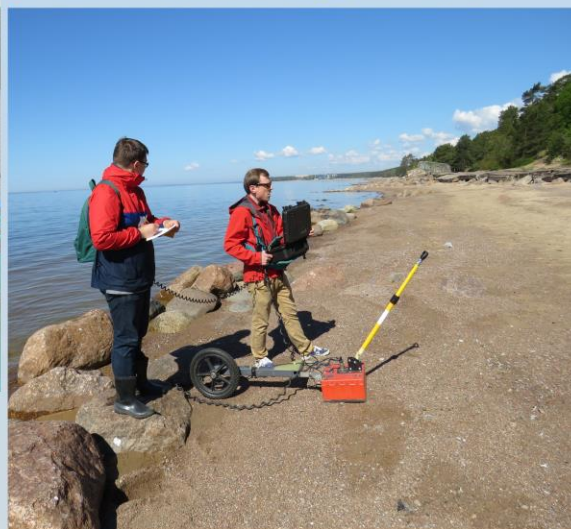


ИНФОРМАЦИОННЫЙ БЮЛЛЕТЕНЬ

о состоянии геологической среды прибрежно-шельфовой зоны Баренцева, Белого и Балтийского морей в 2017 году



МИНИСТЕРСТВО ПРИРОДНЫХ РЕСУРСОВ И ЭКОЛОГИИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО НЕДРОПОЛЬЗОВАНИЮ

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

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

ИНФОРМАЦИОННЫЙ БЮЛЛЕТЕНЬ

О СОСТОЯНИИ ГЕОЛОГИЧЕСКОЙ СРЕДЫ ПРИБРЕЖНО-ШЕЛЬФОВЫХ ЗОН
БАРЕНЦЕВА, БЕЛОГО И БАЛТИЙСКОГО МОРЕЙ В 2017 ГОДУ

САНКТ-ПЕТЕРБУРГ
2018

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 2017 г. – СПб.: Картографическая фабрика ВСЕГЕИ, 2018. –116 с.

В 2017 г. завершен очередной этап работ в подсистеме Государственного мониторинга состояния недр (геологической среды) прибрежно-шельфовой зоны Баренцева, Белого и Балтийского морей. Наблюдательная сеть мониторинга основывалась на проведении комплексных исследований на 11 площадных пунктах наблюдения, охватывающих Териберскую губу Баренцева моря, Кандалакшский залив Белого моря, а также восточную часть Финского залива и Российский сектор юго-восточной части Балтийского моря. При работах применялся традиционный спектр геолого-геофизических методов работ на акватории и прибрежной суше. Были установлены основные тенденции развития потенциально опасных экзогенных геологических процессов за истекший годовой период.

Авторы - составители

*В.А. Жамойда, Д.В. Рябчук, А.Ю. Сергеев, А.Г. Григорьев, О.А. Ковалева, Л.М. Буданов,
И.А. Неевин, О.В. Дронь, А.В. Евдокименко, Ю.П. Кропачев,
Е.Н. Нестерова, В.И. Хориков (ФГБУ «ВСЕГЕИ»), А.Р. Данченков (АО ИО РАН)*

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

ISBN 978-5-00193-254-3

© Федеральное агентство по недропользованию, 2018

© Коллектив авторов, 2018

© Картографическая фабрика ВСЕГЕИ, 2018

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение	4
Район работ Баренцево море.....	5
Пункт наблюдений «губа Териберская».....	6
Район работ Кандалакшский залив Белого моря	9
Пункт наблюдений «г. Кандалакша – береговая зона»	10
Район работ «Восточная часть Финского залива» (Балтийское море).....	23
Пункт наблюдений «Северная береговая зона в пределах Курортного района».....	27
Пункт наблюдений «Южная береговая зона в районе пос. Большая Ижора»	40
Пункт наблюдений «Копорский залив».....	56
Пункт наблюдений «Район острова Гогланд»	58
Район работ «Российский сектор юго-восточной части Балтийского моря (Калининградский шельф)»	70
Пункт наблюдений «Северное побережье Самбийского полуострова»	71
Пункт наблюдений «Западное побережье Самбийского полуострова»	83
Пункт наблюдений «Основание Куршской косы»	96
Заключение.....	110
Основные выводы по работам в пункте наблюдений «Губа Териберская» (Баренцево море)	110
Основные выводы по работам в пункте наблюдений «г. Кандалакша – береговая зона»	110
Основные выводы по работам на участках в районе «Восточная часть Финского залива» (Балтийское море)....	111
Основные выводы по работам в пунктах наблюдений в районе «Российский сектор юго-восточной части Балтийского моря (Калининградский шельф)»	113
Список литературы.....	116

ВВЕДЕНИЕ

Работы по мониторингу состояния недр прибрежно-шельфовых зон северо-западных морей Российской Федерации в 2017 году выполнялись в рамках темы «Ведение наблюдений, сбор качественных и количественных показателей состояния недр прибрежно-шельфовых зон Белого, Баренцева и Балтийского морей» (заказчик работ ФГБУ «Гидроспецгеология»).

Пространственные границы объекта ограничены прибрежно-шельфовой зоной Белого, Баренцева и Балтийского морей (до изобаты 100 м), в пределах номенклатурных листов: R-36,37, Q-36,37, P-35,36, O-35,36, N-34.

Ведение наблюдений за показателями состояния недр, а также плановое и оперативное инженерно-геологическое обследование территорий и инженерно-хозяйственных объектов, подверженных негативному воздействию опасных экзогенных геологических процессов (ЭГП), выполнялось в 11 площадных пунктах наблюдений в прибрежно-шельфовых зонах Белого, Баренцева и Балтийского морей. В Кандалакшском заливе Белого моря работы осуществлялись в пунктах наблюдений: «г. Кандалакша – береговая зона»; «Пролив Великая Салма»; «Кандалакшский залив – глубинный район»; в Баренцевом море в пункте наблюдений – «Губа Териберская»; в Финском заливе Балтийского моря – в четырех пунктах наблюдений: «Северная береговая зона в пределах Курортного района», «Южная береговая зона в районе пос. Большая Ижора», «Копорский залив», «Район о-ва Гогланд» и в Российском секторе юго-восточной части Балтийского моря, примыкающем к Калининградской области, в трех пунктах наблюдения: «Основание Куршской косы»,

«Западное побережье Самбийского полуострова», «Северное побережье Самбийского полуострова». В состав работ входили: гидролокация бокового обзора (ГЛБО); непрерывное сейсмоакустическое профилирование (НСАП); подводное фототелепрофилирование; отбор проб и образцов грунтов для определения физических и физико-механических свойств, определение газового и химического состава, а также морской воды для определения химического состава; георадиолокационное профилирование; инженерно-геологическое обследование территорий и т. д. Геодезическая съемка методом наземного лазерного сканирования для количественного определения объемов перемещения грунтов и горных пород за счет экзогенных геологических процессов на участке активного проявления ЭГП (гравитационно-оползневое и обвальное разрушение береговых уступов) на побережье Самбийского п-ва (Калининградская область) выполнена БФУ им. И. Канта. Аналогичная съемка в береговой зоне восточной части Финского залива (в районе пос. Большая Ижора, Ленинградская область) осуществлена ООО «Альфа-Морион».

Лабораторно-аналитические исследования проводились в Центральной аналитической лаборатории ВСЕГЕИ (определение химического состава грунтов и вод), а также по договорам подряда в Испытательной геотехнической лаборатории ОАО «Трест ГРИИ» (определение физических и физико-механических свойств грунтов); в Химико-спектральной лаборатории ФГБУ «ВНИИОкеангеология» (определение газового состава).

РАЙОН РАБОТ БАРЕНЦЕВО МОРЕ



Пункт наблюдений «Губа Териберская»

Задачей работ в пункте наблюдений «Губа Териберская» в 2017 году было выявление проявлений опасных экзогенных геологических процессов (ЭГП) в пределах прибрежной зоны и оценка их возможного негативного воздействия на инженерно-хозяйственные объекты.

Состав наблюдательной сети

Виды наблюдений

Плановые инженерно-геологические обследования берегов проводились в июле 2017 г. Протяженность маршрутов составила 21 км. Велось описание геологического строения, рельефа и признаков проявления опасных ЭГП, фиксировалось состояние техногенных объектов. Карта фактического материала работ 2017 г.

представлена на рис. 1. Отобрано 10 образцов для изучения гранулометрического состава отложений приурезовой части аккумулятивной формы.

Результаты мониторинга экзогенных геологических процессов

Согласно морфогенетической типизации, берега открытой части губы Териберская относятся к группе берегов, сформированных субаэральными тектоническими процессами и мало измененных морем. На берегах ледниково-тектонического расчленения – мысы представляют собой, как правило, подвергшиеся ледниковой экзарации выходы коренных пород, а в бухтах преобладают скопления крупных окатанных валунов, образовавшиеся при более высоком уровне моря в голоцене.

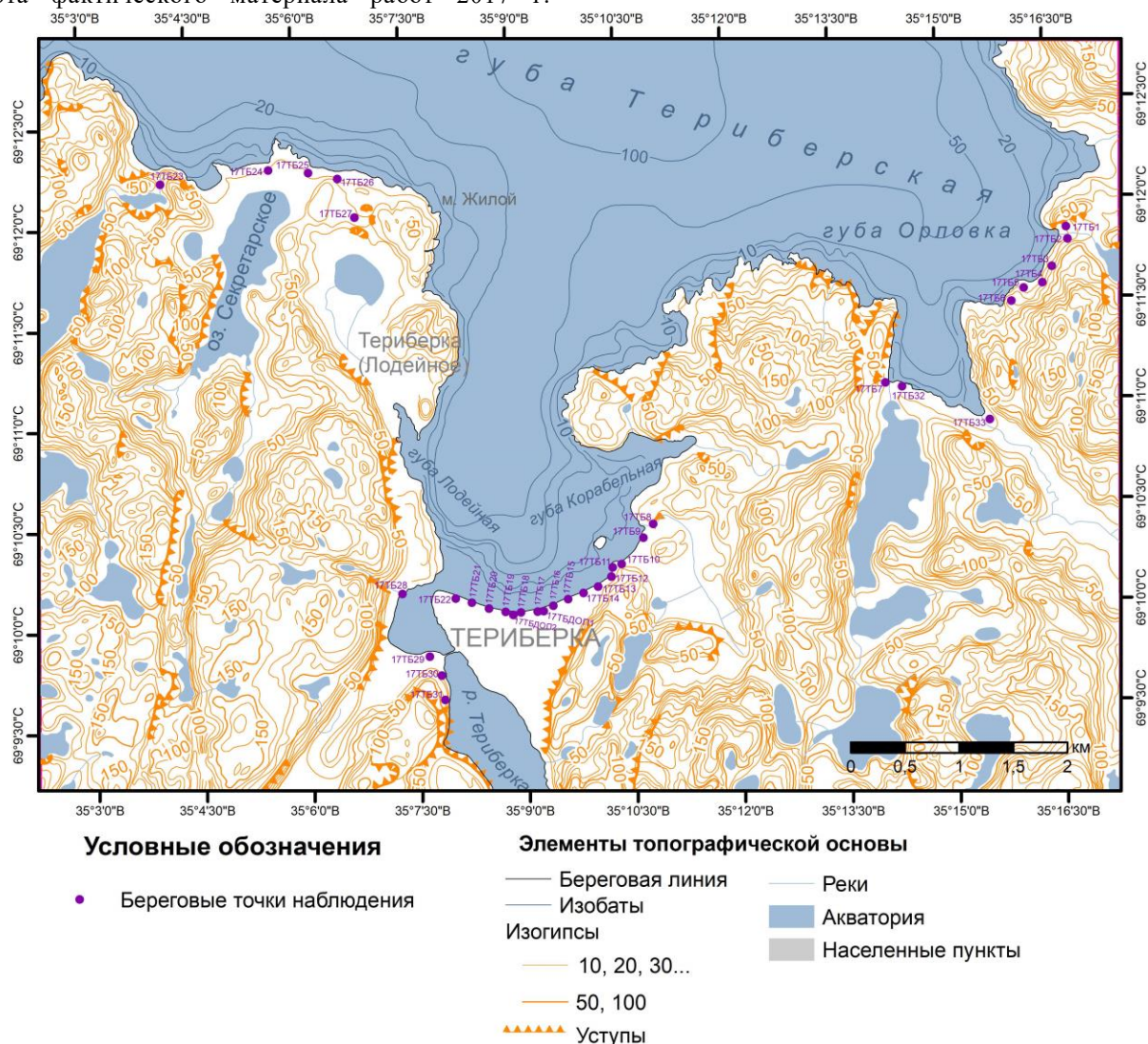


Рисунок 1. Карта фактического материала работ 2017 г. в пункте наблюдений «Губа Териберская» (Баренцево море)

На южном берегу бухты (вблизи устья р. Териберка) формируются аккумулятивные песчаные формы аллювиально-морского происхождения. Гранулометрический состав отложений приузловой части пляжа закономерно изменяется в западном направлении от средне-мелкозернистых до крупнозернистых песков. В том же направлении с уровнем значимости 0,01

установлено перемещение осадочного материала по методу Мак Ларена [Mac Laren, 1985]. Гранулометрические параметры достаточно стабильны во времени (рис. 3).

На этом участке локально развиты оползневые и обвально-осыпные процессы. Работы 2017 года показали достаточную стабильность ситуации в пределах выделенных участков (рис. 4-7).

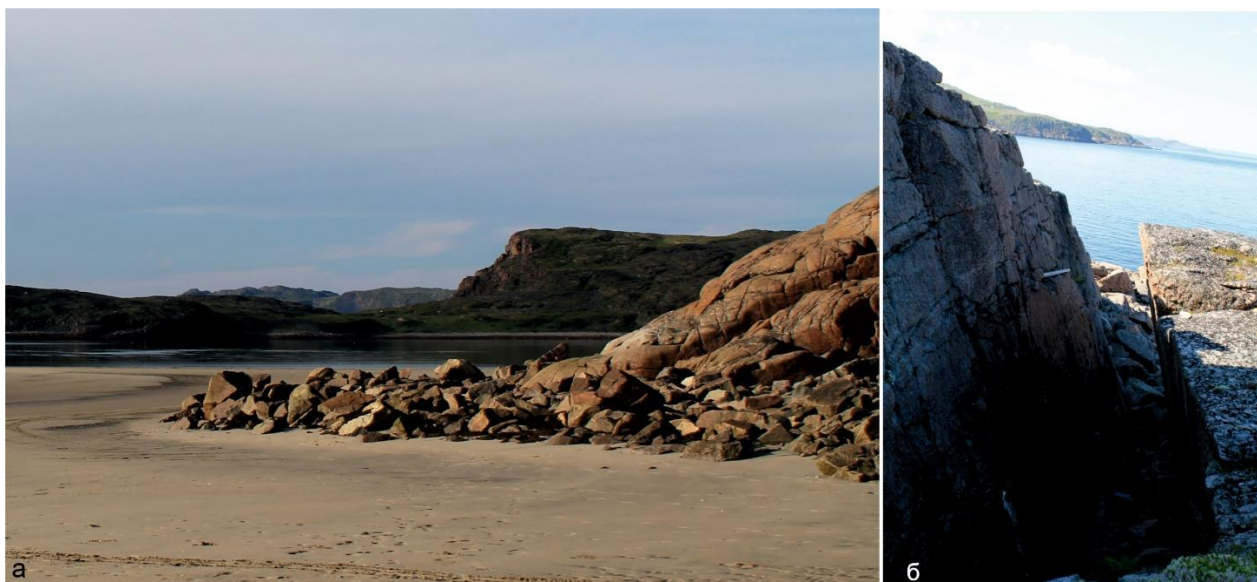


Рисунок 2. Берега открытой части Баренцева моря: а – коллювий у подножия скал, губа Корабельная; б – расщелина в гранитах шириной 0,6–0,8 м (разлом) на берегу Орловской бухты

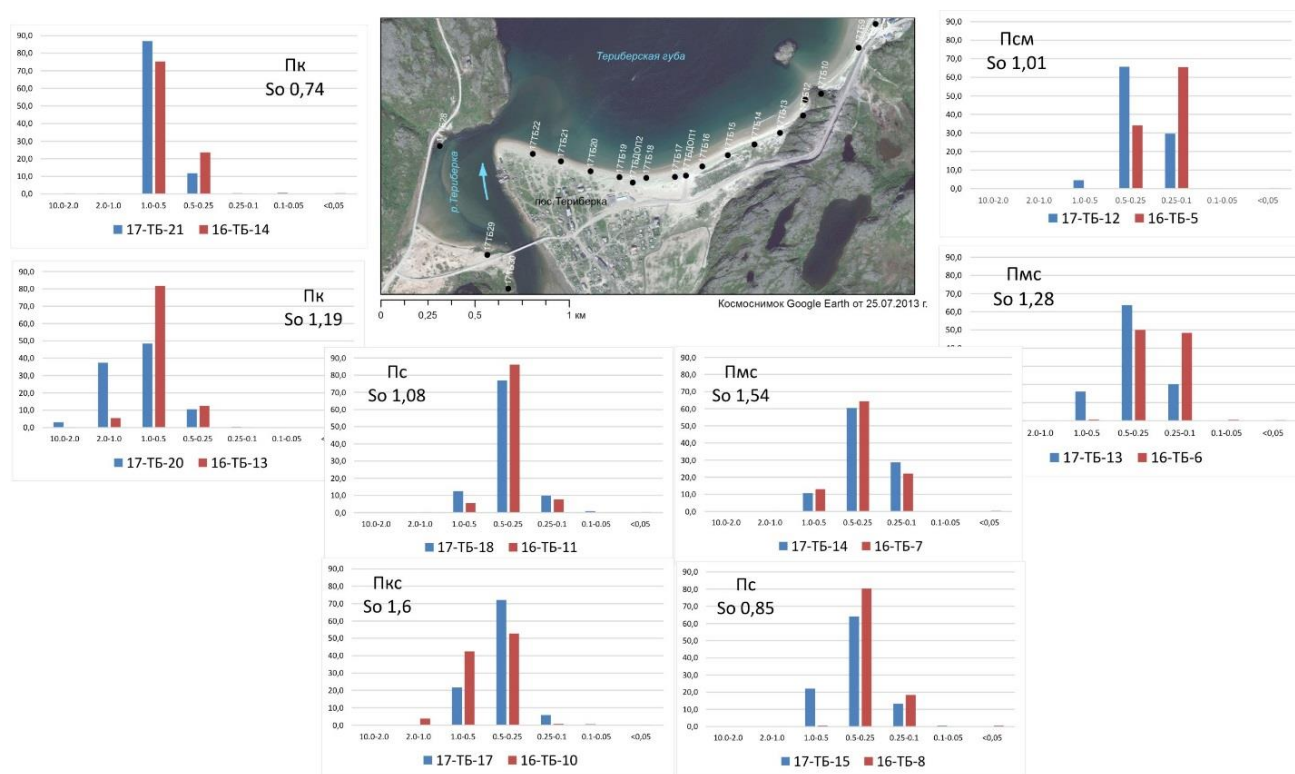


Рисунок 3. Характеристика гранулометрического состава приузловой части пляжа аккумулятивной формы в пос. Териберка



Рисунок 4. Оползневые процессы (2016 и 2017 гг.)



Рисунок 5. Осыпные процессы в устье р. Териберка, левый берег в 2016 (а) и 2017 (б) гг.



Рисунок 6. Обвальные процессы, развитые в зонах интенсивной трещиноватости: а – 16-ТБ-3; б – 17ТБ-10



Рисунок 7. Обвальные процессы, развитые в зонах интенсивной трещиноватости: а – 16-ТБ-29; б – 17-ТБ-23

Выводы по состоянию геологической среды пункта наблюдений «Губа Териберская» в 2017 г.

Мониторинговые наблюдения 2017 года не выявили существенных изменений на участках

проявления опасных ЭГП по сравнению с результатами обследования 2016 года и подтвердили сделанный ранее вывод о том, что комплекс выявленных ЭГП в настоящее время опасности не представляет.

РАЙОН РАБОТ КАНДАЛАКШСКИЙ ЗАЛИВ БЕЛОГО МОРЯ



Пункт наблюдений «Кандалакшский залив – глубинный район»

Основными задачами, решаемыми при проведении исследований в пункте наблюдений «Кандалакшский залив – глубинный район», являлось выявление площадей, на которых возможно проявление опасных ЭГП, в первую очередь, гравитационных перемещений грунтов.

К наиболее актуальным можно отнести решение следующих задач:

- выявление геолого-геоморфологических условий, при которых возможно возникновение подводных оползней;
- выделение участков дна акватории, где потенциально возможно возникновение подводных оползней,
- определение физических и физико-механических свойств донных грунтов в зонах возможной активизации подводных оползневых процессов;
- выявление и картирование современных разрывных нарушений и грабеноподобных структур, с которыми могут быть связаны проявления опасных ЭГП, которые необходимо учитывать при прокладке подводных линий коммуникаций (трубопроводы, кабели).

Состав наблюдательной сети

Виды наблюдений

Работы в пределах пункта наблюдений «Кандалакшский залив – глубинный район» проводились с научно-исследовательского судна (НИС) «Эколог». Работы включали в себя комплекс геофизических и геологических методов исследований. Схема фактического материала проведенных работ представлена на рисунке 6. Выполнено 11 профилей методом НСАП с использованием модернизированного сейсмоакустического комплекса «Geont-Shelf» с увеличенной емкостью накопителя, что позволило повысить мощность зондирующего импульса и заметно увеличило глубинность исследований. Пробоотбор выполнен на 28 станциях. Отобрано 19 монолитов для определения инженерно-геологических свойств (табл.1), 6 проб на гранулометрический анализ, 10 геохимических проб, 6 гидрохимических проб, 7 проб для определения газов (табл. 2, рис. 8). Фототелепробирование осуществлено на шести станциях с использованием телеуправляемого подводного аппарата AC-ROV-100.

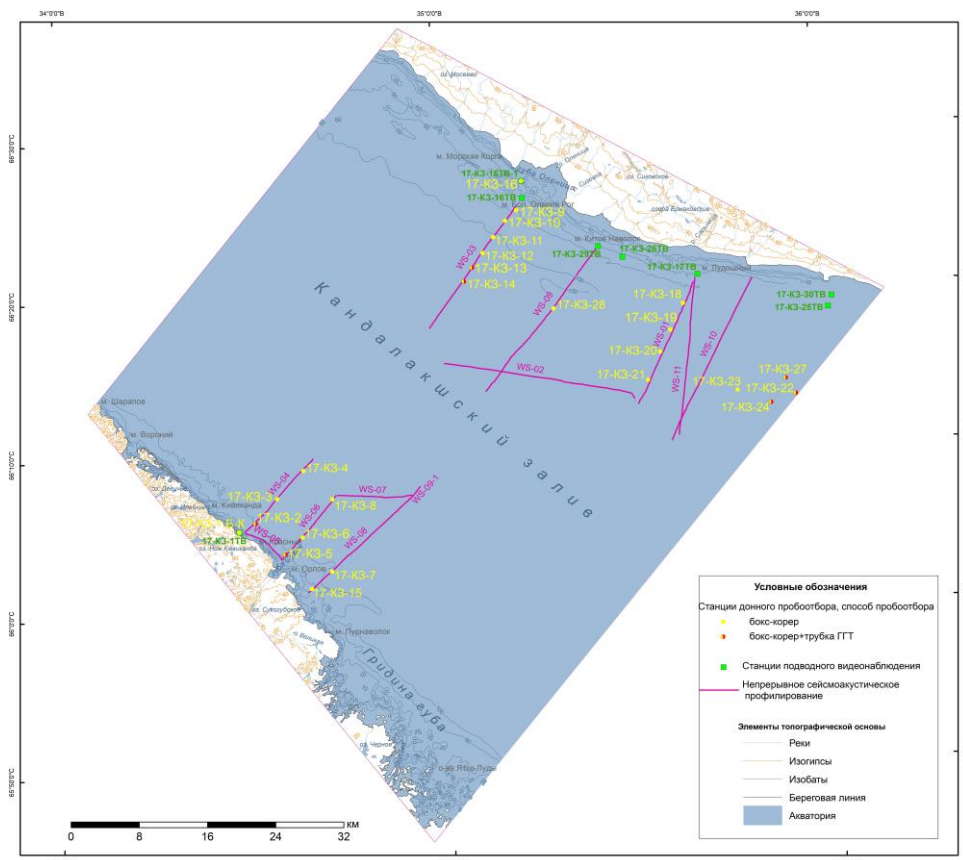


Рисунок 8. Схема фактического материала работ в пункте наблюдений «Губа Терiberская», 2017 г.

Результаты мониторинга экзогенных геологических процессов

На предварительном этапе работ выполнен геолого-геоморфологический анализ, позволивший выявить площади, потенциально подверженные подводным оползневым процессам. Наиболее типичные геологические разрезы, по данным профилирования методом НСАП, представлены на рис. 9–16. При интерпретации профилей определялись углы склонов, истинная и вертикальная мощность отложений (h_1 – голоценовых осадков, h_2 – ледниковых отложений, h_3 – ледниково-морских отложений).

