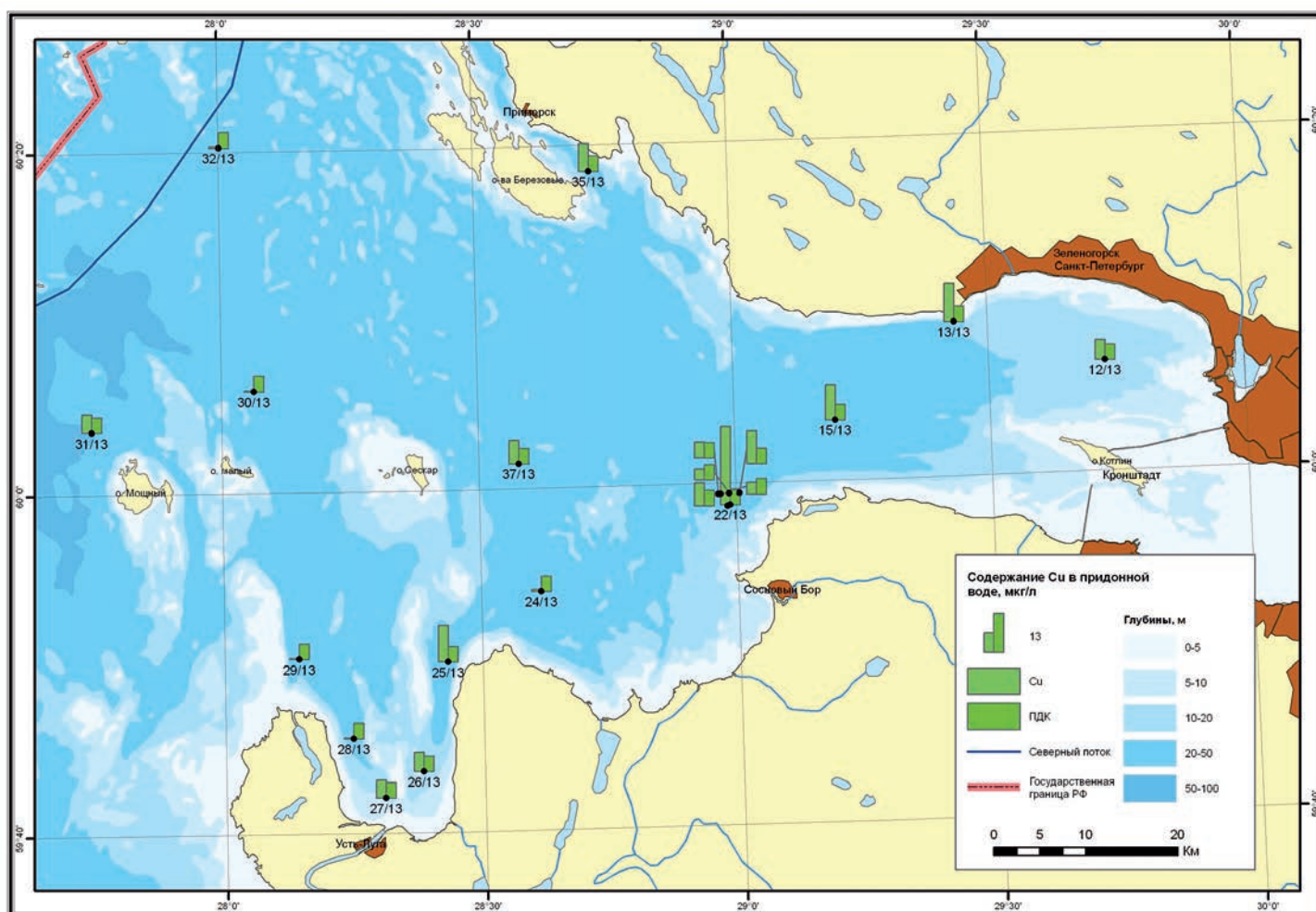


Рис. 104. Содержание Si в придонной воде Финского залива в 2013 г.

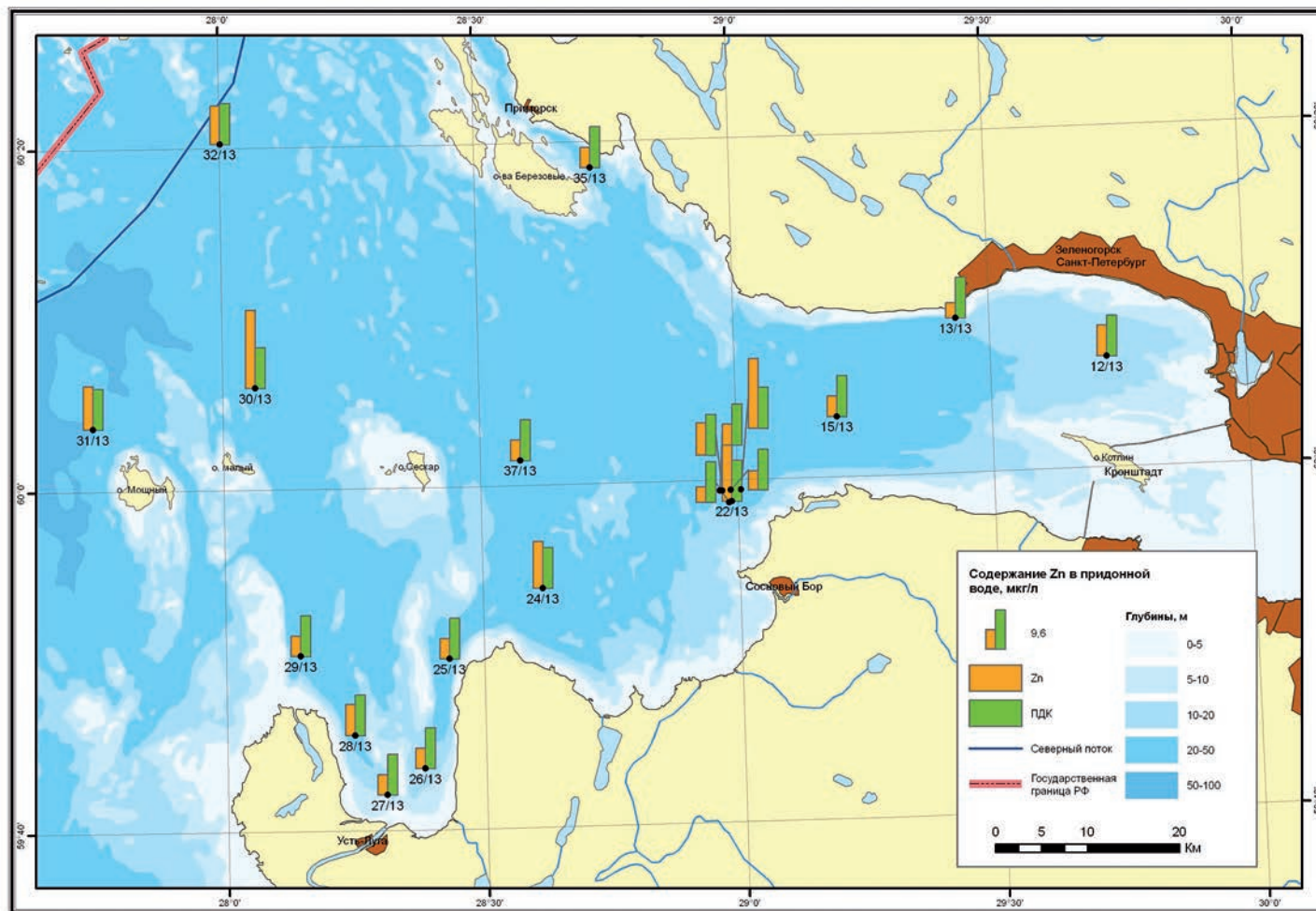


Рис. 105. Содержание Zn в придонной воде Финского залива в 2013 г.

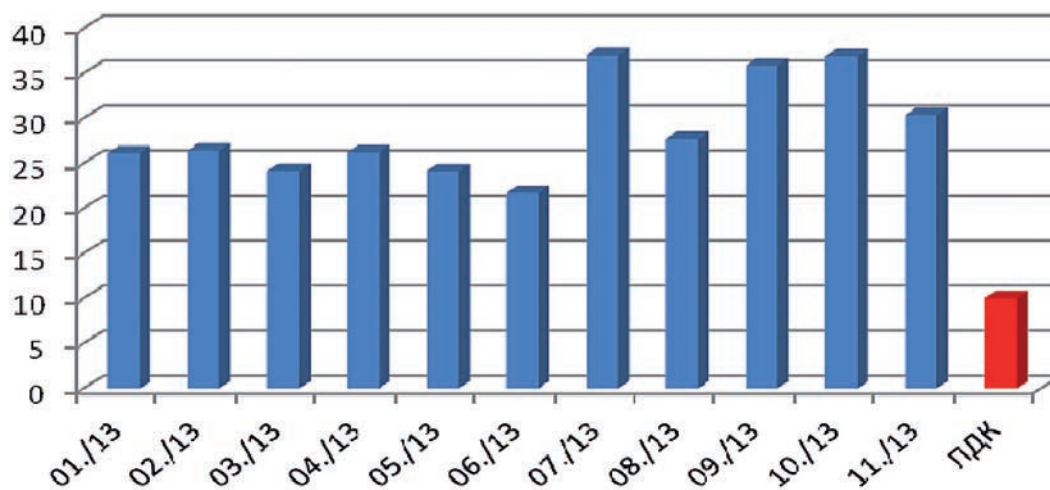


Рис. 106. Содержание Ni (мкг/л) в придонной воде Шепелевского плеса.

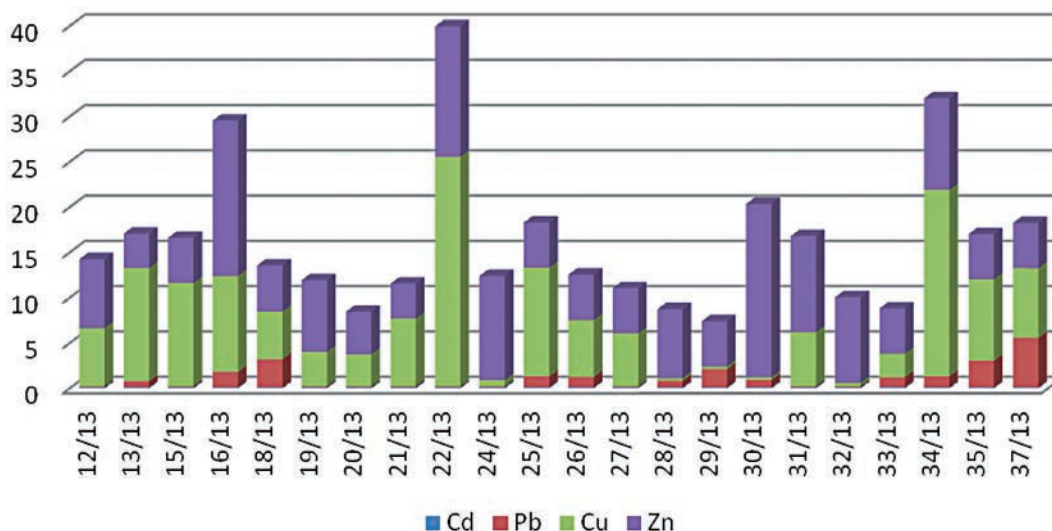


Рис. 107. Содержание металлов (мкг/л) в придонной воде Финского залива в 2013 г.

Для остальных металлов уровень концентраций в 2013 году был преимущественно ниже ПДК (рис. 107).

Погодовой тренд изменения концентраций тяжелых металлов в придонных водах показывает следующие тенденции (рис. 108). С одной стороны после 2007 года вода в восточной части полигона пришла в «нормальное» состояние после окончания гидротехнических работ в Невской губе быстрее, нежели это отмечено для донных осадков. С другой стороны необъяснимым выглядит резкое возрастание средних

значений Zn в 2012 году. Возможно, это связано с цветением водорослей.

Как и в предыдущие годы, концентрации нефтеуглеводородов в придонных водах существенно ниже ПДК (рис. 109). Это важный вывод, так как самолетные наблюдения дают большое количество «сликов», однако объем нефтепродуктов настолько незначителен, что его хватает только на формирование узких поверхностных пленок, а тяжелые фракции нефтей, которые и являются реальным загрязнением до дна не доходят.

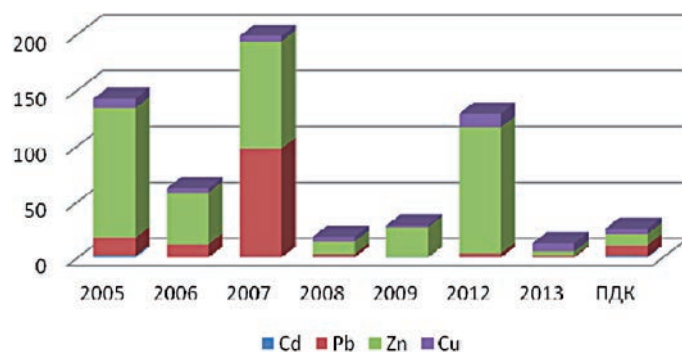


Рис. 108. Среднее содержание ТМ (мкг/л) по годам в придонной воде Финского залива (2005–2013 гг.).

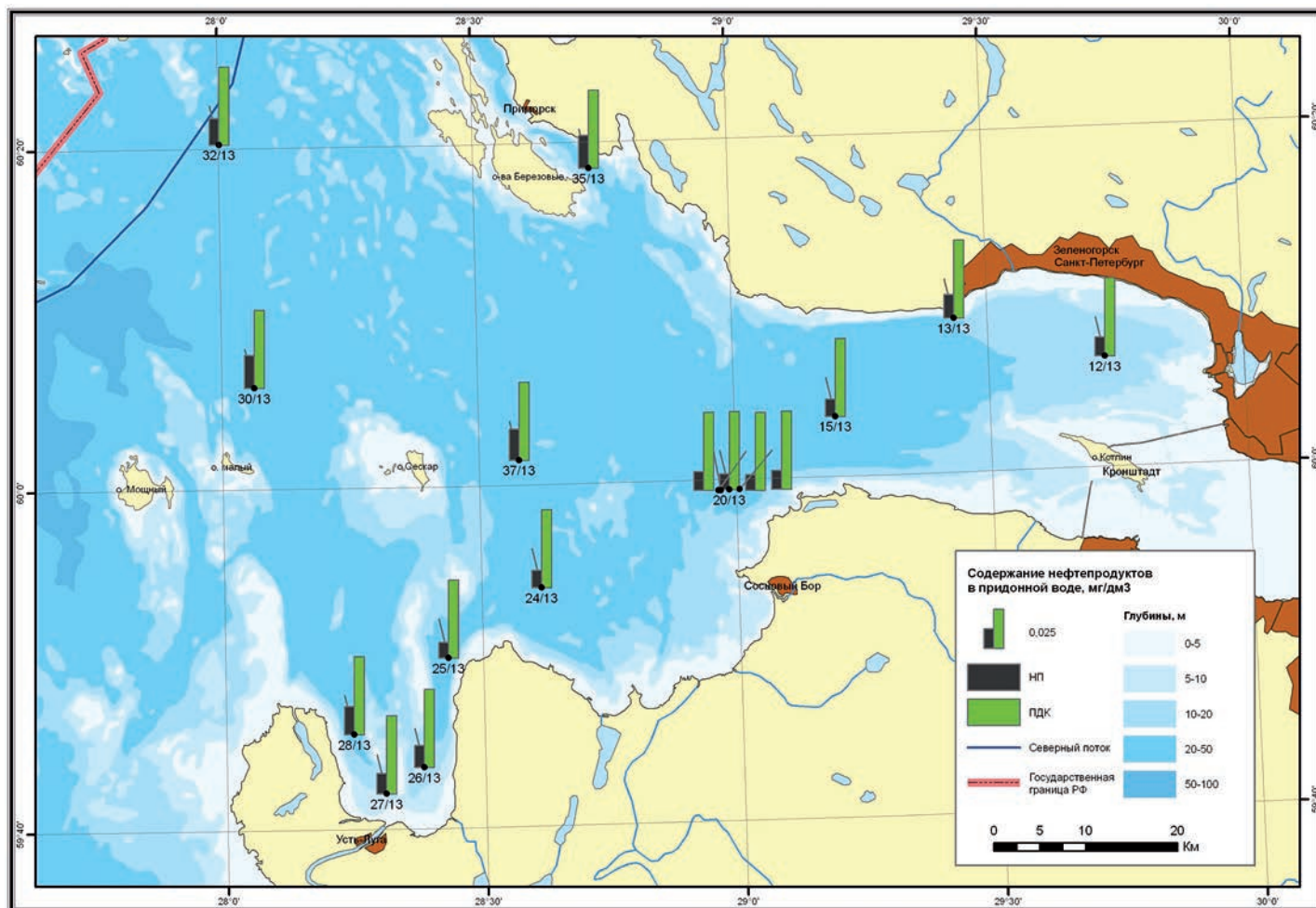


Рис. 109. Содержание нефтепродуктов в придонной воде Финского залива. 2013 г.

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

Работы на полигоне выполнены на 4 ключевых участках акватории, на 3-х из них проведены береговые мониторинговые наблюдения по сети базовых точек наблюдения и опорных

профилей (рис. 110). Региональное лито-геохимическое опробование прибрежно-шельфовой зоны выполнено совместно со специалистами ФГУП «АтлантНИРО» и ООО «Морское вен-



Рис. 110. Расположение ключевых участков мониторинга на полигоне «Калининградский шельф»: 1 – основание Куршской косы, 2 – Северное побережье Самбийского п-ова, 3 – Западное побережье Самбийского п-ова, 4 – дельта Немана. На площади комплексного экологического мониторинга инфраструктуры морского нефтяного месторождения «Кравцовское (Д-6)» – комплексные станции донного пробоотбора, гидрохимического опробования и гидрофизического зондирования.

чурное бюро» преимущественно по станциям экологического мониторинга инфраструктуры морского нефтяного месторождения «Кравцовское (Д-6)», проводимого ООО «Лукойл-КМН» с 2003 г.

На ключевом участке «Северное побережье Самбийского полуострова» высокая интенсивность абразионных и обвально-осыпных процессов в сочетании с концентрацией в непосредственной близости от береговой полосы рекреационной инфраструктуры обуславливает повышенную степень геологической опасности. В задачи геолого-геофизических исследований субаквальной части ключевого участка, наряду с наблюдениями на базовых точках и профилях в режиме мониторинга, входило определение площадей развития размыва морского дна, что важно для прогноза развития побережья и оценки возможных источников песка на восстановление пляжей в условиях дефицита наносов. С этой целью, частично в рамках объекта Невско-Ладожского БВУ, была выполнена пло-

щадная съемка методом ГЛБО Пионерской и Светлогорской бухт (участок от м. Гвардейский до Отраденного выступа, глубины 5–15 м) (рис. 111).

Наиболее обширная площадь размыва морского дна, в том числе на сугубом мелководье, расположена в районе Отраденного выступа (рис. 112). Локально валунно-галечный материал формирует отмостки, бронирующие поверхность дна от дальнейшего размыва (рис. 113). Можно предполагать, что они, после продолжающегося селективного отмыва тонкозернистых частиц, со временем будут занимать все большие площади морского дна, и, соответственно, все меньший объем тонкообломочного материала будет вовлекаться в поток наносов за счет размыва морского дна.