Углы склона на профилях НСАП, исследованных в 2017 г., варьируют от 0° до 10° , достигая на отдельных участках 12° . Отмечены случаи пространственного совпадения сбросовых разрывных нарушений и крутых склонов моренных гряд. Склоны с углами 0° – $2,5^\circ$ составляют 11,6 %, с углами $2,5^\circ$ – 5° – 47,4 %, с углами 5° – $7,5^\circ$ – 23,4 %. Наиболее крутые склоны с углами более $7,5^\circ$ составляют 17,5 %. На рис. 17 показаны моренные гряды и подводные береговые склоны, где возможно проявление подводных гравитационных процессов, а также характеристики отдельных участков склона

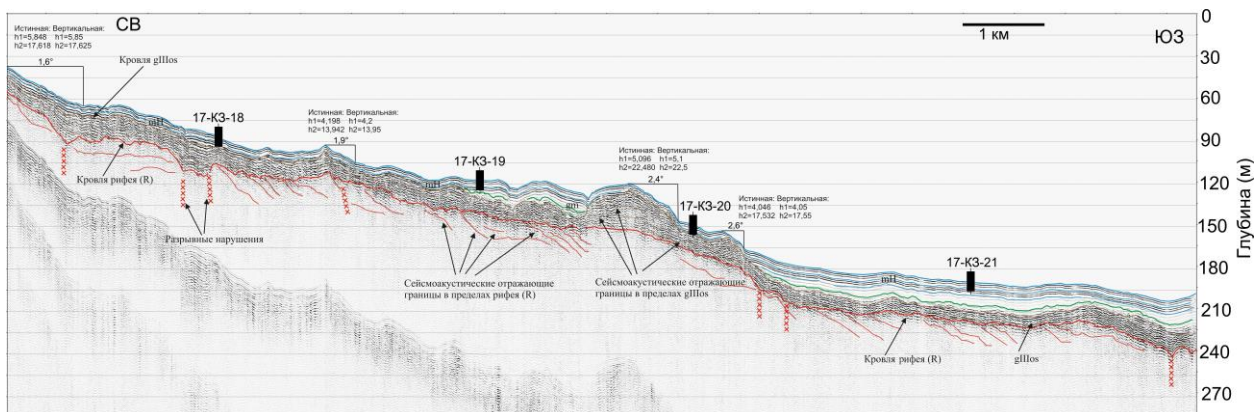


Рисунок 9. Геологический разрез по профилю НСАП WS-01 с нанесенными основными углами склонов, мощностью отложений и станциями опробования. mH – морские голоценовые отложения, gm – ледниково-морские отложения, gIIos – ледниковые отложения (основная морена)

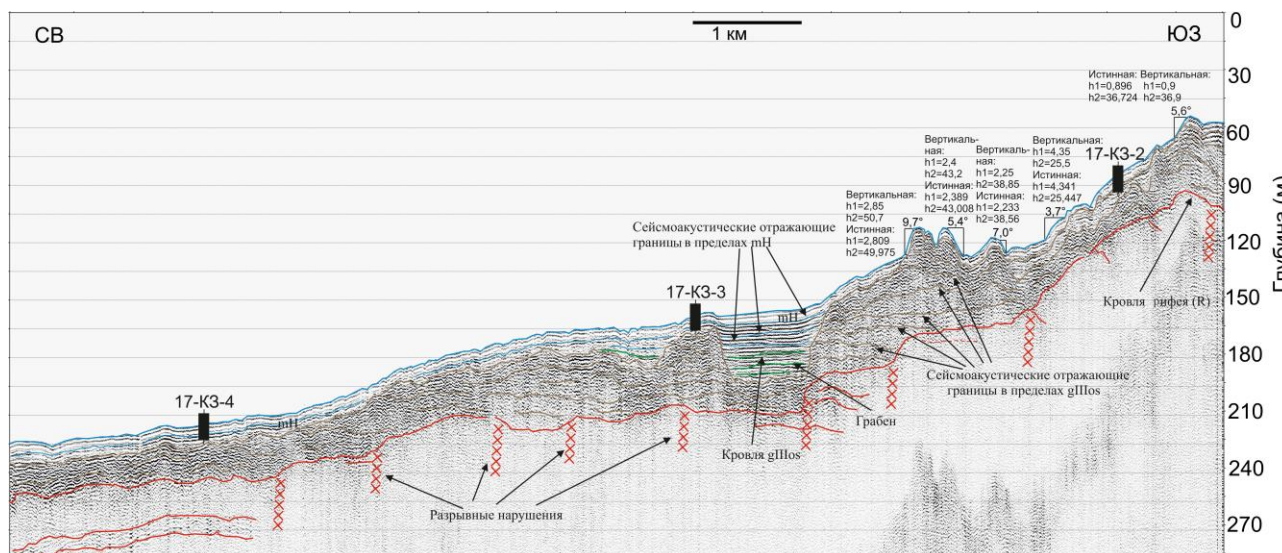


Рисунок 10. Геологический разрез по профилю НСАП WS-04 с нанесенными основными углами склонов, мощностью отложений и станциями опробования. mH – морские голоценовые отложения, gIIos – ледниковые отложения (основная морена)

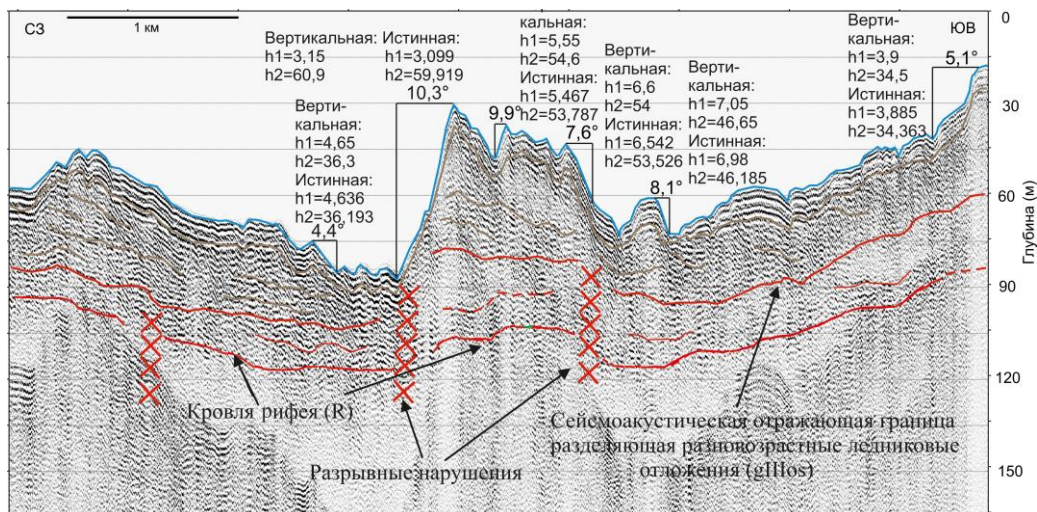


Рисунок 11. Геологический разрез по профилю НСАП WS-05 с нанесенными основными углами склонов, мощностью отложений и станциями опробования

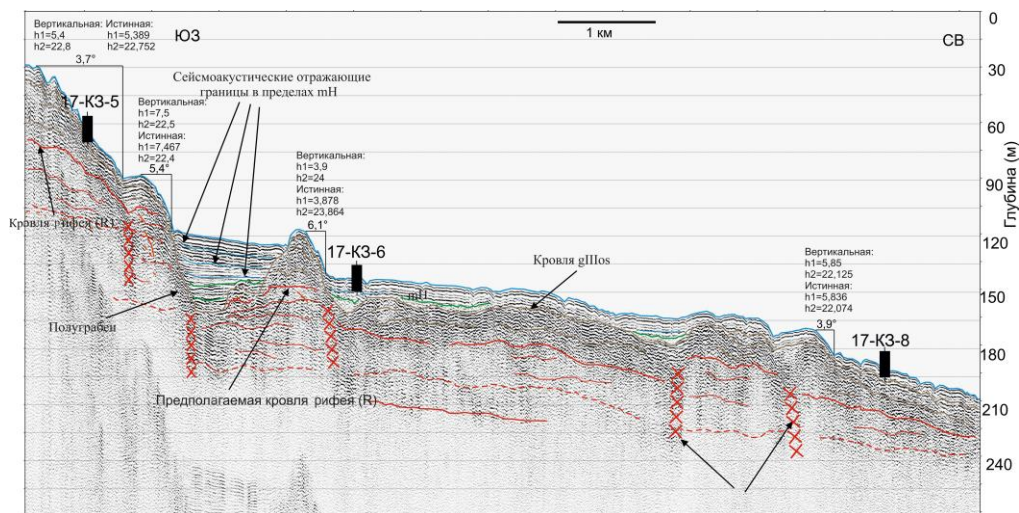


Рисунок 12. Геологический разрез по профилю НСАП WS-06 с нанесенными основными углами склонов мощностью отложений и станциями опробования. mH – морские голоценовые отложения, gHos – ледниковые отложения (основная морена)

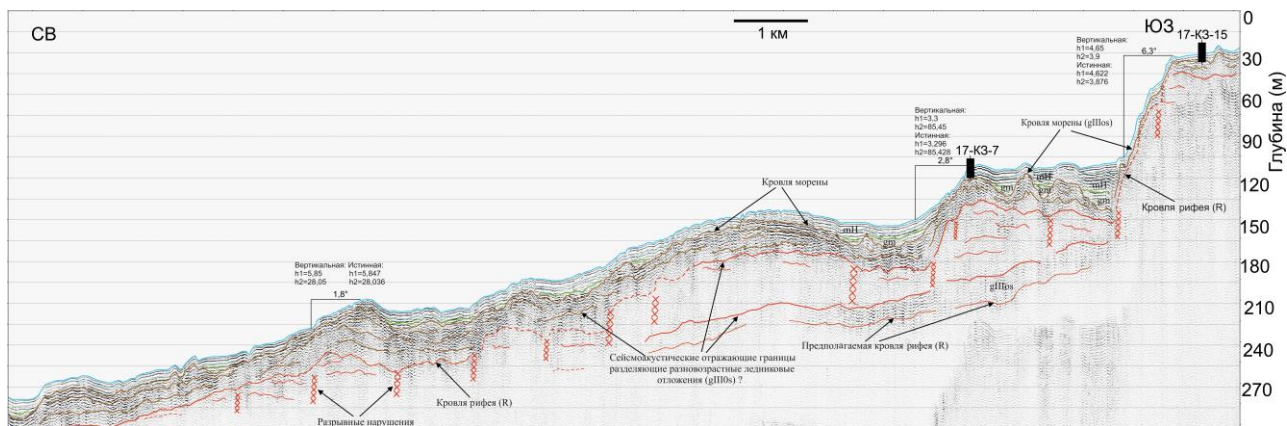


Рисунок 13. Геологический разрез по предполагаемая профилю НСАП WS-08 с нанесенными основными углами склонов, мощностью отложений и станциями опробования. mH – морские голоценовые отложения, gm – ледниково-морские отложения

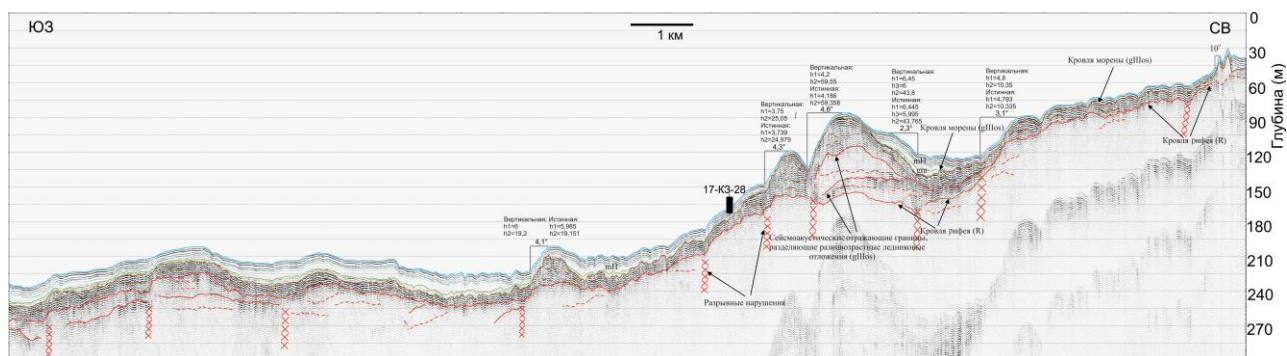


Рисунок 14. Геологический разрез по профилю НСАП WS-09 с нанесенными основными углами склонов, мощностью отложений и станциями опробования. mH – морские голоценовые отложения, gm – ледниково-морские отложения

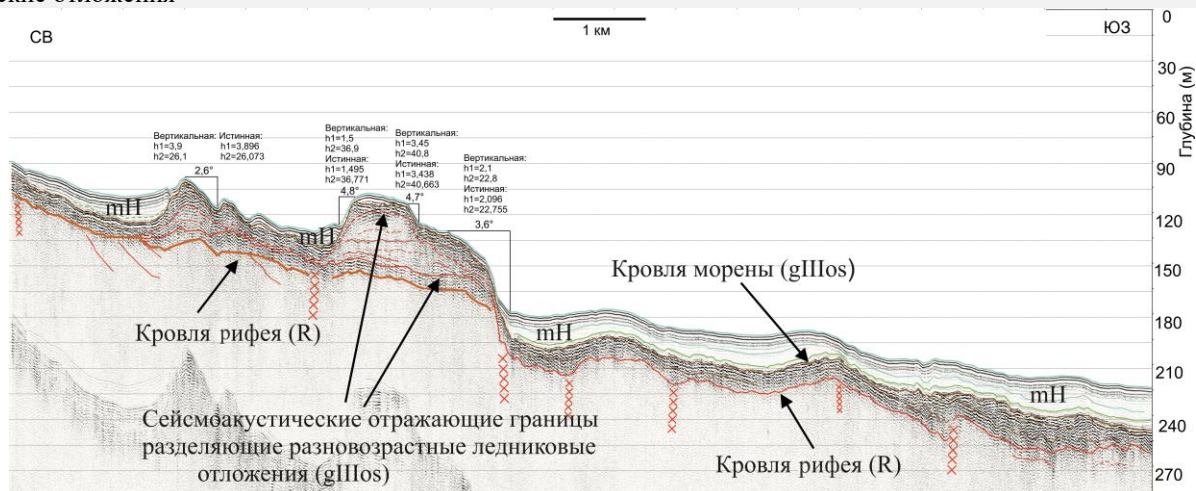


Рисунок 15. Геологический разрез по профилю НСАП WS-10 с нанесенными основными углами склонов, мощностью отложений и станциями опробования

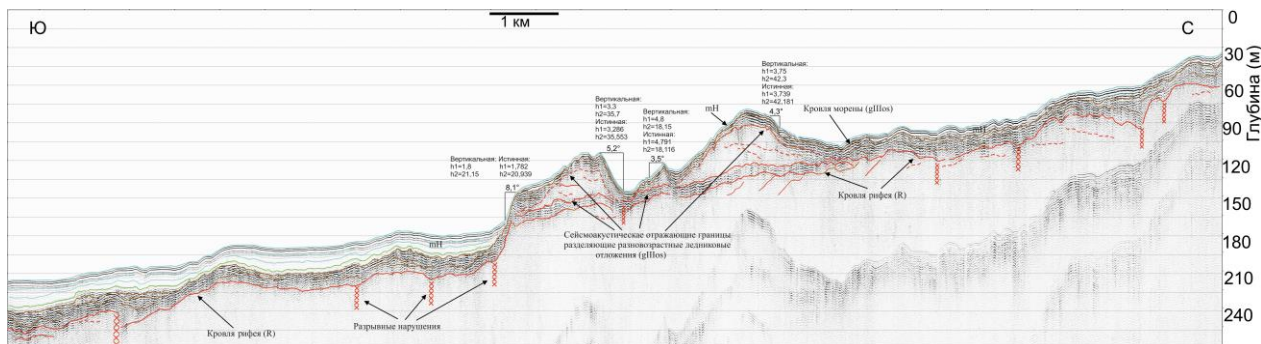


Рисунок 16. Геологический разрез по профилю НСАП WS-11 с нанесенными основными углами склонов, мощностью отложений и станциями опробования

Вдоль северного берега Кандалакшского залива простирается мощная моренная гряда с относительными превышениями 30–60 м и углами склона, колеблющимися в интервале от $1,0^\circ$ до $4,5^\circ$, (в отдельных случаях достигающими 8°).

Наиболее крутые склоны характерны для мористых скатов гряды ($2,4^\circ$ – 8°). Скаты, обращенные к берегу, как правило, более пологие ($0,5^\circ$ – $2,0^\circ$). На отдельных участках зафиксированы углы склона $4,3^\circ$ – $4,8^\circ$. Моренная гряда,

протягивающаяся вдоль южного берега Кандалакшского залива, значительно слабее выражена в рельефе. Относительное превышение рельефа дна мористой части склона составляет 15–30 м. Углы склонов мористых скатов гряды в среднем несколько круче, чем у морены северного берега и составляют $2,8^\circ$ – $9,7^\circ$. Со стороны берега относительное превышение составляет не более 15 м, а зачастую склон практически не выражен в рельефе, так как пространство между подводным

береговым склоном и склоном моренной гряды полностью заполнено голоценовыми осадками. Кроме того, отмечены несколько моренных образований меньшего размера. Их общей чертой более крутые мористые склоны и более пологие скаты, обращенные к берегу.

Подводный береговой склон северного берега залива достаточно пологий, с углами склона, колеблющимися в интервале от $0,5^\circ$ до $3,1^\circ$. Южный подводный береговой склон имеет значительные уклоны (от $3,7^\circ$ до $6,3^\circ$, с максимальным зафиксированным значением 14°) и характеризуется резким перепадом глубин (60–70 м на $\approx 0,6$ –1,5 км).

На участках развития грубообломочных отложений, а также на участках с крайне

изменчивым по площади литологическим составом донных осадков, приуроченным к прибрежным мелководьям и подводным поднятиям, для получения обобщенной характеристики осадков проводилось подводное фототелепрофилирование, позволившее оконтурить зоны развития грубообломочных отложений (рис. 18, а, б) и детализировать литологическую карту дна пункта наблюдений.

Физические свойства морских голоценовых отложений, выходящих на поверхность дна, достаточно однородны (ил глинистый, текущие суглинки) (рис. 18, в). Все испытанные грунты можно охарактеризовать как слабые (ГОСТ-25100) (табл. 1).

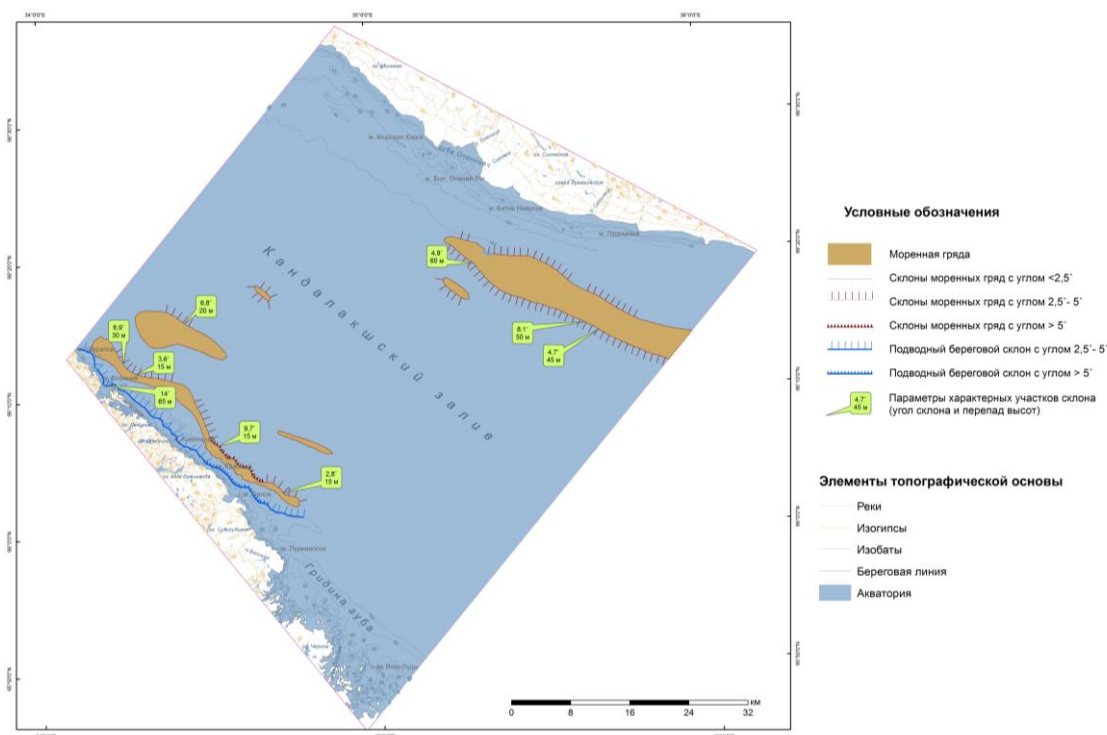


Рисунок 17. Схема распределения углов склона дна акватории Кандалакшского залива



Рисунок 18. Галечно-гравийные отложения с отдельными валунами (а, б) и алевропелитовые илы (в) на дне Кандалакшского залива

Таблица 1. Физические свойства грунтов пункта наблюдений «Кандалакшский залив – глубинный район»

№№ п/п	№№ геологич. выработок	Влажность на границе		Число пластичности Ip	Потеря при прокаливании, д.е. 350°С	Природная влажность W, д.е.	Плотность грунта ρ, г/см ³	Плотность частиц грунта ρ _s , г/см ³	Кэф. пористости e	Кэф. водонасыщенности S _r	Показатели консистенции		Лабораторная крыльчатка, сопротивление	Примечания
		текучести WL, д.е	раскатывания W _p , д.е								IL	CB		
1	17-K3-2	0,687	0,425	0,262	0,034	1,752	1,26	2,79	5,094	0,96	5,06		0,7	ил темно-серый
2	17-K3-3	1,025	0,581	0,444	0,052	2,469	1,19	2,77	7,075	0,97	4,25		1,5	ил темно-серый
3	17-K3-5	0,321	0,237	0,084	0,009	0,437	1,74	2,73	1,255	0,95	2,38		5,8	суглинок серый текучий
4	17-K3-6	0,590	0,377	0,213	0,035	2,119	1,25	2,79	5,962	0,99	8,18		0,8	ил темно-серый
5	17-K3-7	0,482	0,323	0,159	0,016	0,714	1,58	2,75	1,983	0,99	2,46		3,6	суглинок серый текучий
6	17-K3-10	0,452	0,307	0,145	0,018	0,827	1,50	2,75	2,350	0,97	3,59		3,0	суглинок серый текучий
7	17-K3-11	0,696	0,429	0,267	0,031	1,220	1,40	2,78	3,408	1,00	2,96		3,4	ил серый
8	17-K3-12	0,645	0,404	0,241	0,054	2,350	1,23	2,73	6,435	1,00	8,07		0,8	ил темно-серый
9	17-K3-13	0,873	0,512	0,361	0,036	1,870	1,26	2,80	5,378	0,97	3,76		2,7	ил темно-серый
10	17-K3-14	0,889	0,520	0,369	0,040	1,970	1,24	2,76	5,611	0,97	3,93		1,9	ил темно-серый
11	17-K3-18	0,575	0,370	0,205	0,031	1,107	1,41	2,72	3,065	0,98	3,60		2,4	ил серый
12	17-K3-19	0,974	0,558	0,416	0,037	1,870	1,27	2,74	5,192	0,99	3,15		2,1	ил темно-серый
13	17-K3-20	0,639	0,464	0,175	0,031	1,030	1,42	2,75	2,931	0,97	3,23		1,7	ил серый
14	17-K3-21	1,064	0,599	0,465	0,045	1,884	1,24	2,75	5,396	0,96	2,76		2,2	ил темно-серый
15	17-K3-22	0,822	0,489	0,333	0,042	1,896	1,26	2,79	5,413	0,98	4,23		2,6	ил зел-сер.с ед.вкл.
16	17-K3-23	0,641	0,402	0,239	0,034	1,565	1,29	2,73	4,428	0,96	4,87		2,8	ил серый
17	17-K3-24	0,938	0,542	0,396	0,039	1,917	1,26	2,80	5,482	0,98	3,47		2,5	ил темно-серый
18	17-K3-27	0,826	0,490	0,336	0,048	2,142	1,22	2,70	5,954	0,97	4,92		0,2	ил темно-серый с водой
19	17-K3-28	0,760	0,460	0,300	0,031	1,450	1,30	2,78	4,239	0,95	3,30		1,3	ил серый

Таблица 2. Содержание метана и его гомологов в донных осадках пункта наблюдений «Кандалакшский залив – глубинный район»

№ пробы	Метан	Этан	Этилен	Пропан	Пропилен	i-бутан	n-бутан	бутен-1+ i-бутилен	i-пентан	n-пентан
	CH ₄	C ₂ H ₆	C ₂ H ₄	C ₃ H ₈	C ₃ H ₆	i-C ₄ H ₁₀	n-C ₄ H ₁₀	C ₄ H ₈ +i-C ₄ H ₈	i-C ₅ H ₁₂	n-C ₅ H ₁₂
Концентрация, ppm в воздушном зазоре (headspace)										
17-K3-2	149,22	0,37	0,36	0,17	0,23	0,01	0,00	0,01	0,00	0,00
17-K3-5	4,01	0,00	0,21	0,00	0,35	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
17-K3-13	7,78	0,09	0,69	0,17	0,25	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
17-K3-14	6,16	0,00	0,73	0,36	0,31	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
17-K3-22	5,45	0,08	0,73	0,10	0,34	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
17-K3-24	6,24	0,16	0,65	0,21	0,39	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
17-K3-27	3,78	0,04	0,57	0,09	0,34	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

На рисунке 12 представлен разрез по профилю WS-06 (станции 17-КЗ-5, 6, 8). Мощность голоценовых осадков закономерно возрастает от верхних частей склонов к их подножьям, достигая максимальной мощности во впадинах и на равнинных участках дна. Для пробы грунта, отобранного на станции 17-КЗ-5, проведено испытание на сдвиг методом одноплоскостного среза (для остальных образцов подобные испытания провести невозможно ввиду их значительной текучести). По его результатам были получены следующие параметры прочности: удельное сцепление $C = 0,002$ МПа, угол внутреннего трения $\varphi = 3^\circ$. Характеристики прочности грунта крайне низкие. Среди исследуемых монолитов образец 17-КЗ-5 имеет самую высокую плотность, которая равна $1,74$ г/см³, образец 17-КЗ-8 имеет плотность $1,58$ г/см³. Плотность остальных испытанных грунтов значительно ниже и колеблется в пределах от $1,19$ г/см³ до $1,50$ г/см³ (табл. 1).

Образец 17-КЗ-6 отобран в глубоководной части профиля WS-06, прилегающей к довольно крутому склону с углом $6,1^\circ$ и имеет по отношению к грунтам, слагающим склон, более низкие прочностные характеристики: меньшую плотность ($1,25$ г/см³), большую влажность (2,11 д.е.) и, как следствие, ощутимо более высокую текучесть ($IL = 8,18$).

Ниже по разрезу голоценовые осадки имеют более высокие прочностные характеристики по сравнению с поверхностным слоем. Однако наибольший интерес с точки зрения инженерной геологии представляют именно слабые, текучие грунты поверхностного слоя.

По данным лаборатории инженерной геологии дна Мирового океана ФГБУ «ВНИИОкеангеология», критической величиной углов подводных склонов, при которых возможно образование оползней, является 20° . В пределах участка работ максимальные зафиксированные углы склона достигают 11° – 12° , этого недостаточно для образования оползней без внешнего воздействия на грунт. Следует отметить, что в пределах пункта наблюдений зарегистрирован ряд эпицентров землетрясений и выделяются несколько разломов, активизированных на неотектоническом этапе.

На основе анализа рельефа дна, характера распространения и инженерно-геологических свойств донных отложений можно утверждать, что перемещение материала вниз по склонам подводных поднятий происходит преимущественно под действием сил гравитации и течений. При этом грунт со склона перемещается не лавинообразно, а постепенно. Ввиду схожести состава поверхностных отложений и их малой прочности, основным фактором

оценки потенциальной опасности возникновения подводных оползней имеет угол склона. Гравитационное перемещение грунтов наиболее развито в пределах моренных гряд (рис. 16) и подводных береговых склонов, где углы склонов достигают 10° – 12° . Подводные береговые склоны имеют наибольшую крутизну в южной части залива, поэтому здесь гравитационные процессы более развиты, чем в северной. Для моренных гряд гравитационные процессы более проявлены на мористых скатах, имеющих наибольшую крутизну склона.

Геохимические и газогеохимические исследования проводились с целью выявления возможных проявлений активизации современных тектонических процессов. С этой целью был произведен отбор проб на станциях, расположенных в зонах современных разрывных нарушений (17-КЗ-22, 17-КЗ-27, 17-КЗ-2), на станциях с мощным слоем голоценовых осадков и фоновых станциях.

Результаты лабораторных исследований показали, что содержание метана и его гомологов в донных осадках пункта наблюдений «Кандалакшский залив – глубоководный район» крайне незначительно (за исключением станции 17-КЗ-21) (табл. 3). При этом их концентрации на станциях, расположенных непосредственно над разрывными нарушениями, так и на станциях, расположенных в районах с голоценовыми осадками приблизительно равны. С одной стороны, это говорит об отсутствии поступления метана по разрывным нарушениям, а с другой стороны, о слабо развитых процессах образования биогенного метана в голоценовых отложениях. По результатам анализа профилей НСАП площадного распространения газонасыщенных осадков (илов) и связанных с ними проявлений, опасные ЭГП не выявлены.

Определенный интерес представляет станция 17-КЗ-2, где в пробе донных осадков зафиксированы заметно повышенные по отношению к фону содержания метана и, отчасти, этана. Станция расположена на равнинном глубоководном участке дна, вне зон известных разрывных нарушений. Мощность голоценовых осадков в районе станции пробоотбора, по данным НСАП, составляет приблизительно 20 м. Содержание гелия и аргона в осадке соответствует фоновому. Представляется наиболее вероятным, что в этом случае по газогеохимическим данным выделяется локальный участок образования в донных осадках близповерхностного биогенного метана.

Результаты гидрохимических исследований придонных вод показали, что концентрации определяемых химических элементов на всех исследованных станциях (за редким исключением) близки между собой. Аномальное повышение концентраций (на уровне значимости $Q = 5\%$) в придонных водах над разрывными нарушениями отмечено на станции 17-К3-27 по As, на станции 17-К3-22 по Zn и Hg, на станции 17-К3-2 по Ni и Cu. Следует отметить, что на северо-восточном и юго-западном побережьях Кандалакшского залива выявлены геологические массивы (фальбанды), обогащенные As, Cu, Zn, Ni, Cr, Hg. Вполне вероятно, что повышение концентраций нескольких химических элементов в придонных водах происходит за счет выноса растворов из обогащенных ими горных пород и рудопроявлений. При обработке данных методом математической статистики «сравнения средних и дисперсий» значимое различие по содержанию определяемых химических элементов в придонных водах между выборками, характеризующими выделенные группы станций, не выявлено. Таким образом, можно говорить о том, что на момент проведения работ поступление глубинных вод по разрывным нарушениям либо не происходит, либо происходит весьма ограниченно. Литохимическое опробование показало, что концентрации практически

всех химических элементов в пределах зон, расположенных непосредственно над разрывными нарушениями, соответствуют фоновым. Таким образом, влияние неотектоники на экзогенные геохимические процессы можно считать несущественным.

Выводы по состоянию геологической среды на участке «Кандалакшский залив – глубинный район»

1. На подводных склонах в пределах участка «Кандалакшский залив – глубинный район» перемещение грунтовых масс происходит постепенно, а не лавинообразно. Оползневые процессы могут проявляться лишь под воздействием тектонической активности или сейсмических событий, достаточно редких для изучаемого района, а также в случае интенсивного механического воздействия на грунт.

2. В разрезе голоценовых осадков зоны газонасыщенных илов, наличие которых может привести к опасным экзогенным геологическим процессам, не выявлены.

3. Влияние газифлюидов, которые могли бы быть связаны с современной тектоникой, на проявления ЭГП на данном этапе мониторинга не установлено.

Пункт наблюдений «г. Кандалакша – береговая зона»

Состав наблюдательной сети. Виды наблюдений

Плановые инженерно-геологические обследования берегов г. Кандалакша проводились в августе 2017 г. Работы являлись продолжением наблюдений 2016 г., когда была осуществлена типизация береговой зоны и установлены участки проявления опасных геологических процессов [Информационный бюллетень ..., 2016]. Общая протяженность маршрутов составила 13 км. Точки наблюдения 2017 г. соответствовали сети станций, обследованных в 2016 г. (рис. 19).