На профилях НСП отмечаются многочисленные выходы морены (рис. 114, 115) и неглубокое расположение дочетвертичных пород. Суммарная мощность четвертичных отложений на площади полигона исследований

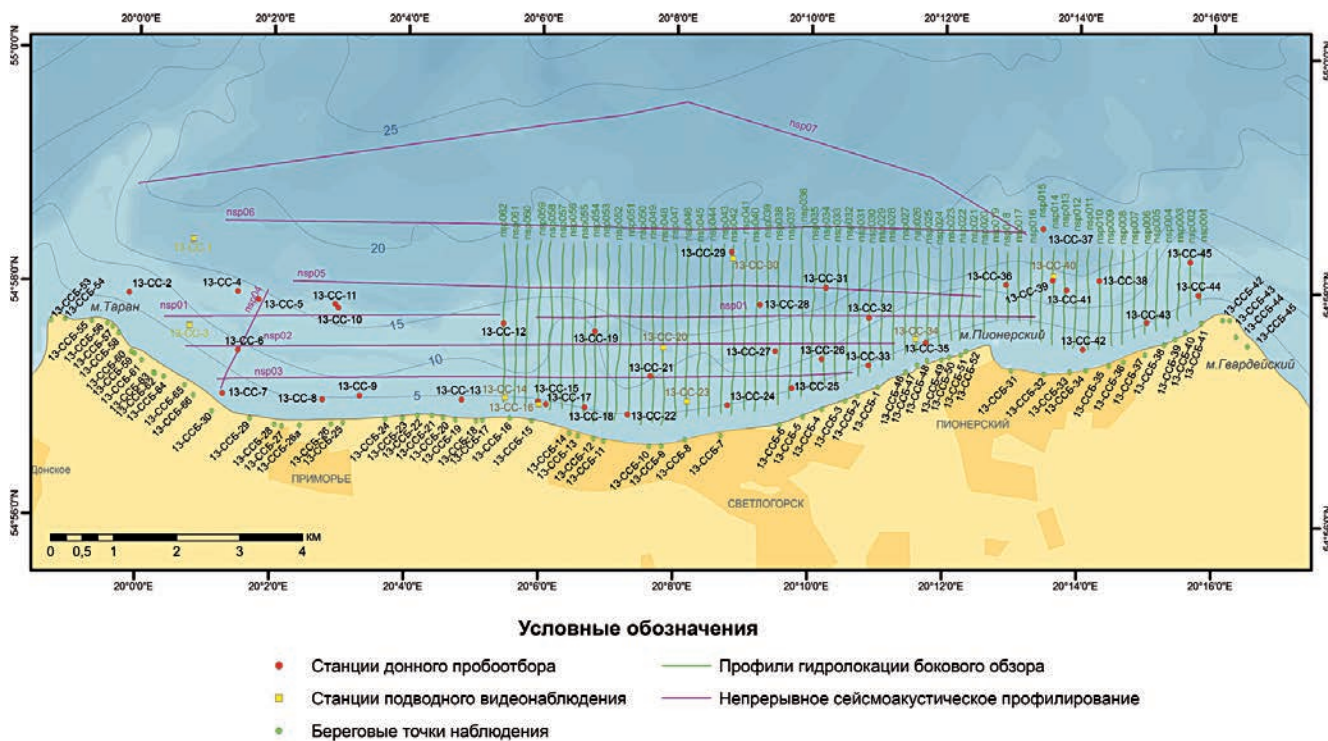


Рис. 111. Карта фактического материала на ключевом участке «Северное побережье Самбийского п-ова».

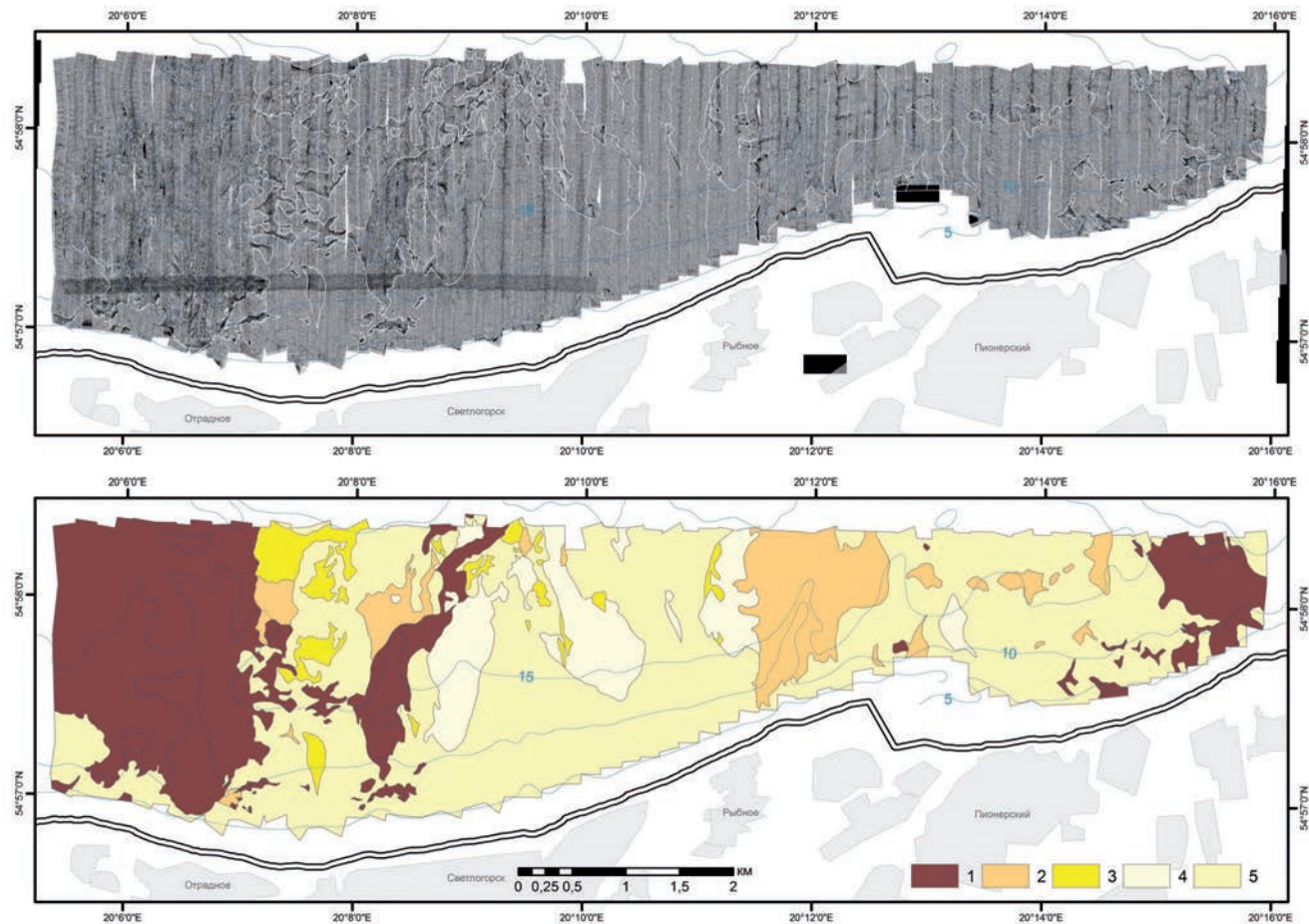


Рис. 112. Результаты площадной съемки методом ГЛБО: а – мозаика первичных сонограмм, б – схема интерпретации: 1 – преимущественно грубообломочные отложения (валуны, галька, гравий) с грубо-крупнозернистыми песками (сильная донная абразия); 2 – разнозернистые пески с гравием, галькой и мелкими валунами (донная абразия); 3 – крупно-среднезернистые пески с примесью гравийно-галечного материала с отчетливыми знаками ряби (рифелями) на поверхности дна (транзит); 4 – крупно-среднезернистые покровные пески с примесью гравийно-галечного материала с выровненной поверхностью морского дна (транзит); 5 – мелкозернистые покровные пески с выровненной поверхностью морского дна (транзит – аккумуляция).

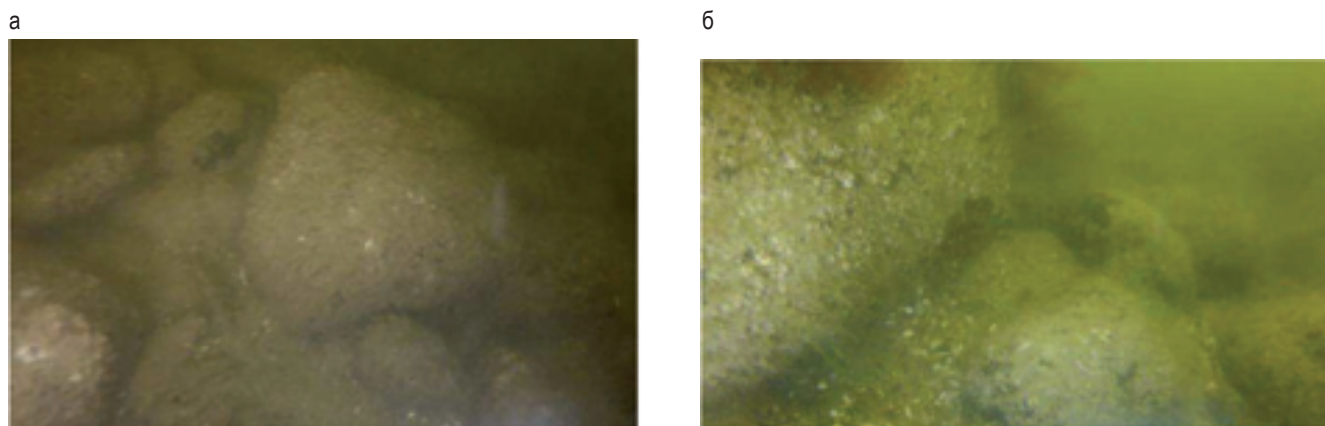


Рис. 113. Валунные откосы на поверхности дна в районе Отрадненского выступа: а – т.н.13-СС-16 (глубина – 6.5 м), б – т.н.13-СС-14 (глубина – 7.5 м).

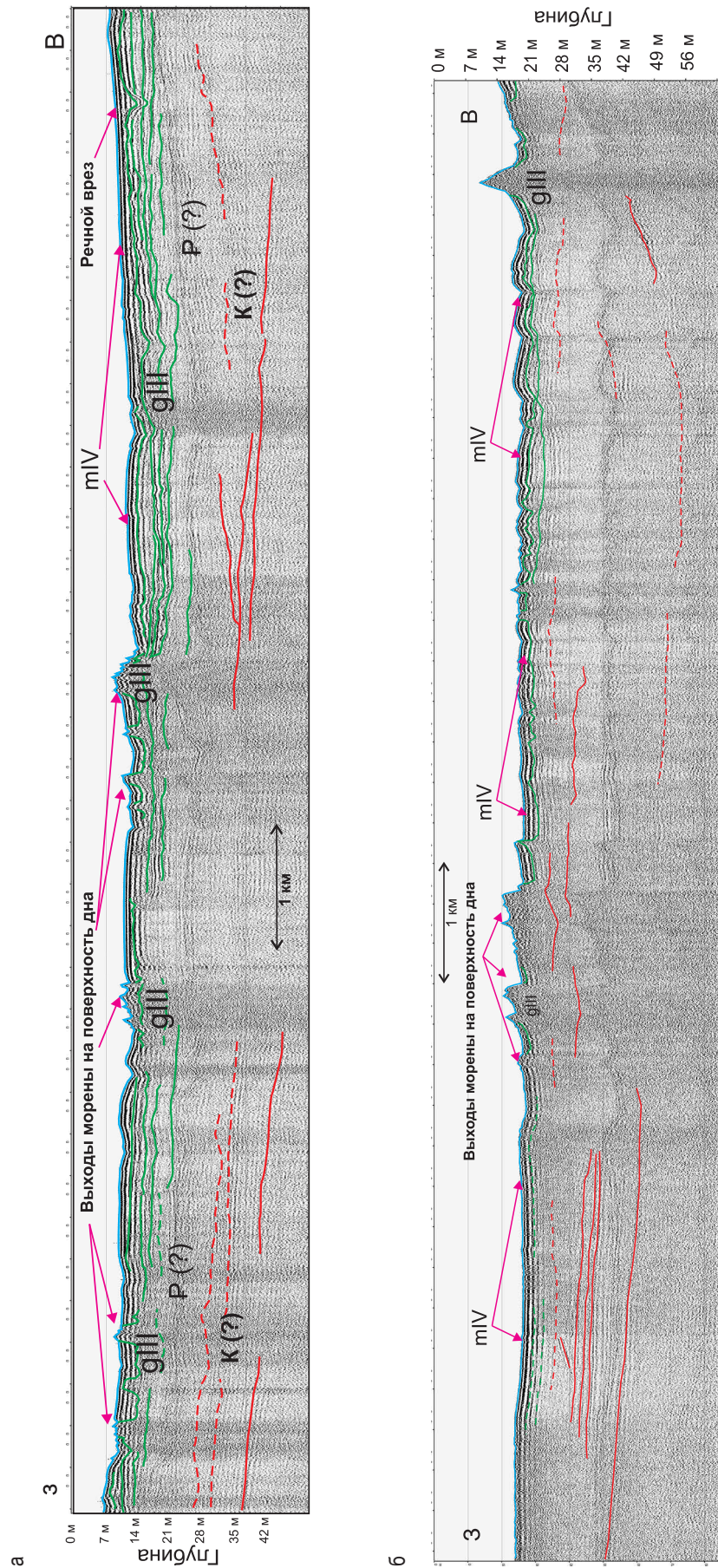


Рис. 114. Вдольбереговые профили НСП (номер): а – nsp03 прибрежный профиль от траверза м. Фирино до пос. Рыбно; б – nsp05 профиль от траверза м. Купальный до траверза пос. Приморье. Условные обозначения: К(?) – предположительно породы мелового возраста, Р(?) – предположительно породы палеогена, gIII – морена последнего оледенения, mIV – современные (литориновые – постлиториновые) песчаные отложения.

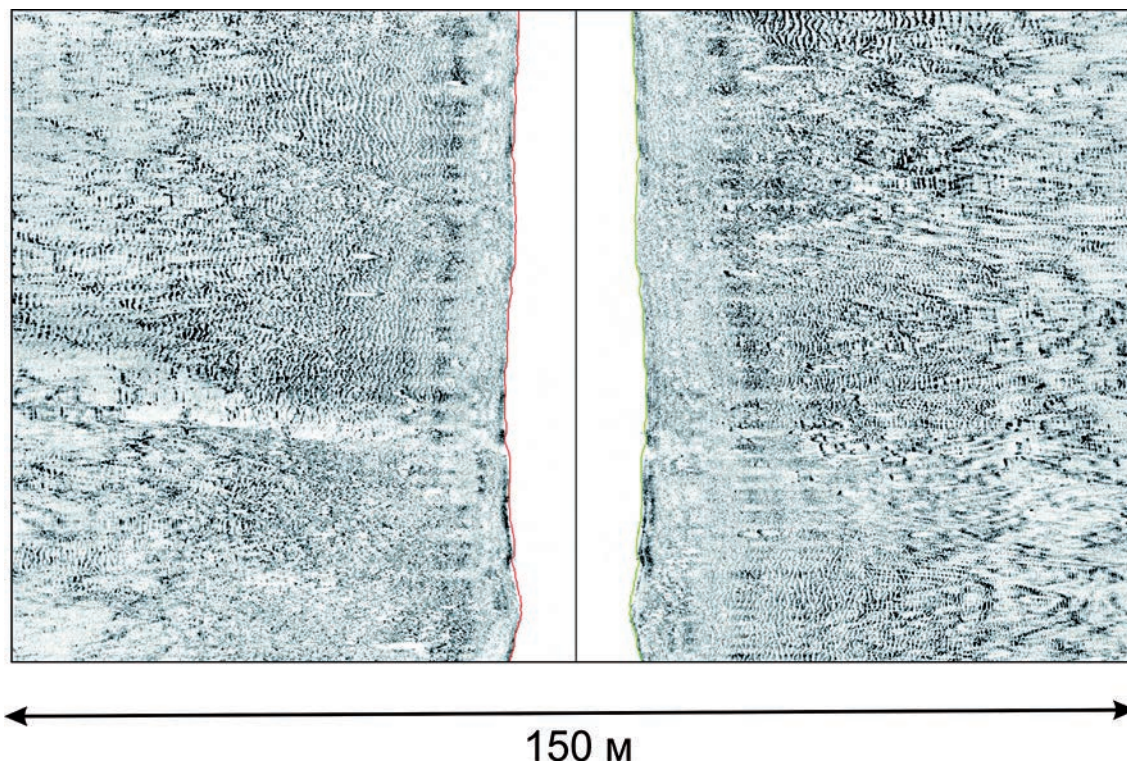


Рис. 115. Фрагмент сонограммы (профиль ГЛБО ns_L001) с высыпками (отмостками) валунов размером до 2.5 м и полями крупных рифелей (песчаных волн).



Рис. 116. Фотография поверхности морского дна – песчаные рифели (т.н.13-СС-30), глубина – 19 м.

невелика, редко достигая 10–15 м, в основном за счет морены. Мощности морских песчаных осадков, как правило, невелики, иногда достигая 2–3 м (рис. 114). На прибрежном профиле НСП (nsp03) в районе восточных окраин г.Светлогорска отмечены небольшие речные врезы, заполненные песками. Относительная глубина наиболее выразительного из них, очевидно, образованного р.Светлогорка при более низком уровне моря, не превышает 6–7 м. Протяженность врезов невелика, т.к. на профилях НСП (nsp02, nsp01, nsp05), пройденных мористее субпараллельно берегу, эти врезы уже не прослеживаются.

Покровные пески часто формируют поля с характерными крупными волнистыми знаками ряби, вплоть до появления песчаных волн высотой до 20–25 см (рис. 116).

Наличие крупных рифелей на поверхности дна и относительно грубозернистый состав слагающих их песков, часто с примесью гравия и отдельных валунов, должно свидетельствовать об активной придонной литодинамике и транзите мелкопесчаных фракций. Конфигурация таких полей часто имеет сложные очертания. При этом, как показали наблюдения методом ГЛБО в режиме мониторинга на других прибрежных участках, они устойчивы во времени. Таким образом, можно сделать несколько

парадоксальный вывод: характер осадков и микрорельеф дна свидетельствуют об активной придонной гидродинамике, но при этом динамическое воздействие водной толщи на морское дно имеет строго локальный и при этом перманентный характер.

К востоку от мыса Купальный зона размыва морского дна также занимает значительную площадь, протягиваясь от изобаты 4 м в сторону моря. В западной части Пионерской бухты и на выходе из нее преобладают поля покровных песков, гранулометрический состав которых варьирует от тонко-мелкозернистого до мелко-среднезернистого. Зоны размыва морского дна здесь имеют небольшие площади и ограниченное распространение, хотя и в данном случае встречаются валунные отмостки. В восточной части Пионерской бухты по мере приближения к мысу Гвардейский, начиная от прибрежного мелководья и до северной границы ключевого участка, преобладают процессы размыва морского дна и широко распространены грубообломочные отложения.

На подводном продолжении мыса Таран (на глубинах моря от 15–20 м и мельче) установлены выходы палеогеновых пород (рис. 117), частично перекрытые глыбовыми развалами. Относительно небольшая устойчивость этих пород и пространственное положение их выходов

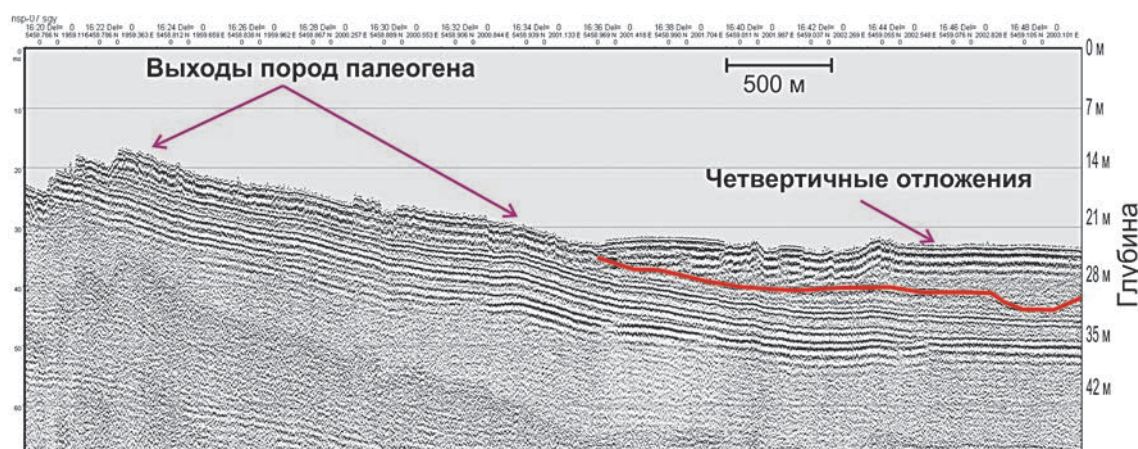


Рис. 117. Фрагмент профиля НСП nsp07, с выходами коренных пород на подводном продолжении мыса Таран.