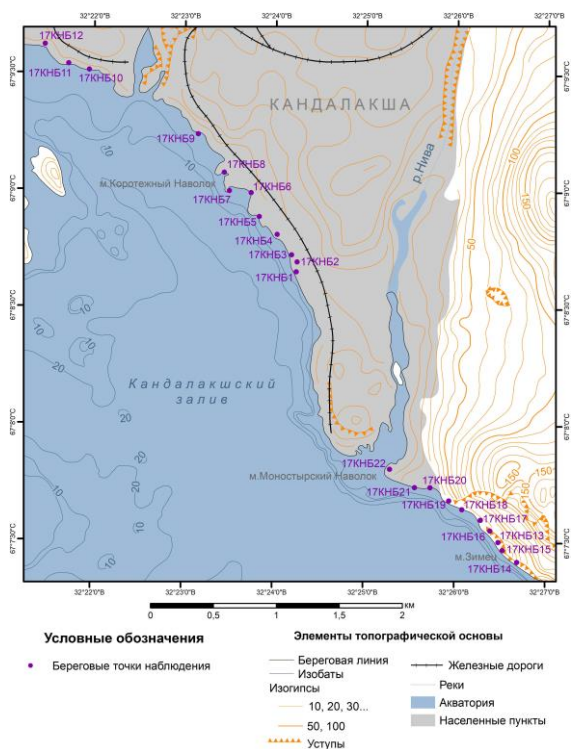


Рисунок 19. Карта фактического материала береговых маршрутов пункта наблюдений «Город Кандалакша – береговая зона». 2017 г.

На участках развития опасных геологических процессов измерялась ширина пляжа, высота абразионного уступа (при наличии), фиксировались литологические особенности отложений субаэральной части береговой зоны и приурезовой части подводного берегового склона, отмечались индикаторы абразионных и обвально-осыпных процессов. Было отобрано 10 проб отложений для лабораторного исследования гранулометрического состава осадков.

Результаты мониторинга экзогенных геологических процессов

Обследование берегов в 2017 г. подтвердило наличие в пределах описываемого пункта

наблюдений двух принципиально различных типов берегов. К юго-востоку от м. Монастырский Наволок берега относятся к экзарационно-денудационному типу (группа берегов, сформированных субаэральными и тектоническими процессами и мало измененных морем).

Опасные экзогенные процессы приурочены к западной части этого типа берега, где к склонам коренных пород примыкает терраса, сложенная четвертичными отложениями. Здесь отмечается активный абразионный уступ высотой до 1,5 м, размыву подвергается корневая система деревьев. Активно развиты осыпные и обвальные процессы. К северо-западу от устья р. Нива берега по морфогенетическим характеристикам относятся к абразионно-бухтовым низменным. Как показали повторные наблюдения на сети станций, заложенных при работах 2016 г., интенсивность лито- и морфодинамики на описываемом участке берега крайне невелика. Установленные в 2016 г. проявления ЭГП в береговой зоне к востоку от м. Монастырский Наволок были зафиксированы также при работах 2017 г., однако вследствие отсутствия здесь жилых и промышленных построек, опасности данные явления не представляют (рис. 20). Наблюдения 2017 г. зафиксировали продолжение разрушения расположенных в зоне волнового воздействия построек, которые частично находятся в аварийном состоянии (рис. 21). При этом значительные изменения в степени повреждений изученных объектов за истекший год не выявлены. Активный абразионный уступ наблюдается в техногенных берегах, сформированных скоплениями древесины и опилок (рис. 22).

Выводы по состоянию геологической среды на участке «г. Кандалакша – береговая зона»

В целом мониторинговые наблюдения 2017 г. не выявили существенных отличий на участках проявления опасных ЭГП по сравнению с результатами обследования 2016 г., подтвердив данные анализа дистанционного зондирования береговой зоны в пределах города Кандалакша о слабом проявлении абразионных процессов. Продолжают разрушаться аварийные строения, расположенные в береговой зоне к северу от устья р. м. Монастырский Наволок, происходит размыв берега с техногенными отвалами лесопромышленного комбината.



Рисунок 20. Активный абразионный уступ и обвальные накопления в береговой зоне к востоку от м. Монастырский Наволок: а, в – фото 2016 года, б, г – фото 2017 года

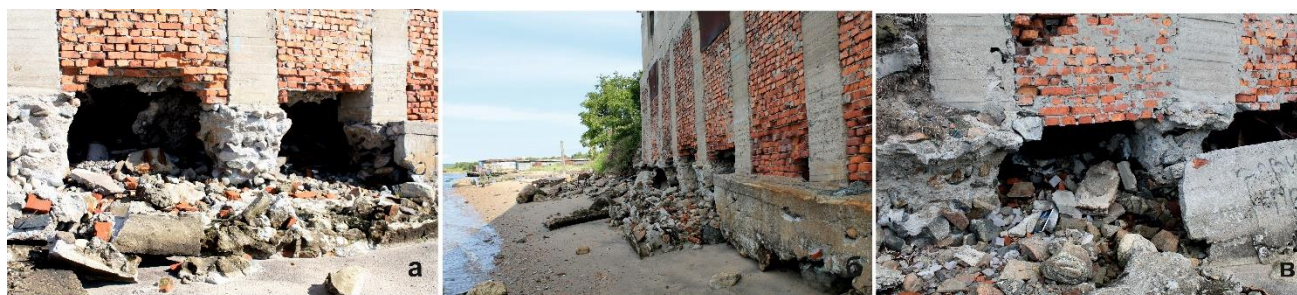


Рисунок 21. Основания сооружений, разрушенные в результате воздействия абразии: а – фото 2016 года, б, в – фото 2017 года



Рисунок 22. Техногенный берег, сформированный скоплениями древесины и опилок с активным абразионным уступом и склоновыми процессами: А – фото 2016 года, Б – фото 2017 года

Пункт наблюдений «Пролив Великая Салма»

Состав наблюдательной сети

Виды наблюдений

Плановые инженерно-геологические обследования 2017 г. в пределах пункта наблюдений «Пролив Великая Салма» являлись продолжением работ 2016 г. Донное опробование, сопровождаемое подводным фототелепрофилированием, выполнялось между островами Великий и Оленевский с заходом в губы Ругозерскую, Кислая, Чёрная (рис. 23). Фототелепрофилирование выполнялось камерой высокого разрешения GoPro Hero 3 с использованием источника искусственного света. По кабелю на борт лодки осуществлялась телетрансляция изображения, что позволяло вести полевое описание поверхности дна. В прибрежной полосе профилирование выполнялось от уреза до глубины 10 м.

При выполнении плановых инженерно-геологических обследований берегов велось описание геологического строения, геоморфологии и признаков проявления опасных экзогенных геологических процессов (ЭГП). На выходах коренных пород были произведены замеры трещиноватости (количество трещин на 1 м², раскрытие, азимуты простирания и углы падения). Как продолжение работ прошлого года, были

обследованы берега в проливе к северу от о. Оленевский. На точках повторного наблюдения выполнялся мониторинг ЭГП. Общая протяженность маршрутов составила 50 км. Были произведены наблюдения в общей сложности на 55 точках (рис. 23). На 10 станциях был выполнен донный пробоотбор, сопровождаемый фототелепрофилированием, для лабораторного исследования инженерно-геологических свойств осадков. Остальные станции фототелепрофилирования выполнялись без донного опробования. Суммарно было выполнено 27 станций подводного видеонаблюдения. На борту велось описание образцов грунта и наблюдаемого строения дна.

Результаты мониторинга экзогенных геологических процессов

В исследуемом районе кристаллический фундамент расположен в непосредственной близости к дневной поверхности. В береговой зоне наблюдаются выходы архейских гранитов, гнейсогранитов и гранодиоритов и пород Беломорского метаморфического комплекса [Государственная геологическая ..., 2012].

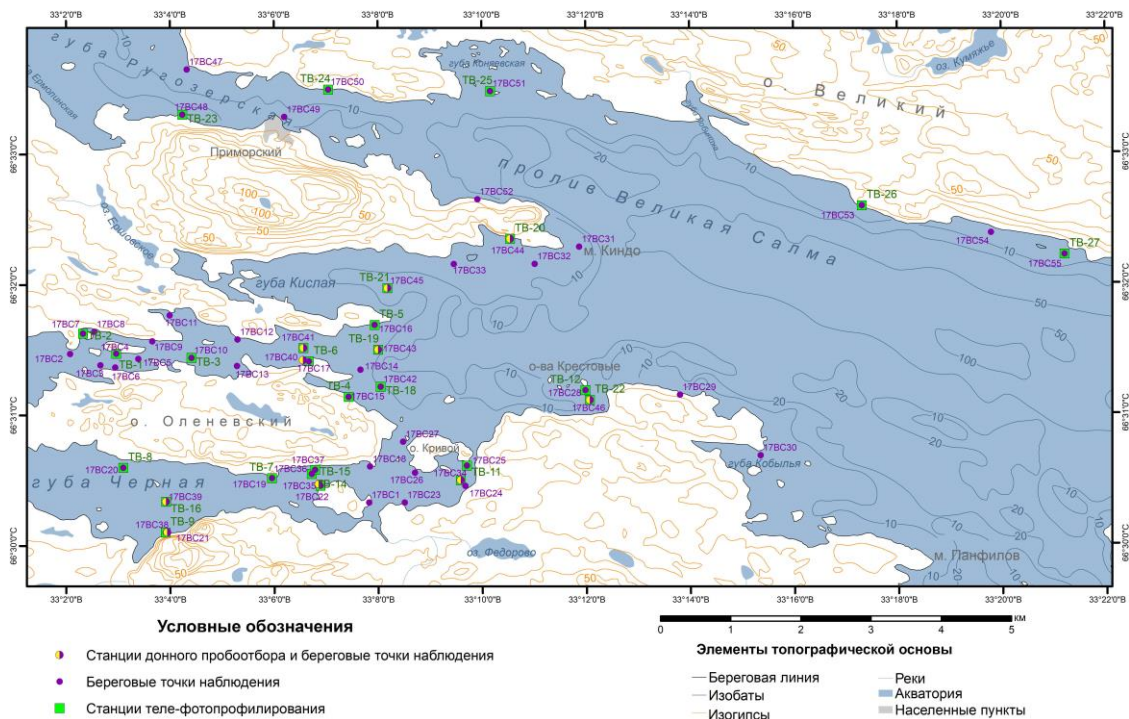


Рисунок 23. Карта фактического материала в пункте наблюдений «Пролив Великая Салма»

Побережья характеризуются холмисто-грядовым рельефом с преобладанием высот не более первых десятков метров. Современный рельеф практически полностью наследует рельеф коренных пород, маломощный чехол четвертичных отложений плащеобразно перекрывает кристаллический фундамент. На суше четвертичные образования, перекрывающие коренные породы, представлены осташковским горизонтом ледниковых отложений.

Очертания береговой линии обусловлены процессами первичного расчленения рельефа, вызванного преимущественно ледниковым воздействием на кристаллическое ложе в ходе последних оледенений. Помимо этого, в формировании берегов в значительной мере участвует ледниковая аккумуляция.

Анализ космоснимков позволил выявить участки развития небольших (первые сотни метров) ледниково-аккумулятивных структур

(гряд), ориентированных преимущественно в северном, северо-восточном направлениях. Как правило, мелкие гряды сложены грубообломочным материалом (валунами и глыбами) и разнозернистым песком. Также фиксировалось присутствие в них суглинистой составляющей. Грядовый рельеф наиболее проявлен в периоды наибольших отливов в зонах осушки (рис. 24). Локально были установлены обширные песчано-галечные отмели с развалами валунов и глыб (т.н. 17BC14, 17BC28), представляющие собой переработанные волновыми процессами и приливно-отливными течениями ледниковые отложения. В зоне осушки формируются протяженные (несколько сотен метров) косы, сложенные хорошо сортированными песчаными отложениями, по периферии аккумулятивных тел наблюдаются скопления галечно-гравийного материала.



Рисунок 24. Развитие моренно-грядового рельефа на кристаллическом фундаменте, подверженном ледниковой экзарации: А – результаты дешифрирования космоснимка: 1 – установленные коренные выходы пород, 2 – гряды ЮВ простирания (в ядре гряды коренные выходы, перекрытые песчано-валунной мореной), 3 – валунные гряды СВ простирания; Б – фото грядового рельефа

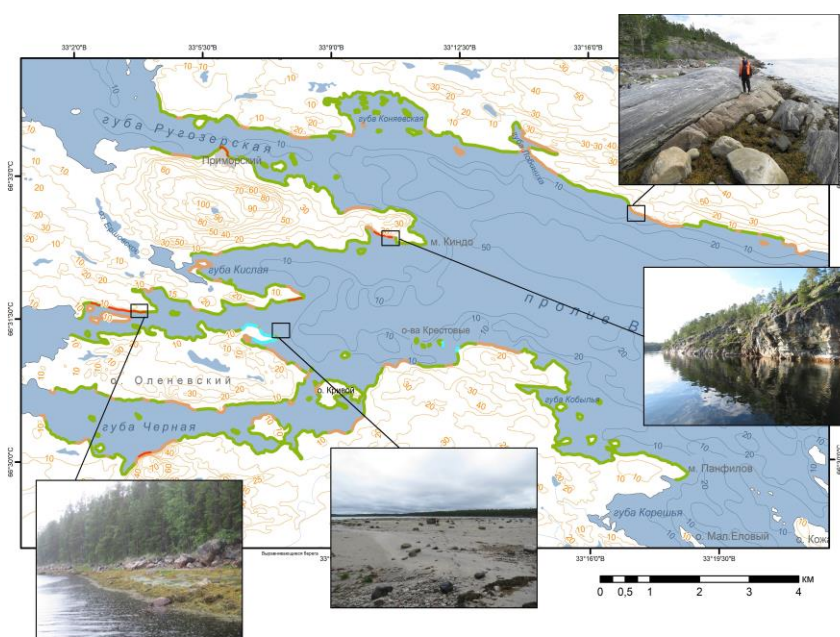
В ходе работ 2016 г. в пределах обследуемой береговой зоны было выделено три морфогенетических типа берега: низкий моренный берег, экзарационно-денудационный (скальный) берег, низкий аккумулятивный песчаный. По результатам работ 2017 г. схема типизации берегов была дополнена и детализирована. Схема типизации берегов пролива Великая Салма, выполненная по результатам полевого обследования, приведена на рис. 25.

Низкий моренный берег является преобладающим типом берега на исследуемой площади. Для данного типа берега характерно развитие грубообломочных отложений на урезе: глыбы и отломы, реже валуны кристаллических пород, щебень (рис. 26). На подводном склоне присутствуют валуны и глыбы, пространство между которыми покрывают пески (мелко- и среднезернистые). Редко в небольших бухтах между выступами формируются локальные песчаные пляжи. На побережье в редких случаях развита невысокая (около 1 м) терраса, морской берег которой подвергается размыву. Участки проявления абразионного воздействия развиты локально и устанавливаются по зоне обрушения деревьев. Проведенные повторные наблюдения показали, что степень волнового воздействия за прошедший год незначительна (рис. 26).

На значительном протяжении берега в пределах пункта наблюдений относятся к экзарационно-денудационному типу. В литоральной зоне, где проявлено воздействие волн на берег, по системе трещин происходит откалывание блоков и отломов коренных пород с образованием делювиальных отложений на урезе. Как правило, скальный склон полого поднимается из-под воды на высоту 5–10 м. На подводном склоне развиты коренные выходы горных пород или валунно-глыбовый материал.

На двух участках в западной части района (к западу от м. Киндо и на

южном берегу губы Чёрная) был зафиксирован экзарационно-тектонический тип берега с вертикальными и отвесными стенками трещиноватых горных пород. Высота стенок достигает 20–30 м, по системе трещин происходит откалывание и обрушение блоков пород, в литоральной зоне фиксируются свежие сколы. Проведенные мониторинговые наблюдения на этих участках наиболее потенциального развития склоновых ЭГП показали, что за прошедший год существенных изменений не произошло. В точках наблюдения не было зафиксировано свежих сколов или появления новых делювиальных масс горных пород (рис. 27).



Условные обозначения

Группа	Тип	Подтип	Равноудельность	Знак	
Берега, сформированные суббардальными и тектоническими процессами и мало изменённые морем	Первично-расчленённые берега	Берега ледниково-тектонического расчленения	Фьордовые, фьордовые	Преимущественно экзарационный, со слабым развитием обвалных процессов (бараньи лбы)	—
Берега, формирующиеся преимущественно волновыми процессами	Выравнивающиеся берега	Абразионные бухтовые	Абразионные низменные с валунным бенчем без выраженного абразионного уступа	Абразионные моренные (валунные) низменные с валунно-щебнистым бенчем и песчаными отложениями в зоне осушки	—
		Аккумулятивные	Аккумулятивные с формированием пляжей и береговых валов мелкообломочного состава	С песчаными пляжами	—

Элементы топографической основы

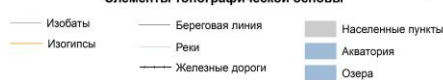


Рисунок 25. Типизация берегов пролива Великая Салма, дополненная по результатам работ 2017 г.



Рисунок 26. Динамика развития ЭГП на участках моренного берега: верхний ряд – в т.н. 17BC16; нижний ряд – в т.н. 17BC49 (пос. Приморский)



Рисунок 27. Динамика развития ЭГП на участках экзарационно-тектонического берега: А – в т.н. 17BC44; Б – в т.н. 17BC21

Низкий аккумулятивный песчаный берег. Данный тип берега развит локально, и к нему были отнесены обширные песчано-гравийно-валунные отмели, развитые в т.н. 17BC28 и 17BC14 (рис. 28). Их формирование обусловлено результатом переработки моренных, существенно песчаных, отложений приливно-отливными течениями и волнами. На участках причленения образованной морскими наносами отмели к берегу происходит формирование локальных низких аккумулятивных пляжей.



Рисунок 28. Зоны аккумулятивного песчаного подводного берегового склона в т.н.: сверху – 17BC28; внизу – 17BC14

Донный пробоотбор был сконцентрирован в юго-западной части площади исследования, в устьевых частях губ Кислая, Лансеена и в губе Чёрная. Среди отобранных образцов преобладали текучие донные осадки преимущественно алевропелитового состава с существенной примесью песчаного материала. На поверхности образцов отмечался тонкий слой буроватого наилка, ниже осадок имел преимущественно зеленовато-серый, местами до черного, цвет. Как правило, на видеостанциях,

выполненных на этих точках опробования, наблюдалась выровненная поверхность дна, заиленность и следы деятельности донных организмов (рис. 29).

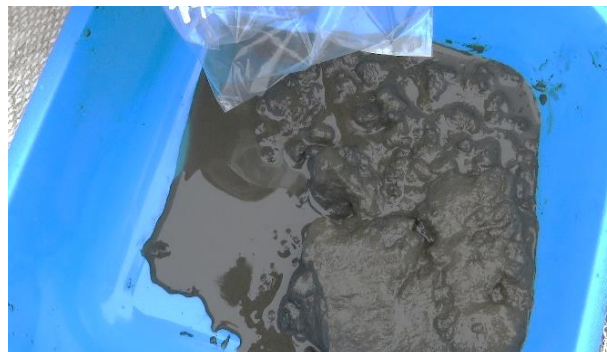


Рисунок 29. Глинистые алевриты на станции отбора грунтов №17BC34: сверху – образец донного осадка; внизу – фрагмент видеозаписи (17-BC-TB-13) поверхности дна

На большинстве станций донного опробования, поверхность дна которых сложена преимущественно песчаными или грубообломочными отложениями, отбор проб не дал результатов, что было обусловлено присутствием на дне значительного количества биомассы: донная растительность, бентосные организмы (двустворчатые моллюски, морские звезды и т.д.). Проведенное видеонаблюдение позволило определить состав донных отложений на этих станциях (рис. 30).

Результаты фототелепрофилирования позволили установить участки поверхности дна, подверженные донному размыву, выражающемуся в вымывании частиц песчаной размерности и более тонкого материала из донных отложений (рис. 31). Наиболее сильный размыв поверхности дна в пределах площади изучения, характерен для узких протоков и бухт, где наиболее сильно проявляется действие приливно-отливных течений, являющихся основным фактором донной эрозии.



Рисунок 30. Пески, слагающие поверхность дна: *а* – на станции № 17-ВС-16 (17-ВС-ТВ-5); *б* – на станции № 17-ВС-10 (17-ВС-ТВ-3)



Рисунок 31. Грубообломочные отложения, слагающие поверхность дна: *а* – на станции №17-ВС-28 (17-ВС-ТВ-12); *б* – на станции № 17-ВС-7 (17-ВС-ТВ-2)

Выводы по состоянию геологической среды на участке «Пролив Великая Салма»

Проведенное в 2017 г. обследование береговой зоны пролива Великая Салма подтвердило выводы, полученные по результатам работ 2016 г.

Берега имеют первичное экзарационно-ледниковое расчленение. В пределах территории обследования установлены локальные участки развития склоновых процессов общей протяженностью около 1 км, где в результате денудации скального массива кристаллических пород по зонам трещиноватости в литоральной зоне происходит обрушение блоков и отломов коренных пород. Также выявлены участки размыва моренного берега с участками обрушения деревьев, за счет подмыва корней деревьев.

За прошедший год наблюдения показали практически полное отсутствие проявлений экзогенных геологических процессов в береговой зоне. Проведение на акватории пролива Великая Салма донного пробоотбора, сопровождающегося фототелепрофилированием, позволило установить участки дна, подверженные донной эрозии, наиболее существенной в узких проливах и бухтах и обусловленной воздействием приливно-отливных течений.

РАЙОН РАБОТ «ВОСТОЧНАЯ ЧАСТЬ ФИНСКОГО ЗАЛИВА» (БАЛТИЙСКОЕ МОРЕ)



Пункт наблюдений «Северная береговая зона в пределах Курортного района»

Состав наблюдательной сети

Виды наблюдений

Маршрутное обследование берегов Курортного района проводилось в июле 2017 г. (рис. 32). Протяженность маршрута составила 22 км. В береговой зоне поселков Серово, Репино и Солнечное выполнено георадиолокационное

профилирование (2 км). Работы сконцентрированы на ранее установленных участках проявления опасных ЭГП. Наиболее распространенным видом ЭГП, проявленным в береговой зоне, является комплекс эрозионных процессов, приводящий к отступанию береговой линии и абразионных уступов и значительной переработке берегов.

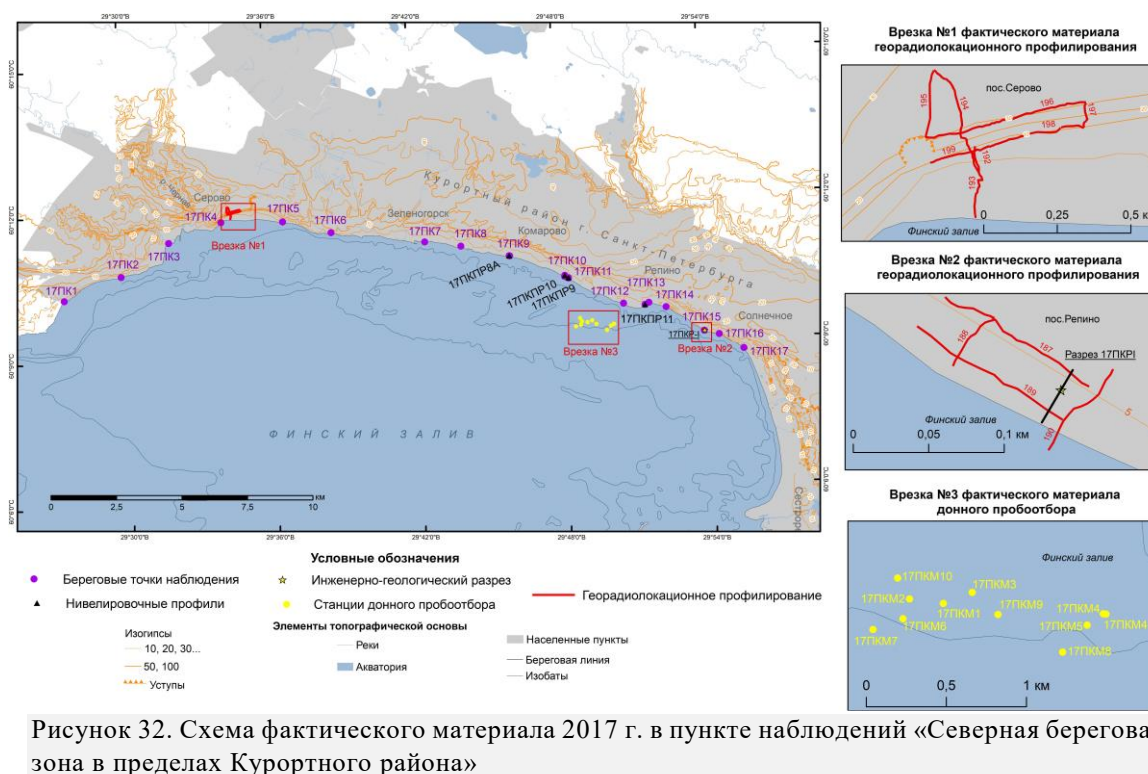


Рисунок 32. Схема фактического материала 2017 г. в пункте наблюдений «Северная береговая зона в пределах Курортного района»

Результаты мониторинга. Экзогенные геологические процессы

В устьевой части реки Приветная наблюдается активизация процессов боковой эрозии в результате миграции русла, приводящего к обрушению деревьев и разрушению территории санатория «Восток-6». За прошедший год отмечается усиление процесса морской абразии к западу от устья реки. Разрыв берегового уступа угрожает строению, расположенному на берегу, фундамент которого постепенно разрушается (рис. 33).

В ходе освоения прибрежных территорий проводится строительство сооружений в непосредственной близости от зоны волновой переработки берегов. Расположенный на участке аварийного абразионного берега в пос. Серово ресторан «Ель»

продолжает расширение своей площади непосредственно в зоне пляжа. Активная деятельность по расчистке прибрежного мелководья от валунов и техногенное выравнивание пляжа усугубляет сложившуюся аварийную ситуацию участка берега (рис. 34).

Подобная ситуация складывается и на другом абразионном участке берега в Курортном районе в пос. Комарово, где терраса ресторана, возведенная на пляже, не раз подвергалась разрушению, как в ходе волнового размыва (абразии), так и в результате ледового воздействия (рис. 35). Проведенное в пос. Серово георадиолокационное профилирование в береговой зоне, захватывающее приморскую литориновую террасу, показало, что в основании береговых уступов и террасы залегают преимущественно песчаные отложения позднеледниковой эпохи.



Рисунок 33. Размыв берегового уступа и разрушения основания ангара, как результат развития ЭГП к западу от устья р. Приветная



Рисунок 34. Расширение территории ресторана «Ель» в зону непосредственного влияния ЭГП (переработка пляжа волнами)

Эти отложения перекрываются в прибрежной части голоценовыми морскими образованиями. Геофизический разрез подразделяется на три комплекса (рис. 36). Первый комплекс представлен фациальной группой голоценовых отложений Балтийского моря, с выделением прибрежно-морских нерасчлененных отложений раннего и среднего голоцена (анциловая и литориновая фазы).



Рисунок 35. Воздействие ЭГП на строение ресторана в береговой зоне Курортного р-она (пос. Комарово): а – первоначальное строение ресторана; б – проявление ледовой абразии на обзорную террасу ресторана; в – размыв основания в результате волновой переработки пляжа; г – полностью перестроенный ресторан

Для него характерно наличие субгоризонтально слоистых песчаных отложений с серией береговых валов и эрозионными границами, отражающими трансгрессивно-регрессивное развитие Балтийского моря в послеледниковое время.

Второй комплекс представлен отложениями позднего голоцена (постлиториновая фаза). Этот комплекс сформирован отложениями пляжа и характеризуется преобладанием косослоистых серий с резкими осями синфазности, что свидетельствует об образовании этого комплекса на регрессивном этапе развития Балтийского моря. Отложения древнего берегового уступа и отложения, подстилающие первый и второй комплексы, выделяются в единый третий георадарный комплекс, характеризующийся неявными полосчатыми отражающими слоями, слабоволнистого и неоднородного характера со множеством эрозионных горизонтов с ярко выраженными осями синфазности. Отложения этого комплекса относятся к ледниково-озерным отложениям неоплейстоцена. В нижней части разреза наблюдается затухание сигнала, что, вероятно, обусловлено наличием примеси глинистых частиц в разрезе или наличием здесь отложений ошашковского горизонта, представленного моренными валунными суглинками. Существенное преобладание в разрезе рыхлого гравийно-галечного материала и валунов, обнажающихся в древнем береговом уступе, определяет малую степень консолидации отложений и

селективную дифференциацию их во время переработки берегов, с обогащением прибрежного мелководья гравийным и валунным материалом.

Георадарное обследование показывает, что прибрежно-морские отложения, расположенные выше зоны пляжа в пос. Серово, представлены легкоразмываемыми песчаными образованиями. На настоящем этапе развития моря данный участок берега относится к абразионному и в случае интенсивной штормовой переработки будет легко размываться, что следует учитывать при проведении на прибрежной территории любого рода освоения.

В ходе очистки и углубления подходного фарватера яхт-клуба Терийоки, расположенного в Зеленогорске, производится складирование песчаного грунта в субаквальной части береговой зоны, что приводит к ее трансформации (рис. 37). Техногенное преобразование береговой зоны под воздействием намыва песчаного грунта (рефулирование) в данном случае оказывает в целом положительный эффект на баланс наносов береговой зоны. Подобная практика, проводимая не первый год, приводит к расширению подводных песчаных отмелей к западу от Яхт-клуба, где расположен аварийный участок берега. Образование широкой отмели приводит к гашению волновой энергии и общему сокращению абразионного воздействия.

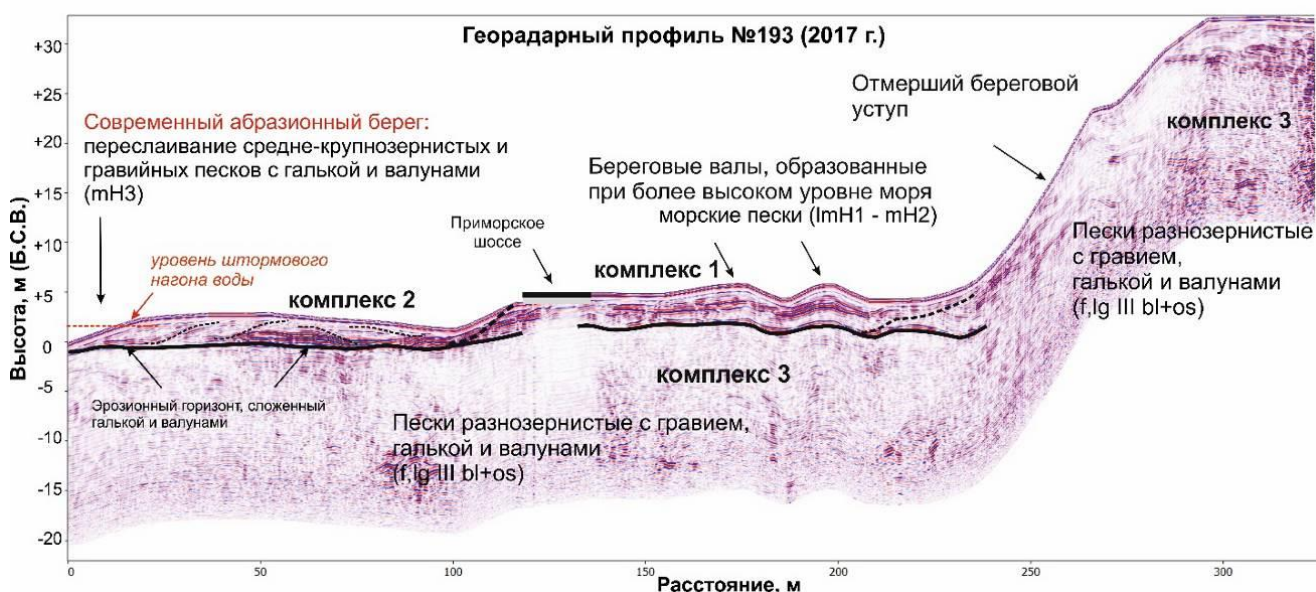


Рисунок 36. Интерпретация георадарного профиля № 193 (пос. Серово)



Рисунок 37. Намыв песчаного грунта (рефулирование) к западу от яхт-клуба Терийоки

В аварийном состоянии находится протяженный участок абразионного берега в г. Зеленогорск и пос. Репино. Колодцы коллекторов городской канализации, попадающие в береговую зону, находятся в зоне переработки берегов в штормовые периоды (рис. 38, *а, в*).

С 2016 г. в береговой зоне г. Зеленогорск ведутся работы по созданию новых коллекторов

вблизи старых. При этом берегозащитные сооружения, расположенные на этом участке, разрушены. Восстановительных мероприятий не производится, разрушенные элементы берегозащитных сооружений не оказывают стабилизирующего воздействия и требуют проведения реконструкционных мер (рис. 38 *б, г*).



Рисунок 38. Техногенные сооружения в береговой зоне Курортного района (фотографии 2017 г.): *а* – колодцы коллекторов с размывом основанием в пос. Репино и *б* – г. Зеленогорск; *в* – разрушенные волноотбойные стенки в пос. Репино и *г* – г. Зеленогорск

На аварийном участке на границе пос. Репино и пос. Солнечное проведено георадиолокационное профилирование (рис. 39). Для данного участка береговой зоны характерно присутствие значительного количества валунного материала на пляже и подводном береговом склоне. В ходе береговых наблюдений установлено наличие крупных валунов и в нижней части абразионного уступа, выработанного в дюнном прибрежно-морском комплексе. Георадиолокационное профилирование позволило установить наличие неоднородностей в основании дюнного массива и под современным пляжем. По характеру геофизического разреза отложения, слагающие береговую зону, представлены преимущественно песком с валунами. В разрезе выделено три георадарных комплекса. Первый относится к современным пляжевым песчаным отложениям (mH₃) и характеризуется наличием пологонаклонных субгоризонтальных серий осей синфазности. Второй комплекс – к более древним отложениям, представленным песчаными разностями с включением валунного материала, и относится, по-видимому, к позднеледниковым водно-ледниковым образованиям (f,lgIII_{bl+os}). Третий комплекс представлен золовыми переветанными песками, которые на склоне берегового уступа в межштормовые периоды осыпаются, принимая устойчивый угол откоса. Для геофизического разреза этого комплекса характерны слабовыраженные оси синфазности, указывающие на однородность осадочного материала. Профилирование, проведенное вдоль берега, позволило установить в основании пляжа несколько погребенных современными песками

эрозионных врезов, которые представляют собой пологие понижения (карманы), выработанные вкрест береговой линии в отложениях второго комплекса. Тальвег вреза, шириной около 20 м и глубиной до 2,5–3 м, проходит ниже современного уровня моря на 1,5–2 м. Выделенные неоднородности геологического строения напрямую обуславливают и неоднородность в интенсивности переработки берегов и скорость разрушения береговой террасы с расположенными на ней строениями детского лагеря.

В пос. Репино на изгибе береговой линии у рекреационных территорий поселка последние годы наблюдается аномальное увеличение поступления песчаного материала в береговую зону. В результате этого на абразионном участке берега, у гостиницы «Репинская» произошло образование аккумулятивного песчаного тела, рост которого наблюдается с 2012 г. Анализ серии космоснимков показывает, что нарастание песчаного тела происходит по принципу «вдольбереговой песчаной волны», когда песчаный материал начинает нарастать в виде косы по направлению движения наносов (рис. 40).

Данный участок, расположенный в локальной бухте, является одним из немногих участков с аномальной для Курортного района тенденцией к нарастанию берегов. Здесь в течение многолетнего периода наблюдений с 2004 г. по 2012 г. существовал узкий песчаный пляж с активным абразионным уступом, подмывом корней деревьев и частичным разрушением расположенных на берегу объектов инфраструктуры.

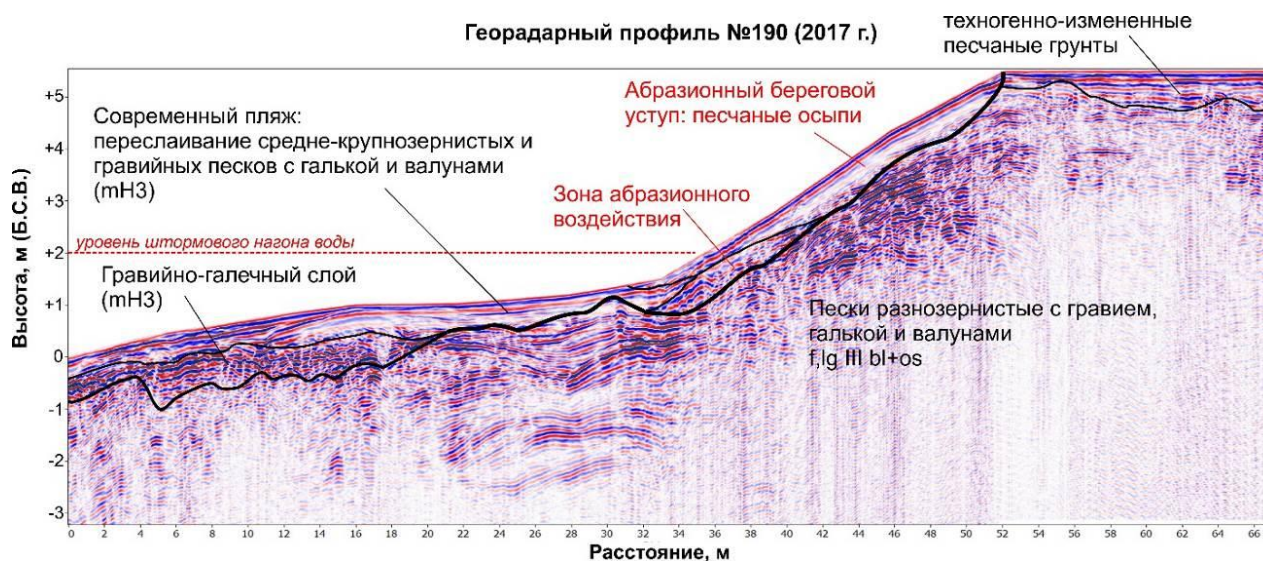




Рисунок 40. Береговая зона в районе пос. Репино: А – космоснимок 8.07.2013 г.; Б – космоснимок 8.04.2014 г.; В – космоснимок 18.05.2014 г.; Г – космоснимок 6.07.2014 г.

В 2012 г. фиксировался рост косы от мыса в восточном направлении, однако уже в 2013 г. коса была размыта (рис. 41). В 2015 г. в результате избыточного поступления песчаного материала в береговую зону произошло локальное расширение пляжа более чем на 15 м. По данным сопоставления материалов профилирования 2016 г. и 2017 г.,

форма косы за год несколько изменилась, коса стала положе и выдвинулась в сторону акватории на 25 м. Повторное профилирование 2017 г. показывает, что берег продолжает выдвигаться и по сравнению с 2016 г. вырос на 13 м, а мощность пляжа увеличилась на 0,5 м (рис. 42).



Рисунок 41. Фотографии участка динамической аккумуляции в пос. Репино: а – фото 04 июля 2012 г., б – фото 23 июля 2013 г., в – фото 5 октября 2016 г., г – фото 5 июля 2017 г.

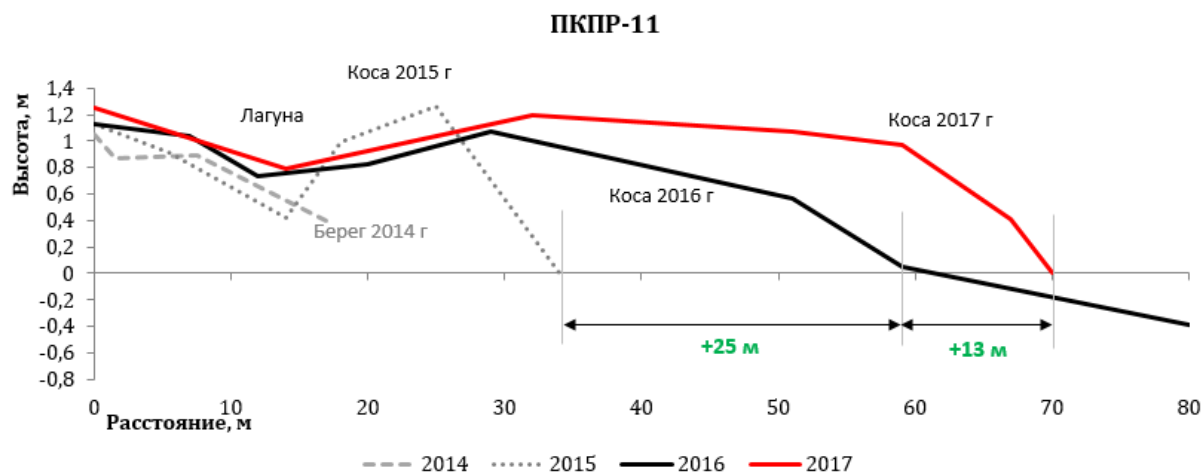


Рисунок 42. Изменение поперечного профиля пляжа № ПКПР-11 в пос. Репино

Всего с 2014 по 2017 г. берег на данном профиле выдвинулся на 50 м. Однако, учитывая природу образования пляжа, в данном случае – нарастание в виде песчаной вдольбереговой волны (косы), можно говорить об эфемерности этой формы, и возможной ее скорой деградации.

В пос. Солнечное остается аварийным участок береговой террасы, высотой 4 м, где в настоящее время происходит развитие осыпных процессов. Береговой уступ террасы в 2013 г.

был укреплен без надлежащей научно-производственной разработки системы берегозащиты, в результате этого в ходе штормов 2013 г. аварийное состояние берега усугубилось, а берегозащитные сооружения были разрушены. Восстановительные меры 2014 и 2015 гг. не были проведены надлежащим образом, в результате чего шторм в декабре 2015 г. привел к разрушению берегового уступа и отступанию берега (рис. 43).



Рисунок 43. Последствия ошибочной берегозащиты 2013 г. в пос. Солнечное: а – 23 июля 2017 г., б – 26.11.2013 г. (после шторма), в, г – 5 июля 2017 г.

После декабрьских штормов 2015 г., вызвавших резкую активизацию комплекса ЭГП, на данном участке берега, где расположена Правительственная резиденция К-13, сложилась аварийная ситуация, что было подтверждено заключением выездной экспертной комиссии с участием представителей Комитета по природопользованию, охране окружающей среды и обеспечению экологической безопасности, ГУ МЧС по Санкт-Петербургу, Управления делами Администрации Губернатора Санкт-Петербурга.

По результатам обследования специалистами ФГБУ «ВСЕГЕИ» было подготовлено «Экспертное заключение о влиянии экзогенных геологических процессов (абразии) на состояние береговой линии в районе государственной резиденции К-13». Аварийный участок был включен в качестве приоритетных в Генеральную схему берегозащиты. В качестве мер, разработанных на основе результатов многолетнего мониторинга, предложено создание искусственного пляжа с целью компенсации дефицита наносов на подводном береговом склоне в комплексе с пляжеудерживающими сооружениями. Реализация программы берегозащиты в настоящее время отложена. Осенью 2017 г. на аварийном участке начались работы по укреплению уступа путем строительства в тыловой части пляжа, в основании авандюны, габионных укреп-

лений (рис. 44). Данные меры могут способствовать дальнейшему усугублению ситуации.

На берегу в пос. Комарово проводилось повторное нивелирное профилирование с целью определения динамики трансформации пляжа за последний год. Наблюдения на профиле 17-ПКПР-8а показывают, что бровка абразионного уступа, выработанного в береговой литориновой террасе, сместилась на 1 м в сторону суши относительно положения 2016 г. (рис. 45). Положение подножья склона осталось практически без изменений, что говорит о разрушении берега не за счет волнового размыва, а, по-видимому, вызвано гравитационными процессами – осыпанием склона. Форма пляжа имеет слабовыпуклый профиль и близка к положению 2016 года.

Участок берега в пределах ООПТ «Комаровский берег» не претерпел существенных изменений. Техногенная песчаная терраса, отсыпанная в 1988 г. в берегозащитных целях, отступила с 2015 г. на 2 м. Сравнение профилей 2016 и 2017 гг. показывает, что положение склона берегового уступа не изменилось (рис. 46). Заметное влияние на форму пляжа на профиле ПКПР-9 оказывает боковая эрозия небольшого водотока, прорезающего пляж и образующего довольно крутые борта вреза. За год отмечается расширение устья водотока с переработкой пляжевых отложений.



Рисунок 44. Строительство габионного укрепления на участке Правительственной резиденции

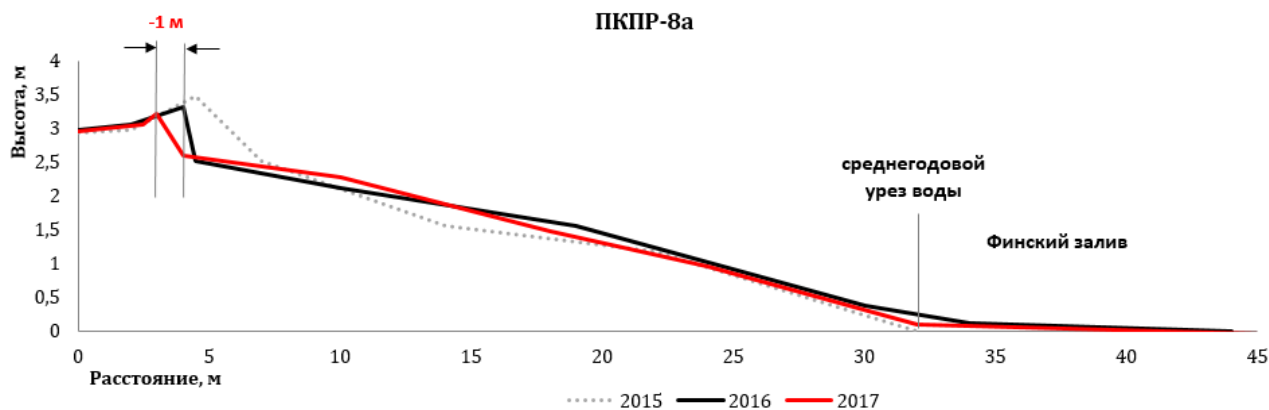


Рисунок 45. Изменение поперечного профиля пляжа № ПКПР-8а в пос. Комарово (ресторан «Макрель»)

Выполненное сравнение формы поперечного профиля береговой зоны в районе зоны отдыха «Пляжный Рай» (пос. Комарово) за 2016–2017 гг. показывает, что продолжается отступление берегового уступа за счет осыпания песчаного неустойчивого склона. Форма пляжа несколько изменилась по сравнению с 2016 г. и приобрела более выпуклый профиль. За период с 2015 по

2017 г. бровка абразионного уступа отодвинулась в сторону суши на 2 м (рис. 47).

В пункте наблюдений «Северная» на абразионно-осыпном склоне возле поселка Репино выполнено инженерно-геологическое описание разреза 17-КПР-I (рис. 48).

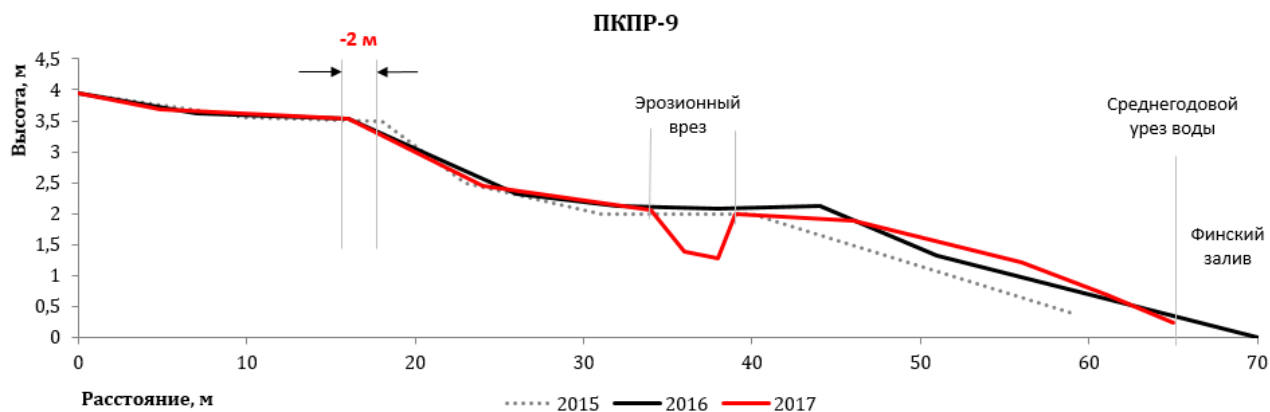


Рисунок 46. Изменение поперечного профиля пляжа № ПКПР-9 в пос. Комарово («Комаровский берег»)

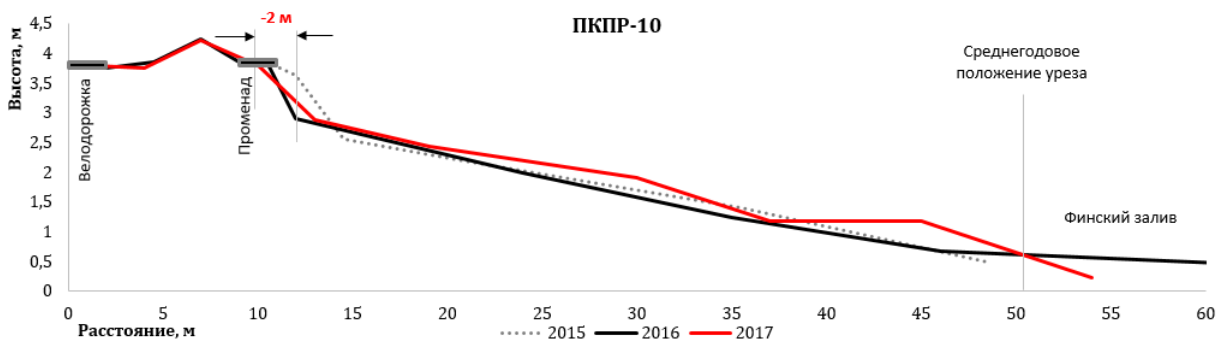


Рисунок 47. Изменение поперечного профиля пляжа № ПКПР-10 в пос. Комарово («Пляжный Рай»)

Профиль 17-КПР-I (2017 г.)
Пос.Репино (60,15293°с.ш.,29,89744°в.д.)

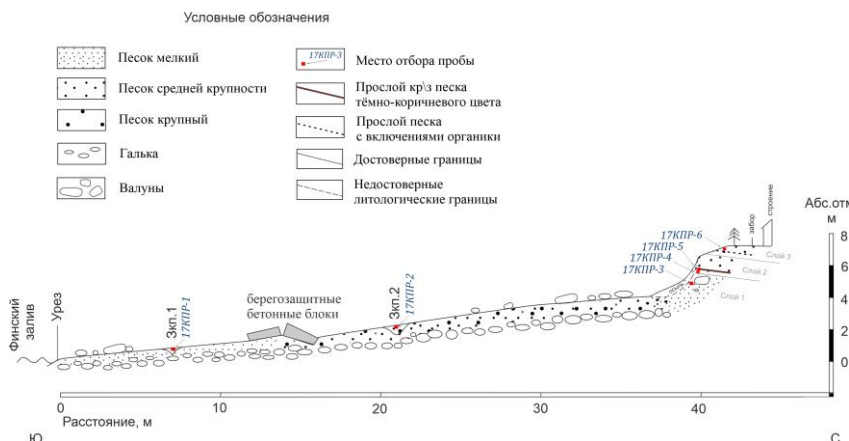


Рисунок 48. Разрез 17-КПР-I



Рисунок 49. Остатки разрушенной бетонной волноотбойной стенки на пляжевой ступени (разрез 17-КПР-I)

Разрез сложен песками различной крупности. Встречаются галька и валуны. На склон прямое воздействие оказывает волнение. Активность волновых процессов сдерживают старые бетонные волнозащитные блоки, однако от сильных штормов этой защиты недостаточно (рис. 49). В результате воздействия нагонов и сильных штормов песчаный уступ может сильно размываться, вызывая в дальнейшем обрушение вышележащих грунтов. Отложения пляжевой ступени представлены крупнозернистыми песками с галечными включениями, на поверхности – валунно-галечные отложения. По мере приближения к уступу количество валунов растет. Вдоль уреза по берегу тянутся старые полуразрушенные бетонные волноотбойные блоки. Со стороны уступа за этими блоками попадают обломки старого тростника, который не растет в непосредственной близости от исследуемого участка, что свидетельствует о зоне заплеска. Несмотря на это, бетонные блоки в целом защищают береговой уступ от воздействия волн, вода может достигать склона при сильных штормах, в период нагона воды. На пляже ближе к склону и на самом уступе (рис. 50, а) наблюдаются «островки» растительности, что положительно сказывается на его устойчивости.

Обнажение (уступ) сложено песком от тонкозернистого до крупного (рис. 51). В толще встречено несколько крупных валунов (рис. 50, б). В целом уступ довольно устойчив и разрушается незначительно в той части, где углы склона наиболее крутые. Растительный покров в верхней

части уступа (от травы до крупных деревьев) укрепляет склон. Выходы грунтовых вод не обнаружены.



а



б

Рисунок 50. а – корни в отложениях уступа; б – валун в толще песчаных отложений

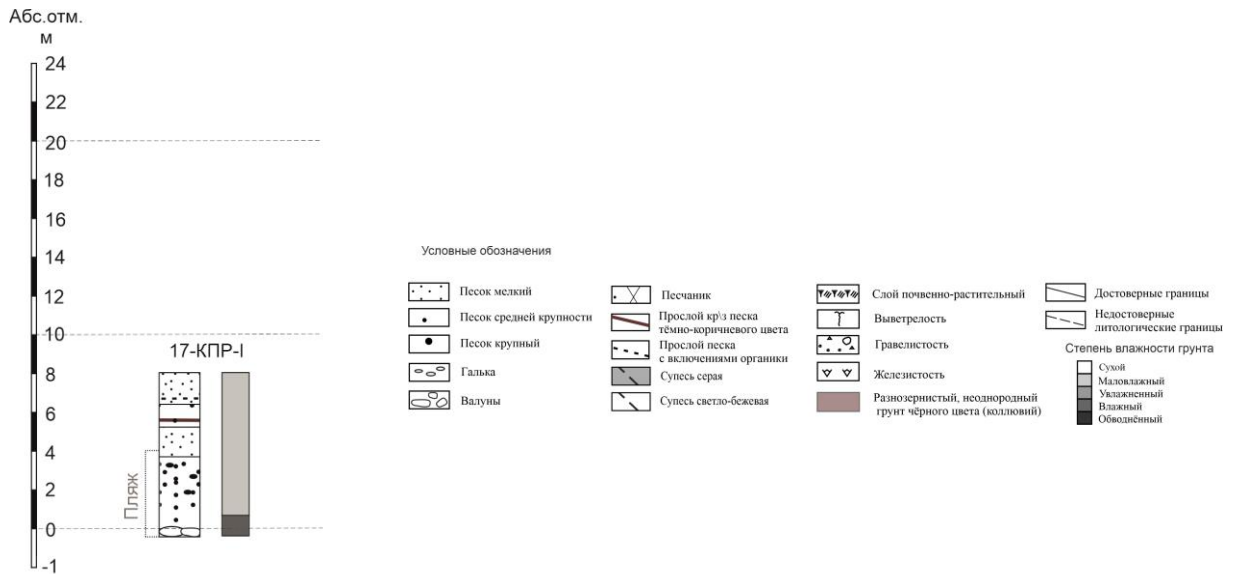


Рисунок 51. Колонка по разрезу 17-КПП-I

Донный пробоотбор в 2017 г. был выполнен на участке ранее проведенного многолучевого эхолотирования в пределах подводной террасы напротив пос. Комарово (рис. 52). По данным многолучевого эхолотирования и ГЛБО установлено наличие на поверхности террасы крупных песчаных валов и ложбин, пересекающих

ее площадку и склоны (рис. 53). Сравнение результатов эхолотирования, выполненного ВСЕГЕИ в 2011–2015 гг., с опубликованными навигационными картами масштаба 1 : 25 000 позволили выявить процесс постепенного размыва и отступления края подводной террасы (рис. 54).