на поверхность дна, частично в пределах волнового поля, обуславливает активное их разрушение и размыв. Мелкообломочный материал, поступающий в водную толщу за счет размыва палеогеновых пород, отчасти аккумулируется в пределах Филинской бухты, а частично вовлекается во вдольбереговую поток наносов. Минералы-реперы (глауконит, янтарь), обнаруживаемые в осадках береговой зоны далеко к востоку, свидетельствуют, что размываемые на дне в районе мыса Таран породы палеогена, являются важным источником осадочного материала Северного побережья Самбии. В то же время оценка реальных объемов песчаного материала, поступающего за счет размыва коренных пород, требует проведения специальных исследований.

Субаэральная часть береговой зоны к востоку от м. Таран сформирована в результате воздействия волновых процессов на осадочные массы, образованные крупным оползнем. Восточнее оползня высота активно абрадируемого уступа достигает 55 м, средняя крутизна -70° . Нижняя часть уступа сложена эоценовыми железненными песчаниками и образует почти вертикальную стенку высотой 10–12 м. Средняя и верхняя части склона, сложенные, соответственно, неогеновыми песками и толщей песчано-суглинистых четвертичных накоплений, более полого ($50-60^\circ$). Разрушение эоценовых и неогеновых пород происходит относительно медленно, в основном, в результате осыпных процессов, формируя у подножия осыпные накопления (коллювий). В центральной части Филинской бухты в результате проведения эксперимента по созданию искусственного пляжа клиф был срезан, в результате чего сформирована террасированная ниша, перед которой образовался пляж шириной 100–150 м, сложенный перебитым материалом срезанного блока породы. К настоящему времени пляж полностью размыв. Венчающие разрез неоплейстоценовые озерные отложения (мощностью до 15–17 м) обладают значительно меньшей устойчивостью благодаря пестрому литологическому составу (пески с прослоями суглинков, супеси, суглинки и глины, с частыми прослоями песков).

Глинистые прослои являются водоупорными горизонтами, по которым происходит разгрузка подземных вод. Наряду с воздействием на склоны временных потоков это способствует активному разрушению верхних частей склонов описанного участка с формированием поверх палеогеновых и неогеновых отложений шлейфов делювиальных накоплений, которые затем размываются в ходе сильных штормов (рис. 118).

Между пос. Приморье и пос. Отрадное отрезок берега длиной около 4 км, характеризуется исключительной активностью экзогенной геодинамики. В геологическом строении здесь доминируют ледниковые отложения гляциоседиментологического цикла, наблюдаются многочисленные гляциодислокации. Суглинки и супеси содержат значительные включения гравия, гальки, валунов с линзами и прослоями мелкозернистых и пылеватых песков, к которым приурочены выходы грунтовых вод, что при значительной крутизне и высоте уступа способствует формированию оползней, занимающих около 50% всей площади клифа, а также глинистых солифлюкционных отложений у его подножия (рис. 119). Ширина формирующегося при размыве оползней пляжа не превышает 10–15 м. Этот участок береговой зоны не относится к аварийным или предаварийным вследствие отсутствия жилой и рекреационной инфраструктуры вблизи бровки активно разрушающегося абразионного уступа.

В Светлогорской бухте, по строению клифа могут быть выделены три участка. Западный участок по геологическому строению и гидрогеологическим условиям аналогичен описанному в районе пос. Отрадное. Абразионный уступ, достигающий высоты 40–45 м с крутизной склона $40-45^\circ$, характеризуется активной склоновой динамикой. В основании клифа вскрываются темно-серые с зеленоватым оттенком, плотные, известковистые моренные суглинки нижнечетвертичного времени с гравием, галькой и валунами, перекрытые ледниковыми отложениями днепровского и валдайского возрастов. На западной окраине г. Светлогорска



Рис. 118. Склоновые процессы к востоку от Финской бухты (станция 13-ССБ-25).



Рис. 119. Оползневые процессы и делювиальные глинистые отложения на участке между станциями 13-ССБ-20 и 13-ССБ-13.

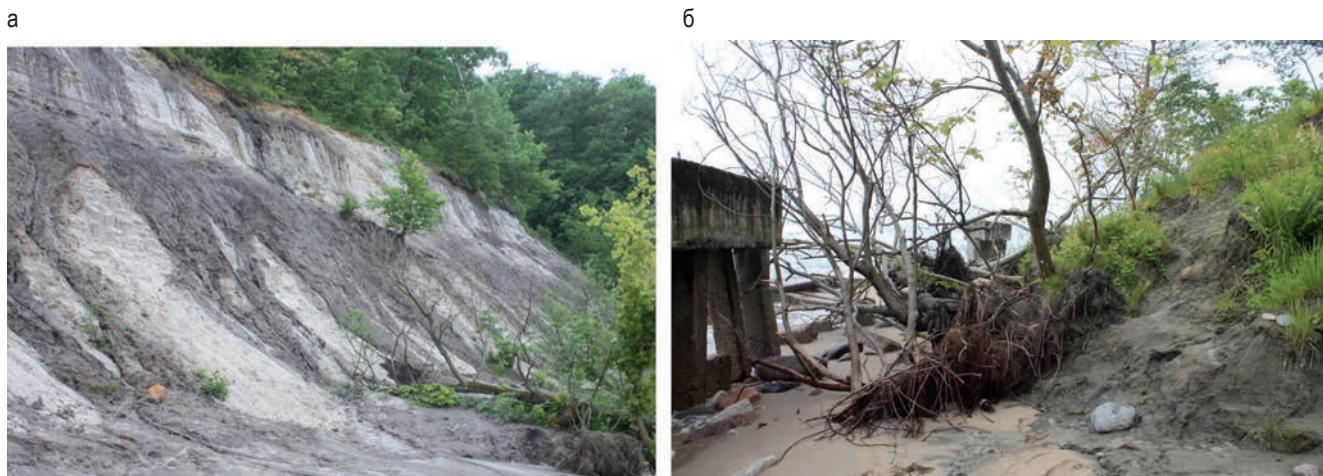


Рис. 120. Берег в районе пос. Отрадное. а – склоновые процессы вне зоны воздействия опояски; б – разрушающийся край опояски на участке локального оползня 2011 г.

берег укреплен опояской и относительно стабилен. Перед опояской наблюдается узкий (7–10 м) песчаный пляж (рис. 120). На участках ее отсутствия абразионно-денудационный уступ активен и характеризуется проявлением оползневых процессов.

На центральном участке Светлогорской бухты высота клифа достигает 40 м, крутизна склона 30–45°. Клиф сложен толщей неогеновых песков, разделенных двумя пачками глин мощ-

ностью 2,5–3,5 м, являющихся водоупорами, по которым развиваются оползневые явления. Перекрывающий глинистый слой, мощностью около 5 м, также является водоупором, к которому приурочены оползни, развивающиеся в вышележащих моренных отложениях. В западной части (между концом опояски и началом Светлогорского променада) склоновые процессы отличаются исключительной интенсивностью. Основание склона укреплено габионами,



Рис. 121. Активные склоновые процессы в западной части г. Светлогорска.

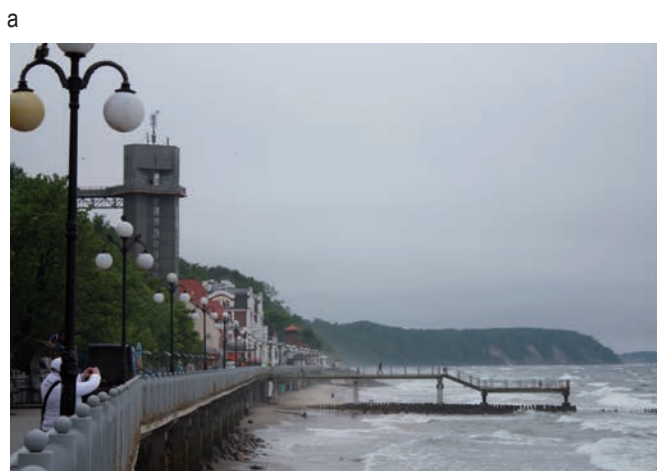


Рис. 122. а – участок берега перед Светлогорским променадом, б – стабилизация склонов, укрепленных габионами.

однако, вследствие наличия большого количества участков разрузки подземных вод, разрушение уступа продолжается (рис. 121). У его основания летом 2013 г. наблюдался широкий (до 25–30 м) песчаный пляж, который местами полностью перекрывался грязевыми потоками, стекающими с берегового уступа. Сравнение наблюдений 2011–2013 гг. показывает, что ситуация на данном участке береговой зоны продолжает ухудшаться.

В районе Светлогорского променада абразионный уступ задернован. Вследствие отсутствия экстремальных штормов в начале 2013 года, восстановленный после 2011 г. променада не подвергся новым разрушениям, однако, пляж перед ним полностью не восстановился (рис. 122). Формирование пляжа происходит очень медленно.

Восточнее Светлогорска основание уступа укреплено габионами. Сравнение состояния



Рис. 123. Разрушение объектов рекреационной инфраструктуры детских оздоровительных лагерей на восточной окраине г. Светлогорска.

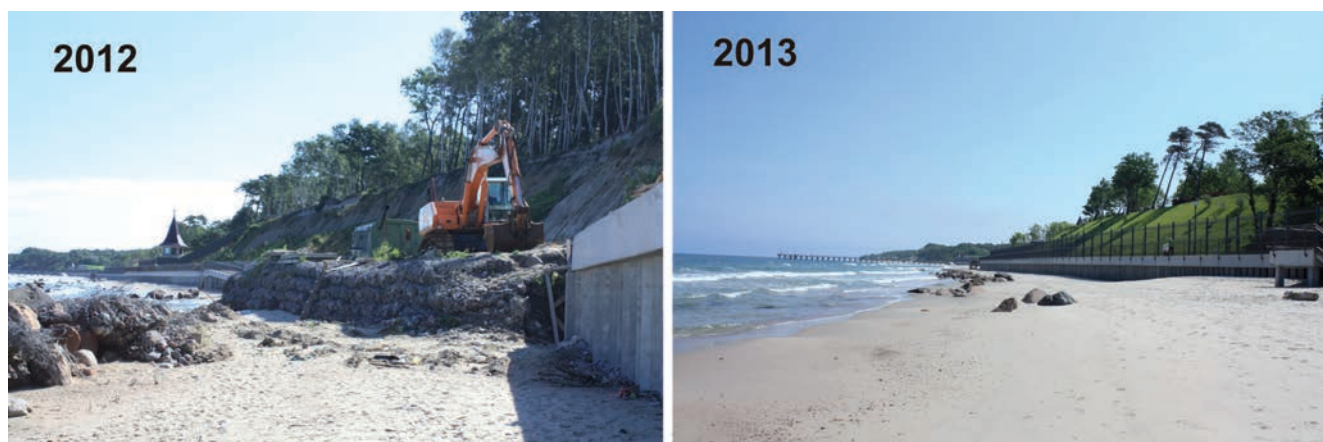


Рис. 124. Участок берега между променадом г.Пионерский и Государственным комплексом «Янтарь».

береговой зоны за последние три года показывает, что выполненные мероприятия оказывают положительное воздействие на состояние склонов (за исключением локальных участков выходов подземных вод, провоцирующих оползневые процессы). На остальном протяжении клифов задержанные габионами оползневые и осыпные накопления начинают стабилизироваться за счет развития растительности (рис. 122б). В то же время верхняя часть склонов, имеющая большой уклон, продолжает разрушаться, бровка уступа отступает. К востоку от габионных укреплений склоновые процессы резко активизировались, здесь расположен потенциально аварийный участок, связанный с недавним возведением вблизи бровки клифа новых жилых многоэтажных зданий.

Береговой уступ восточного борта Светлогорской бухты высотой 20–30 м и крутизной около 40° сложен валунными моренными суглинками валдайского возраста. На всем протяжении он активно абрадируется, широко развиты осыпные процессы. В районе летних детских оздоровительных лагерей выделен предаварийный участок, так как в непосредственной опасности находятся постройки рекреационной инфраструктуры (рис. 123).

К востоку от порта г. Пионерский расположен городской пляж, сформировавшийся как

угол заполнения и относительно стабильный. Напротив променада ширина пляжа постепенно уменьшается, склон за променадом задернован. К востоку от конца променада (между променадом и Государственным комплексом «Янтарь») в 2011 г. наблюдалась активизация склоновых процессов. В 2011–2012 гг. были сооружены габионы. За прошедший год перед габионами сформировался узкий песчаный пляж, однако, в настоящее время трудно сказать, является ли данная аккумулятивная форма временной или отражает положительную тенденцию в развитии береговой зоны (рис. 124).

Работы, выполненные в целях стабилизации склонов и берегозащиты в районе Государственного комплекса «Янтарь», являются примером того, что имеющиеся проблемы могут быть эффективно решены при правильном выборе концепции и наличии достаточного количества средств на реализацию проектных решений. Склоны на данном участке полностью стабилизированы, у подножия променада наблюдается широкий песчаный пляж (рис. 25).

В целом, берега в пределах ключевого участка характеризуются крайне активной и опасной экзогенной геодинамикой. Регулярно повторяются катастрофические размывы берега в условиях все возрастающего дефицита наносов, что препятствует естественному восстановлению



Рис. 125. Береговая зона Пионерской бухты в районе Государственного комплекса «Янтарь».

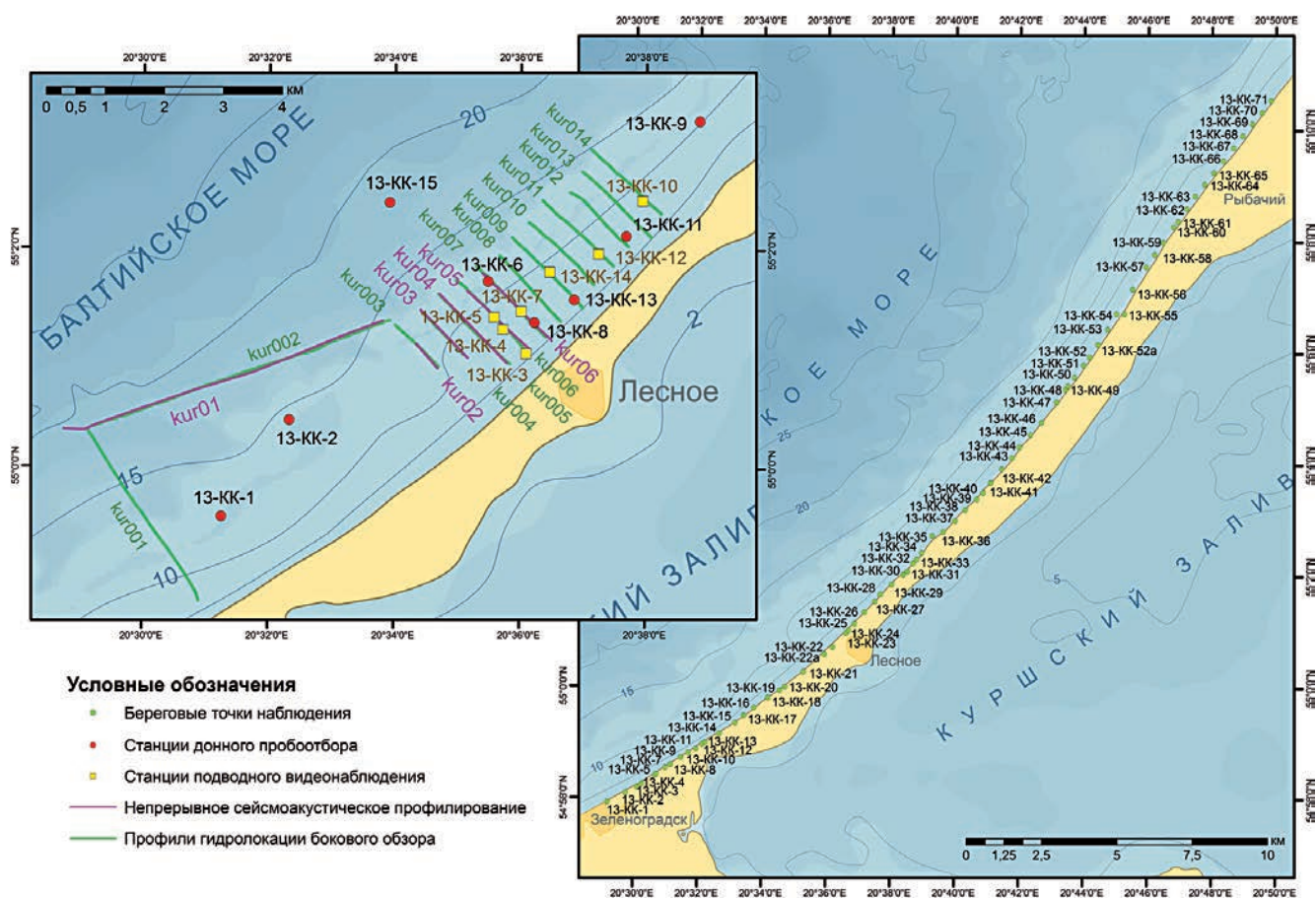


Рис. 126. Карта фактического материала на участке «Основание Куршской косы».

пляжей побережья. В ближайшем будущем в связи с климатическими изменениями следует ожидать усиления штормовой активности, что в условиях прогнозируемого подъема уровня моря, приведет к дальнейшему усугублению ситуации и развитию опасных экзогенных геологических процессов в береговой зоне.