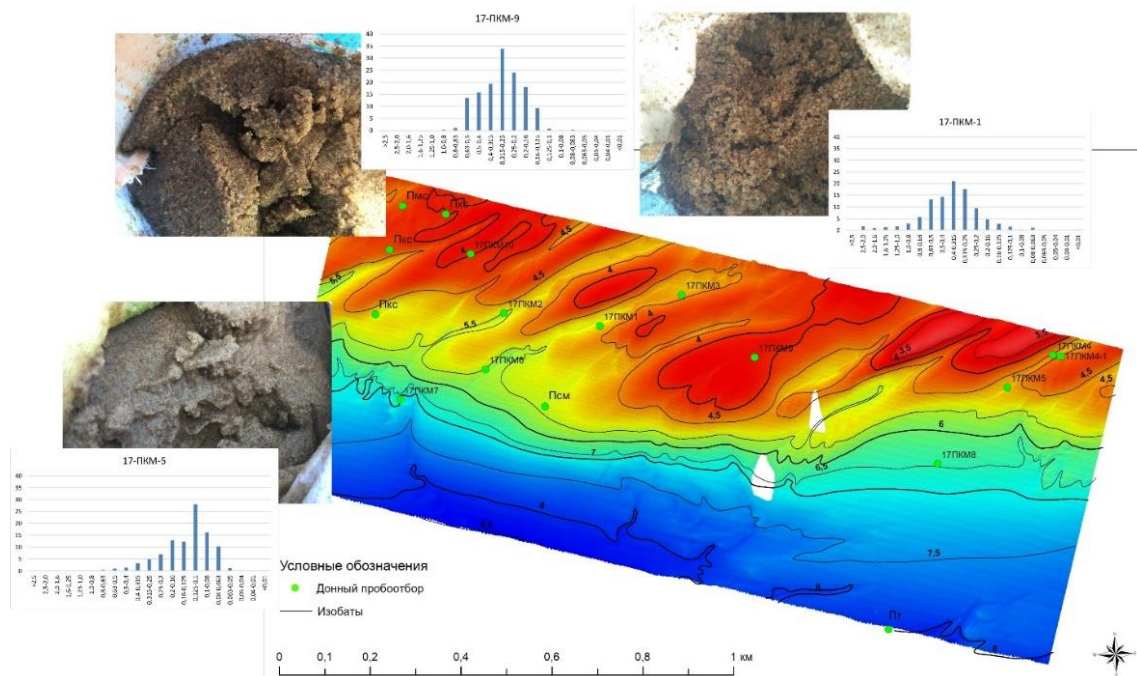


Рисунок 52. Станции отбора проб и образцов грунта в пункте наблюдений «Северная береговая зона Финского залива в пределах Курортного района Санкт-Петербурга» в 2017 г. и гистограммы гранулометрических распределений

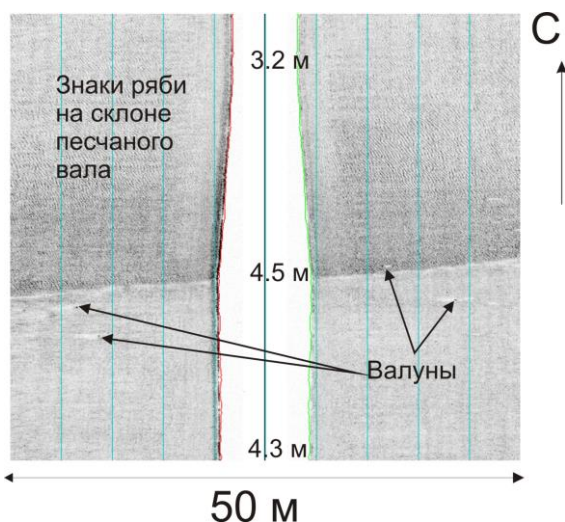


Рисунок 53. Фрагмент сонограммы с изображением склона подводного песчаного вала

Анализ гранулометрического состава отложений подводной террасы показал, что на поверхности и склоне террасы преобладают плохо сортированные ($S_o 1,78-2,17$) крупно-среднезернистые пески. В ложбинах пески также характеризуются низкой степенью сортированности ($S_o 1,76-2,12$), однако по составу это тонко-мелкозернистые пески. Сравнительный анализ массива данных о гранулометрическом составе песков прибрежных мелководий Курортного района показывает, что отложения эрозийных ложбин стока, аккумулятивной равнины по периферии ложбин и подводной террасы четко различаются между собой (рис. 55).

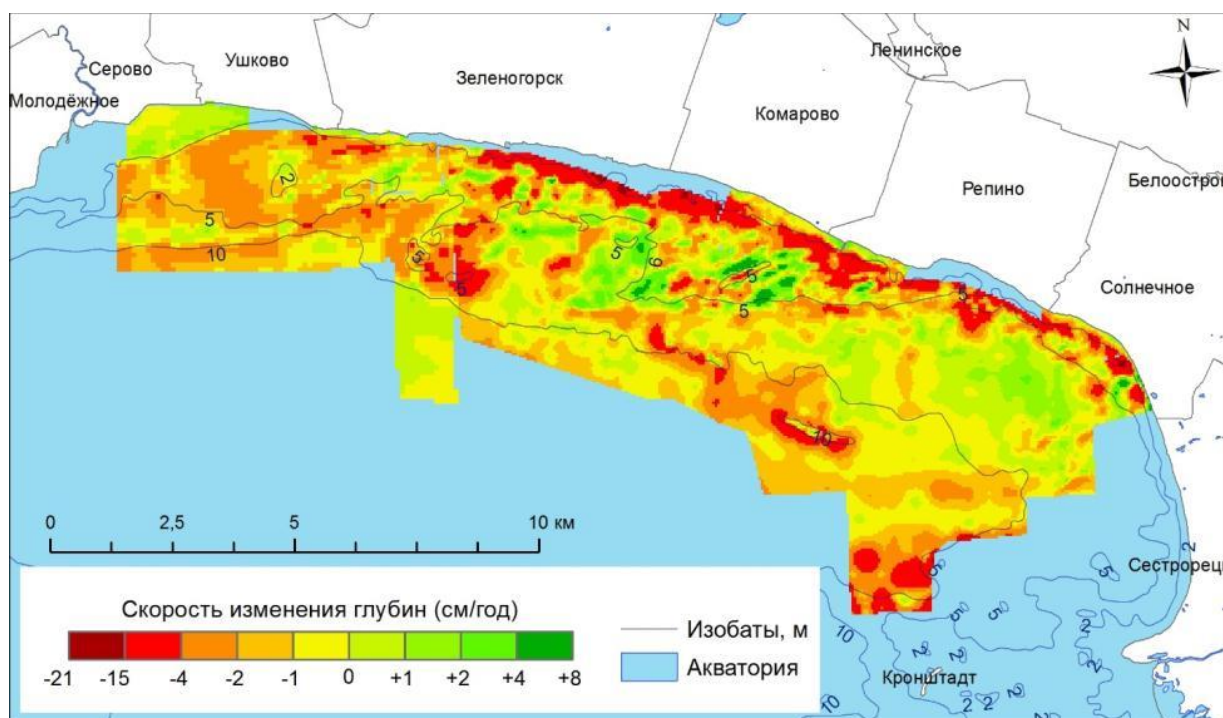


Рисунок 54. Средние скорости изменения глубин подводного берегового склона (см/год)



Рисунок 55. Гранулометрические параметры песчаных отложений различных фациальных зон подводного берегового склона. Пункт наблюдений «Северная береговая зона в пределах Курортного района»

Выводы по состоянию геологической среды в пункте наблюдений «Северная береговая зона в пределах Курортного района»

Проведенное в 2017 г. обследование берегов Курортного района г. Санкт-Петербурга показало, что за прошедший год существенных преобразований и нарушений геологической среды береговой зоны, вызванных естественными экзогенными геологическими процессами, не наблюдается. Подобное положение обусловлено отсутствием за прошедший осенне-зимний сезон негативного штормового воздействия на берега. Метеорологические условия способствовали быстрому образованию ледяного покрова на акватории, что привело к блокировке берега от переработки волнами. Неясным остается источник

поступления песчаного материала для роста аккумулятивной формы в пос. Репино в районе гостиницы «Репинская». Заметные изменения состояния геологической среды береговой зоны обусловлены преимущественно техногенным вмешательством, оказывающим в некоторых случаях, к примеру рефулирования, положительный эффект на устойчивость берегов к размыву.

Наблюдения за прошедший год показали, что в целом сохраняется проблема деградации берегов в результате дефицита песчаных наносов на подводном береговом склоне. Проблема укрепления берегов и защита объектов инфраструктуры от волновой абразии остается нерешенной и требует принятия мер по реализации проекта берегозащиты.

Пункт наблюдений «Южная береговая зона в районе пос. Большая Ижора»

Состав наблюдательной сети

Виды наблюдений

Маршрутные обследования южного берега Финского залива от пос. Лебяжье до пос. Большая Ижора проводились в июле 2017 г. (рис. 56). Протяженность маршрутов составила 24 км. Работы были сконцентрированы на участках с проявлением опасных ЭГП. Наиболее распространенным видом ЭГП, проявленным в рассматриваемой береговой зоне, является комплекс абразионных процессов, приводящий к отступанию побережья и значительной переработке берегов, а также группа обвально-осыпных процессов на западе участка. В пределах пункта наблюдений выполнено инженерно-геологическое описание и отбор проб на двух опорных разрезах: 17-ЛБР-I, 17-ЛБР-II. На разрезах отобрано 23 образца на гранулометрический анализ и три монолита для комплексного изучения физических и физико-механических свойств грунтов. При проведении полевого описания разрезов для глинистых грунтов были измерены показатели

сопротивления грунта вращательному срезу и удельное сопротивление пенетрации.

Отбор проб донных грунтов (10 станций) в зоне прибрежного мелководья (глубины 0–3 м), между пос. Лебяжье и пос. Большая Ижора проводился в июле 2017 г. в районе, примыкающем к аварийному участку берега с расположенным на нем шоссе Санкт-Петербург–Ручьи. Работы на акватории выполнялись с моторной лодки.

Результаты мониторинга. Экзогенные геологические процессы

В районе пос. Чёрная Лахта, расположенного на западе пункта наблюдений, продолжают развиваться процессы зарастания подводного берегового склона водной растительностью (рис. 57). Как правило, побережье в этой части береговой зоны низменное, характеризующееся процессами заболачивания (от т.н. 17ЛБ1 до т.н. 17ЛБ3), что обусловлено особенностями приповерхностного геологического строения.

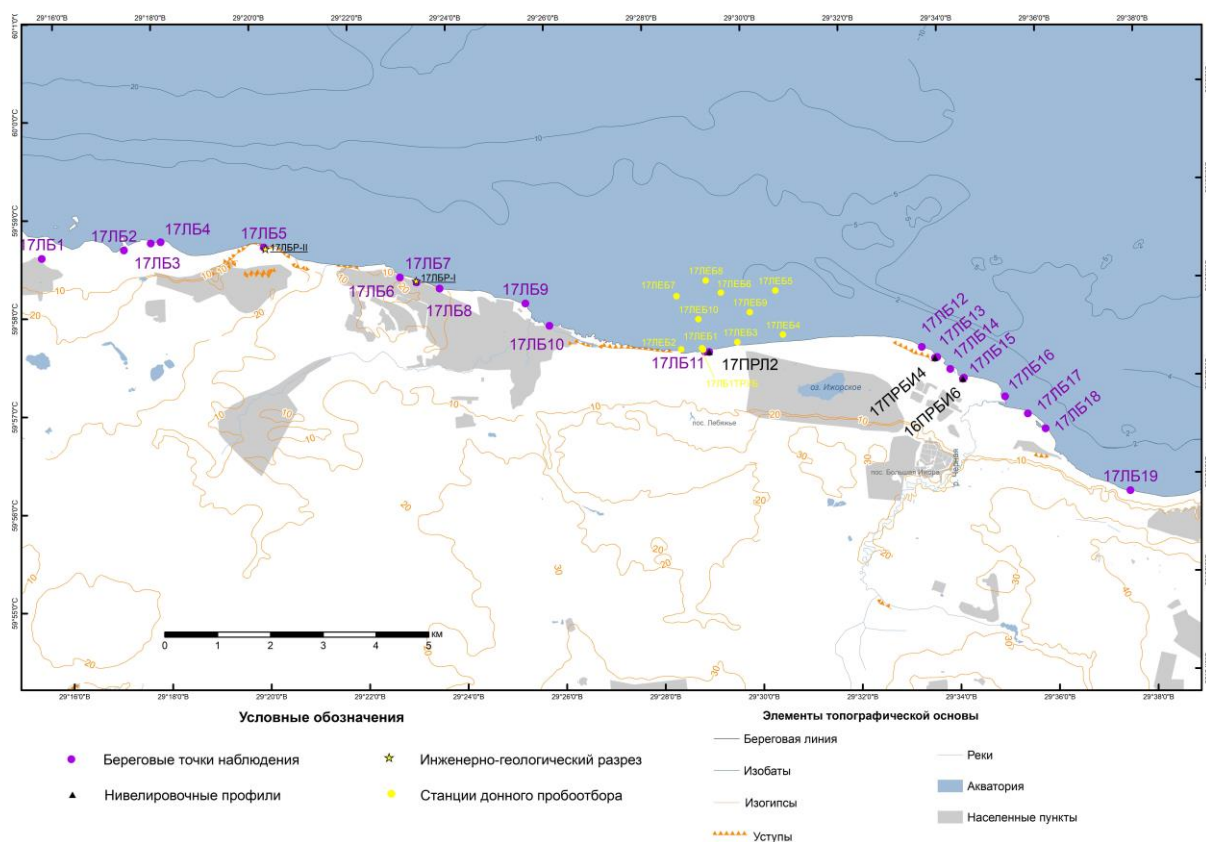


Рисунок 56. Схема фактического материала 2017 г. в пункте наблюдений «Южная береговая зона в районе пос. Большая Ижора»



Рисунок 57. Зарастание подводного берегового склона водной растительностью в пос. Чёрная Лахта

В основании маломощных песчаных пляжей залегает прослой неоплейстоценовых валунных суглинков, являющихся водоупором. По его поверхности происходит высачивание грунтовых вод, которое фиксировалось в т.н. 17ЛБЗ, 17ЛБ11 и др. Наличие пластичных суглинков в основании береговых уступов, как правило, способствует усилению размыва вышележащих песчаных отложений, которыми сложены береговые террасы в тех же точках наблюдения.

К востоку от пос. Чёрная Лахта наблюдается развитие абразионных процессов с разрушением побережья территории турбазы КМОЛЗ «Янтарный Берег». Расположенные на песчаной литориновой террасе строения турбазы частично нависают над абразионным уступом высотой около 2 м. За прошедший год наблюдается отступление уступа, падение произрастающих на террасе деревьев на пляж и увеличение степени угрозы обрушения построек (рис. 58). Возможно, в условиях незначительного штормового воздействия за период 2016–2017 гг. на этом участке развитие ЭГП связано, в первую очередь, с



Рисунок 58. Разрушение побережья территории турбазы КМОЛЗ «Янтарный берег» с 2016 по 2017 гг. а – фото 14 июля 2016 г., б – фото 6 июля 2017 г.

осыпанием склона берегового уступа, а не с волновой переработкой берегов.

Наиболее значительным развитием осыпных процессов характеризуется береговая зона в пос. Форт Красная Горка, где береговые уступы высотой 20–25 м, выработанные в

валунных супесях неоплейстоценовых отложений [Государственная геологическая ..., 1964], активно разрушаются под действием абразионных и гравитационных ЭГП.

Наблюдения за 2016–2017 гг. показывают увеличение объемов осыпного материала у подножья склона (рис. 59). Наблюдается обрушение наклоненных деревьев и сползание дерна по склону. Расширение осыпного тела, вероятно, связано не только с усилением гравитационных процессов, но и с отсутствием достаточно существенного размыва основания осыпи за прошедший год.

На одном из аварийных участков берега на западе пос. Лебяжье произведены берегозащитные мероприятия частных территорий, расположенных на высокой (около 20 м) береговой террасе (рис. 60). Береговая зона существенно изменилась на этом отрезке берега за период наблюдений с 2013 по 2017 г. Укрепленный берег сохранил свою устойчивость по сравнению с незакрепленным склоном берегового уступа на соседнем участке,

однако в результате осуществленного строительства пляж перед волноотбойной стенкой полностью исчез.

Прошедшие шторма несколько раз разрушали шпунтованные и габионные сооружения, но оперативное их восстановление позволяло сохранить нетронутым береговой уступ. В 2017 г. начаты работы по укреплению берего-

вого уступа к востоку от защищенного берега. Сооружения, защищающие песчаную террасу высотой 2–3 м, представляют собой закопанные до уровня воды бетонные блоки, наращенные вверх армированной бетонной стенкой, идущей вровень с террасой. Жесткая конструкция волноотбойной вертикальной стенки, вероятно всего, будет подвергаться наибольшему ударному воздействию волн, разрушающихся в береговой зоне. Если проект берегозащиты не подразумевает создание перед стенкой искусственного волногасящего пляжа, то со временем вероятны негативные последствия такого строительства, выражающиеся в разрушении стенки, вымывании грунта из-за нее во время шторма и полном размыве пляжа перед стенкой.

Состояние аварийного участка берега между пос. Лебяжье и пос. Большая Ижора, где шоссе Санкт-Петербург–Ручьи подходит вплотную к берегу, на 2017 г. остается стабильным (рис. 61). Склон укреплен в основании гранитными блоками, выше откосы закрыты бетонными плитами. Состояние сооружений на момент наблюдений хорошее, однако подобный вид сооружений привел к полной деградации естественного пляжа.

Восточнее прослеживается незакрепленный участок берега с абразионным уступом в песчаной береговой террасе высотой 3 м над уровнем моря (рис. 62). Проведенные здесь нивелировочные работы по профилю 17-ПРЛ-2 показывают, что положение бровки абразионного уступа с 2014 г. по 2017 г. осталось без изменений, хотя на берегу наблюдается обрушение деревьев.



Рисунок 60. Осыпной абразионный уступ на западе пос. Лебяжье: *а* – незакрепленный участок берега на фоне берегозащитных сооружений в 2016 г. (фото 24 мая 2016 г.); *б*, *в*, *г* – начало возведения берегозащиты к востоку от укрепленного берега в 2017 г. (фото 6 июля 2017 г.)



Рисунок 61. Участок шоссе Санкт-Петербург – Ручьи: *а* – во время шторма 2013 г., с первым вариантом берегозащитных сооружений (фото 17 ноября 2013 г.); *б* – берегозащитные сооружения, возведенные в 2015 г. (фото 6 июля 2017 г.)



Рисунок 62. Незакрепленный участок берега с абразионным уступом в песчаной береговой террасе вблизи шоссе Санкт-Петербург–Ручьи

Сравнение профилей за три года показывает сокращение мощности пляжевых отложений, защищающих береговой уступ от штормового воздействия, на 1 м (рис. 63). В дальнейшем следует ожидать размыва берегового уступа, расположенного в непосредственной близости от автомагистрали.

Высокая степень проявления ЭГП в береговой зоне отмечена на участке естественного берега в пос. Большая Ижора. Многолетние наблюдения на этом берегу позволили установить механизм и определить направленность процессов развития береговой зоны, что дает возможность с высокой степенью достоверности прогнозировать изменения берега в ближайшие годы.

Береговая линия в пос. Большая Ижора отличается повышенной динамикой изменения берегового контура. Колебания положения берега могут достигать нескольких десятков метров в год, что обусловлено экспозицией береговой линии к преобладающим ветровым волнам, и связанным с

ним переносом песчаного материала вдоль берега. На данном участке берега развиты так называемые «вдольбереговые песчаные волны», представляющие собой чередующиеся вогнутости и выступы берега, смещающиеся вдоль берега по ходу движения наносов.

Нивелировочные профили, выполненные на динамическом участке берега, отличаются пульсационным характером изменения: в течение нескольких лет направленность развития берега может сменяться с положительной на отрицательную и наоборот.

Профиль, выполненный по линии ПРБИ-4, с 2014 по 2015 г. находился на абразионном участке берега, скорость отступления берега составляла до 6 м в год (рис. 64), к 2017 г. тенденция изменилась на положительную и в настоящее время нарастание пляжа составило +14 м относительно 2015 г. В ближайшие годы следует ожидать продолжения положительной динамики на данном отрезке берега.

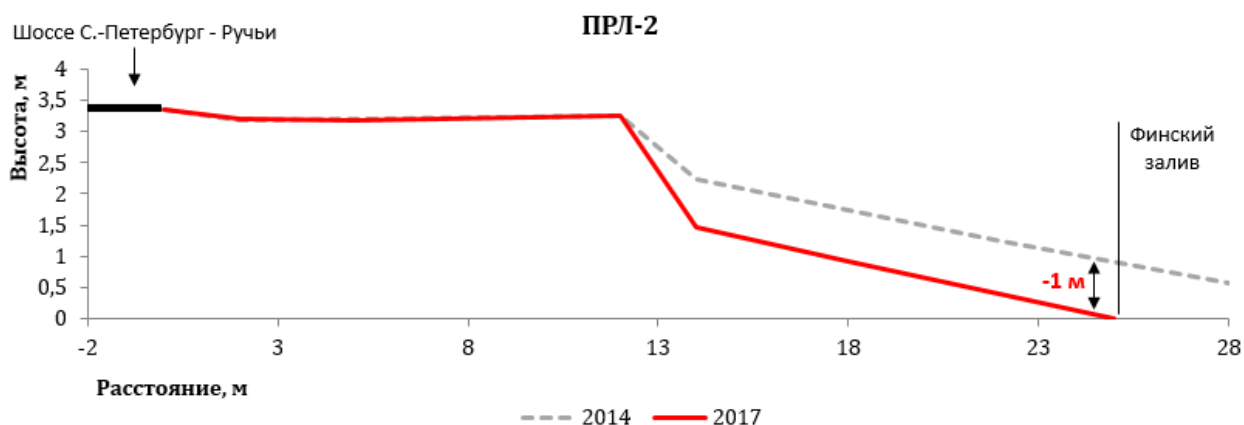


Рисунок 63. Изменение поперечного профиля пляжа № ПРЛ-2 в пос. Лебяжье

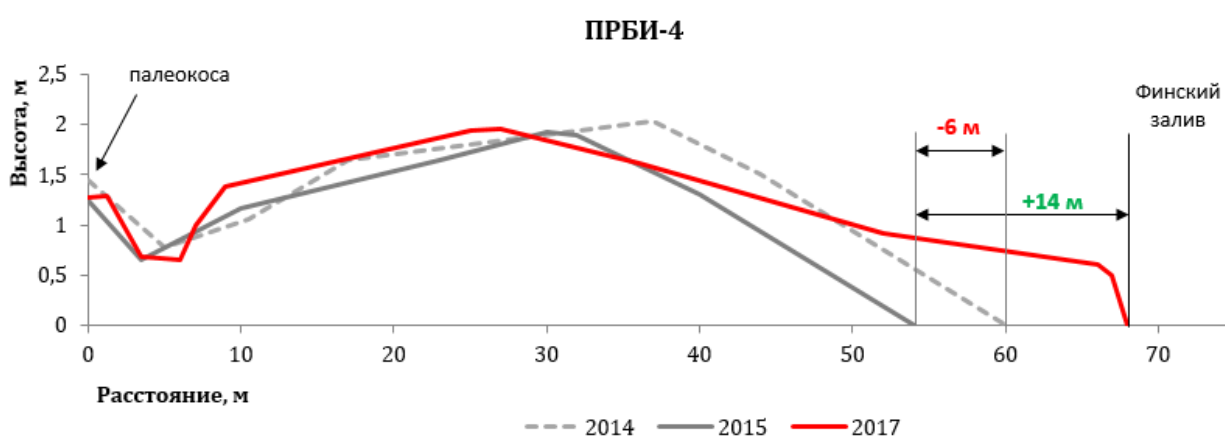


Рисунок 64. Изменение поперечного профиля пляжа № ПРБИ-4 в пос. Большая Ижора

Измерения по профилю № ПРБИ-6, выполненные в 2014, 2015 и 2017 гг., показывают, что на этом участке берега в настоящее время наблюдаются процессы расширения берегового вала (пляжа) и увеличение его мощности на 0,5 м с 2015 по 2017 год (рис. 65). Ранее (2014–2015 гг.) отмечался размыв пляжа и смещение песчаного вала в сторону лагуны, расположенной за валом. Положительная динамика последних лет

наблюдений обусловлена поступлением песчаного материала с соседнего участка берега (с запада) в виде песчаной вдольбереговой волны, нарастающая часть которой примкнула к ранее абразионному участку берега. Вероятнее всего, в ближайшие годы подобная тенденция сохранится, что окажет положительный эффект на сохранность берега на этом участке.

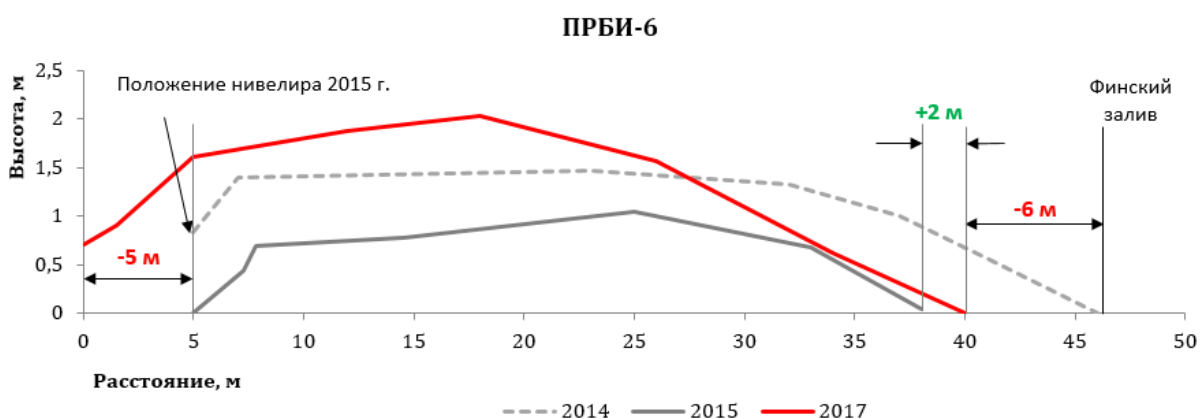


Рисунок 65. Изменение поперечного профиля пляжа № ПРБИ-6 в пос. Большая Ижора

Результаты актуальной GPS съемки 2015 г. берегового контура, наложенные на космоснимок от 06.06.2014 г. (Google Earth), показаны на рис. 66. Была установлена динамика изменения береговой линии, проявленная в западной части участка смещением береговой линии (по принципу «вдольбереговых песчаных волн») с интенсификацией процесса с запада на восток, от 10 м до 20 м соответственно. В результате западный участок выступающего берега подвержен размыву, достигающему 12 м за 2014–2015 гг. В устье реки Чёрная наблюдались процессы заносимости фарватера в результате роста песчаной косы, что препятствует передвижению маломерных судов. В устье реки проводятся дноуглубительные работы при помощи экскаватора.

Анализ космоснимков с 2011 по 2017 гг., проведенный для участка берега в пос. Большая Ижора, позволил выделить три динамические зоны (рис. 67): зону миграции песчаных наносов по принципу «вдольбереговых песчаных волн», идущую полосой вдоль берега шириной около 100 м; зону абразии, где происходит исключительно отступление береговой линии шириной 50 м; зону интенсивной аккумуляции шириной 50 м. Протяженность динамических участков берега различна (от первых сотен метров до 1 км), и в ней наблюдается чередование абразионных и миграционных участков. Учитывая высокую для Финского залива степень переработки берегов в пос. Большая Ижора, этот участок берега следует рассматривать как потенциально опасный для ведения любого вида деятельности в данной береговой зоне.

На абразионно-осыпном склоне в западной части пос. Красная Горка (в районе форта) было

выполнено детальное инженерно-геологическое обследование разреза 17-ЛБРИ (рис. 68–70). Высота уступа 26 м. В разрезе выделяются три пачки. В составе отложений преобладают пески различного гранулометрического состава, подчиненное положение занимают прослой супесей и грубообломочных отложений (гравий, галька, мелкие валуны). Верхняя пачка представлена преимущественно среднезернистым песком (содержание частиц 0,25–0,5 мм 34 %, частиц 0,5–1,0 мм – 22 %) с включениями и прослоями гравия.

В целом эта часть берегового уступа носит неустойчивый характер, что подтверждает внушительная, незадернованная осыпь ниже по склону. Из-за отсутствия оборудованных спусков к урезу воды на рыхлые песчаные породы верхней пачки оказывается существенное механическое воздействие (рис. 68), провоцируя нарушение устойчивости склона. Верхняя часть уступа, как и весь склон, подвержена действию дождевых и талых вод.

Ниже в разрезе выделяются прослой несогласно залегающих песков различной крупности, супесей (имеют небольшие мощности), гравелистых песков и грубообломочных отложений (до мелких валунов).

Углы склона в этой части разреза наиболее крутые. Верхняя часть этой пачки, состоящая преимущественно из пылеватого песка (табл. 3, 4), образует склон с меньшим углом, чем более крутая нижняя часть пачки, сложенная более плотным крупным песком с большим количеством валунов, гальки и гравия. Между пылеватым и крупным песком наблюдается тонкий прослой супесей, который простирается в обе стороны, увеличиваясь по мощности в восточном направлении.