В субаквальной части ключевого участка «Основание Куршской косы» (рис. 126) наибольшее внимание было уделено зоне активного донного глинистого диапиризма. Область развития выходов глинистых диапиров (реликтовые лагунные отложения) оконтурена в

районе пос. Лесное на глубинах 4–15 м. Отдельные выходы на поверхность дна встречаются вплоть до пос. Рыбачий. Наиболее близкие к берегу выходы зафиксированы на расстоянии 350 м от Куршской косы, а морская граница реликтовых отложений прослеживается на расстоянии 2400–1700 м от берега. Донные обнажения представляют собой сильно расчлененную кавернозную поверхность, образующую холмисто-грядовый рельеф, частично перекрываемый современными песчаными наносами (рис. 127). Гряды имеют простирание преимущественно вдоль берега. Сложная

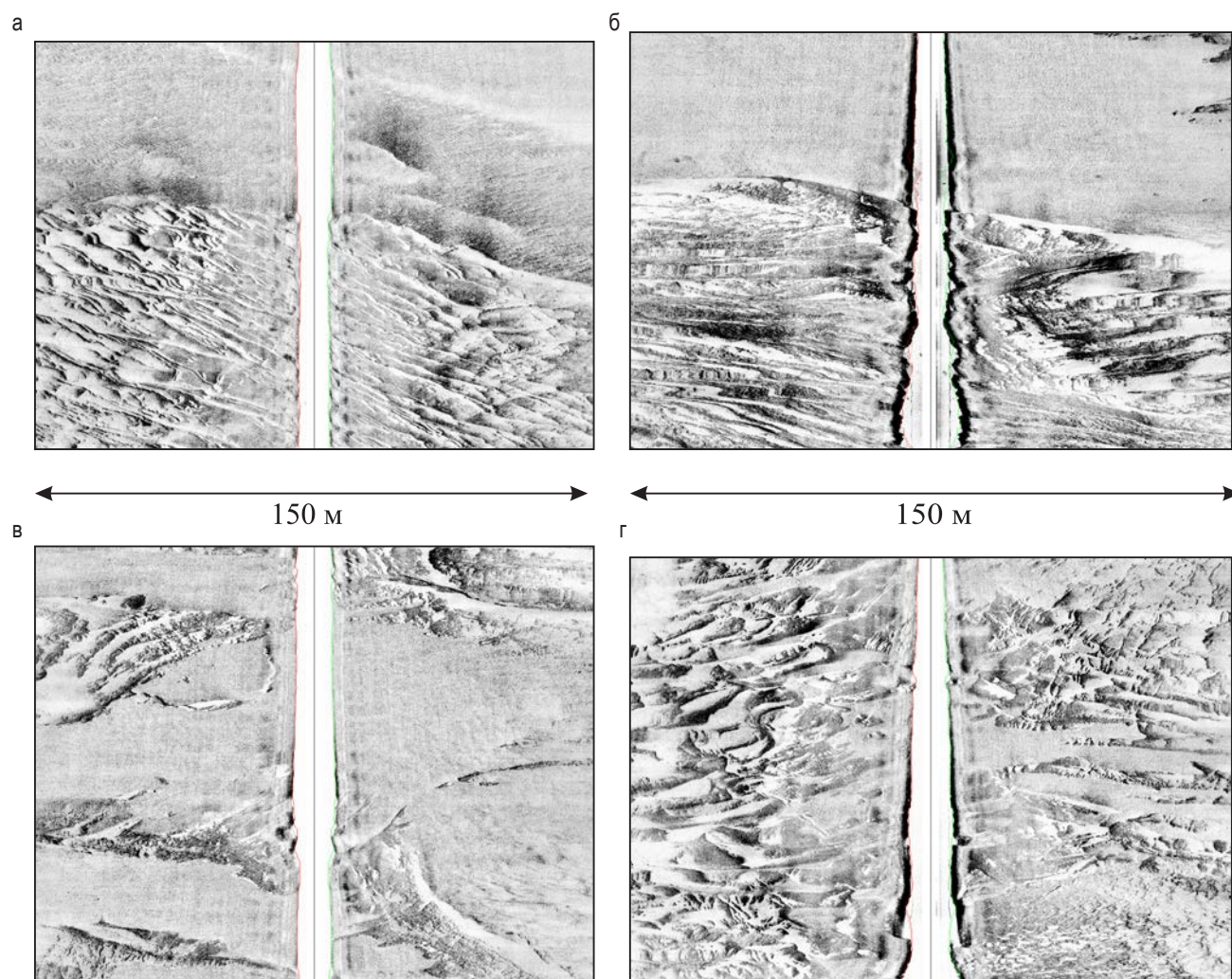


Рис. 127. Примеры фрагментов сонограмм. Подводные выходы глинистых диапиров на мелководье: а – профиль kur005, б – профиль kur011, в – профиль kur007, г – профиль kur009.

волнообразная структура гряд, часто имеющих террасированную поверхность, указывает на сильную деформацию лагунных отложений.

По данным эхолотного профилирования гряды представляют собой складчатую структуру с довольно острым замком и асимметрией крыльев складки, с наклоном оси в сторону

берега. На сейсмограммах комплекс реликтовых лагунных отложений выделяется по характерным складчатым структурам с заполнением прогибов складок однородными песчаными наносами (рис. 128). На поверхность дна выходят только вершины гребней, в то время как наиболее выдержанная толща реликтовых отложений

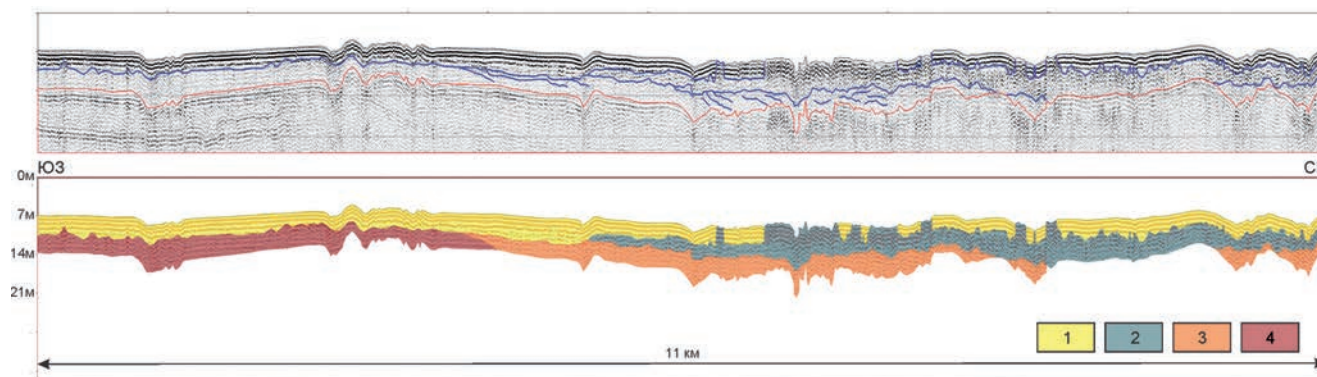


Рис. 128. Пример записи НСП (бумер) через зону мелкорасчлененного рельефа дна, обусловленного выходами глинистых диапиров: 1 – современные пески, 2 – реликтовые илы, 3 – долиториновые слоистые отложения, 4 – ледниковые отложения (морена).

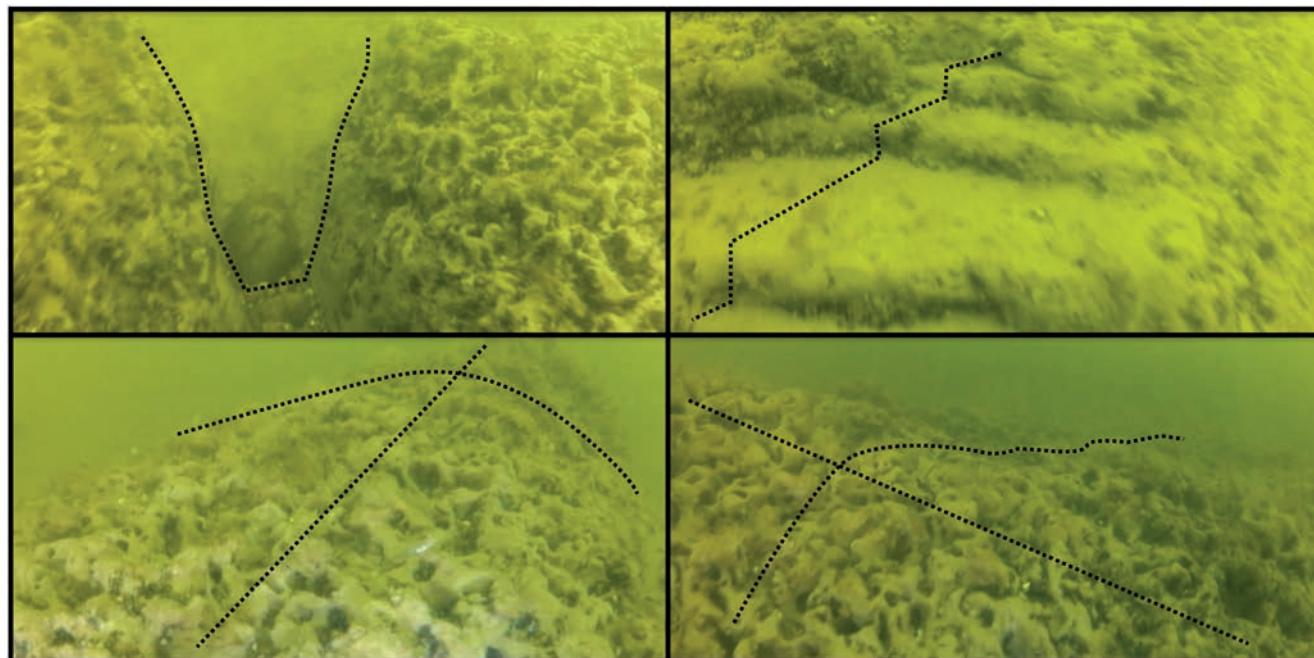


Рис. 129. Выходы на поверхность дна подводного берегового склона реликтовых лагунных илов. Линиями показаны элементы морфологии поверхности.

перекрыта слоем песка. Подошва реликтовых отложений на сейсмограммах фиксируется плохо, предположительно на глубине 4–5 м от поверхности дна. Рельеф подошвы имеет неровную поверхность с постепенным подъемом в сторону берега с глубины 15–20 м до глубины около 10 м ниже уровня моря.

Донный ландшафт, формируемый реликтовыми лагунными отложениями, является уникальным для Балтийского моря. Поверхность этих образований «изъедена» эрозионными кавернами и ходами роющих организмов (рис. 129). На фоне безжизненных пространств распространения песков, выходы глинистых отложений являются оазисами подводной жизни, где количество бентосных организмов резко возрастает по сравнению с прилегающими участками дна. Отчасти это может быть обус-

ловлено повышенными содержаниями органических веществ в глинистых отложениях, а также их прочностными свойствами и батиметрическим положением, что обеспечивает «комфортные» условия для развития жизни. Целесообразно рассмотреть вопрос о возможности расширения Национального парка Куршской косы на субаквальную часть в пределах площади развития уникальных ландшафтов, сформированных диапирами реликтовых лагунных отложений.

В прикорневой части Косы наиболее интенсивный размыв пляжа и авандюны, а также разрушение берегозащитного сооружения отмечается между станциями наблюдения 13-КК-4 и 13-КК-5 (рис. 130). На ряде участков благодаря наличию стационарных реперов фиксируется значительный размыв пляжа.



Рис. 130. Размыв авандюны и разрушение берегозащитного сооружения (к востоку от т.н. 13-КК-4).

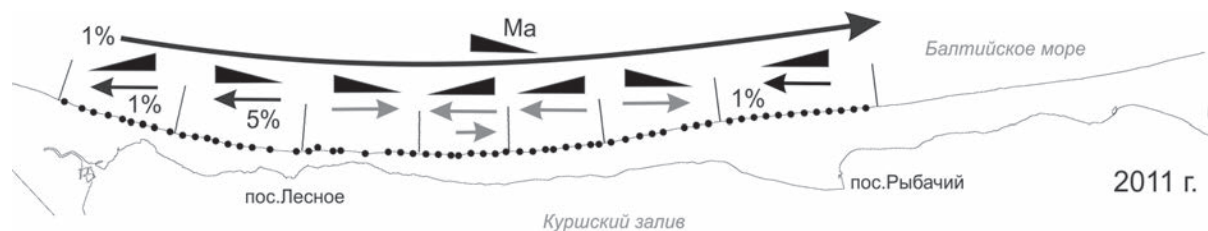


Рис. 131. Направление транспорта наносов вдоль Куршской косы (пересчет гранулометрических анализов точек опробования 2011 г.), рассчитанное по изменению гранулометрических коэффициентов. Процентами показана вероятность ошибки. Треугольник отражает направленность изменения среднего размера зерен.

В пределах всего исследованного ключевого участка наблюдается чередование стабильных и активно размываемых участков берега (с четко морфологически выраженной формирующейся авантюной, либо абразионным уступом в авантюне).

Результаты мониторинга побережья Куршской косы, данные о распределении грануло-

метрического состава и анализ статистических гранулометрических коэффициентов указывают на сложность миграции наносов в береговой зоне, а также на различную природу происхождения осадочного вещества в приурезовой зоне. На рис. 131 показаны результаты расчетов, оценивающих преобладающее направление транспортировки песчаного материала

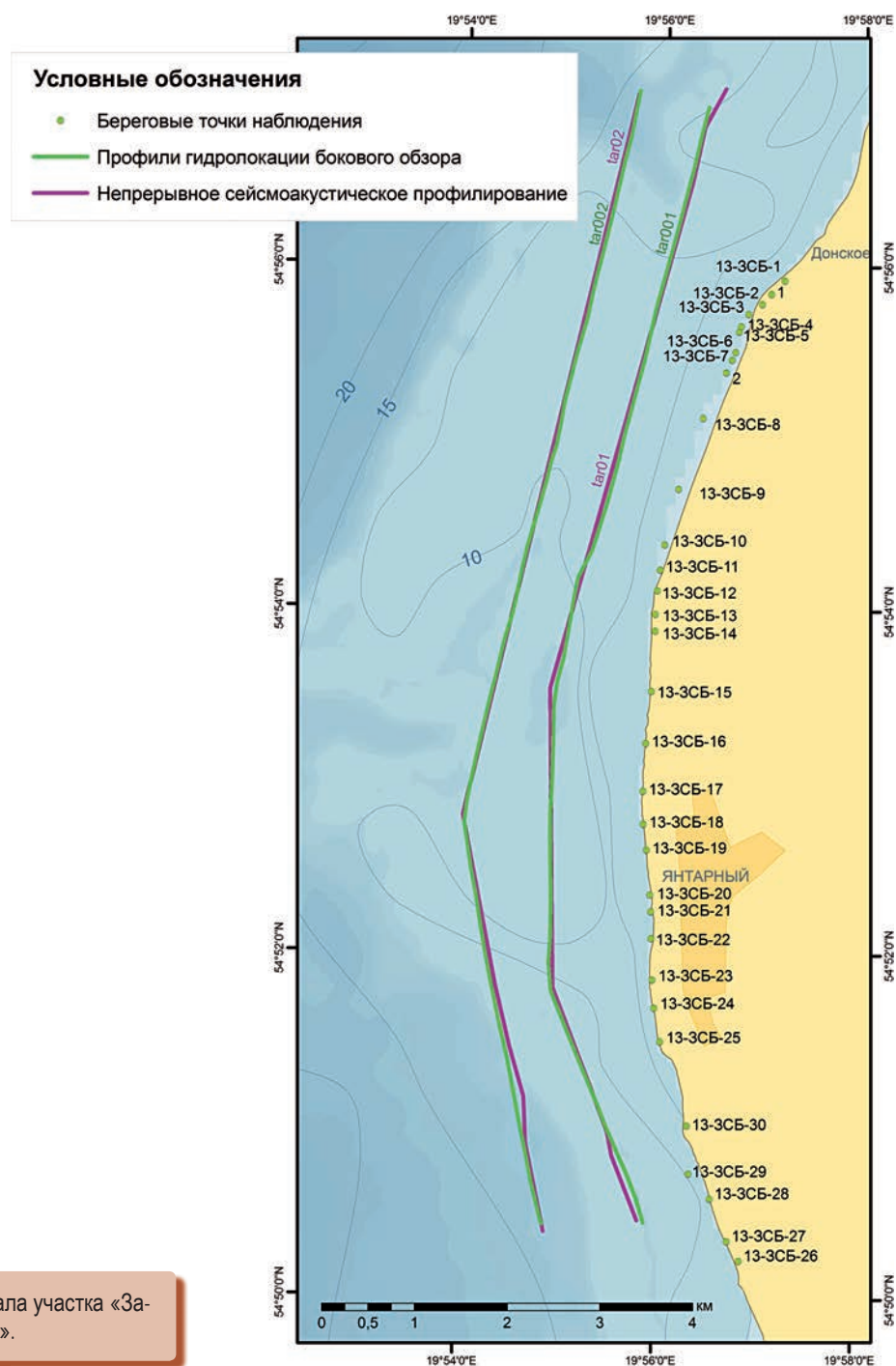


Рис. 132. Карта фактического материала участка «Западное побережье Самбийского п-ова».

под действием гидродинамических факторов по методике МакЛарена (McLaren P. et al., 1985). Разнонаправленность миграции наносов на отдельных участках косы объясняется возможным существованием гидродинамических ячеек, формирующихся разрывными противотоками, отводящими нагонную воду от берега. Расположение зон конвергенции и дивергенции потоков, проходящих вдоль берега, не стабильно. Предположительно, по наблюдениям разных лет одна из зон дивергенции расположена в районе пос. Лесное. Наличие локальных участков разнонаправленного переноса, при обобщенном рассмотрении, формируют вектор устойчивого переноса песчаного материала вдоль берега Куршской косы в северном направлении, который не меняется на протяжении нескольких лет. Разделение берега на отдельные литодинамические участки подтверждается сложным распределением вдоль берега участков размыва и стабилизации авантюны. Отсутствие очевидной вдольбереговой дифференциации вдоль косы объясняется локальными участками выхода морены в береговой зоне косы. Перманентное поступление несортированного обломочного материала во вдольбереговую перенос затушевывает статистические распределения гранулометрического состава отложений.

В субаквальной части ключевого участка «Западное побережье Самбийского полуострова» (рис. 132) был выполнен комплекс геофизических работ для прослеживания зон нарушения (тектонические или гляциотекто-

нические) геологического разреза, площадей интенсивного донного размыва коренных отложений, прослеживания конуса выноса пульпы Янтарного комбината и т. д. Проведение пробоотбора на ключевом участке в 2013 г. было запрещено ВМФ.

В основании сейсмоакустических разрезов на глубину более 30 м прослеживается толща отложений палеогена, которая характеризуется наличием слабонаклонных, погружающихся к югу границ, между различными по литологическому составу свитами (рис. 133). В районе отмелей Бакалинской и Янтарной породы палеогена обнажаются на поверхности дна, образуя ступенчатые уступы, высотой до нескольких метров. На профилях НСП отмечены зоны нарушения строения сейсмоакустического разреза, совпадающие с появлением моренных гряд. На периферии зон отмечается смещение внутренних акустических границ, что может свидетельствовать в пользу геодинамического воздействия на них. Вероятно, эти зоны совпадают с направлением движения языков ледника по древним долинам, положение которых было predeterminedено наличием тектонических разрывных нарушений.

Субаквальная часть участка характеризуется сложным геолого-геоморфологическим строением, что выражается в наличии многочисленных подводных клифов, крупных останцов, гряд и рассекающих их ложбин. Частично эти формы были сформированы на предыдущих стадиях развития Балтийского моря и маркируют древние береговые линии. В настоящий

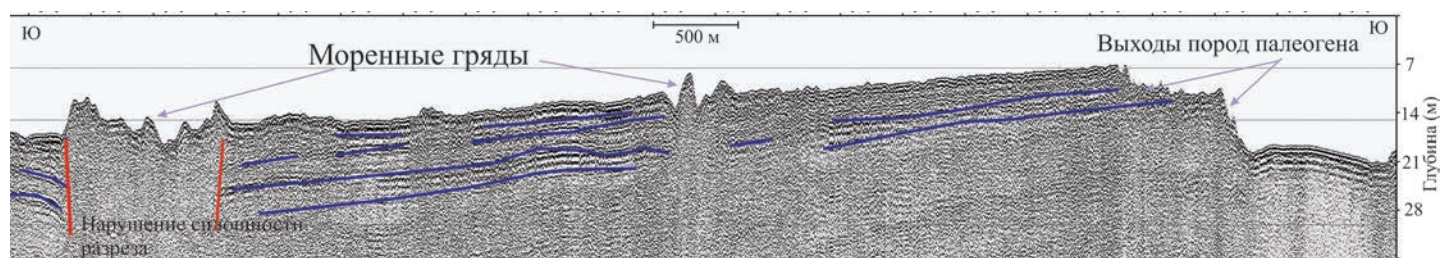


Рис. 133. Фрагмент профиля НСП (tar-02) в районе Бакалинской банки.

момент повсеместно происходит размыв морского дна (рис. 134).

Песчаные отложения небольшой мощности, развиты преимущественно вдоль побережья в виде полосы шириной около 1 км, в пределах которой преобладают процессы транзита песчаного материала. Естественный поток наносов не способен поддерживать стабильное состояние пляжей Западного побережья. Лишь южнее поселка Янтарный начинается зона аккумуляции песков. Сбросы пульпы с Янтарного комбината обеспечивают накопление отмытого песчаного материала в виде конусов выноса, которые, впрочем, под воздействием придонных течений и волнения быстро размываются. Повторная

GPS съемка в 2013 г. позволила проследить динамику изменения береговой линии в районе сбросов пульпы и формирования конуса выноса вблизи с. Покровского (рис. 135).

Наиболее опасными в пределах данного ключевого участка остаются активные обвальнo-осыпные процессы в районе пос. Донское (рис. 136), а также неконтролируемое строительство крупных сооружений в непосредственной близости от бровки абразионных уступов (рис. 137).

Кроме того было установлено, что стихийные разработки по добыче янтаря оказывают существенное, хотя и локальное, воздействие на лито- и морфодинамические процессы в

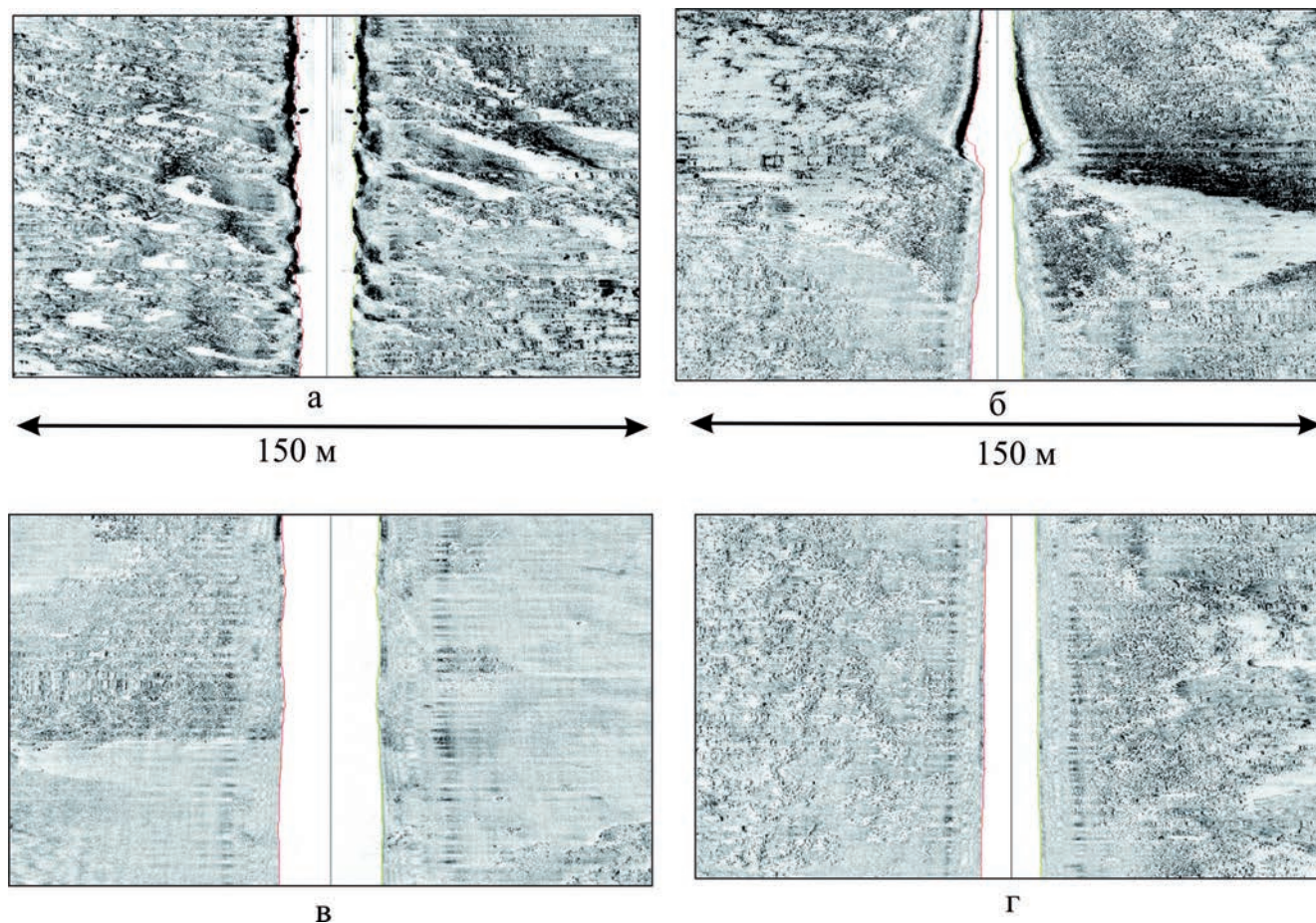


Рис. 134. Фрагменты сонограммы профиля tag002: а – выходы коренных пород палеогена, б – подводный клиф, в – границы зоны размыва морского дна и аккумуляции песков, г – валунно-галечная отмостка на поверхности дна.



Рис. 135. Динамика изменения береговой линии по результатам повторной GPS съемки в 2013 г. в районе сбросов пульпы и формирования конуса выноса вблизи с. Покровского.

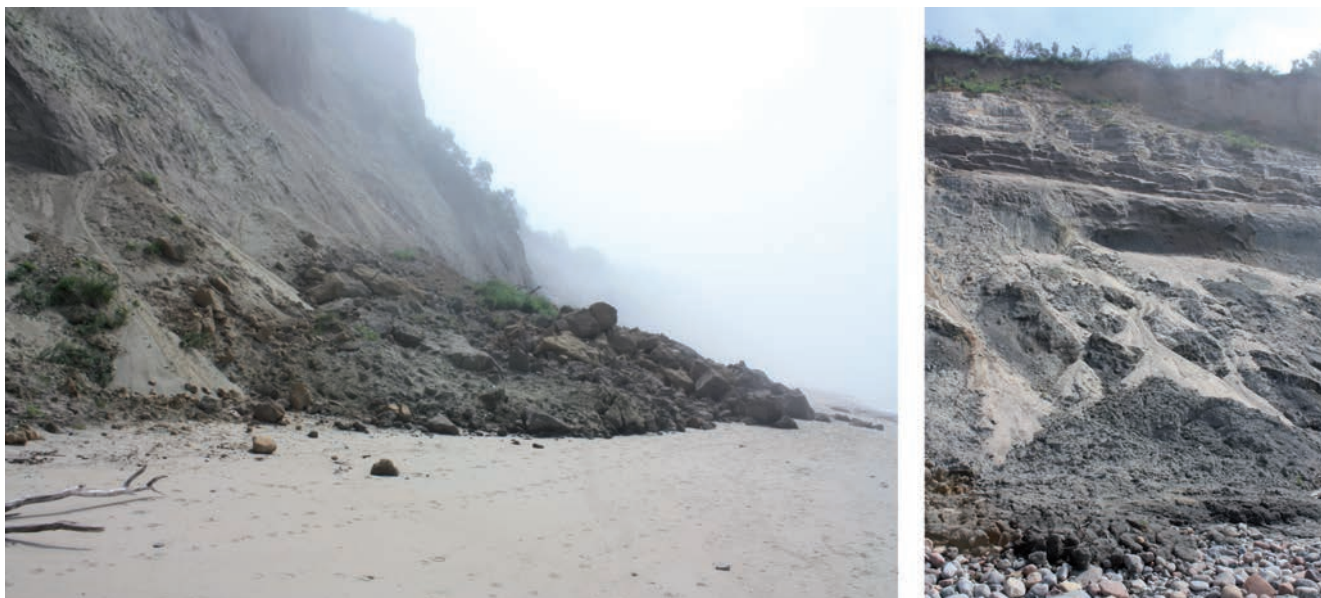


Рис. 136. Обвалыно-осыпные процессы в районе пос. Донское.



Рис. 137. Застройка бровки отмершего абразионного уступа, потенциально опасного из-за активизации обвально-оползневых процессов.

береговой зоне западного побережья Самбийского полуострова. В районе т.н. 13-ЗСБ-13 в результате несанкционированной разработки карьеров так называемой «голубой земли» был перемещен значительный объем грунта, в том числе непосредственно на пляже, что привело к отступанию береговой линии на 26 метров за прошедший год (рис. 138).

Региональный лито-геохимический мониторинг прибрежно-шельфовой зоны Российского сектора юго-восточной Балтики (рис. 139) включал отбор проб донных отложений, гидрофизическое зондирование и отбор проб придонных вод на органические загрязнители и тяжелые металлы.

Дополнительно при лито-геохимических исследованиях использовались пробы, отобранные на прибрежных ключевых участках. Распределение основных определяемых химических компонентов в донных осадках по пло-

щади исследования за редким исключением однородно, а их фоновые концентрации, как правило, близки или даже ниже кларковых. Аномальные по отношению к региональному фону концентрации в донных осадках зафиксированы только для Cr и Cu (рис. 140, 141). Повышенные концентрации Cr установлены в песчаных отложениях, Cu в алевропесках и песчаных алевритах. Максимальная концентрация Cr и близкая к максимальной концентрация Cu определены в т.н. 13-Д6-7, расположенной у побережья Куршской косы.

Выявлено несколько локальных площадей и отдельных точек с концентрациями поллютантов, соответствующих повышенному уровню загрязнения согласно классификации (WGMS 2003 – SSQC). Наибольшее загрязнение донных осадков обусловлено Cr (от II до V класса загрязнения). Область с высокой степенью загрязнения Cr локальными участками протягивается

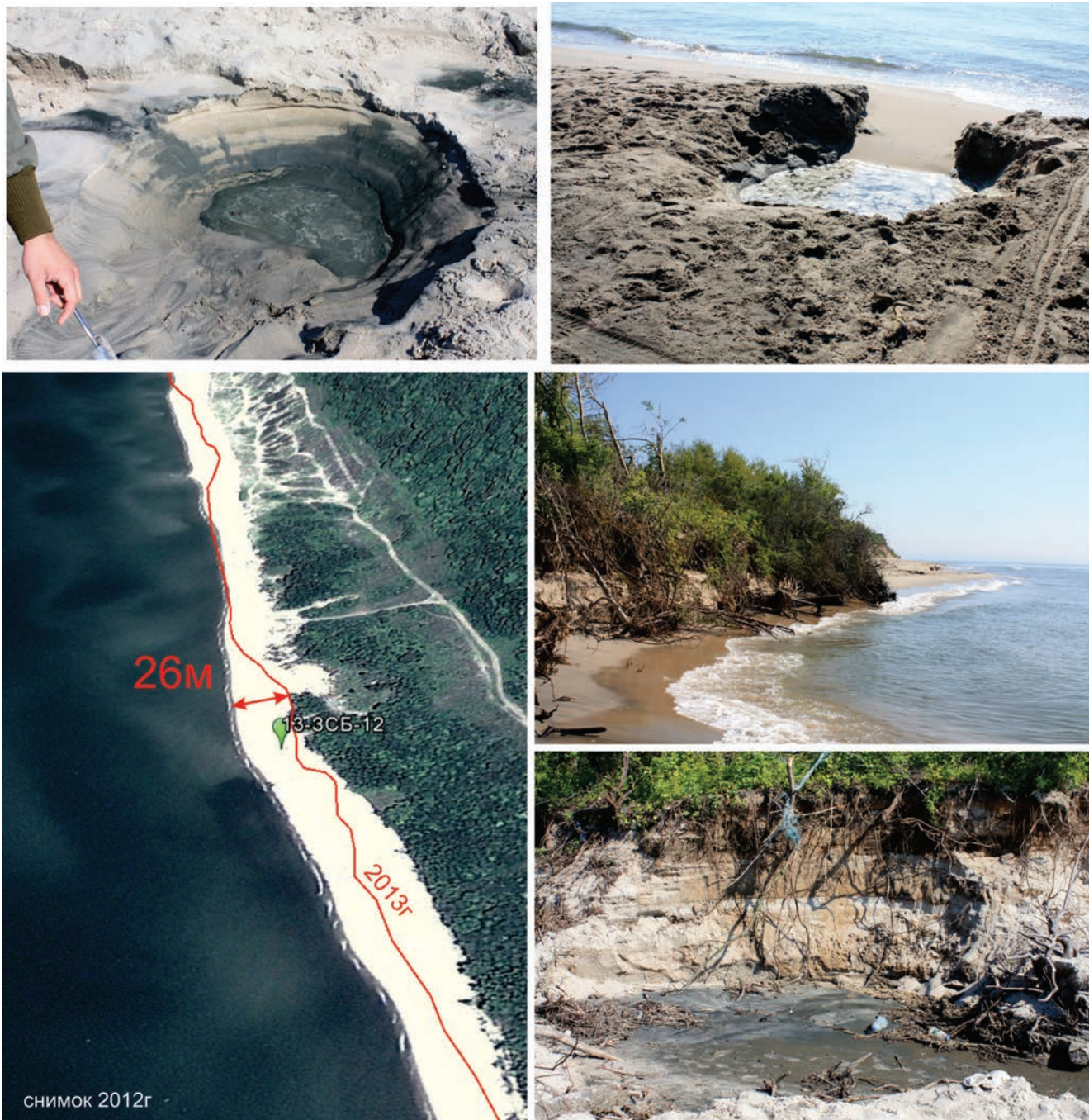


Рис. 138. Активизация абразионных процессов на ранее стабильном участке берега вследствие несанкционированных разработок по добыче янтаря.

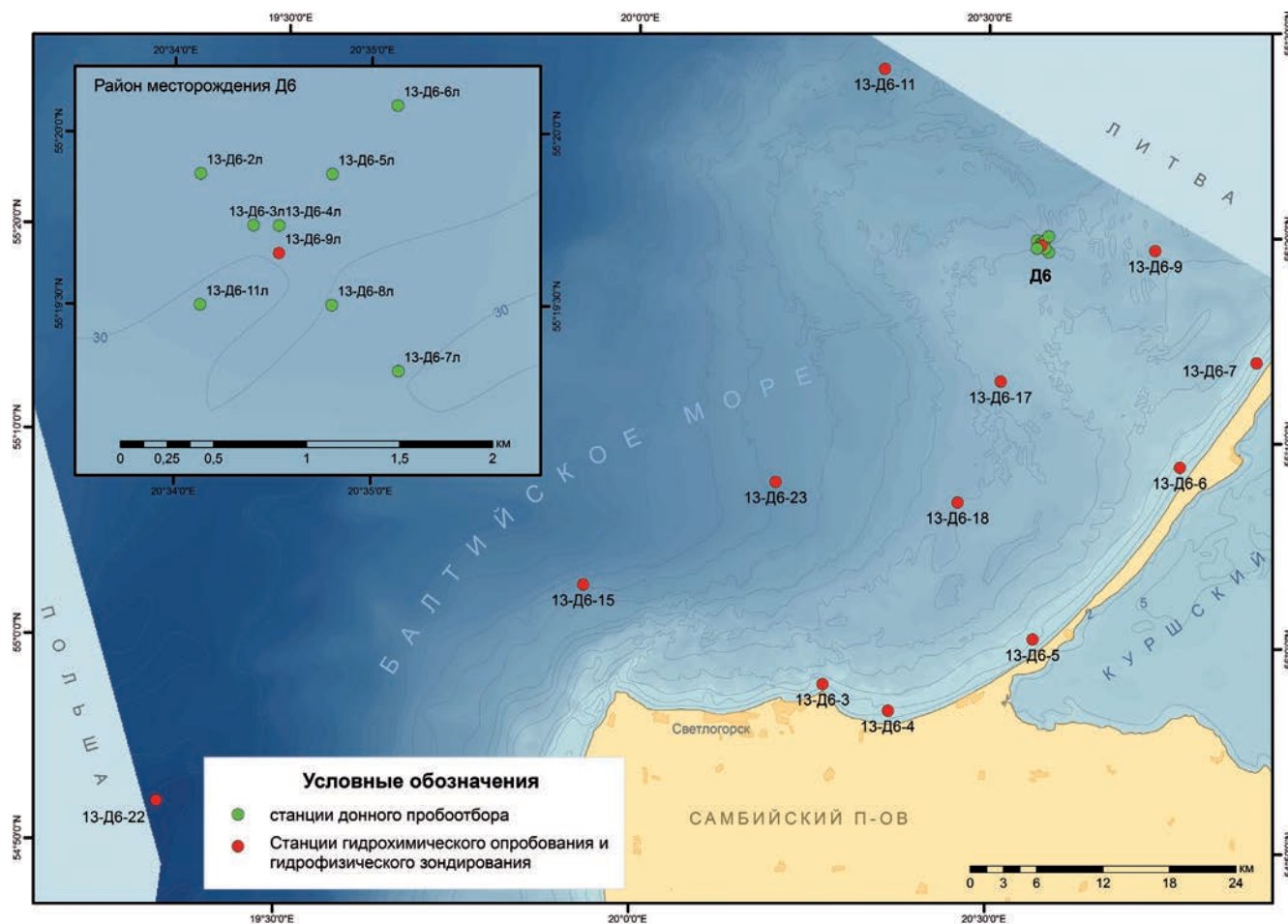


Рис. 139. Карта фактического материала регионального лито-геохимического мониторинга прибрежно-шельфовой зоны Российского сектора юго-восточной Балтики.

на северо-восток от мыса Таран вдоль побережья Самбийского полуострова и Куршской косы. Наиболее вероятным источником поступления Cr в донные осадки следует считать породы палеогена и неогена Самбийского полуострова. Далее Cr вдольбереговым течением переносится вдоль Куршской косы. Предположение о свалках грунта в районе северного побережья Самбийского полуострова, как источника поступления хрома, маловероятно. Загрязнение Cu донных осадков фиксируется локально по всей площади работ. Степень загрязнения осадков соответствует II и III классам (небольшое и существенное). Ореол загрязнения Cu, хотя и менее интенсивный, протягивается на восток вдоль Самбийского полуострова и Куршской

косы. Слабое загрязнение Cu, относящееся ко II классу, уверенно фиксируется в устье Немана. Кроме того значительное количество точек, где зафиксированы концентрации Cu, соответствующее II и III классам загрязнения, спорадически расположены по всей площади исследований. Все остальные нормируемые элементы относятся к I классу (загрязнение отсутствует).

Рассматривая основные формы нахождения Cr, Cu и Ni в донных осадках следует отметить, что водорастворимые формы характерны лишь для Cu (до 3% от валового объема). Ni не имеет водорастворимых форм нахождения. Cr также практически не имеет водорастворимых форм (в единичном случае отмечен 1% содержания водорастворимой формы). Слабокислотная

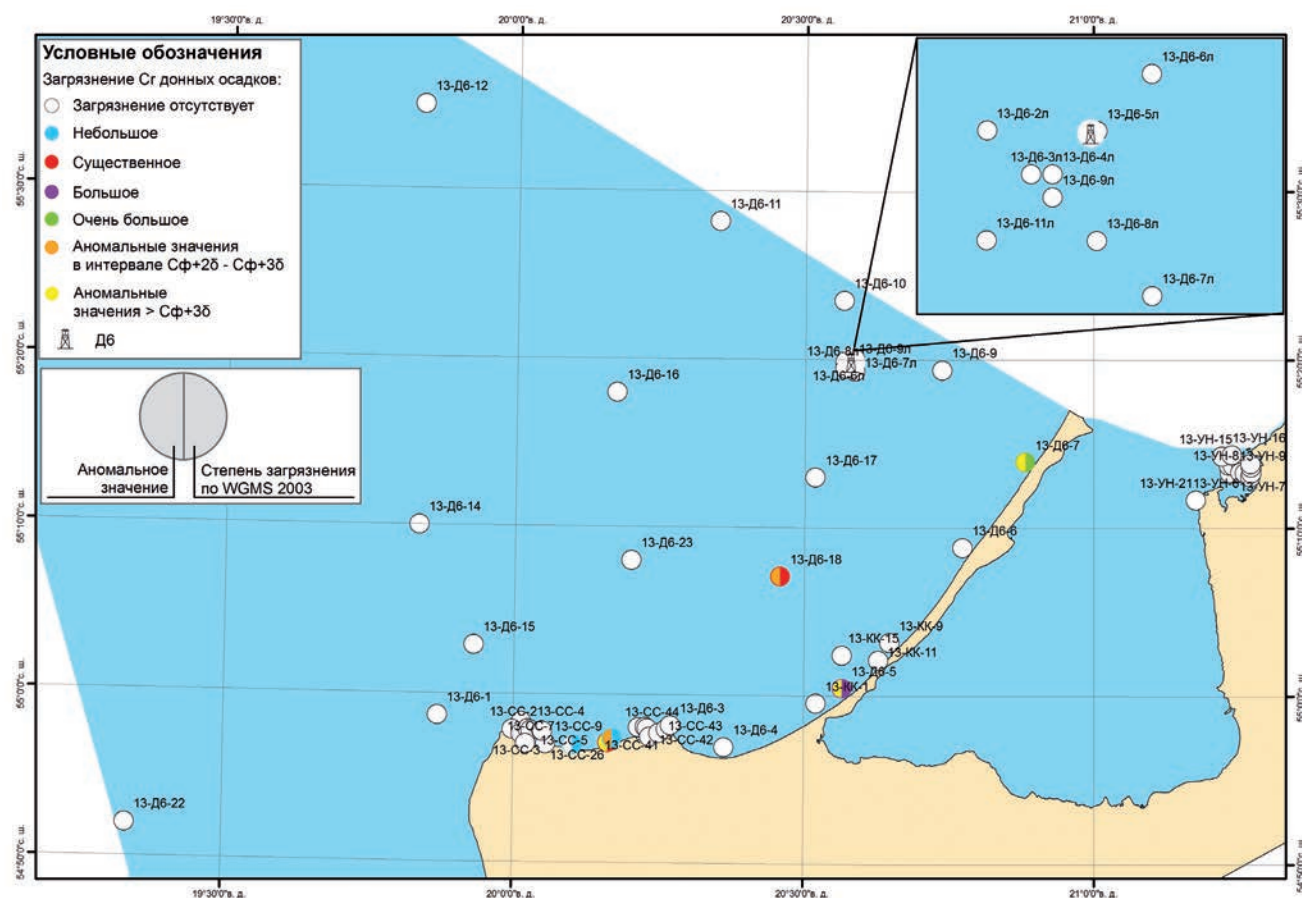


Рис. 140. Схема площадного распределения концентраций Cr в донных осадках по классам загрязнения.