Рисунок 66. Результаты актуальной GPS съемки берегового контура, наложенные на космоснимок от 09.07.2014 г. (Google Earth)

Таблица 3. Физико-механические свойства отложений разреза 17-ЛБР1

№ образца	Влажность на границе		Число пластичности Ip	Потеря при прокаливании, де.	Природная влажность W, де.	Плотность грунта ρ , г/см ³	Плотность частиц грунта ρ_s , г/см ³	Коеф. пористости e	Коеф. водонасыщенности Sr	Показатели консистенции		Уд.сопр. пенетр. R кгс/см ²	Удельное сцепление с, МПА	Угол внутреннего трения ϕ , градус	Примечания
	текучести WL, де	раскатывания Wp де.								IL	CV				
17-ЛБР-I-13	0,276	0,217	0,059	0,010	0,227	1,97	2,70	0,682	0,90	0,17	-0,1		0,042	28	супесь кор.пыл.ожел.с пр.пыл.песка,хрупкая
17-ЛБР-II-1	0,282	0,221	0,061	0,011	0,220	2,06	2,70	0,599	0,99	-0,02	-0,14	3,0	0,049	36	супесь коричневая пыл.с пр.ожел.песка
17-ЛБР-I-9	0,260	0,196	0,064	0,014	0,212	2,08	2,70	0,573	1,00	0,25	0,03		0,032	28	супесь серая пыл.слоистая с ед.гравием

Таблица 4 . Результаты полевых испытаний грунтов

Обнажение	Положение в разрезе	Соппротивление грунта	Удельное сопротивление
		вращательному срезу, кг/см ²	пенетрации, кг/см ²
17-ЛБР1	Серый суглинок на 20 м по ленте	0,62	4,3
17-ЛБР1	Светло-серый суглинок на 19,8 м по ленте	0,64	>6
17-ЛБР1	Слой с монолитом 17-ЛБР-I-9	0,92	4,3
17-ЛБР1	Слой с монолитом 17-ЛБР-I-13	0,82	4,7
17-ЛБРII	Слой 2, нижний прослой супесей	0,35	5,4
17-ЛБРII	Слой 2, верхний прослой супесей	0,1	2,5
17-ЛБРII	Слой 2, рядом с монолитом 17-ЛБРII-1	0,15	1,5

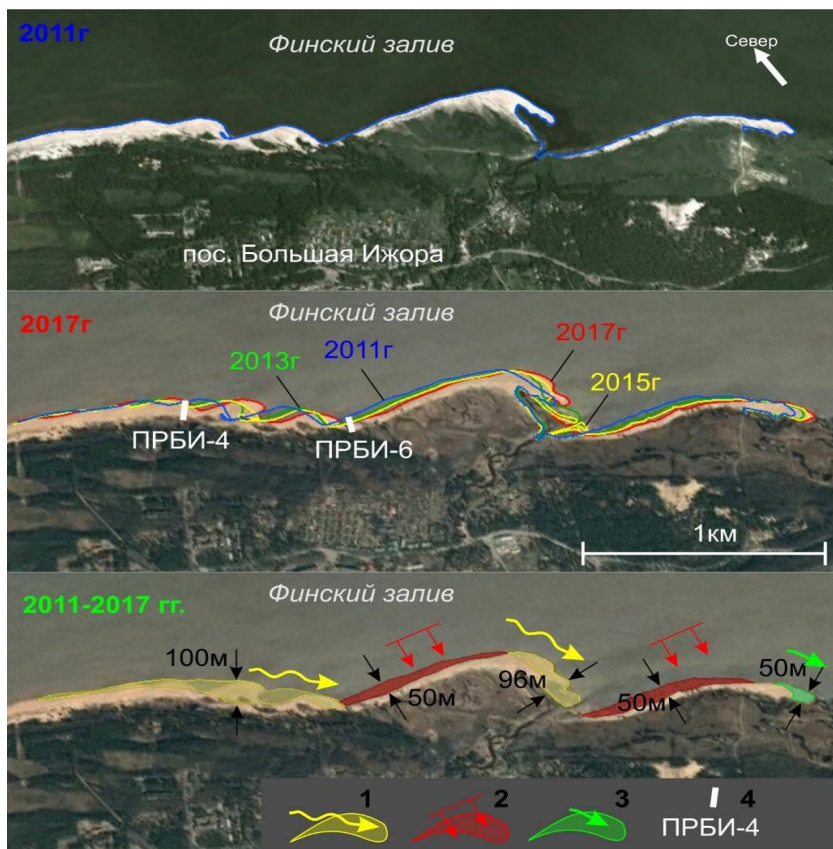


Рисунок 67. Анализ изменения береговой линии в пос. Большая Ижора с 2011 по 2017 гг.: 1 – зона перемещения вдольбереговой песчаной волны; 2 – зона размыва берега; 3 – зона нарастания берега; 4 – положение нивелировочных профилей



Рисунок 68. Необорудованный спуск к воде

На береговой уступ влияние оказывает дефляция. При сильных ветрах из рыхлых песчаных пород выносятся мелкие и пылеватые частицы, в результате чего грунт перемещается ниже по разрезу. Это явление выражено слабо и вносит незначительный вклад в разрушение уступа. Отложения пляжевой ступени представлены крупнозернистыми песками, мощность

которых не превышает 10–20 см. На поверхности наблюдаются валунно-галечные отложения.

По результатам испытаний монолита 17-ЛБРИ-1, который был отобран в 50 м к востоку от линии разреза для более детального изучения свойств супеси, видно, что прочностные свойства грунта этого слоя довольно высоки. По консистенции это твердая супесь. Угол внутреннего трения составляет 36° , что является самым высоким показателем среди исследованных грунтов. Однако принципиальное отличие данного образца от супеси, которая залегает непосредственно по линии разреза – это влажность. Из тонкого прослоя супесей на участке разреза высачивается вода, что уменьшает устойчивость склона. Особенную опасность этот процесс обретает в период обильных дождей, а также во время снеготаяния. У подножия уступа сформирован осыпной склон (высота осыпного тела около 3 м).

Второй разрез, выбранный для выполнения детальных инженерно-геологических обследований (17-ЛБРИ), расположен в пос. Лебяжье (рис. 71). Высота уступа 17 м. Склон практически полностью покрыт оплывшими породами (рис. 72). Верхняя часть склона представлена трещиноватым песчаником. Углы склона в этой части разреза наиболее крутые, что связано с высокой плотностью отложений. Массовое разрушение этой практически вертикальной стенки происходит не постоянно, а периодически, о чем свидетельствует прослой грунта с фрагментами песчаника верхнего слоя в закопушке 1 (см. врезку на рис. 71).



Рисунок 69. Вид обнажения (разрез 17-ЛБРИИ)

Профиль 17-ЛБР-II (2017 г.)
у пос. Лебяжье, форт «Красная горка» (59,97720°с.ш., 29,33638°в.д.)

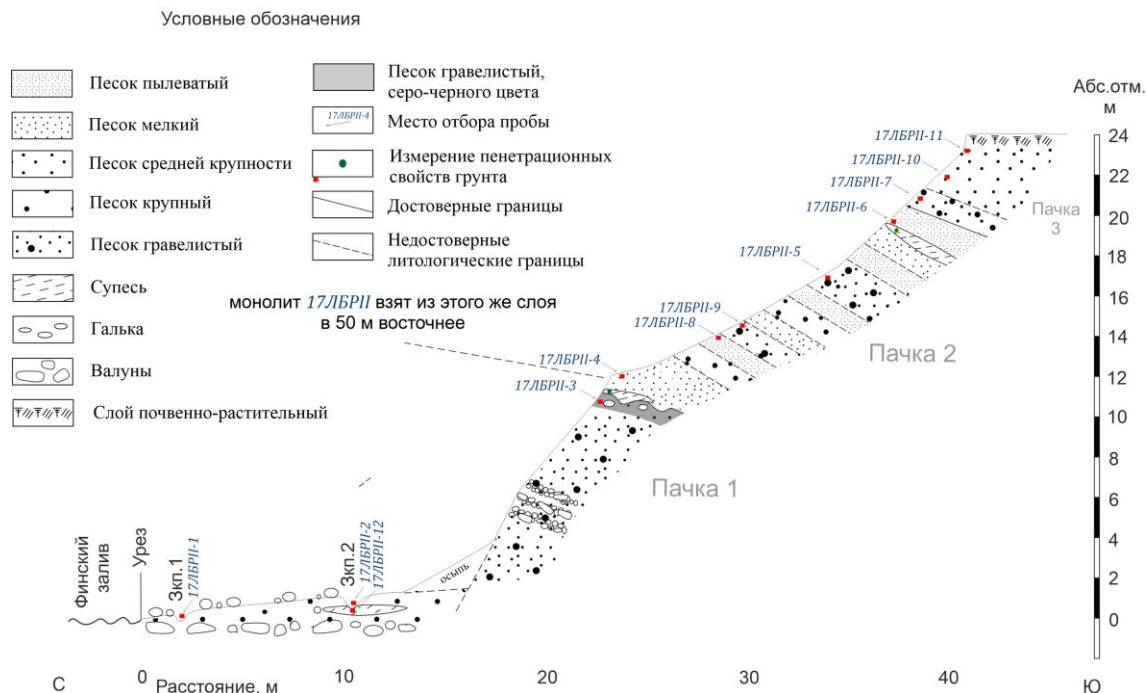


Рисунок 70. Разрез 17-ЛБРII

Профиль 17-ЛБР-I (2017 г.)
Пос. Лебяжье (59,97083°с.ш., 29,38806°в.д.)

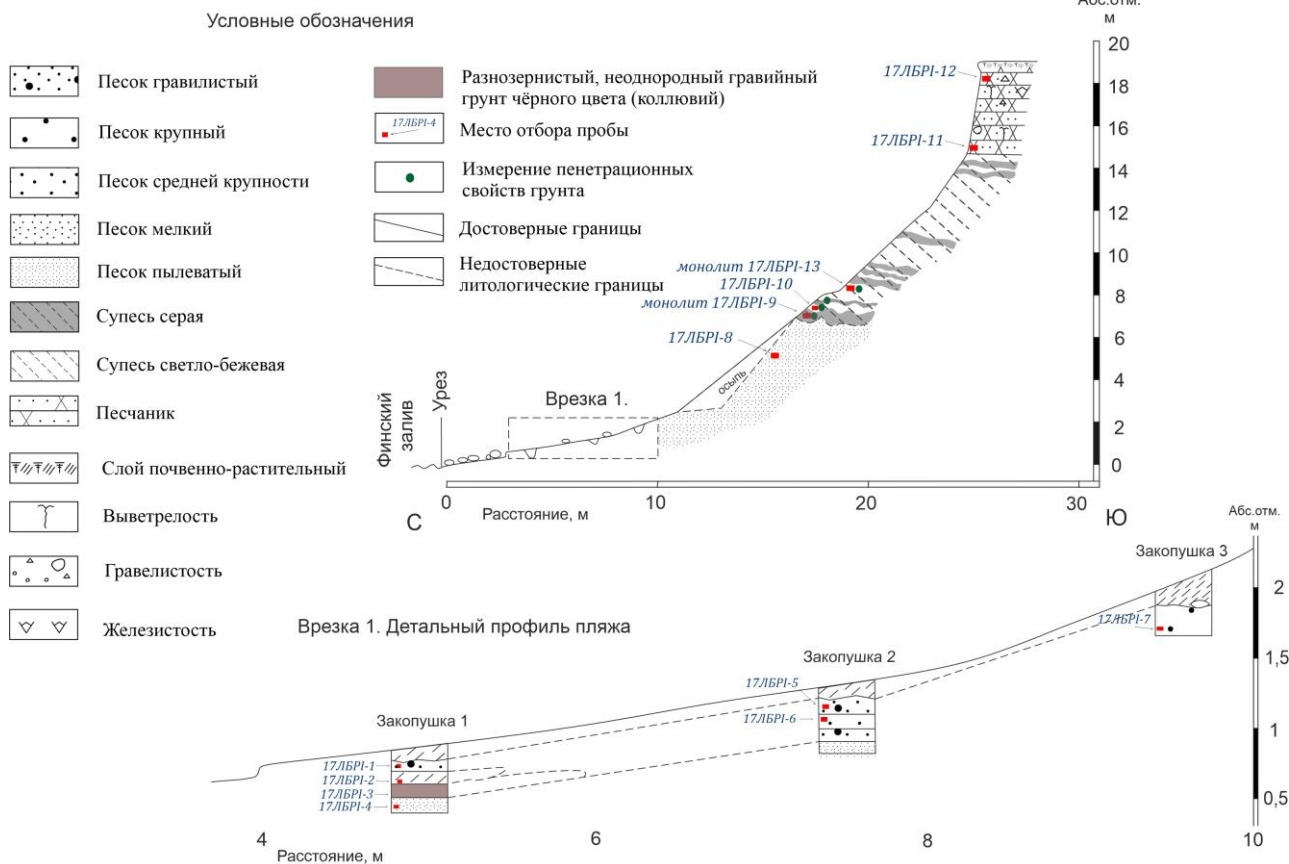


Рисунок 71. Разрез 17-ЛБРI

Судя по всему, в период образования этого слоя произошло мощное обрушение пород верхней части. Это могло быть вызвано вымыванием пород из нижележащих слоев. Ниже по склону, под отложениями песчаного состава залегают супеси. Они подвержены размыву, воздействию поверхностных и грунтовых вод, о чем свидетельствует характер осыпи и оплывин, перекрывающих нижележащие слои и отложения пляжа. Вероятно, разрушение уступа носит циклический характер. Слой супесей размывается до тех пор, пока устойчивость вышележащих песчаников не достигнет минимального значения и не произойдет обрушение. В дальнейшем цикл может повторяться. Результаты испытаний указаны в табл. 6. Супеси по консистенции оказались пластичными, при этом их консистенция ближе к твердой, нежели к текучей ($IL = 0,17-0,25$). По результатам сдвиговых испытаний определены удельное сцепление и угол внутреннего трения, значения которых оказались довольно высокими ($c = 0,032-0,042$ МПа, $\varphi = 28^\circ$). Все глинистые грунты данного разреза, испытанные карманным пенетрометром и крыльчаткой при проведении полевого описания, показали себя как весьма прочные (табл. 7). Сопротивление грунта вращательному срезу составляет $0,62-0,92$ кг/см². Удельное сопротивление пенетрации превышает $4,3$ кг/см². Под супесями залегают тонкозернистый песок бежевого цвета. Отложения пляжевой ступени представлены песками различной крупности. На поверхности – оплывший с верхних слоев грунт мощностью до 20 см.

Если рассматривать оба исследованных уступа, можно сделать вывод о том, что наибольшее влияние на них оказывает волновая абразия, талые и дождевые воды, а также (для разреза 17-ЛБРІ) – антропогенное воздействие (перемещение людей непосредственно по склону). Уступы можно охарактеризовать, как неустойчивые.



Рисунок 72. Общий вид обнажения 17-ЛБРІ

По результатам полевого описания разрезов и изучения образцов грунта в лаборатории были построены колонки (рис. 73), отражающие гранулометрический состав грунтов, и их приблизительную влажность.

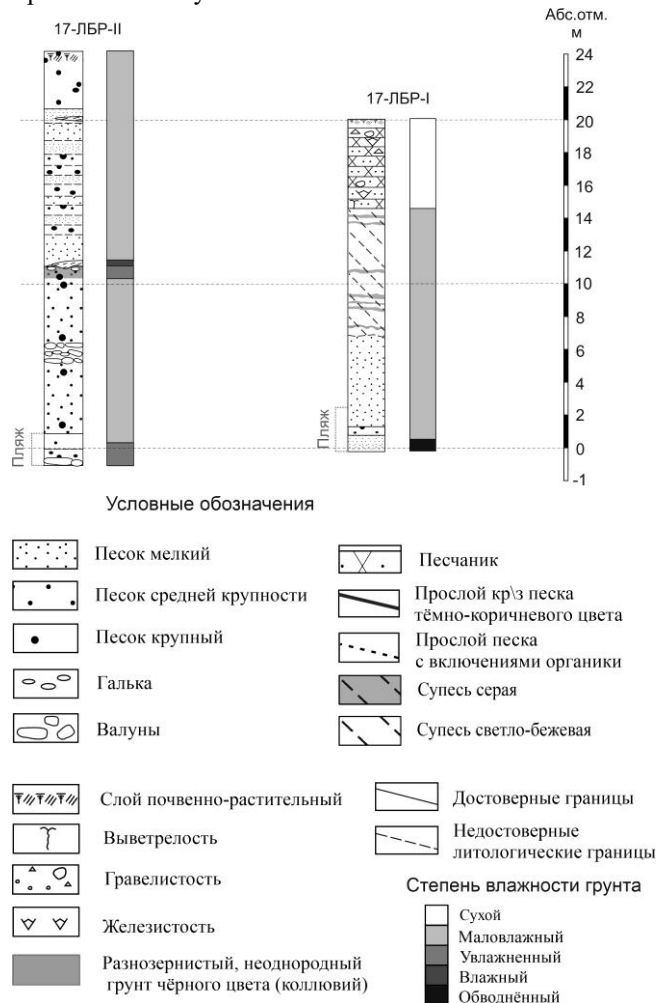


Рисунок 73. Колонки по разрезам пункта наблюдений «Южная береговая зона в районе пос. Большая Ижора»

В 2017 г. на участке абразионного берега с активным береговым уступом высотой 18 м в пос. Лебяжье было выполнено наземное лазерное сканирование. Пляж перед уступом выровненный, не полного профиля, низкий, сложенный переслаиванием коллювиальных суглинистых и прибрежно-морских песчаных отложений. В береговой зоне широко развиты валуны. В восточной части полигона береговой уступ укреплен шпунтовой стенкой. Пляж перед стенкой полностью отсутствует. На береговой террасе расположены частные постройки (рис. 74).



Рисунок 74. Полигон исследования на космоснимке Yandex

Анализ трансформации рельефа береговой зоны производился по данным съемки 2016 и 2017 гг., выполненным в летний сезон. Результаты сравнения показаны на рис. 75. За анализируемый интервал времени в восточной части Финского залива не наблюдались экстремальные шторма. Метеорологические условия характеризовались среднестатистическими показателями атмосферных осадков.

Сравнительный анализ показывает, что существенные изменения рельефа береговой зоны приурочены к верхней части берегового уступа, где наблюдается деградация бровки берегового уступа на всем протяжении участка сканирования. Наибольшая степень деградации приурочена к эрозионным врезам на склоне. В пределах врез за период 2016–2017 гг. уступ отодвинулся в среднем на 2 м (рис. 76, 77). На участках относительно выровненной части склона мощность перемещенных отложений составила около 1 м. Зона накопления склоновых отложений приурочена к нижней части склона в интервале высот от 1 м до 6–9 м. Коллювиальные отложения перекрывают более ранние склоновые образования. Мощность накопленных за один год образований составляет, в среднем, около 1 м. Напротив эрозионных врез отложения образуют конусы выноса, достигающие поверхности пляжа и перекрывающие песчаные морские наносы. В целом на всем полигоне съемки отмечается выхолаживание абразионного уступа (рис. 77).

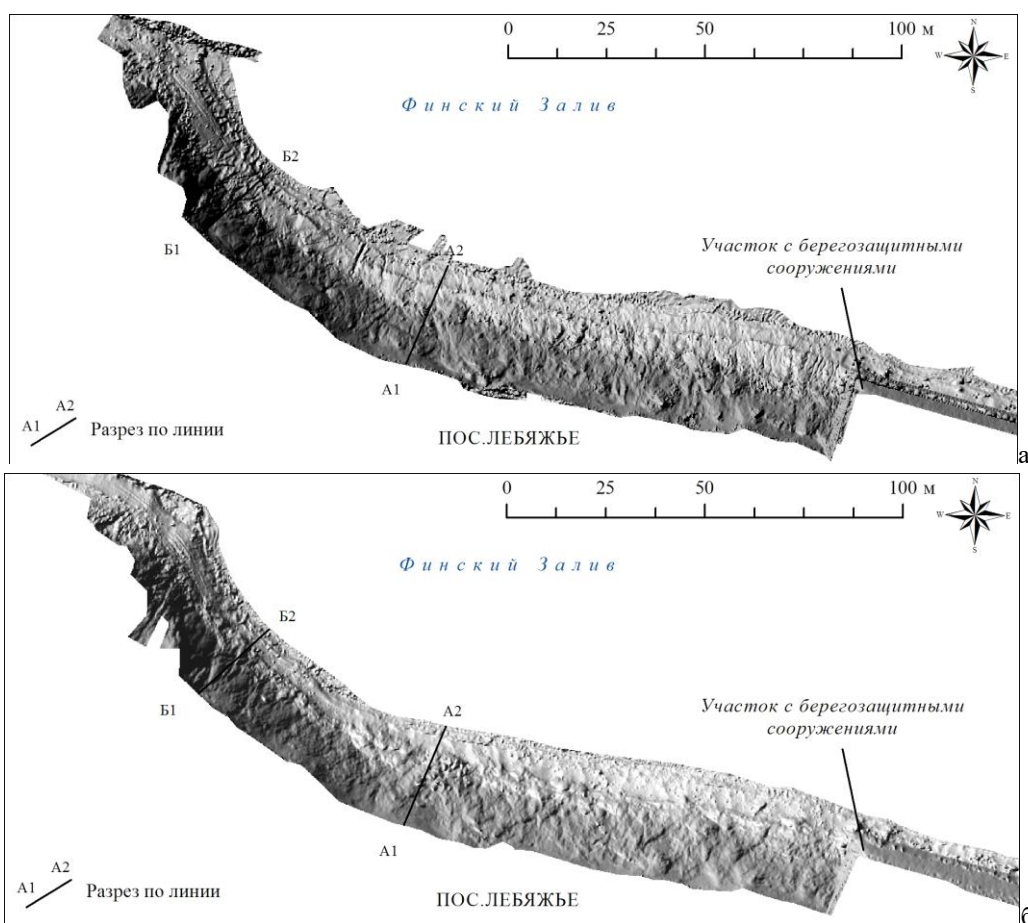


Рисунок 75. Объемная модель (отмывка рельефа) поверхности пляжа и берегового уступа в пос. Лебяжье по данным наземного лазерного сканирования: а – съемка 2016 г.; б – съемка 2017 г.

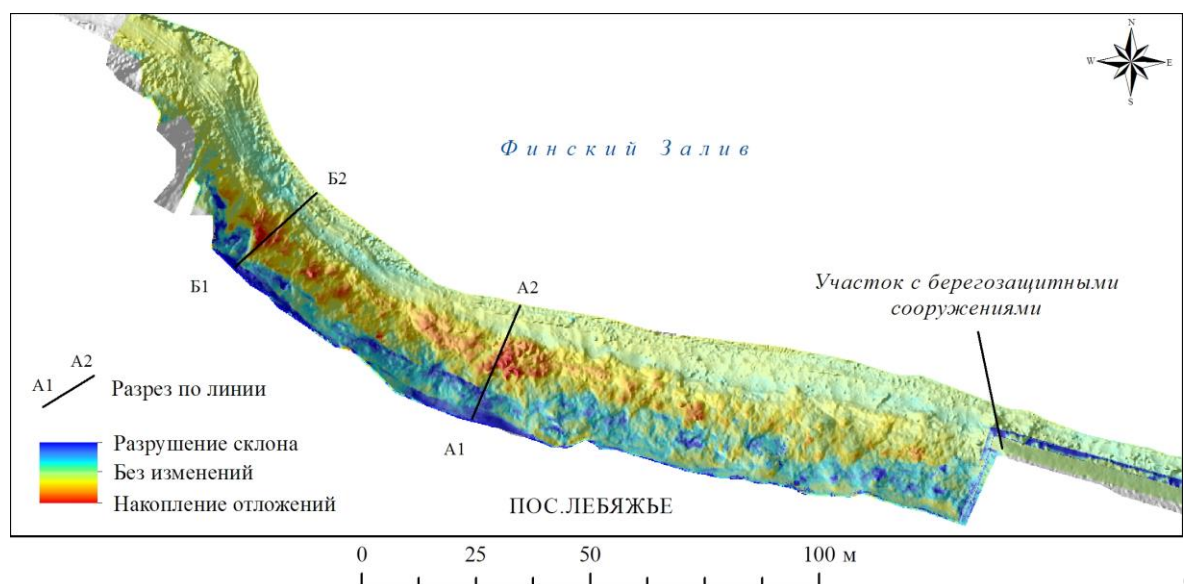
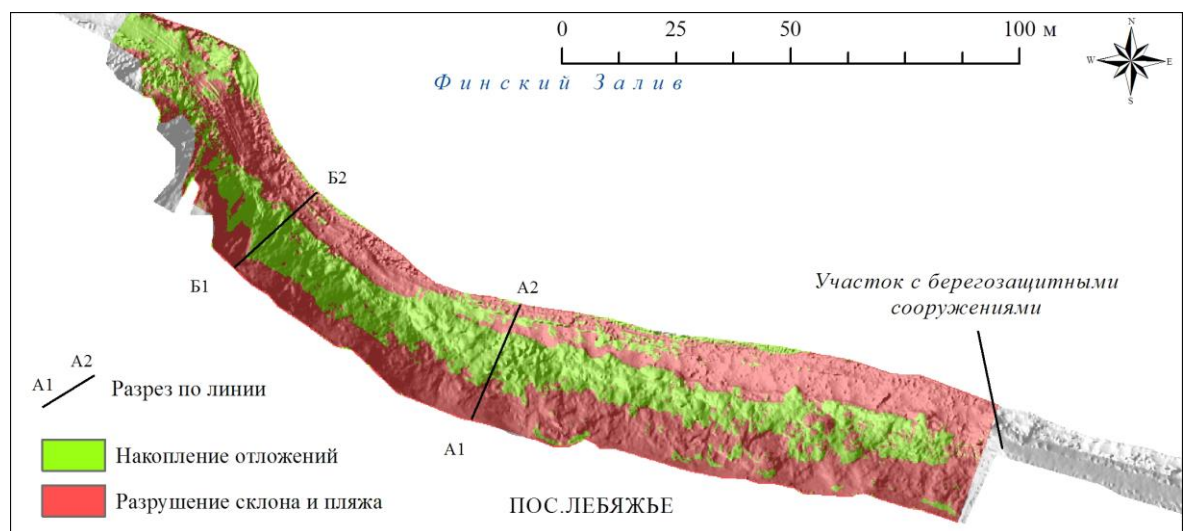


Рисунок 76. Сравнительный анализ поверхности берегового уступа и пляжа по данным съемки 2016 и 2017 гг: а – зоны разрушения и накопления осадочного материала; б – градационная схема трансформации рельефа

Зоны разрушения берегового уступа и мощности трансформации рельефа береговой зоны показаны на рис. 76. В пределах полосы пляжа существенных изменений не наблюдается, за исключением локальных участков, где отмечается уменьшение мощности пляжевых отложений по сравнению с 2016 г. Анализ формы подножья склона и тыловой части пляжа показывает, что волнового размыва выше 1 м от уреза воды не наблюдается.

На основе анализа формы склона и областей накопления склоновых отложений были выделены области развития коллювиальных образований, а также выделены участки наибольшей крутизны склона, где потенциально можно ожидать развития ЭГП (рис. 78).

Метрические показатели трансформации рельефа береговой зоны приведены в табл. 5 по участку проведения НЛС за период съемок 2016 г. – 2017 г.

Таблица 5. Объемные показатели трансформации береговой зоны с 2016 по 2017 гг.

Протяженность участка, м	220
Суммарная площадь, м ²	6473
Площадь разрушения, м ²	2216
Площадь накопления, м ²	4257
Объем перемещенного материала, м ³	1753
Объем разрушения, м ³	463
Объем накопления, м ³	1290
Баланс, м ³	+827

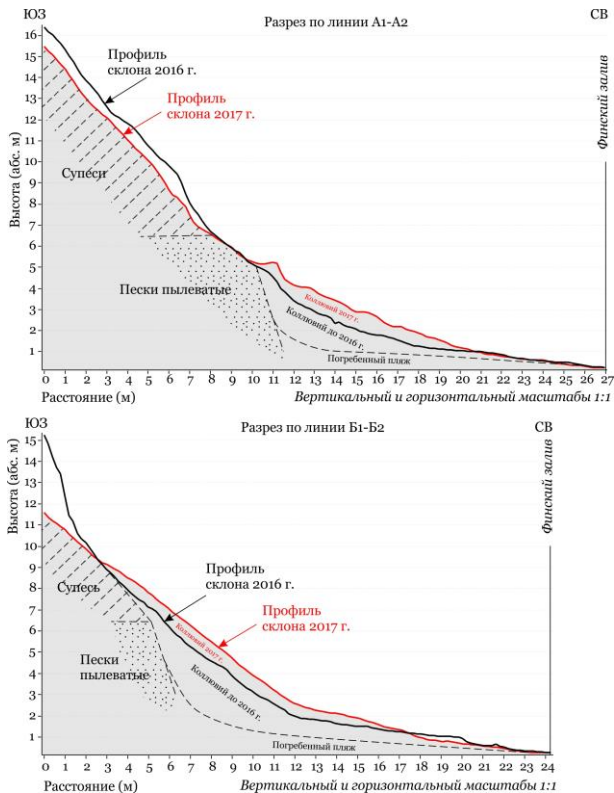


Рисунок 77. Профили рельефа 2016 и 2017 гг. по линиям разреза

По данным расчетов, объемы накопления осадочного материала в береговой зоне превышают

объемы разрушения на 827 м³. При этом вся зона накопления концентрируется у подножья берегового уступа и полностью отсутствует в пределах пляжа. Это позволяет сделать вывод, что накопление материала связано со склоновыми процессами, а фактор волновой аккумуляции (перемещение наносов) полностью исключается. Разница в объеме разрушения и объеме накопления может объясняться особенностями проведения сканирования, когда сканирующий прибор расположен у подножья склона и не может в момент съемки захватить все углубления эрозионных врезов в верхней части склона, откуда мог поступать осадочный материал.