вытяжка, разрушающая карбонаты, гидроксиды и некоторые другие соединения извлекает (7–29)% Cu, (5–6)% Cr и (12–26)% Ni. Наибольшее количество этих химических элементов (Cr 94–95%, Ni 74–88%, Cu 69–93%) находится в труднорастворимой форме, то есть вероятнее всего входит в состав природных минералов. Таким образом, можно предположить, что только для Cu вклад наложенной (техногенной) составляющей играет существенную роль (не более 31%, включая карбонаты и гидроксиды Fe и Mn). Содержание Cr и Ni и в значительной степени Cu вероятно обусловлено главным образом исходным минеральным составом донных осадков. Примеры распределения основных форм нахождения Cu, Ni, Cr в донных

осадках Калининградского шельфа приведены на рис. 142.

По данным рентгеноструктурного фазового анализа основными минералами песчаной размерности в донных осадках контрольного полигона являются кварц и глауконит, в качестве минералов-примесей зафиксированы троилит FeS, хромит $Fe(AlCr)_2O_4$, ильменит $FeO \cdot TiO_2$ или $FeTiO_3$, диопсид $CaMg(Si_2O_6)$, циркон. Cr непосредственно входит в состав хромита, а вместе с V, Pb и рядом других элементов, в качестве примесей входит в состав ильменита и диопсида. Учитывая гранулометрический и минеральный состав осадков, а также формы нахождения изученных элементов можно предположить, что высокие концентрации Cr, соот-

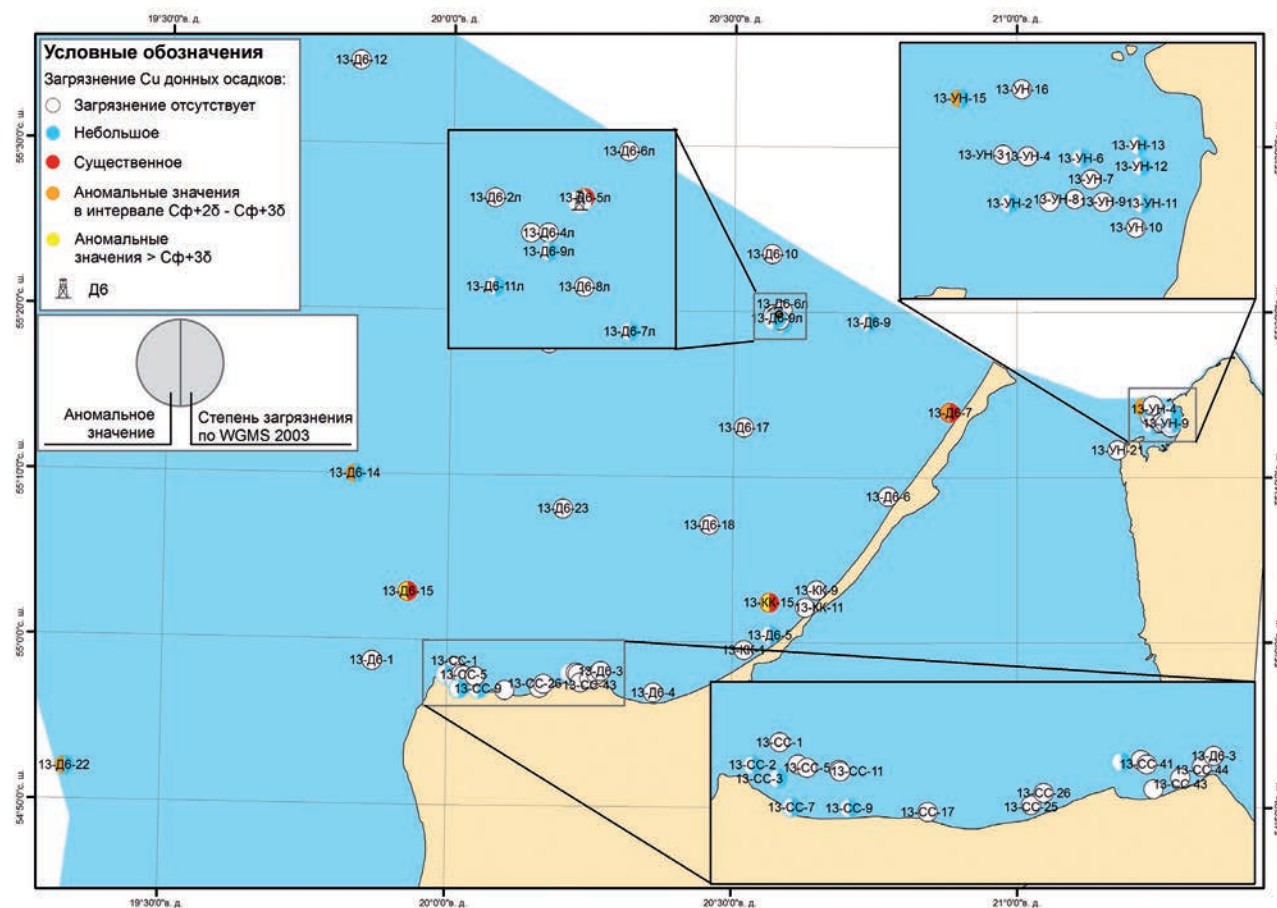


Рис. 141. Схема площадного распределения концентраций Cs в донных осадках по классам загрязнения.

ветствующие в ряде случаев значительной степени загрязнения осадков, обусловлены главным образом минеральным исходным составом донных осадков. Вероятно, хотя и в несколько меньшей степени это относится и к Cs.

Содержание основных природных и техногенных гамма-излучающих радионуклидов в донных осадках Российского сектора юго-восточной Балтики обусловлено главным образом двумя основными факторами. Первое – это гранулометрический и минеральный состав осадков. Второе – следствие выпадения «Чернобыльского следа» и дальнейшего переноса техногенных радионуклидов в центральную часть Балтийского моря с их накоплением в седиментационных бассейнах. В границах

площади полигона наибольший интерес представляет распределение изотопов ^{226}Ra , ^{232}Th и ^{137}Cs . Аномальные активности ^{137}Cs приурочены к алевропелитовым осадкам. В т.н. К-13-22 активность ^{137}Cs в донных осадках составила 68,5 Бк/кг. В донных осадках акватории, прилегающей к Самбийскому полуострову и Куршской косе, отмечены точки с повышенными концентрациями ^{226}Ra и ^{232}Th . Наиболее высокие активности ^{226}Ra и ^{232}Th (111,5 Бк/кг и 128,2 Бк/кг соответственно) зафиксированы на станции К-13-5, расположенной в корневой части Куршской косы. На этой же станции отмечены аномально высокие концентрации редкоземельных элементов, минералы которых, как правило, обогащены U и Th.

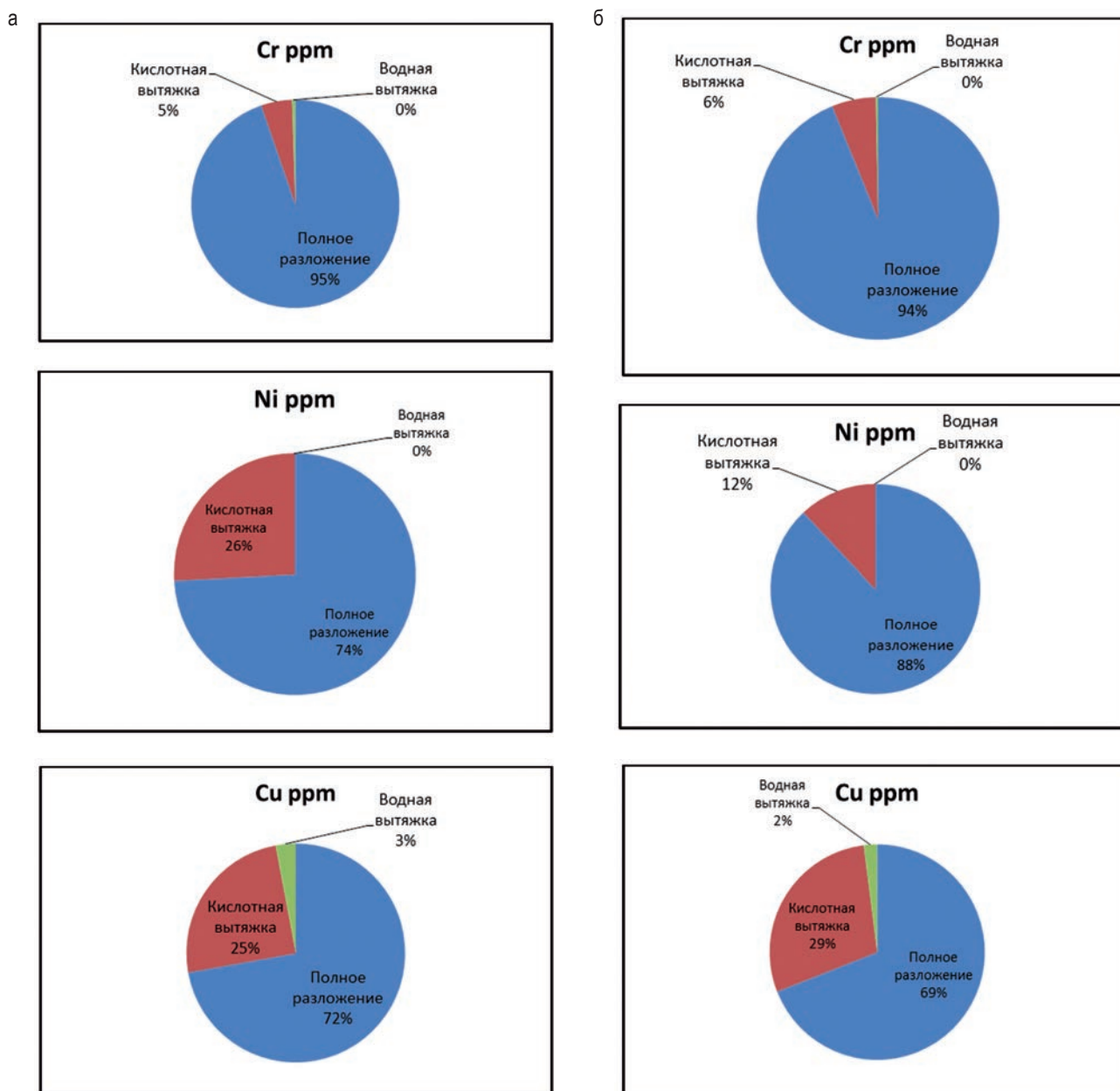


Рис. 142. Формы нахождения Cu, Ni, Cr в донных осадках Калининградского шельфа: а – т.н. 12-Д6-5, б – 12-КК-10.

Данные мониторинга за 2008–2013 гг. (рис. 143) показывают отсутствие явной тенденции в изменении концентрации ^{137}Cs в донных осадках. Максимальные активности ^{137}Cs в донных осадках отмечались в 2008 г. В 2012 году активность ^{137}Cs заметно падает, а в 2013 году вновь фиксируется повышение.

Для ^{232}Th на точках наблюдения с его повышенными содержаниями, как прави-

ло, наблюдается уверенная тенденция к увеличению концентрации в осадке (рис. 144). Для ^{226}Ra в одних случаях концентрация мало изменчива и варьирует в небольших интервалах, в других – фиксируется тенденция к увеличению концентраций (рис. 144). На точках с фоновыми содержаниями этих изотопов явного тренда в изменении концентраций не наблюдается.

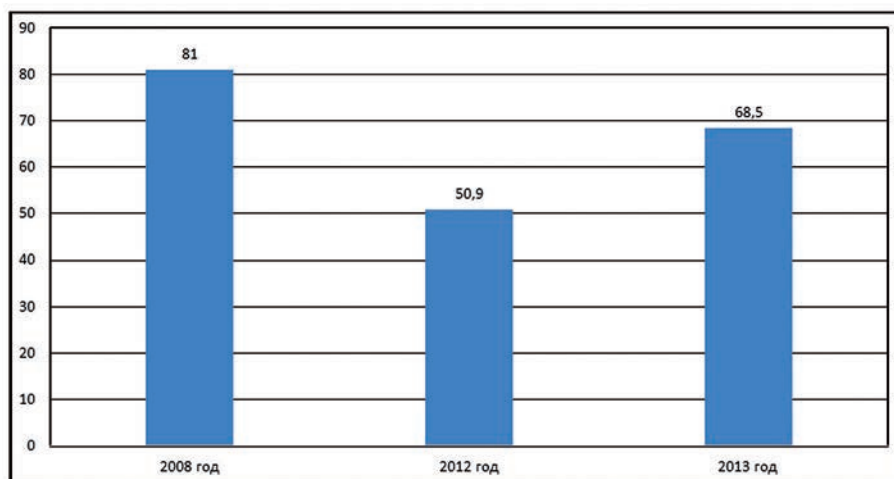


Рис. 143. Изменение активности ^{137}Cs (Бк/кг) в верхнем слое осадков на т.н.Д-6-22 по годам.

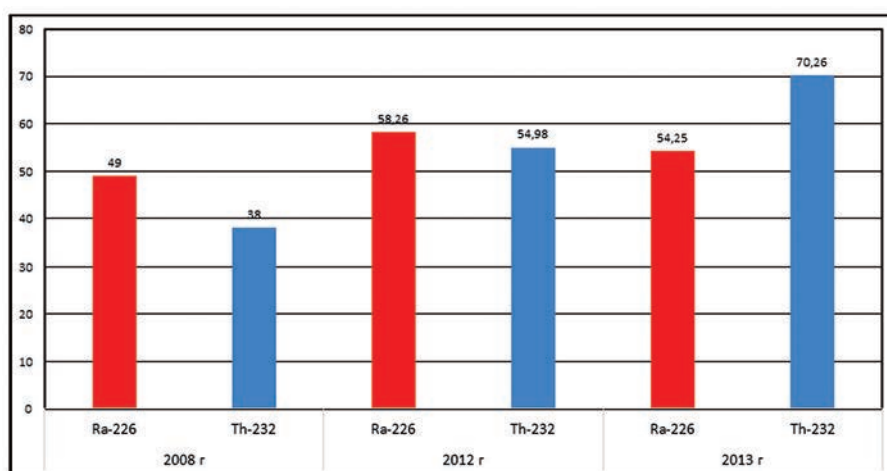


Рис. 144. Изменение активности ^{226}Ra и ^{232}Th (Бк/кг) в верхнем слое осадков на т.н. Д-6-22 по годам.

Для выявления загрязнения придонной морской воды прибрежно-шельфовой зоны были проведены измерения основных гидрохимических показателей (тяжелые металлы, нефтепродукты, фенолы, АПАВ, полихлорированные бифенилы, полиароматические углеводороды).

Содержание **анионных поверхностно-активных веществ (АПАВ)** в придонной воде контрольного полигона в июле 2013 г. изменя-

лось от 0,008 до 0,015 мг/дм³ (табл. 13). Содержание АПАВ в точках, расположенных ближе к берегу в пределах территориальных вод (т.н. 13-Д6-3, 7, 18), было незначительно выше, по сравнению с более глубоководными станциями (т.н. 13-Д6-9, 10, 22). Измеренные концентрации АПАВ были многократно ниже ПДК РФ для рыбохозяйственных водоемов, которая равна 0,100 мг/дм³ (Приказ..., 2010).

Результаты гидрохимических анализов придонных проб воды в июле 2013 г.

№ т.н.	Дата	Горизонт, м	АПАВ, мг/дм ³	Нефтепродукты, мг/дм ³	Фенолы, мг/дм ³
13-Д6-3	10.07.2013	12	0,015	0,010	0,0008
13-Д6-7	10.07.2013	10	0,012	0,011	0,0006
13-Д6-9	10.07.2013	26	0,008	0,017	0,0004
13-Д6-10	11.07.2013	37	0,010	0,012	0,0005
13-Д6-11	11.07.2013	47	0,013	0,011	0,0005
13-Д6-18	10.07.2013	30	0,012	0,009	0,0005
13-Д6-22	17.07.2013	110	0,008	0,012	0,0006

Содержание *нефтепродуктов* в придонной воде в пределах контрольного полигона в июле 2013 г. изменялось от 0,009 до 0,017 мг/дм³ (табл. 13) и соответствовало уровню, отмеченному в 2012 г. Выраженной пространственной изменчивости концентрации нефтепродуктов не отмечено. Измеренные концентрации нефтепродуктов были многократно ниже ПДК РФ для рыбохозяйственных водоемов, которая равна 0,050 мг/дм³ (Приказ..., 2010).

Содержание *фенолов* в придонной воде полигона в июле 2013 г. изменялось от 0,0004 до 0,0008 мг/дм³ (табл. 13). Содержание фенолов на прибрежных точках (13-Д6-3, 13-Д6-7) было незначительно выше (0,0006–0,0008 мг/дм³), по сравнению с более глубоководными точками (13-Д6-9, 13-Д6-10, 13-Д6-11), расположенными севернее (0,0004–0,0005 мг/дм³). Измеренные концентрации фенолов были ниже ПДК РФ для рыбохозяйственных водоемов, которая равна 0,0010 мг/дм³.

Суммарное содержание 15 индивидуальных *полиароматических углеводородов (ПАУ)* в придонной воде в июле 2013 г. изменялось от 14,0 до 78,4 нг/дм³ (табл. 14). Нафталин, аценафтилен, флуорен, антрацен, пирен вносили основной вклад в суммарное содержание ПАУ. Максимальные концентрации суммарного содержания ПАУ (49,8–78,4 нг/дм³) наблюдались в придонном слое прибрежных точек (13-Д6-3, 13-Д6-7) и расположенной недалеко от берега

станции 13-Д6-18 (табл. 14). Минимальное содержание ПАУ (14,0 нг/дм³) отмечено на самой глубоководной станции 13-Д6-22, расположенной в Гданьской впадине (на глубине 110 м). По сравнению с 2012 г. в 3 точках (13-Д6-7, 13-Д6-11, 13-Д6-18) зафиксировано почти 3-х кратное увеличение концентрации ПАУ, тогда как еще на 2 точках (13-Д6-9 и 13-Д6-10) содержание осталось прежним, что может свидетельствовать о значительной годовой изменчивости.

Среди исследованных 15 индивидуальных ПАУ, бенз(а)пирен является индикатором общего загрязнения ПАУ объектов окружающей среды, и его можно рассматривать как маркерный углеводород вследствие его высокой токсичности и канцерогенности. Его содержание нормируется и согласно установленным предельно-допустимым концентрациям (ПДК) для воды водных объектов, имеющих рыбохозяйственное значение, концентрация бенз(а)пирен не должно превышать 5 нг/дм³. Присутствие бенз(а)пирена в придонной воде достоверно наблюдалось на 5 из 7 точек наблюдения. Его концентрация (0,5–2,7 нг/дм³) была значительно ниже допустимого уровня (табл. 14).

Суммарное содержание 9 основных конгенов *полихлорированных бифенилов (ПХБ)* в придонной морской воде Калининградского шельфа Балтийского моря в июле 2013 г. изменялось в пределах от 5,10 до 24,51 нг/дм³ (табл. 15).

Таблица 14

Содержание индивидуальных полиароматических углеводородов в придонных водах контрольного полигона в июле 2013 г. (нг/дм³)

№ т.н.	13-Д6-3	13-Д6-7	13-Д6-9	13-Д6-10	13-Д6-11	13-Д6-18	13-Д6-22
Горизонт, м	12	10	26	37	47	30	110
1. Нафталин	15,5	10,1	5,2	1,9	<0,2	22,1	<0,2
2. Аценафтилен	10,60	16,3	1,8	3,6	7,0	10,7	5,1
3. Флуорен	14,9	4,2	0,6	1,2	1,3	5,7	1,7
4. Аценафтен	<0,8	2,0	<0,8	<0,8	<0,8	1,2	<0,8
5. Антрацен	9,9	1,9	4,2	11,2	5,9	20,1	3,8
6. Фенантрен	0,6	1,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
7. Пирен	14,9	12,5	8,3	7,7	6,1	8,1	2,2
8. Флуорантен	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	1,1	<0,1
9. Бенз(а)-антрацен	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
10. Хризен	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	6,7	<0,1
11. Бенз(к)-флуорантен	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
12. Бенз(б)-флуорантен	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
13. Бенз(а)пирен	1,1	1,7	<0,1	<0,1	0,5	2,7	1,2
14. Дибенз(а,н)-антрацен	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3
15. Бенз(г,н,и)-перилен	<0,15	<0,15	<0,15	<0,15	<0,15	<0,15	<0,15
Суммарное ПАУ	67,5	49,8	20,1	25,6	20,8	78,4	14,0

Таблица 15

Содержание полихлорированных бифенилов в придонных водах контрольного полигона в июле 2013 г. (нг/дм³)

№ т.н.	13-Д6-3	13-Д6-7	13-Д6-9	13-Д6-10	13-Д6-11	13-Д6-18	13-Д6-22
Горизонт, м	12	10	26	37	47	30	110
№ 28 (2,4,4' – трихлорбифенил)	<1,00	<1,00	<1,00	4,42	2,26	2,28	2,23
№52 (2,2',5,5' – тетрахлорбифенил)	2,85	3,21	1,34	1,32	3,31	2,54	4,26
№ 101 (2,2',4,5,5' – пентахлорбифенил)	<1,00	<1,00	<1,00	2,87	<1,00	<1,00	1,0
№ 105 (2,3,3',4,4' – пентахлорбифенил)	<1,00	<1,00	1,41	<1,0	1,0	1,0	14,17
№ 118 (2,3,3',4,4',5 – пентахлорбифенил)	<1,00	<1,00	<1,00	<1,0	2,2	1,0	<1,00
№ 138 (2,2',3,4,4',5' – гексахлорбифенил)	<1,00	<1,00	<1,00	2,22	<1,00	<1,00	<1,00
№ 153 (2,2',4,4',5,5' – гексахлорбифенил)	1,85	1,62	2,35	3,34	1,2	<1,0	1,42
№ 156 (2,3,3',4,4',5' – гексахлорбифенил)	<1,00	<1,00	<1,00	4,83	<1,00	<1,00	<1,00
№ 180 (2,2',3,4,4',5,5' – гептахлорбифенил)	1,65	1,22	<1,0	2,11	<1,00	2,71	1,43
Сумма ПХБ	6,35	6,05	5,10	21,11	9,97	9,53	24,51

Фоновым уровнем может считаться содержание суммарных ПХБ до 10 нг/дм³ (Circular..., 2000). На 2 точках (13-Д6-11, 13-Д6-18) концентрация ПХБ в придонной воде соответствовала верхней границе фонового уровня, а на 2 (13-Д6-10 и 13-Д6-22) отмечено более чем двукратное превышение фонового уровня. Все высокие концентрации были зафиксированы на удаленных от берега точках, а минимальные величины ПХБ (5–6 нг/дм³) отмечены на мелководных прибрежных станциях (13-Д6-3, 13-Д6-7, 13-Д6-9). Максимальное значение ПХБ (24,51 нг/дм³) зафиксировано на самой глубоководной станции 13-Д6-22, расположенной в Гданьской впадине (на глубине 110 м). Столь высокая концентрация была обусловлена, прежде всего, значительным содержанием (14 нг/дм³) полихлорированного бифенила № 105 (2,3,3',4,4' – пентахлорбифенил), который на других станциях практически отсутствовал.

Таким образом, по изученным гидрохимическим показателям (нефтепродукты, фенолы, АПАВ, полихлорированные бифенилы, полиароматические углеводороды) существенного загрязнения и превышения ПДК не выявлено. Измеренные концентрации анионных поверхностно-активных веществ и нефтепродуктов были многократно ниже ПДК РФ для рыбохозяйственных водоемов.

Содержание АПАВ, фенолов на станциях, расположенных ближе к берегу, было незначи-

тельно выше, по сравнению с более глубоководными станциями. Максимальные концентрации ПАУ также наблюдались на прибрежных станциях, а на самой глубоководной станции в Гданьской впадине их концентрация была в 4–5 раз ниже. Максимальные концентрации ПХБ, наоборот, были зафиксированы на глубоководных станциях, в частности в Гданьской впадине их концентрация была в 4 раза выше, чем на прибрежных станциях.

Результаты определения тяжелых металлов в воде приведены в табл. 16. Во всех измеренных пробах концентрации определяемых микрокомпонентов в воде имеют значение ниже ПДК для морских водоемов, используемых для рыбохозяйственных целей (Нормативы..., 1996). Исключение представляют точки 13-Д6-3, 13-Д6-7, 13-Д6-18. На станции 13-Д6-18 в два раза превышен ПДК по Cr (5 мкг/дм³ для Cr³⁺), в семь раз по Pb, а также превышены ПДК по Cu, Zn. На станции 13-Д6-3 почти в 8 раз превышен ПДК по Cr, и превышен ПДК по Zn. На станции 13-Д6-7 в 3 раза превышен ПДК по Cr. Необходимо отметить, что все станции с превышающими ПДК концентрациями микроэлементов расположены вблизи побережья.

Сопоставляя результаты опробования 2013 года с результатами опробования 2012 года (табл. 17) можно констатировать следующее. В целом по всем станциям отмечается

Таблица 16

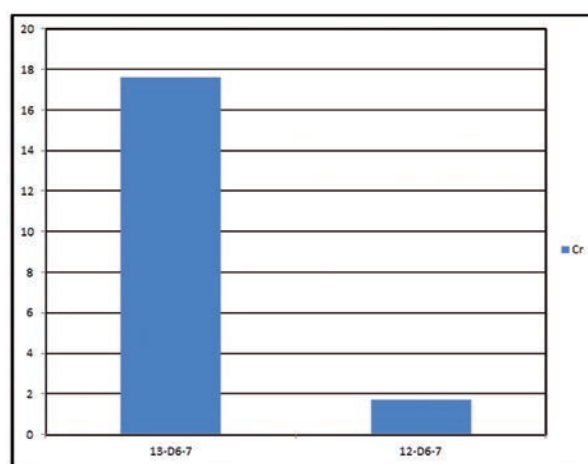
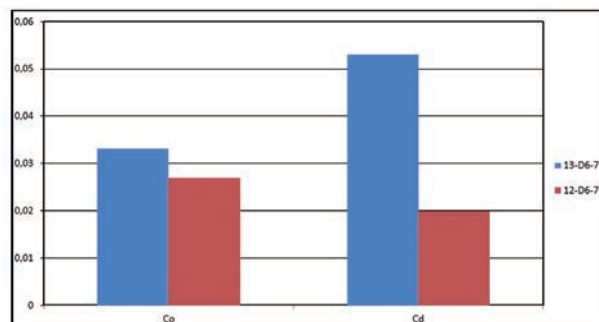
Концентрации тяжелых металлов в придонных водах (мкг/дм³)

№ т.н.	Cr	Co	Ni	Cu	Zn	As	Cd	Pb	U	Hg
13-Д6-3	38,1	0,13	1,18	1,55	54,8	0,82	0,32	8,76	0,52	<0.000
13-Д6-7	17,6	0,033	1,48	<1	3,13	0,65	0,053	0,55	0,34	<0.000
13-Д6-9	0,62	0,17	1,03	1,9	27,4	0,85	0,047	0,58	0,55	<0.000
13-Д6-10	0,73	0,12	0,8	1,7	24,3	1	0,058	3	0,48	<0.000
13-Д6-11	3,54	0,044	1,09	2,86	19	0,9	0,052	3,93	0,55	<0.000
13-Д6-18	11,4	0,095	1,37	5,67	51,3	1,12	0,17	71,8	0,52	<0.000
13-Д6-22	0,69	0,087	1,89	<1	12,5	0,86	0,054	0,23	0,58	<0.000

Таблица 17

Сопоставление соотношения концентраций микрокомпонентов в придонных водах в 2012 и 2013 годах в мкг/дм³

Н т.н.	Cr	Co	Ni	Cu	Zn	As	Cd	Pb
2013 г.								
13-D6-7	17,6	0,033	1,48	<1	3,13	0,65	0,053	0,55
13-D6-9	0,62	0,17	1,03	1,9	27,4	0,85	0,047	0,58
13-D6-10	0,73	0,12	0,8	1,7	24,3	1	0,058	3
13-D6-11	3,54	0,044	1,09	2,86	19	0,9	0,052	3,93
13-D6-18	11,4	0,095	1,37	5,67	51,3	1,12	0,17	71,8
2012 г.								
12-D6-7	1,71	0,027	1,54	2,06	5,93	0,76	0,02	0,89
12-D6-9	1,9	0,026	1,38	2,45	5,15	0,74	0,026	0,43
12-D6-10	2,86	0,041	1,53	3,93	17,2	0,78	0,03	0,78
12-D6-11	2,97	0,035	1,91	8,03	30,5	0,82	0,038	1,55
12-D6-18	2,28	0,05	1,66	62,4	22,3	0,79	0,03	0,91

Рис. 145. Примеры изменения концентрации Cr, Co, Cd (мкг/дм³) в 2012–2013 гг.

некоторое превышение концентраций по Cd, As, Co по отношению к 2012 г. (рис. 145). Концентрации Ni в целом не изменились и варьируют в пределах ошибки анализа. По Pb обращает на себя внимание резкое в 70 раз повышение концентрации на станции 13-D6-18 и пятикратное повышение концентрации на станции 13-D6-10 в 2013 г. По Cr зафиксировано многократное повышение концентрации

в 2013 году на станциях 13-D6-7 и 13-D6-18. Концентрации Cu в целом по всем станциям ниже, чем в 2012 году. Особенно выделяется станция D6-18, где в 2012 году зафиксирована ураганная концентрация меди (62,4 мкг/дм³) в 11 раз превышающая концентрацию Cu в 2013 году. Общая тенденция в изменение концентрации Zn по годам по нашим данным отсутствует.

ВЫВОДЫ И РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ЭТАПУ ГОСУДАРСТВЕННОГО МОНИТОРИНГА СОСТОЯНИЯ НЕДР ПРИБРЕЖНО-ШЕЛЬФОВОЙ ЗОНЫ БАРЕНЦЕВА, БЕЛОГО И БАЛТИЙСКОГО МОРЕЙ ЗА 2013 ГОД

Исследования, выполненные в ходе очередного этапа мониторинга состояния недр (геологической среды) прибрежно-шельфовой зоны Балтийского, Белого и Баренцева морей показали, что на ряде ключевых участков повторно наблюдаются или впервые выявлены проявления экзогенной и техногенной геодинамики, имеющие высокий класс опасности, вплоть до возникновения аварийных ситуаций. Среди этих факторов преобладают процессы волнового воздействия (абразия, размыв, заносимость), гравитационные процессы, эоловая дефляция и аккумуляция, а также произвольные берегозащитные мероприятия, образование новых береговых территорий (отсыпка, намыв), часто проводящиеся без достаточного научного обоснования, дноуглубительные работы, противозаконное освоение водоохраных зон и берегозащитных полос, дампинг и свалки, нарушение береговых ландшафтов в транспортных, селитебных, сырьевых, рекреационных и прочих целях.

Важным выводом по результатам годового этапа мониторинга является подтверждение тезиса о первостепенной роли и значении береговой зоны при оценке состояния геологической среды на наиболее ценных площадях земельного и водного фонда любых приморских регионов.

Следует отметить, что до настоящего времени отсутствует утвержденная нормативно-методическая база, регламентирующая организацию и ведение мониторинга состояния недр (геологической среды) прибрежно-шельфовой

(в первую очередь береговой) зоны морей. Отсутствие законодательства о береговой зоне препятствует органам федерального и регионального управления оперативно реагировать на выявленные опасные тенденции и минимизировать прогнозируемый ущерб. 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 и тем более береговой. 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.

Недостаточность правового обеспечения, отсутствие государственной стратегии развития береговых зон, системности, преемственности и непрерывности в реализации стратегии берегозащиты не позволяет, в частности, региональным властным структурам Санкт-Петербурга

реализовать подготовленную и давно назревшую программу по берегозащите. В Калининградской области проблемы освоения береговой зона стали одним из приоритетных направлений региональной политики Администрации, создан Научно-экспертный Совет по берегозащите, усилиями которого была разработана концепция и Региональная программа по берегозащите. В 2013 г. начата реализация программы, но ее успешному выполнению мешает отсутствие финансовой поддержки и нерешенность правовых вопросов на Федеральном уровне. При этом, как показывают результаты мониторинга, ситуация в береговых зонах Российской Балтики с каждым годом усугубляется, приближаясь на ряде аварийных участков к критической.

Основные рекомендации проведенного этапа мониторинга заключаются в том, что:

– необходимо разработать унифицированные практические рекомендации для его организации и проведения;

– целесообразно сконцентрировать работы по мониторингу на участках современного или ближайшего перспективного освоения береговых зон, в том числе зон Западной Арктики;

– необходимо создать долговременную программу развития работ в системе мониторинга состояния геологической среды прибрежно-шельфовых (береговых) зон Северо-Западных, Западно-Арктических, южных и дальневосточных морей России на период 2015–2030 гг.

ОСНОВНЫЕ ВЫВОДЫ ПО РАБОТАМ НА КОНТРОЛЬНОМ ПОЛИГОНЕ «КОЛЬСКИЙ ЗАЛИВ» (БАРЕНЦЕВО МОРЕ)

1. Уточнено геохимическое районирование акватории Кольского залива. Установлено, что региональная геохимическая зональность в современных донных осадках определяется составом геологических образований береговой зоны, а также локальными источниками поступления некоторых химических элементов. О техногенной их природе свидетельствует приуроченность наиболее загрязненных геохимических районов (районы № 2 и № 3) к акваториям

Рыбного, Пассажирского и Грузового портов Мурманска и приустьевой части реки Лавны. Предполагается, что загрязнение донных осадков Cd и Hg в бухтах Оленья и Сайда связано с деятельностью ВМФ.

2. Сохраняется повышенный уровень химического загрязнения придонных вод и современных донных осадков Кольского залива. Наиболее высокий уровень загрязнения донных осадков установлен для Co – «явный». По остальным химическим элементам донные осадки характеризуются в основном умеренным уровнем загрязнения, кроме Zn и Cd, содержание которых в основном фоновое. Осадки с умеренным уровнем загрязнения этими элементами приурочены к губе Ваенга. Концентрации, превышающие ПДК, установлены в придонных водах для Pb, Cu и Cr. На многих участках акватории залива наблюдается чрезвычайно высокий уровень загрязнения поверхности воды нефтепродуктами. В то же время в придонных водах залива их концентрация не превышает ПДК в воде водных объектов, используемых для рыбохозяйственных целей (0,05 мг/дм³).

3. Изучение форм нахождения химических элементов в современных донных осадках позволяет предполагать высокую вероятность вторичного загрязнения акватории при изменении физико-химических условий процессов осадко-накопления.

4. Гидрофизическое зондирование подтвердило, что водная толща имеет зональное строение, которое определяется изменением по глубине температуры, минерализации, щелочно-кислотных особенностей и концентрации растворенного кислорода в воде. В то же время, данные зондирования свидетельствуют о преимущественно окислительных условиях в пределах всей водной толщи.

5. Площадная и точечная экзогенная, в том числе, потенциальная опасная, геодинамика имеет распространение на отдельных участках дна акватории и береговой зоны Кольского залива. Прежде всего, это процессы гравитационного перемещения блоков и массы рыхлых отложений в виде оползней, осыпей

и осовов, а также обвалов скальных пород. Зональность и интенсивность проявления этих процессов устойчиво коррелируется с крутизной исходных поверхностей, начиная от первых угловых градусов и площадями развития рыхлых отложений, а также режимом грунтовых вод, мерзлотными процессами и растительным покровом. Важную деструктивную роль играет постоянное смачивание, а также промерзание в приливно-отливной зоне.

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. Связать площадь ключевых участков мониторинга с площадями, существующего или перспективного освоения.

4. Провести специальное крупномасштабное районирование береговой зоны Кольского залива в связи с техногенным воздействием на нее.

5. 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.

6. Учитывать стабильность преобладающих геодинамических процессов (активизация сейсмических явлений, гравитационные перемещения пород и отложений, абразионно-аккумулятивная активность), но при этом обратить внимание на их слабо предсказуемый пульсационный характер, зачастую с длительными перерывами.

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

ОСНОВНЫЕ ВЫВОДЫ ПО РАБОТАМ НА КОНТРОЛЬНОМ ПОЛИГОНЕ «ДВИНСКОЙ ЗАЛИВ» (БЕЛОЕ МОРЕ)

1. Значительного загрязнения донных осадков тяжелыми металлами и радионуклидами не установлено. Основная часть площади контрольного полигона представляет собой зону транзита осадочного вещества. Следует оценивать эколого-геохимическую и эколого-радио-геохимическую ситуацию в донных осадках района исследований, как относительно благоприятную.

2. Основными участками локального обогащения донных осадков поллютантами являются районы, прилегающие к зонам дампинга у о-ва Мудьюгский и в устье р. Маймаксы. Выделяются площади локального обогащения донных осадков поллютантами в районе Северодвинска и в районе устья Мурманского рукава р. Северная Двины.

3. Техногенное воздействие частично контролирует распределение таких элементов, как Cu, As, Hg.

4. Установлена общая тенденция к уменьшению во времени удельной активности радиоцезия в донных осадках.

5. Северная береговая зона о-ва Мудьюгский выделена как ключевой участок с проявлением исключительно активной экзогенной геодинамики, прежде всего, через разнообразие форм динамической аккумуляции в субаквальной части береговой зоны, которая в этом случае демонстрирует постоянную трансформацию современного донного осадочного покрова и специфическую морфо-литодинамику прибрежного морского дна.

6. Важную роль в системе мониторинга играет ключевой участок авандельты реки Северная Двина, где наблюдаются краткосрочные изменения донного рельефа и локальных седиментационных обстановок, что требует постоянного слежения в целях навигации, экологии, промыслов и любых гидротехнических мероприятий.