Для района пос. Лебяжье была проведена выборка данных по количеству атмосферных осадков, по силе и направлению ветра из архива метеоусловий с интернет-сайта www.windguru.cz. Для района исследования были использованы данные по средней силе ветра за сутки более 8 м/с, что, как правило, соответствовало значениям преобладающей скорости ветра более 10 м/с за трехчасовой период в эти сутки. Из всего массива данных по экстремальным ветрам были использованы ветра СЗ, С, СВ румбов, в соответствии с экспозицией береговой линии в пос. Лебяжье. Данные по наиболее сильным ветрам приведены в таблице 6.

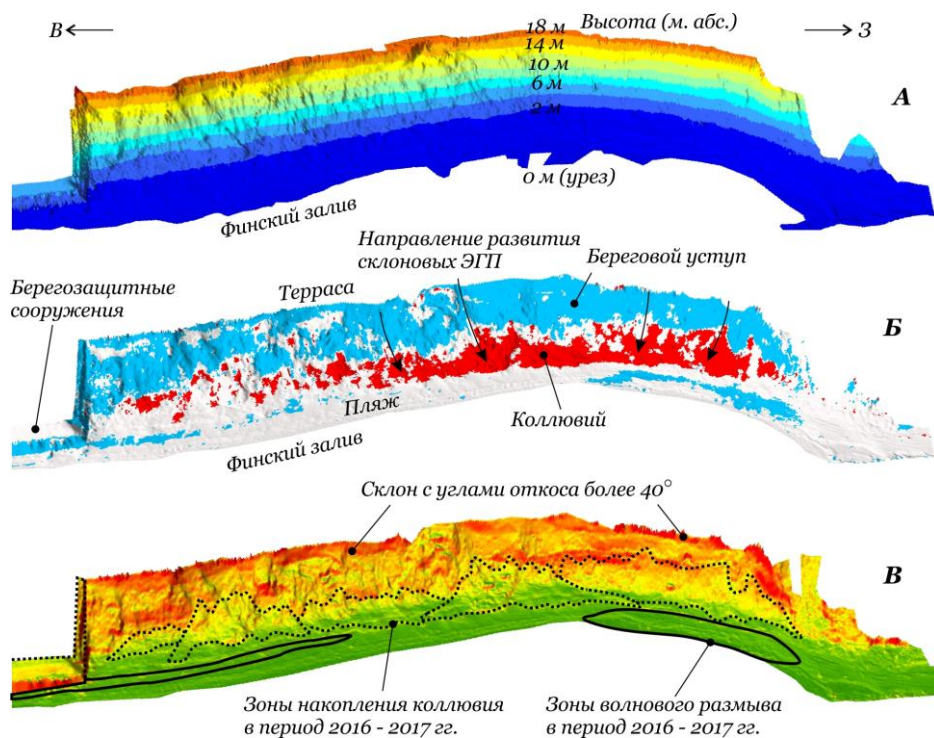


Рисунок 78. Панорамная трехмерная модель берегового склона по данным съемки 2017 и 2016 гг.: А – цифровая модель рельефа; Б – зоны разрушения береговой зоны (синий цвет), зоны накопления осадочного материала (красный цвет), зоны без изменений (серый цвет); В – крутизна склонов, с нанесенными контурами коллювиальных отложений и участками размыва пляжа

Таблица 6. Средняя скорость ветра СЗ, С, СВ румбов в пос. Лебяжье с 01.07.2015 г. по 07.07.2016 г. и с 07.07.2016 г. по 30.06.2017 г.

Дата	Средняя скорость ветра (за 6 часовой интервал) м/с на:				Скорость ветра (ср. за сутки) м/с
	0 часов	6 часов	12 часов	18 часов	
2015					
07.12	14	12	12	11	12,25
26.12	9	9	12	12	10,5
27.12	12	11	11	6	10
2016					
05.07	10	11	11	13	11,25
06.07	12	13	12	9	11,5
Проведение работ по НЛС 2016 г.					
05.10	11	11	11	10	10,75
08.10	10	11	11	10	10,5
05.12	11	11	13	12	11,75
Проведение работ по НЛС 2017 г.					

Данные по наиболее сильным ветрам за два временных интервала показывают, что год, предшествующий проведению наземного лазерного сканирования в июле 2016 г., характеризовался большим количеством штормовых дней (5 дней), чем период с 07.07.2016 г. по 30.06.2017 г. (3 дня). Также для второго периода характерны ветра меньшей интенсивности.

Данные о количестве осадков за период наблюдений с 01.07.2015 г. по 07.07.2016 г. составляют 417 мм, в период с 07.07.2016 г. по 30.06.2017 г. суммарное количество осадков составило 371 мм (рис. 79). Приведенные показатели указывают на относительно стабильные атмосферные условия за два года, вследствие чего можно сделать вывод о постоянстве развития склоновых процессов под воздействием атмосферных осадков.

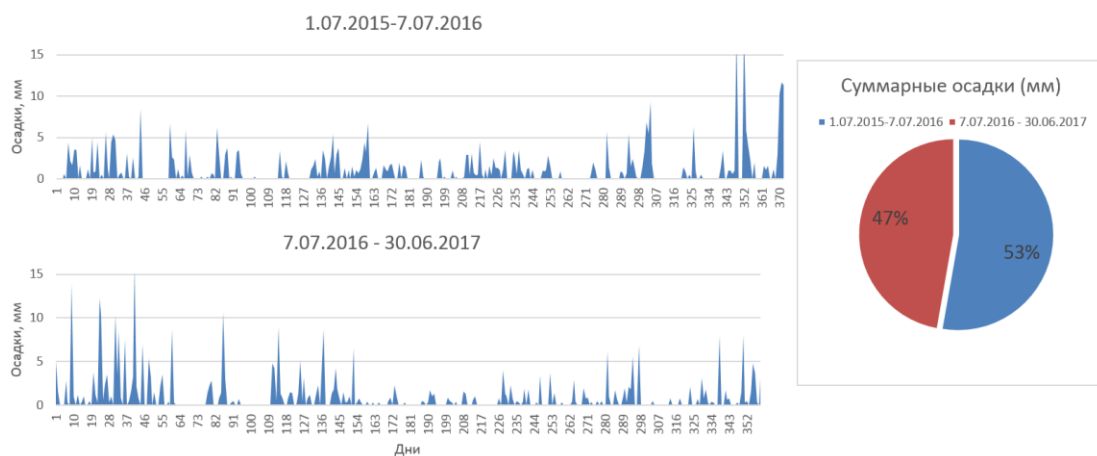


Рисунок 79. Распределение атмосферных осадков в течение двух лет – с июля 2015 г. по июль 2016 г. и с июля 2016 г. по июль 2017 г.

Особенностью поверхности дна прибрежного мелководья, прилегающего к аварийному участку шоссе, является наличие подводных песчаных валов, примыкающих к берегу под прямым углом. Изменение экспозиции берега с отклонением берегового контура в южном направлении при преобладании западного потока наносов приводит к формированию веерообразных подводных валов, тянущихся вдоль выровненного берега параллельно ему и отклоняющихся к берегу при его повороте, навстречу движению наносов. Береговые наблюдения показывают, что песчаный материал на пляже практически отсутствует, а на урезе обнажаются пласты серых глин.

Анализ результатов опробования прибрежного мелководья позволил выявить и закартировать зону интенсивного подводного размыва, непосредственно прилегающую к берегу (рис. 80). Поверхностные отложения здесь представлены плохо сортированными (S_o 2,41–3,83) преимущественно крупнозернистыми (от крупно-грубозернистых до разнозернистых) песками. Состав поверхностных осадков веерообразных валов и ложбин между ними существенно не различается. Со стороны моря зона размыва ограничивается серией вдольбереговых подводных песчаных валов, сложенных хорошо-средне сортированными (S_o 0,97–2,04) преимущественно среднезернистыми песками. Мористее поверхность дна покрыта мелкозернистыми песками, поле которых закартировано ранее в ходе судовых наблюдений (2013 г.). Таким образом, по гранулометрическому составу отложения описываемой зоны значимо отличаются от осадков расположенной восточнее зоны песчаной аккумуляции и транзита напротив пос. Большая Ижора (рис. 81).

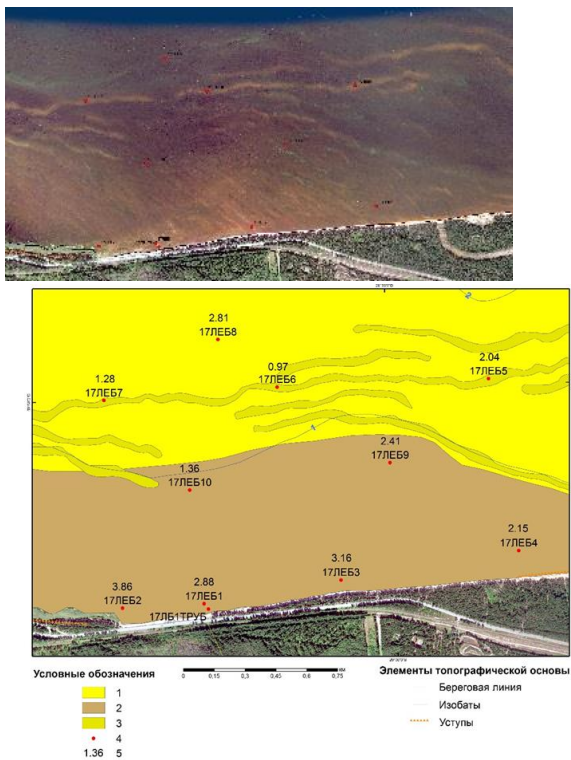


Рисунок 80. Литологическая схема прирезовой части подводного берегового склона в районе аварийного участка берега в пос. Лебяжье (57 км шоссе Санкт-Петербург–Ручьи); 1 – пески мелкозернистые, средней-хорошей степени сортировки; 2 – пески крупно-грубозернистые, плохо сортированные; 3 – пески среднезернистые, хорошо сортированные; 4 – станции пробоотбора 2017 г.; 5 – коэффициент сортировки

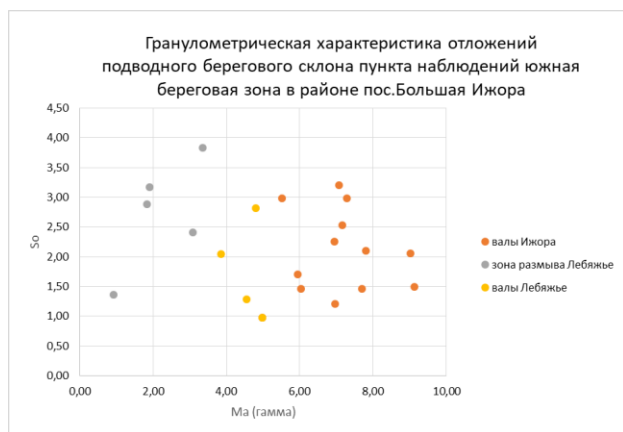


Рисунок 81. Гранулометрическая характеристика поверхностных отложений подводного берегового склона пункта наблюдений «Южная береговая зона в районе пос. Большая Ижора»

Выводы по состоянию геологической среды в пункте наблюдений «Южная береговая зона в районе пос. Большая Ижора»

Проведенное обследование южного берега Финского залива от пос. Лебяжье до пос. Большая

Ижора показало, что за прошедший год значительно снизилась роль волновой переработки берегов по сравнению с развитием склоновых процессов. Отсутствие значимых штормов в восточной части Финского залива за прошедший год привело к сохранности склоновых отложений, и, соответственно, увеличению их объемов в береговой зоне.

На укрепленных аварийных участках берега в пос. Лебяжье наблюдается стабильное состояние склонов высоких береговых уступов и отсутствие разрушения береговых террас. На участке возведения новых берегозащитных конструкций, представляющих собой волноотбойные стенки, проект берегозащиты должен предусматривать искусственный волногасящий пляж, в противном случае вероятны негативные последствия, выражающиеся в разрушении стенки, вымывании грунта из-за нее во время шторма и полном размыве пляжа перед стенкой.

Выделенные при анализе космоснимков с 2011 по 2017 г. динамические зоны на участке берега в пос. Большая Ижора характеризуются существенными для берегов Финского залива скоростями волновой переработки. Ширина полосы сезонной изменчивости контура берега по принципу вдольбереговой песчаной волны в пределах зоны пляжа составляет 100 м, что следует учитывать при проведении любого вида деятельности в береговой зоне пос. Большая Ижора.

Инженерно-геологическое обследование разрезов абразионно-денудационных уступов пункта наблюдений показало, что исследуемые склоны сложены отложениями песчаного состава. В некоторых разрезах встречаются галька и валуны. В меньшем количестве присутствуют глинистые отложения. На склоны участка прямое воздействие оказывают волны. В результате нагонных ветров уровень воды может значительно повышаться, а в совокупности с ветрами северного и западного направлений это может вызвать серьезные изменения в характере отложений пляжа и нарушить целостность склона, что может послужить причиной его обрушения. В целом уступы на данном участке могут быть охарактеризованы как неустойчивые.

Результаты сравнительного анализа трансформации рельефа по данным наземного лазерного сканирования позволили установить следующее.

- Метеорологические условия за прошедший год характеризуются меньшей ветровой активностью и меньшим количеством атмосферных осадков, чем год, предшествующий НЛС 2016 г.

- За период 2016–2017 гг. не наблюдалось существенных волновых размывов, о чем свидетельствует отсутствие абразионного уступа в коллювиальных отложениях в тыловой части пляжа.

- Изменение рельефа на исследуемом участке связаны с развитием склоновых процессов, вызвавших перемещение и переотложение супесчаных четвертичных образований с верхней части склона к его подножью. Мощность трансформации склона в среднем составила 1 м.

- Наибольшая деградация берегового уступа связана с развитием эрозионных врезов в верхней

части склона, углубившихся за прошедший год в среднем на 2 м.

- Средний объем разрушений составляет 2,1 м³ на 1 пог. м береговой линии.

Мониторинговые инструментальные наблюдения, выполненные на участке берега с высоким (до 20 м) абразионным уступом в пос. Лебяжье, показали, что разрушение и деградация береговой террасы наблюдается и в бесштормовых условиях, и, в первую очередь, контролируется атмосферными осадками, и связанным с ним высачиванием грунтовых вод, приводящим к развитию эрозионных склоновых процессов.

Пункт наблюдений «Копорский залив»

Состав наблюдательной сети Виды наблюдений

Основной задачей работ в пункте наблюдений «Копорский залив» был мониторинг динамики развития кольцевых структур (покмарков), выявленных ранее на поверхности дна восточной части Копорского залива. Интерес к этим процессам обусловлен прежде всего близостью Ленинградской атомной электростанции, что и определяет необходимость изучения здесь проявлений подобных ЭГП. В 2017 г. для части изученной ранее площади было выполнено профилирование ГЛБО (25 профилей общей протяженностью 50 км, полоса обзора 75 м с каждого борта), сопровождаемое эхолотным промером, фототелепрофилерованием и отбором грунта (рис. 82).

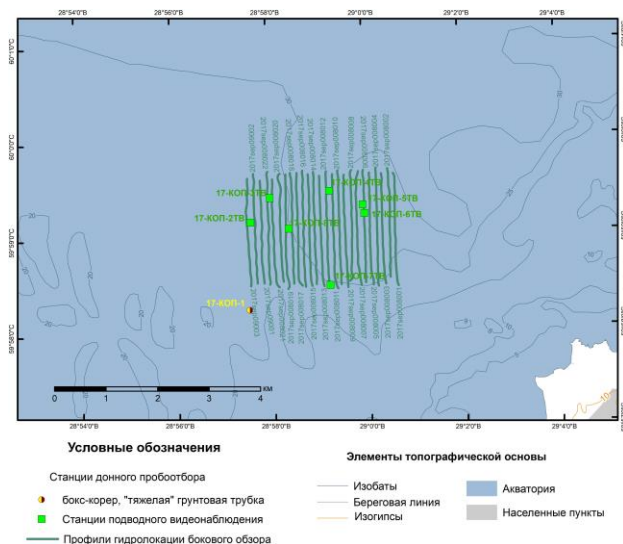


Рисунок 82. Карта фактического материала в пункте наблюдений «Копорский залив» в 2017 г.

Результаты мониторинга экзогенных геологических процессов

В предыдущие годы мониторинга для данного участка были выполнены съемки ГЛБО и многолучевым эхолотом, позволившие выявить и закартировать поле покмарков. Как и ранее, в 2017 году на площади пункта наблюдений установлены многочисленные покмарки диаметром от первых метров до 15–18 м (рис. 83).

Особенности геологического строения района развития покмарков описаны в Информационном бюллетене за 2016 год [Информационный ...,

2017]. Анализ характера проявления покмарков на поверхности дна позволяет дифференцировать их по контрастности изображения на записи ГЛБО. Выделяются покмарки, хорошо проявленные в акустической картине (предположительно, активные) и слабо проявленные (заносимые осадками, предположительно, не активные) (рис. 84).

Генезис покмарков Копорского залива по-прежнему не может считаться достоверно установленным. Несомненно, что их происхождение не связано с выходами близповерхностных биогенных газов, т. к. современные или голоценовые илы в пределах пункта наблюдений развиты фрагментарно и имеют мощность, не превышающую первые десятки сантиметров. В то же время в обнажающихся на поверхности дна ледниково-озерных глинах, на поверхности которых также фиксируются покмарки, установлено присутствие метана, генезис которого вызывает вопросы. Низкое содержание органического вещества в ледниково-озерных глинах полностью исключает в данном случае возможность биогенного генезиса метана.

Наличие метана свидетельствует о вероятном подтоке в них растворов из нижележащих горизонтов или по латерали. Поле покмарков располагается в пределах зоны малоамплитудных разломов и разрывов [Жамойда и др. 2013]. В геологическом разрезе выявлено несколько водоносных комплексов. Совмещение в одном районе зон трещиноватости и водоносных горизонтов создает предпосылки для образования покмарков за счет разгрузки подземных вод. Этому не противоречат данные НСАП, проведенного ФГБУ «ВСЕГЕИ» в 2015–2016 гг., когда на профилях НСАП фиксировались акустические аномалии, которые могут быть объяснены этим явлением. В то же время гидрохимические аномалии в придонных водах здесь фиксируются лишь эпизодически.

Анализ изотопного ($\delta^{2}\text{H}$ и $\delta^{18}\text{O}$) состава придонных вод, отобранных из покмарков ФГБУ «ВСЕГЕИ» в 2015 г., показал значения, отличные от природных морских вод. Концентрации $\delta^{2}\text{H}$ и $\delta^{18}\text{O}$ в пробах придонных вод соответствуют смеси морских вод и вод четвертичных водоносных горизонтов [Неевин и др., 2015]. Подводное фототелепрофилерование (рис. 85), как и донное опробование, не выявляет существенной разницы поверхности дна (ландшафт, микрорельеф, состав осадков) внутри покмарков и вне их.

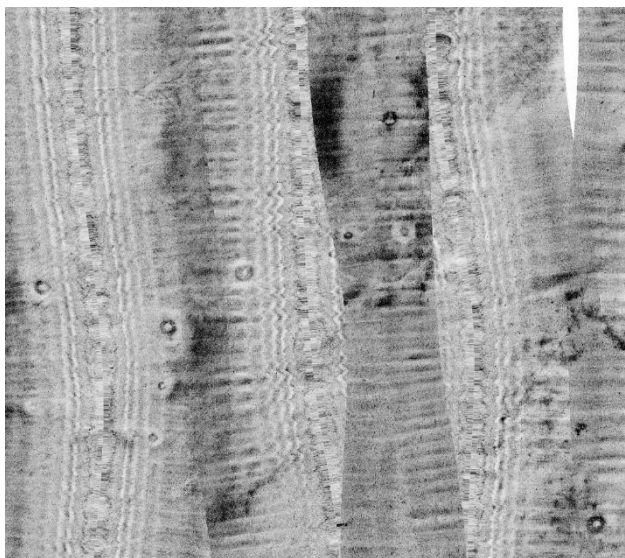


Рисунок 83. Фрагмент мозаики ГЛБО (2017 г.) со скоплением покмарков

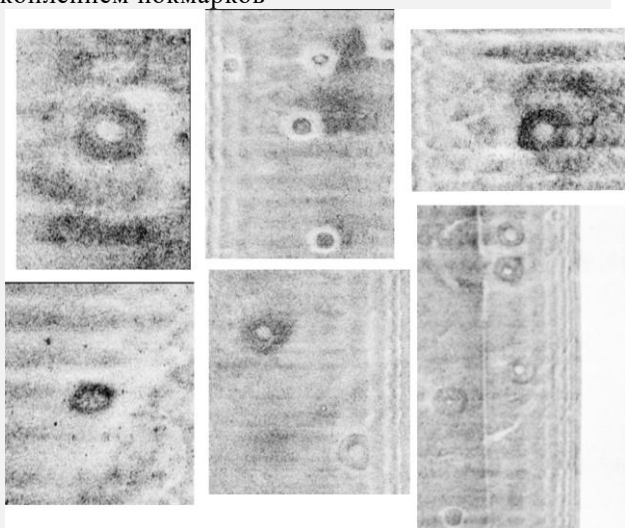


Рисунок 84. Примеры проявления покмарков (диаметр от 6 до 15 м) на записи ГЛБО (2017 г.)

Выводы по состоянию геологической среды в пункте наблюдений «Копорский залив»

Анализ сопоставления распределения покмарков, выявленных по данным ГЛБО в 2016 и 2017 г. (рис. 86), позволяет сделать вывод о том, что процесс формирования этих кольцевых структур в пункте наблюдений «Копорский залив» продолжает оставаться активным. Об этом свидетельствует факт появления на площади наблюдений новых покмарков, не отмеченных в 2016 г. Частично покмарки 2017 г. совпадают с выявленными в 2016 г. Часть покмарков, выявленных в 2016 г., на записи ГЛБО 2017 г. не установлены, что может свидетельствовать об их занесенности поверхностными осадками. Можно констатировать, что процесс формирования покмарков носит активный, но пульсационный характер



Рисунок 85. Примеры фотоизображения поверхности дна в пределах поля развития покмарков (ст.17-Коп-2ТВ, 17-Коп-4ТВ)

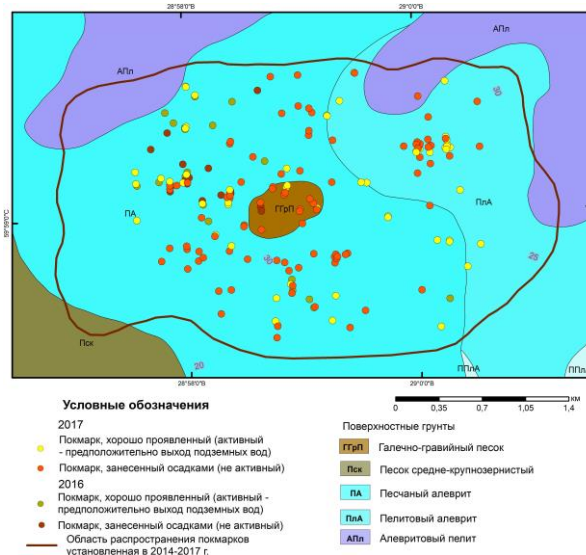


Рисунок 86. Распределение покмарков на поверхности дна в пределах пункта наблюдений «Копорский залив»

Пункт наблюдений «Район острова Гогланд»

Состав наблюдательной сети Виды наблюдений

Задачами работ в пункте наблюдений «Район о-ва Гогланд» были выявление и характеристика зон развития газонасыщенных отложений, проявлений разгрузки газов и связанных с ними

просадок грунта. В 2017 г. выполнено НСАП в объеме 40 км и 25 станций донного отбора грунтов для определения их физических и физико-механических свойств, изучения газовой составляющей грунтов и выявления геохимических аномалий, обусловленных проявлениями газовой разгрузки (рис. 87).

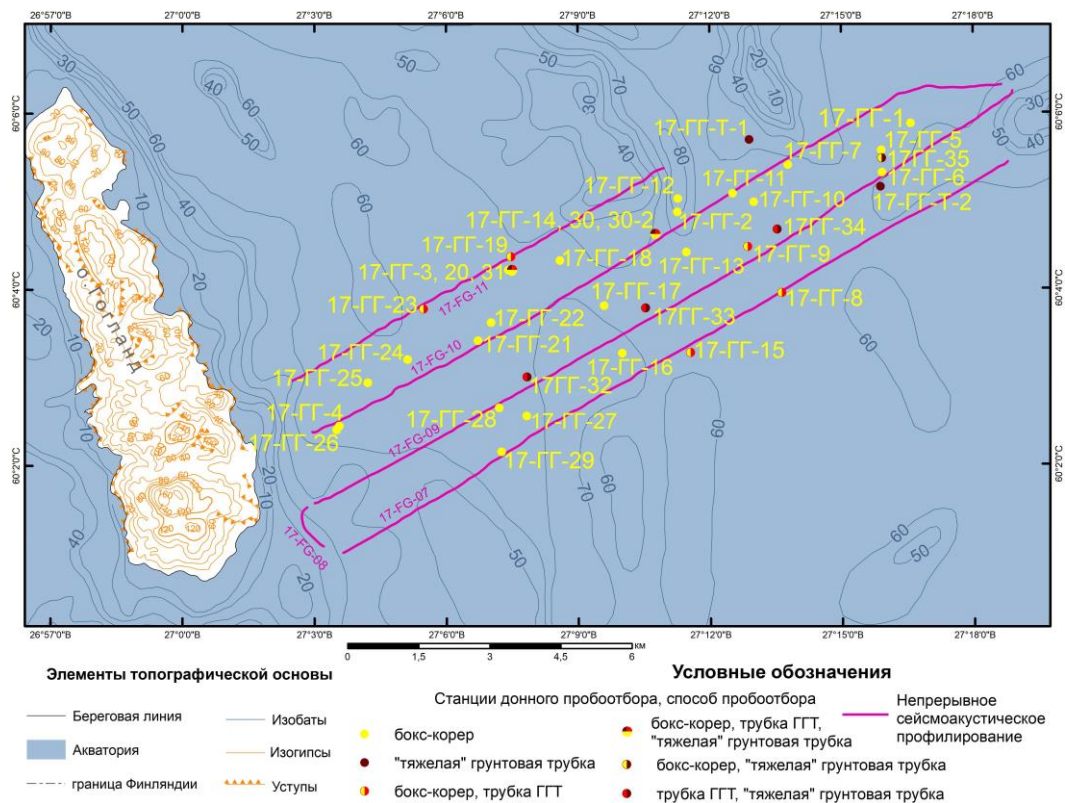


Рисунок 87. Карта фактического материала пункта наблюдений «Район острова Гогланд» в 2017 г.

Результаты мониторинга экзогенных геологических процессов

В ходе совместных работ с Атлантическим отделением Института океанологии (АО ИО) РАН на НИС «Академик Страхов» была выполнена съемка площади пункта наблюдений с использованием многолучевого эхолотирования, что позволило совершенно по-новому оценить характер проявления экзогенных геологических процессов в районе острова Гогланд. В пределах пункта наблюдений были выявлены многочисленные протяженные узкие линейные отрицательные формы рельефа. Часть из них, примыкающих к положительным формам рельефа, вероятно, образована за счет воздействия контуритовых течений. В то же время многочисленные

линейные отрицательные формы (просадки) прослежены в зонах активного накопления газонасыщенных илов (рис. 88). Ранее по результатам проведения НСАП они диагностировались как покмарки, так как полученная информация основывалась на отдельных профилях, пересекающих эти ложбины. Площадная съемка с использованием многолучевого эхолота показала, что протяженность просадок в пределах зон распространения газонасыщенных илов может достигать нескольких километров, поперечное сечение (ширина) измеряется десятками метров, иногда превышая 100–120 м. Глубина достигает нескольких метров. Изометричные формы провалов встречаются очень редко. Формирование линейных «провалов» в пределах зон накопления илов, по-видимому, связано с разгрузкой газов (рис. 89–91).