7. Главной особенностью процессов, контролирующих состояние геологической среды в дельте реки Северной Двины, является весьма специфический «маятниковый» режим процессов осадко-рельефообразования по причине приливно-отливной деятельности с преобладанием движения в сторону Двинского залива.

8. Выделенные грабеноподобные структуры голоценового возраста могут представлять потенциальную геологическую опасность (возникновение сплывов и оползней в зонах развития слабых грунтов на крутых склонах) при проведении гидротехнических работ в области их развития. Площадь развития этих структур по категории сложности инженерно-геологических условий на шельфе (СП 11-114-2004) можно отнести к категории III (сложная).

Рекомендации

Несмотря на относительно благоприятную эколого-геологическую ситуацию в пределах акватории восточной части Двинского залива, наличие ряда эндогенных (неотектонические процессы, развитие грабеноподобных структур) и экзогенных (размыв берегов и перетолжение осадочного материала) процессов указывают на необходимость продолжения работ по мониторингу акватории. Не менее важной причиной для продолжения работ является наличие в пределах береговой зоны Североморского судостроительного комплекса, являющимся потенциальным источником загрязнения акватории, и планируемая реализация проекта «Белкомур», предусматривающего, в частности, строительство нового глубоководного морского порта. Кроме того, в устье реки Северная Двина расположен крупный город и порт Архангельск с развитой лесной, целлюлоз-

но-бумажной и судостроительной промышленностью. Все вышеизложенное свидетельствует в пользу продолжения мониторинговых работ в акватории восточной части Двинского залива, периодичность повторяемости которых может быть увеличена до 2 лет.

ОСНОВНЫЕ ВЫВОДЫ ПО РАБОТАМ НА КОНТРОЛЬНОМ ПОЛИГОНЕ «КАНДАЛАКШСКИЙ ЗАЛИВ» (БЕЛОЕ МОРЕ)

1. Загрязнение поверхностных осадков и придонных вод на ключевом участке «Великая Салма» минимально. Концентрации нефтепродуктов в придонных водах и донных осадках крайне малы, все стойкие органические загрязнители в отобранных пробах показали значения ниже порогов обнаружения, распределение тяжелых металлов в донных осадках определяется природными факторами и в основном контролируются литологическим составом осадков.

2. Фиксируется приуроченность высоких концентраций микроэлементов в придонной воде, в том числе Си к зонам пересечения разломов, вероятно, частично активизированных и в настоящее время.

3. На ключевом участке «Великая Салма» установлено наличие многочисленных крупных оползневых тел, которые формируют рельеф осевой части залива, вплоть до формирования линзообразных залежей современных нефеловидных осадков на поверхности уже опустившихся оползневых тел. Формирование оползней происходило, вероятно, в течение всего голоцена, но обнаруженные современные сейсмодислокации свидетельствуют о возможности современных геодинамических движений. Установленные подводные крупные оползни, свидетельствуют об активных гравитационных процессах, которые могут представлять геологическую опасность при прокладке различных видов подводных коммуникаций.

4. Береговые наблюдения подтвердили вывод об относительной устойчивости берегов.

5. В целом, оценка состояния геологической среды ключевого участка «Великая Салма», в отличие от кутовой части Кандалакшского залива, может считаться «устойчиво хорошей».

Рекомендации

Относительно благоприятная эколого-геологическая ситуация в пределах ключевых участков полигона «Кандалакшский залив» и низкая техногенная нагрузка на геологическую среду позволяет рекомендовать перейти от ежегодных наблюдений в системе ГМСН на цикл повторения через два года.

ОСНОВНЫЕ ВЫВОДЫ ПО РАБОТАМ НА КОНТРОЛЬНОМ ПОЛИГОНЕ «ВОСТОЧНАЯ ЧАСТЬ ФИНСКОГО ЗАЛИВА» (БАЛТИЙСКОЕ МОРЕ)

1. В Курортном районе Санкт-Петербурга отмечается увеличение рекреационной нагрузки на берега, связанное с интенсивным строительством различных сооружений и других объектов инфраструктуры в водоохранной зоне, а также в непосредственной близости от берегозащитной полосы, что сопровождается произвольными мероприятиями по берегозащите. После относительно стабильного весенне-летнего периода 2013 г., осенне-зимние штормы привели к резкой активизации абразионных процессов, что вызвало размыв авандюн, отступление абразионных уступов, потерю участков прибрежных территорий и нанесло ущерб береговой инфраструктуре.

2. В южной береговой зоне Финского залива (от форта Красная Горка до восточной окраины пос. Лебяжье) в 2013 г. наблюдалось продолжение активизации опасных экзогенных процессов. По результатам мониторинга выявлены аварийные участки, на которых требуется незамедлительная реализация комплексной программы берегозащиты. Наибольшей интенсивности процессы размыва достигли в результате осенних и зимних штормов 2013 г. Критическая ситуация сложилась в пос.Красная Горка и в

районе 57 км шоссе Санкт-Петербург – Ручьи, где абразионные и склоновые процессы угрожают жилой застройке и сохранности Федеральной автомобильной дороге. Необходимо срочное выполнение берегозащитных мероприятий. Соответствующая программа была в 2013 г. подготовлена Невско-Ладожским БВУ, однако реализация ее была отложена на неопределенный срок из-за отсутствия финансирования.

3. На ключевом участке «Копорский залив» на морском дне выявлено более 200 покмарков различных возрастных генераций. Размеры структур варьируют от 5–7 до 10–15 м. Запись НСП фиксирует многочисленные линейные зоны нарушений, которые могут быть интерпретированы как участки выхода подземных вод (или газов) на поверхность дна. Присутствие метана в значимых количествах (30–40 мкл/см³) зафиксировано в подстилающих современные осадки глинах Балтийского ледникового озера, где образование метана в результате микробиологических процессов невозможно вследствие отсутствия в них органического вещества, т.е. вероятен подток метана из коренных пород. В пробах придонных вод и поверхностных осадков отмечается ряд значимых геохимических и гидрохимических аномалий, позволяющих предположить, что образование покмарков может происходить за счет разгрузки вод вендского водоносного комплекса по системе малоамплитудных разломов и зон трещиноватости.

4. На ключевом участке «Выборгский залив» на площадях экспериментальной добычи железомарганцевых конкреций (ЖМК) в 2006–2008 гг. установлены аномально высокие скорости алевропелитового осадконакопления (1–1.5 см/год). Геохимическая структура перекрытых осадками ЖМК, отобранных в пределах выработок, нарушена, вероятно, в результате селективного выноса элементов при растворении этих ЖМК. Таким образом, ЖМК, оставшиеся после отработки месторождения, в результате изменения условий седиментации, превратились во вторичный источник загрязнения донных отложений. Можно прогнозировать

их дальнейшее растворение и последующее конкрециообразование по периферии зон современной алевропелитовой аккумуляции после того, как борозды, оставленные земснарядом, будут заполнены осадками, и произойдет восстановление седиментационного равновесия, существовавшего до добычи ЖМК.

5. Исследования карьеров по добыче песка на подводной террасе у мысов Флотский – Песчаный зафиксировали в техногенных впадинах аномально высокую скорость накопления алевро-пелитовых илов (не менее 1.2 см/год), а также резкую периодическую смену окислительно-восстановительных условий на границе дно – вода. Изменение абиотических компонентов подводных ландшафтов с возникновением локальных техногенных седиментационных ловушек в бывших карьерах по добыче песка и резкой сменой характера осадконакопления, очевидно, должно оказывать существенное воздействие на донные биоценозы. Расположенные в пределах прибрежных мелководий локальные седиментационные бассейны с высокими скоростями аккумуляции илов могут рассматриваться как потенциально активные аккумуляторы загрязняющих веществ. Одним из результатов, полученных при исследовании колонок донных отложений ключевого участка, является установление повышенных содержаний ^{137}Cs , совпадающих по времени с периодом интенсивных гидротехнических работ в Невской губе при реализации проекта «Морской фасад». Перенос большого количества взвеси фиксировался материалами дистанционного зондирования и прямыми измерениями концентрации взвеси в воде; процесс вторичного загрязнения донных отложений прогнозировался, однако экспериментальное подтверждение этому для данного района получено впервые.

6. На ключевом участке «Кургальский риф» установлены гравитационные перемещения донных осадков (подводные оползни), потенциально опасные при прокладке подводных коммуникаций. У подножья склона рифа располагаются обширные бескислородные зоны. Мониторинг распространения бескислородных зон

имеет большое значение с точки зрения оценки экологического состояния Финского залива.

7. На ключевом участке «Невская губа» продолжается перестройка литодинамических процессов, обусловленная прекращением активной фазы работ по проекту «Морской фасад», завершением строительства КЗС и превращением губы в техногенную лагуну, что приводит к расширению зон заиления берегов, где происходит накопление загрязняющих веществ. В центральной части губы по данным мониторинга 2011–2013 гг. наблюдается постепенное уменьшение содержания тонких фракций и восстановление гранулометрических показателей естественных седиментационных образований губы. В целом по Невской губе к 2013 г. ситуация с загрязнением донных осадков не улучшилась. В последние три года установлено повышение содержания ряда химических элементов в 1.3–1.5 раза. Положение полей загрязненных осадков характеризуется консерватизмом во времени и пространстве. Отмечается уменьшение области загрязнения донных осадков тяжелыми металлами в районе Ломоносовского порта и вдоль северного берега губы. По-прежнему высокий уровень загрязнения осадков отмечен в прибрежной полосе Васильевского острова и о-ва Котлин. Содержания ассоциации элементов (P, Mn, Fe, Ba) в поверхностных водах некоторых водотоков превышают ПДК в несколько раз. На северном берегу в 2013 г. в ручьях отмечено увеличение концентрации P, Mn, Fe. Некоторое уменьшение содержания загрязняющих компонентов отмечается в стоках южного берега Невской губы, в реке Стрелка и в ручьях Петергофского парка. В сентябре 2013 г., ручьи были очищены от иловых донных осадков.

8. По результатам регионального литогеохимического мониторинга в центральной части российских территориальных вод Финского залива в 2013 году в донных осадках, преимущественно Шепелевского плеса, были зафиксированы повышенные содержания Zn, Cu и Ni, превышающие ориентировочно допустимый уровень содержаний (ОДК₀). Относительно вы-

сокие содержания нефтепродуктов в донных осадках установлены в районе, примыкающем к Курортному району Санкт-Петербурга, а также в пробах, отобранных вдоль основного судоходного пути. В целом за последние годы наметилась тенденция по снижению средних содержания нефтепродуктов в донных осадках. Хотя на некоторых станциях пробоотбора по-прежнему отмечаются аномально высокие значения активности ^{137}Cs (700 Бк/кг), сравнение средних значений, начиная с 2005 года, указывает на постепенное снижение активности в целом.

Рекомендации

Активность проявления экзогенных геологических процессов в береговой зоне восточной части Финского залива, наряду с постоянно фиксируемыми локальными зонами загрязнения донных и береговых осадков, 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. 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 весенне-зимние циклы.

Для минимизации экономических, социальных и экологических потерь, связанных с отступанием береговой линии и разрушением прибрежной инфраструктуры в пределах аварийных участков, необходима реализация программы по берегозащите восточной части Финского залива, подготовленной Комитетом по природопользованию, охране окружающей среды и обеспечению экологической безопасности Администрации Санкт-Петербурга и разработка соответствующей программы для Ленинградской области.

Необходима организация системы контроля за строительством объектов рекреационной инфраструктуры и осуществлением стихийных берегозащитных сооружений.

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. Высокая интенсивность абразионных и обвальнo-осыпных процессов в сочетании с концентрацией в непосредственной близости от береговой линии рекреационной инфраструктуры обуславливает повышенную степень геологической опасности в береговой зоне Самбийского п-ва и в основании Куршской косы.

2. На западном побережье Самбийского п-ва зафиксировано, что стихийные разработки по добыче янтаря оказывают локальное, но существенное влияние на лито- и морфодинамические процессы, что привело к резкому отступанию береговой линии (до 26 м/год).

3. Подтверждены многочисленные локальные устойчивые аномалии концентраций Sr в донных осадках, соответствующие степени загрязнения от II класса (умеренное) до V класса (очень большое). Наиболее вероятным источником поступления Sr в донные осадки являются коренные породы палеогена. В единичных случаях зафиксировано загрязнение донных осадков Cu . В придонных водах из элементов группы тяжелых металлов существенные концентрации, превышающие ПДК, отмечены только для Cu .

4. Значимого загрязнения нефтепродуктами придонных вод и донных осадков работами 2013 г. не установлено.

5. Повышенные концентрации загрязняющих веществ группы фенолов, АПАВ, ПАУ, ПХБ в придонных водах приурочены к наиболее глубоководным точкам наблюдения. Концентрации АПАВ, ПАУ, ПХБ в придонных водах ниже ПДК для водных объектов, имеющих рыбохозяйственное значение.

Рекомендации

Рекомендации по этому контрольному полигону, с учетом сохраняющегося положения с состоянием берегов, в целом, аналогичны разработанным в 2012 г. (Информационный бюллетень ..., 2013).

Крайне 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. 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.

Для минимизации экономических и социальных потерь, связанных с активизацией опасных экзогенных процессов в береговой зоне, обусловленных климатическими изменениями, дефицитом наносов и развитием прибрежной инфраструктуры, необходима финансовая и правовая поддержка на федеральном уровне Программы комплексного развития берегозащиты в Калининградской области на период 2013–2020 годы, подготовленной Министерством строительства Калининградской области, ГКУ Калининградской области «Балтберегозащита», научно-экспертным советом по вопросам защиты побережья Балтийского моря, Куршского и

Вислинского заливов в пределах Калининградской области, предусматривающей:

- обеспечение достаточного объема финансирования для капитального ремонта и реконструкции существующих берегозащитных сооружений и их безопасной эксплуатации на аварийных участках берега, угрожающих возникновением чрезвычайной ситуации, что вытекает из требований Федерального закона «О безопасности гидротехнических сооружений» от 21 июля 1997 г. N 117-ФЗ;

- разработку в максимально короткие сроки (1 год) современного природного обоснования берегозащиты; мониторинг береговой зоны должен обеспечить постоянное уточнение и корректировку природного обоснования;

- разработку новой генеральной схемы берегозащитных и противооползневых сооружений и соответствующих проектных решений на основе современного природного обоснования;

- корректировка проектных решений строительства и эксплуатации берегозащитных сооружений в соответствии с новой генеральной схемой берегозащитных и противооползневых сооружений и обеспечение необходимого финансирования;

- усовершенствование нормативно-правовой базы по регулированию деятельности в береговой зоне Калининградской области и по трансграничному сотрудничеству в прибрежной зоне Юго-Восточной Балтики в целях эффективной берегозащиты.

Программа должна обеспечить согласование существующих федеральных, областных, а также ведомственных и международных программ и проектов, связанных с берегозащитой Калининградской области, на базе принципов устойчивого развития окружающей среды и комплексного управления прибрежной зоной моря (КУПЗ). Одной из важнейших предпосылок успешной реализации указанной Программы является корректировка ее выполнения с учетом пополняемой региональной базы данных о состоянии береговой зоны, в том числе, получаемых по результатам Государственного мониторинга геологической среды.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Ассиновская Б. А.* Механизмы очагов землетрясений северо-восточной части Балтийского щита // Изв. АН СССР. Физика Земли, 1986, № 1. – С. 101–105.
2. *Грейсер Е. Л., Иванова Н. Г.* Пресные подземные воды: состояние и перспективы водоснабжения населенных пунктов и промышленных объектов // Разведка и охрана недр, 2005, № 5. – С. 36–48.
3. Информационный бюллетень о состоянии геологической среды прибрежно-шельфовых зон Баренцева, Белого и Балтийского морей в 2011 г. – СПб.: КФ ВСЕГЕИ, 2012. – 80 с.
4. Информационный бюллетень о состоянии геологической среды прибрежно-шельфовых зон Баренцева, Белого и Балтийского морей в 2012 г. – СПб.: КФ ВСЕГЕИ, 2013. – 112 с.
5. Нормативы и критерии оценки загрязнения донных отложений в водных объектах Санкт-Петербурга. Региональный норматив. Разработан ОАО «Ленморниипроект» СПб.; 1996.
6. *Прасолов Э. М.* Изотопная геохимия и происхождение природных газов. – Л.: Недра, ЛО, 1990. – 280 с.
7. 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.
8. СанПиН 2.1.4.559-96. Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения. Контроль качества. – М.: Госкомсанэпиднадзор России, 1996.
9. Сборник санитарно-гигиенических нормативов и методов контроля вредных веществ в объектах окружающей природной среды. – М.: Искусство, 1991. – 370 с.
10. СП 11-114-2004. Инженерные изыскания на континентальном шельфе для строительства морских нефтегазопромысловых сооружений. – М.: ФГУП «ПНИИИС» Госстроя России, 2004.
11. *Хёфс И.* Геохимия стабильных изотопов. – М.: Мир, 1983. – 197 с.
12. *Шахвердов В. А.* Некоторые принципы обработки геохимических данных с целью выделения зон аномального нарушения геохимического фона // Геология и эволюционная география / Ред. Е. М. Нестеров. – СПб: Изд-во «Эпиграф», 2008. – С. 11–14.
13. *Шахвердов В. А.* Тяжелые металлы (Cr, Ni, Co, Pb, Hg и др.) как индикаторы антропогенного загрязнения донных осадков в Невской губе // Проблемы экологической минералогии и геохимии: Тез. докл. Годичной сессии Минералогического общества РАН. – СПб., 1997.
14. 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.
15. *Kotilainen A., Vallius H., Ryabchuk D.* Seafloor anoxia and modern laminated sediments in coastal basins of the Gulf of Finland, Baltic Sea // Geological Survey of Finland, Special Paper, 2007. V. 45. – P. 47–60.
16. *MacLaren P., Bowles D.* The effects of sediment transport on grain-size distributions // Journal of Sedimentary Petrology, 1985, v. 55, № 4. – P. 0457–0470.
17. *Molvær J., Knutzen J., Magnusson J., Rygg B., Skei J., Surensen J.* Klassifisering av miljøkvalitet i fjorder og kystfarvann. SFT Veiledning 97:03. Statens Forurensningstilsyn, TA–1467/1997, Oslo. – 36 p.
18. *Raghoebarsing A.A., Pol A., van de Pas-Schoonen K.T., Smolders A.J.P., Ettwig K.F., Rijpstra W.I.C., Schouten S., Damstü J.S.S., Op den Camp H.J.M., Jetten M.S.M., Strous M.* A microbial consortium couples anaerobic methane oxidation to denitrification // Nature. 2006. V. 440. P. 918–921.
19. WGMS 2003. Report of the Working Group on Marine Sediments in Relation to Pollution. ICES CM 2003 / E:04.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение	3
Контрольный полигон «Кольский залив» (Баренцево море) ..	5
Контрольный полигон «Двинской залив» (Белое море)	23
Контрольный полигон «Кандалакшский залив» (Белое море) .	37
Контрольный полигон «Восточная часть Финского залива» (Балтийское море)	44
Контрольный полигон «Российский сектор юго-восточной части Балтийского моря» (Калининградский шельф)	96
Выводы и рекомендации по этапу Государственного мониторинга состояния недр прибрежно-шельфовой зоны Баренцева, Белого и Балтийского морей за 2013 год	126
Список литературы	134



ИНФОРМАЦИОННЫЙ БЮЛЛЕТЕНЬ
о состоянии геологической среды прибрежно-шельфовых зон
Баренцева, Белого и Балтийского морей в 2013 г.

Подписано в печать 7.07.2014. Формат 60×90/8.

Гарнитура Times New Roman.

Печать офсетная. Печ. л. 17,0. Уч.-изд. л. 15.

Тираж 120 экз. Заказ 80000424.

Картографическая фабрика ВСЕГЕИ
199178, Санкт-Петербург, Средний пр., 72
Тел. 321-8121, факс 321-8153