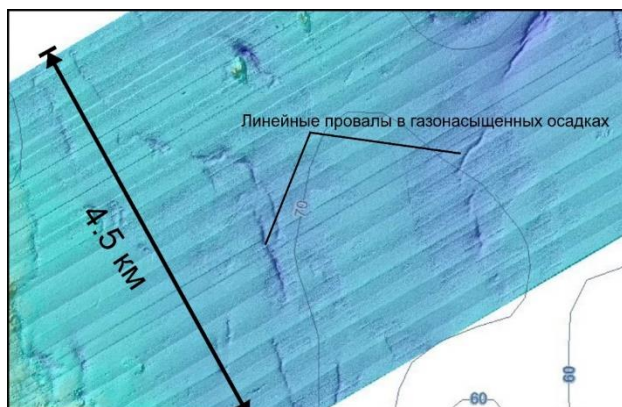


Рисунок 88. Линейные отрицательные формы (провалы) в зонах активного накопления газонасыщенных илов (рейс НИС «Академик Страхов» – многолучевой эхолот)

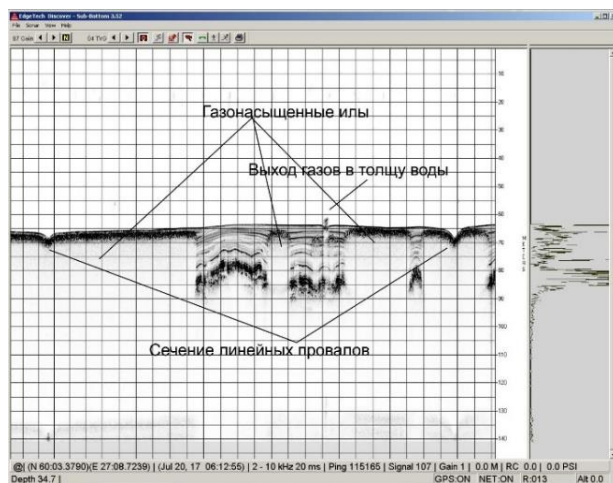


Рисунок 89. Выход газов в толщу воды (рейс НИС «Академик Страхов» – профилограф)

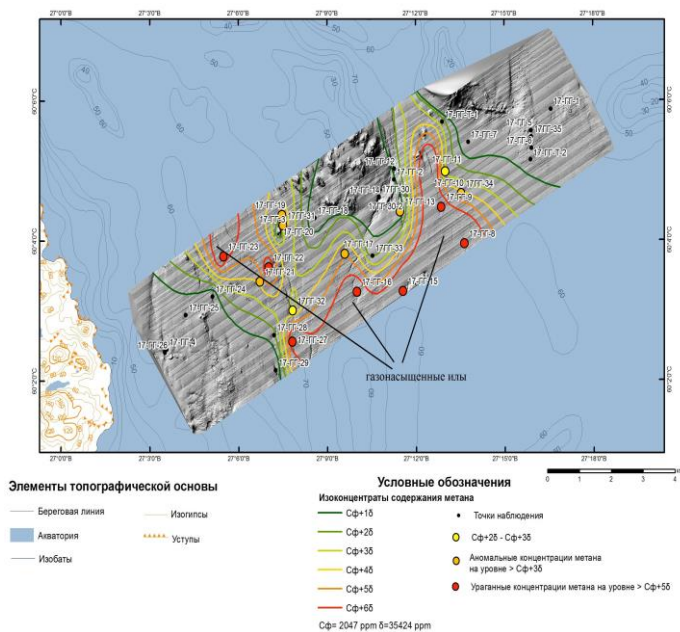


Рисунок 90. Схема распределения метана в донных отложениях пункта наблюдений «Район острова Гогланд»

Газогеохимические исследования

Распределение метана и его гомологов в донных осадках пункта наблюдений «Район о-ва Гогланд» неоднородно и характеризуется значительной дисперсией (концентрации метана (ppm) в воздушном зазоре приведены в табл. 7, статистические параметры распределения – в табл. 8), содержание метана и его гомологов в придонной воде – в табл. 9). На ряде станций в пределах участка исследований фиксируются чрезвычайно высокие содержания метана, достигающие 305933 ppm, при минимальных значениях 11,7 ppm. На рисунке 90 приведена схема распределения метана в пределах участка исследований, на которой вынесены

изоконцентраты метана, положение станций опробования и выделены точки с высокоаномальными концентрациями метана.

Рассматривая представленную схему и сопоставляя ее с результатами геофизических исследований, можно констатировать, что высокие концентрации метана в донных осадках приурочены к областям распространения мощных толщ газонасыщенных илов. Поля их распространения, как правило, оконтуриваются изоконцентратами содержания метана на уровне $Cf + 5\delta \div Cf + 6\delta$. С уменьшением мощности илов или степени их газонасыщенности содержание метана в осадках заметно понижается. В районах выхода морены к поверхности дна концентрация метана в осадках резко падает.

В ряде случаев намечается связь между хорошо выраженными в рельефе дна узкими линейными депрессиями и станциями с аномально высокими концентрациями метана. Типичным примером являются расположенные в пределах линейной депрессии высокоаномальные станции 17-ГГ-32 и 17-ГГ-22, а также расположенные на продолжении подобной структуры станции 17-ГГ-9 и 17-ГГ-11 и отдельно расположенные станции 17-ГГ-16, 17-ГГ-23. Однако для более уверенных выводов необходимо продолжение исследований с высокоточным отбором проб в пределах ложбин и вне их (в зонах газонасыщенных осадков).

С определенной долей вероятности можно предположить, что линейные депрессии обусловлены выходом метана из газонасыщенных илов по

ослабленным зонам, что приводит к уменьшению объема осадков и проседанию верхних горизонтов илов (рис. 91), что представляет опасность при прокладке подводных коммуникаций (трубопроводы, кабели и т. п.).

Обращает на себя внимание заметная дифференциация содержания метана по глубине опробования. Как правило, в нижней части опробуемого разреза донных отложений наблюдается некоторое увеличение концентрации метана, что, очевидно, связано с диффузией метана из верхней части разреза в придонную воду. Примеры распределения содержания метана по разрезу приведены на рис. 92.

Содержание метана в придонной воде характеризуется высокой природной дисперсией и неоднородностью в распределении по площади (табл. 9). Как и для донных осадков, высокие концентрации метана в придонной воде отмечаются на участках распространения полей интенсивно газонасыщенных илов.

Отдельно следует рассмотреть распределение метана и его гомологов в выделенных по геофизическим данным кратероподобных структурах, расположенных в пределах выходов ледниковых (морены) или ледниково-озерных отложений (рис. 93). Диаметр закартированных кратероподобных структур достигает 120 м, при

относительной их глубине до 4 м. Как показали результаты анализов, содержание метана в отложениях, слагающих тело подобных структур (станция опробования 17-ГГ-35, 17-ГГ-5, 17-ГГ-6) крайне незначительно и в целом близко и даже несколько ниже его содержания на станциях, расположенных в пределах выходов ледниковых отложений вне выделенных кратеров. Таким образом, генезис описываемых кратеров, очевидно, не может быть связан с выходом метана из донных отложений.

На склонах подводных кратероподобных структур выявлены скопления железо-марганцевых корок и крупных уплощенных конкреций (ЖМК) диаметром до 15 см, которые главным образом представлены гидроокислами железа и марганца (рис. 94). Согласно ранее проведенным исследованиям, возраст подобных уплощенных ЖМК превышает 1000 лет [Григорьев и др., 2013]. Соответственно, образование кратеров не может быть связано с техногенной деятельностью. Предположение о возможном образовании кратера за счет удара метеорита не нашло своего подтверждения по результатам геохимических исследований.

Таблица 7. Статистические параметры распределения метана и его гомологов в донных осадках и отложениях пункта наблюдения «Район о-ва Гогланд» (ppm)

Газы	№ набл.	Среднее	Медиана	Мин.	Максим.	Ст.откл.
Метан	16	20616,21	2047,17	11,77	96055,23	35424,99
Этан	16	1,06	0,91	0,00	5,02	1,15
Этилен	16	1,07	1,04	0,35	1,57	0,34
Пропан	16	1,28	1,07	0,00	4,16	1,12
Пропилен	16	0,38	0,34	0,00	0,98	0,25
i-бутан	16	0,05	0,01	0,00	0,19	0,07
n-бутан	16	0,32	0,27	0,00	0,91	0,27
Бутен-1+ i-бутилен	16	0,22	0,00	0,00	1,56	0,41
i-пентан	16	0,01	0,00	0,00	0,08	0,02
n-пентан	16	0,02	0,00	0,00	0,32	0,08

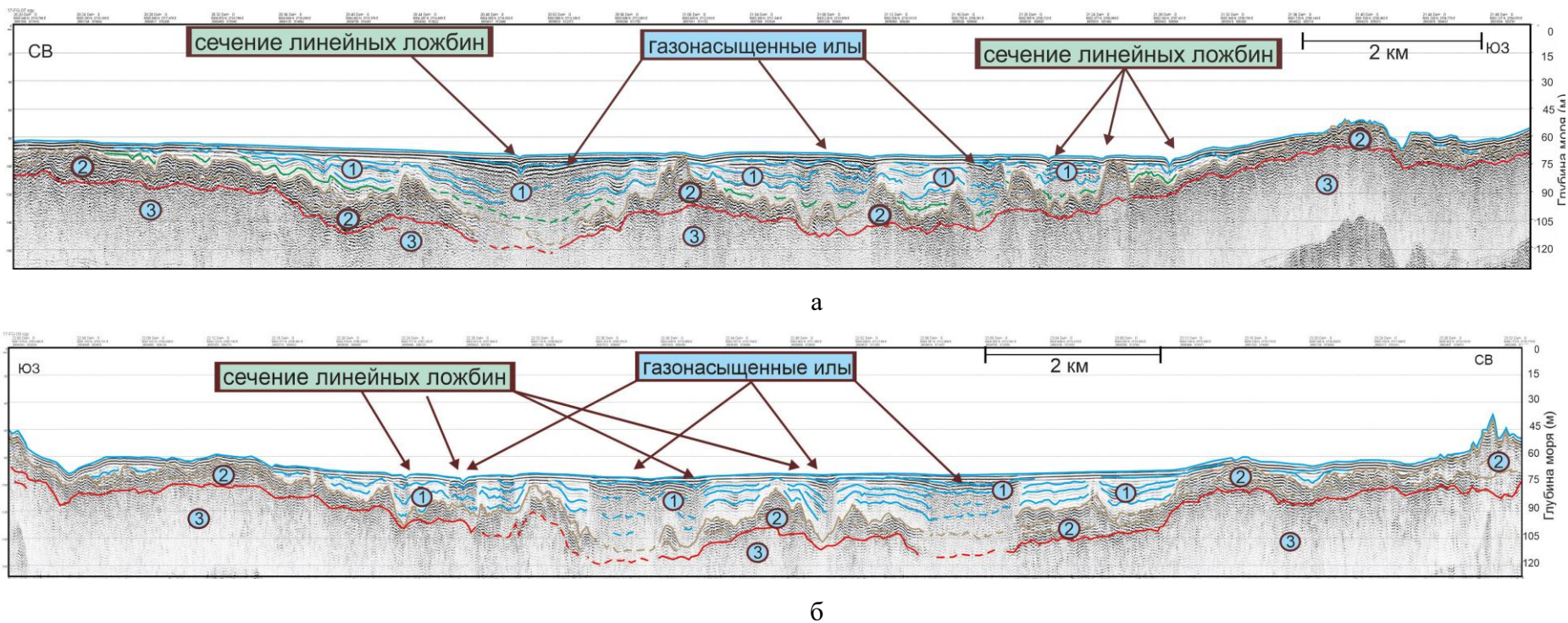


Рисунок 91. Примеры профилей НСАП (*а* – 17-FG-07; *б* – 17-FG-09) в пункте наблюдений «район о-ва Гогланд» с выявленными зонами распространения газонасыщенных илов и пересечением линейных депрессий «провалов» (2017 г.): 1 – нерасчлененные отложения послеледниковых водоемов (ледниково-озерные, озерные, морские); 2 – морена; 3 – дочетвертичные породы

Таблица 8. Содержание метана и его гомологов в донных осадках и отложениях пункта наблюдения «Район о-ва Гогланд»

№ п/п	№ пробы	Метан	Этан	Этилен	Пропан	Пропилен	i-бутан	n-бутан	Бутен-1+ i-бутилен	i-пентан	n-пентан
		CH ₄	C ₂ H ₆	C ₂ H ₄	C ₃ H ₈	C ₃ H ₆	i-C ₄ H ₁₀	n-C ₄ H ₁₀	C ₄ H ₈ +i-C ₄ H ₈	i-C ₅ H ₁₂	n-C ₅ H ₁₂
Концентрация, ppm в воздушном зазоре (headspace)											
1	17-ГГ-5	99,05	0,46	1,24	0,62	0,54	0,19	0,27	1,56	0,00	0,00
2	17-ГГ-6 (3-5 см)	11,77	0,28	0,35	0,97	0,18	0,05	0,19	0,00	0,00	0,00
3	17-ГГ-7	151,85	1,23	1,26	1,56	0,55	0,17	0,49	0,36	0,00	0,00
4	17-ГГ-8	305933,38	2,63	2,63	2,36	0,33	0,12	2,42	0,38	0,33	0,60
5	17-ГГ-8-1 (3-8 см)	218456,88	2,35	2,05	1,33	0,25	0,07	0,93	0,29	0,15	0,53
7	17-ГГ-8-2 (42-50 см)	137738,79	2,81	0,99	2,28	0,42	0,16	2,74	0,45	0,00	0,00
9	17-ГГ-9	251956,05	2,99	1,15	2,05	0,14	0,08	2,28	0,24	0,15	0,43
10	17-ГГ-9-1 (6-12 см)	176530,75	2,20	1,99	1,78	0,69	0,10	1,02	0,50	0,00	1,79
12	17-ГГ-9-2 (56-60 см)	194078,88	3,98	2,19	3,50	0,39	0,00	2,74	0,35	0,00	0,00
13	17-ГГ-10	93686,13	1,23	0,99	1,94	0,50	0,09	0,59	0,00	0,00	0,00
14	17-ГГ-11	313946,63	4,01	2,02	4,68	0,54	0,21	1,86	0,00	0,00	0,00
15	17-ГГ-12	2391,84	0,94	1,06	0,55	0,37	0,01	0,21	0,24	0,00	0,00
16	17-ГГ-13	147699,97	3,11	2,20	2,96	0,49	0,15	1,03	0,25	0,00	0,00
17	17-ГГ-14	1879,09	1,67	1,01	0,34	0,31	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
18	17-ГГ-15	295540,91	3,45	0,00	3,73	0,54	0,00	1,74	0,40	0,00	0,00
19	17-ГГ-15-1 (3-10 см)	1100,38	0,33	0,52	1,34	0,32	0,13	0,29	0,73	0,00	0,00
21	17-ГГ-15-2 (43-48 см)	111765,34	6,12	0,86	1,43	0,31	0,00	0,57	0,00	0,00	0,00
22	17-ГГ-16	254363,23	5,35	1,12	1,64	0,34	0,10	1,21	0,26	0,24	0,32
23	17-ГГ-17	173560,55	5,09	1,44	1,94	0,31	0,07	0,76	0,13	0,18	0,19
24	17-ГГ-18	361,41	1,02	0,99	1,26	0,47	0,13	0,39	0,42	0,08	0,32
25	17-ГГ-19	153663,92	6,05	1,21	2,63	0,47	0,15	1,10	0,30	0,07	0,29
26	17-ГГ-19-1 (6-16 см)	86497,07	5,40	1,03	3,84	0,77	0,19	1,07	0,95	0,00	0,00
28	17-ГГ-19-2 (39-49 см)	157080,03	7,09	0,86	2,97	0,28	0,00	1,26	0,00	0,00	0,00
29	17-ГГ-20	2215,24	0,72	1,52	2,74	0,60	0,00	0,44	0,00	0,00	0,00
30	17-ГГ-21	145139,12	5,63	1,30	4,16	0,72	0,27	1,15	0,26	0,35	0,75
31	17-ГГ-22	261105,19	4,98	1,32	2,69	0,29	0,13	1,91	0,31	0,09	0,00
32	17-ГГ-23	229603,25	5,01	1,42	3,01	0,00	0,00	2,62	0,00	0,00	0,00
33	17-ГГ-23-1 (4-14 см)	182244,88	4,56	1,02	4,17	0,58	0,24	1,76	0,69	0,57	0,73
35	17-ГГ-23-2 (47-57 см)	299875,09	4,33	1,02	4,04	0,40	0,17	3,01	0,29	0,00	0,00
36	17-ГГ-24	33,54	0,00	0,45	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
37	17-ГГ-25	8628,87	0,88	1,57	2,69	0,56	0,00	0,50	0,00	0,00	0,00
38	17-ГГ-27	269581,98	5,12	1,41	4,07	0,53	0,22	1,92	0,52	0,00	0,47

№ п/п	№ пробы	Метан	Этан	Этилен	Пропан	Пропилен	i-бутан	n-бутан	Бутен-1+ i-бутилен	i-пентан	n-пентан
		CH ₄	C ₂ H ₆	C ₂ H ₄	C ₃ H ₈	C ₃ H ₆	i-C ₄ H ₁₀	n-C ₄ H ₁₀	C ₄ H ₈ +i-C ₄ H ₈	i-C ₅ H ₁₂	n-C ₅ H ₁₂
Концентрация, ppm в воздушном зазоре (headspace)											
39	17-ГГ-28	69883,32	5,02	1,52	4,16	0,98	0,12	0,91	0,69	0,00	0,00
40	17-ГГ-29	560,27	1,21	1,15	1,16	0,26	0,07	0,26	0,18	0,00	0,00
41	17 ГГ 30	2476,45	0,64	1,02	0,24	0,29	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
42	17 ГГ 31	152854,28	1,02	1,88	1,53	0,30	0,00	1,40	0,00	0,00	0,00
43	17ГГ 32	96055,23	0,55	0,82	0,78	0,00	0,00	0,66	0,00	0,00	0,00
44	17ГГ 33	51398,37	0,94	1,21	1,16	0,23	0,00	0,16	0,00	0,00	0,00
45	17ГГ 34	148613,45	1,03	1,52	2,05	1,18	0,00	0,97	0,00	0,00	0,00
46	17ГГ 35	26,86	0,12	0,92	0,24	0,29	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Таблица 9. Содержание метана и его гомологов в придонной воде пункта наблюдений «Район о-ва Гогланд»

№ п/п	№ пробы	Метан	Этан	Этилен	Пропан	Пропилен	i-бутан	n-бутан	Бутен-1+ i-бутилен	i-пентан	n-пентан
		CH ₄	C ₂ H ₆	C ₂ H ₄	C ₃ H ₈	C ₃ H ₆	i-C ₄ H ₁₀	n-C ₄ H ₁₀	C ₄ H ₈ +i-C ₄ H ₈	i-C ₅ H ₁₂	n-C ₅ H ₁₂
Концентрация, ppm в воздушном зазоре (headspace)											
1	17-ГГ-8-1	1318,54	0,56	0,19	0,26	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
2	17-ГГ-9 (бокскорер)	1023,37	2,20	1,13	0,43	0,19	0,10	2,05	0,00	0,00	0,00
3	17-ГГ-9-1 (ГГТ)	896,32	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
4	17-ГГ-15-11	19,13	0,33	0,00	0,11	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
5	17-ГГ-19-1	1114,16	0,65	0,21	0,20	0,00	0,31	0,11	0,00	0,00	0,00
6	17-ГГ-23-1	33,19	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

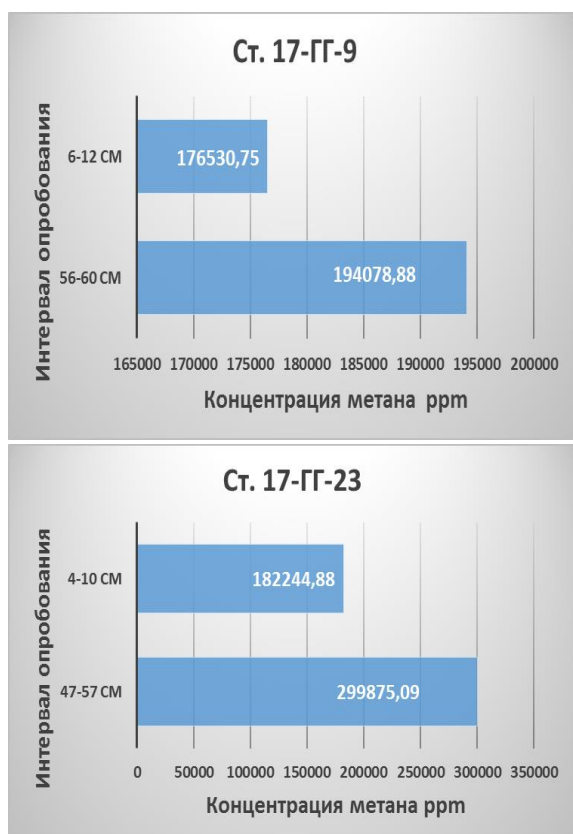


Рисунок 92. Примеры распределения концентраций метана по разрезу

Наиболее вероятной в настоящее время представляется гипотеза о реликтовом происхождении кратеров вследствие воздействия ледниковых талых потоков или просадок грунта при таянии подземных пластов льда после отступления ледника более 12 тыс. лет назад. Впоследствии частично кратеры были погребены под донными осадками, частично остались на поверхности дна, в зонах крайне низкой или нулевой скорости терригенной седиментации, о чем свидетельствует наличие ЖМК на бортах и днище ряда кратеров.

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. Где $\delta^{13}\text{C}\text{‰} = \{[(^{13}\text{C}/^{12}\text{C}) \text{ образец} : (^{13}\text{C}/^{12}\text{C}) \text{ стандарт}] - 1\} \times 1000$. Изотопный состав метана ($\delta^{13}\text{C}$) в донных отложениях большей части станций (табл. 10) находится в интервале значений (от 63,9 до -68,7), что, согласно литературным данным, позволяет говорить о его низкотемпературном, малоглубинном «биогенном» генезисе. На остальных станциях изотопный состав метана ($\delta^{13}\text{C}$) колеблется в интервале значений (от 57,8 до 59,1) то есть близок к граничным значениям, характерным для метана современной «биогенной» генерации. Таким образом, с большой долей

вероятности можно констатировать, что метан в донных осадках и отложениях пункта наблюдений «Район о-ва Гогланд» имеет главным образом близповерхностное «биогенное» происхождение. В то же время нельзя исключать, что незначительная его часть образуется в более глубоких слоях отложений.

Таблица 10. Изотопный состав углерода в пробах донных осадков и отложений в районе о. Гогланд

№ п/п	№ пробы	Концентрация метана, ppm	$d^{13}\text{C}, \text{‰}, \text{PDB}$	
			CH_4	CO_2
1	17-ГГ-8	305933,38	-58,9	2,4
2	17-ГГ-8-1	218456,88	-57,8	-7,1
3	17-ГГ-9	251956,05	-58,4	1,5
4	17-ГГ-11	313946,63	-64,5	-3,1
5	17-ГГ-15	295540,91	-67,5	-4,5
6	17-ГГ-16	254363,23	-59,1	-4,4
7	17-ГГ-20	2215,24	-65,8	-1,0
8	17-ГГ-22	261105,19	-64,9	0,8
9	17-ГГ-23	229603,25	-63,9	0,2
10	17-ГГ-27	269581,98	-68,7	-3,3

Сумма гомологов метана в газовой составляющей осадков колеблется от $0,45 \times 10^{-4} \%$ до $9,76 \times 10^{-4} \%$. В пробах придонной воды содержание Σ гомологов метана колеблется от $0,0 \times 10^{-4} \%$ до $6,1 \times 10^{-4} \%$. Соотношение O_2/N_2 в пробах донных отложений в пределах полей газонасыщенных илов колеблется в интервале 0,05–0,266, в среднем составляя 0,244. В районах выхода морены это соотношение колеблется в интервале 0,221–0,253, в среднем составляя 0,243. В донных отложениях, слагающих тела подводных кратероподобных структур, это соотношение минимально и находится в диапазоне 0,006–0,120.

Полученные соотношения O_2/N_2 в донных осадках ниже, чем в воздухе ($\approx 0,268$), и значительно ниже, чем их стандартное соотношение в морской и пресной воде, которое зависит от многих параметров, но в целом меняется в диапазоне 0,52–0,654. То есть наблюдается значительный дефицит кислорода. Для газонасыщенных илов такое отличие, вероятно, обусловлено протекающими в осадках микробиологическими процессами, а именно – анаэробным окислением метана. Содержание гелия и аргона в пределах исследуемой площади меняются незначительно и их концентрации (% в воздушном зазоре) варьируют в следующих пределах: He (0,003–0,007), Ar (1,004–1,198).

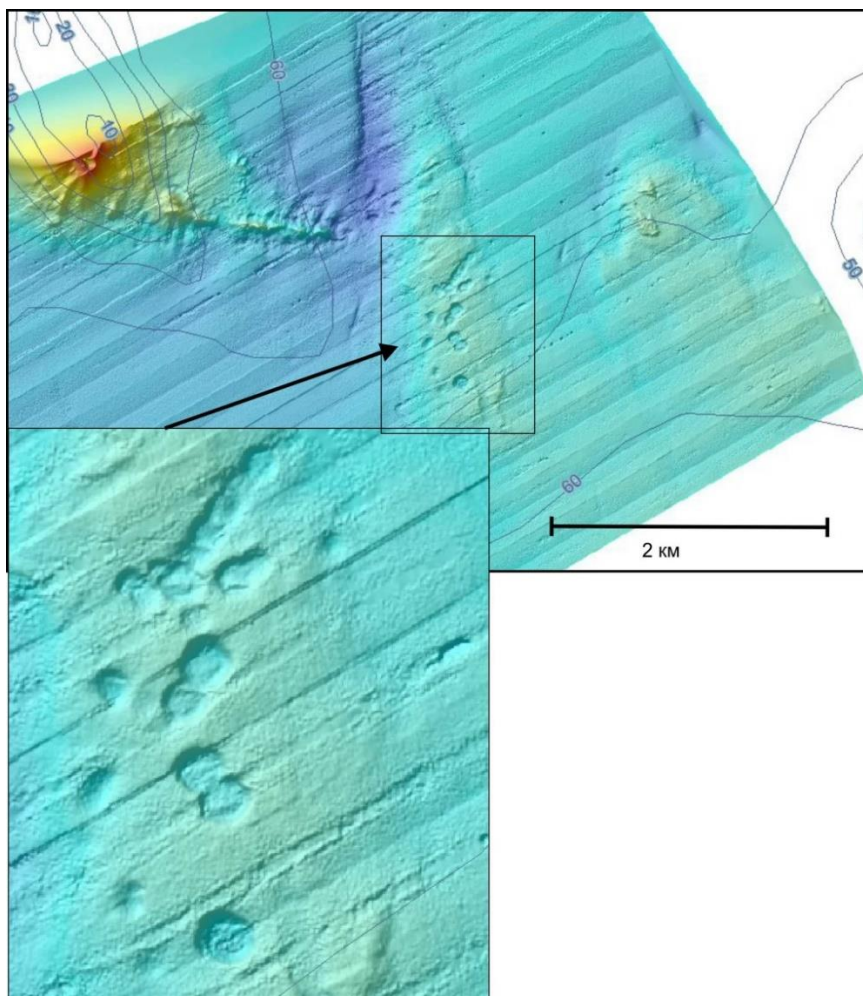


Рисунок 93. Изометричные «кратеры» на поверхности дна в пункте наблюдений «Район о-ва Гогланд» (многолучевой эхолот)



Рисунок 94. Железо-марганцевые конкреции и корки (т.н. 17-ГГ-35), отобранные на склоне изометричного «кратера»

Содержание двуокси углерода несколько меняется от типа донных осадков. Для газонасыщенных илов средняя концентрация составляет 0,2609 % в воздушном зазоре. В донных отложениях, слагающих тела подводных

кратероподобных структур, средняя концентрация составляет 0,29 % в воздушном зазоре. В районах выхода морены – 0,191 %.

Результаты литогеохимических исследований

Статистические параметры распределения химических элементов в пробах донных отложений и осадков, расположенных в районе о. Гогланд представлены в таблице 11. Сопоставляя выборки, характеризующие распределение химических элементов в донных отложениях площадей с различными геолого-геоморфологическими условиями, с помощью одного из методов математической статистики «Сравнение по средним дисперсиям» можно отметить следующее: значимое различие между отдельными выборками (при уровне значимости $Q = 5\%$) отмечено только для Ba, MnO, Cr, Mo, Pb, Ag и группы Sc, Ce, La, причем для последних значимое различие зафиксировано только по дисперсиям.

Повышенные концентрации Ba, MnO зафиксированы в пределах кратероподобных

структур, Pb – в газонасыщенных илах, Ag – в газонасыщенных илах и линейных депрессиях. В линейных депрессиях также зафиксированы повышенные концентрации MnO. Пониженные концентрации Sr характерны для кратероподобных структур, Mo – для участков выхода морены, Li – для линейных депрессий. Несмотря на ряд выявленных неоднородностей в распределении химических элементов в целом можно констатировать, что принципиальные различия между химическим составом донных осадков площадей с различными геолого-геоморфологическими условиями в пределах пункта наблюдений «Район о-ва Гогланд» не установлены.

Учитывая содержание метана в отобранных грунтах, их коэффициент пористости и консистенцию, была составлена схема (рис. 95). Изоконцентраты показывают содержание метана. Цветом показан коэффициент пористости грунтов, а синем цветом – точки отбора проб. Размер символов отображает консистенцию (IL). Чем крупнее символ, тем более текучий грунт. Из схемы видно, что пористость напрямую зависит от газонасыщенности грунтов и участки с грунтами, имеющими наибольший коэффициент пористости, совпадают с участками, на которых зафиксированы ураганные содержания метана. В грунтах, где газа содержится меньше, коэффициент пористости заметно ниже.

Таблица 11. Статистические параметры распределения химических элементов в пробах донных осадков и отложений, расположенных в районе о. Гогланд

	Газонасыщенные илы		Выходы морены		Кратеры		Линейные депрессии	
	Медиана	Ст.откл.	Медиана	Ст.откл.	Медиана	Ст.откл.	Медиана	Ст.откл.
SiO ₂ %	34,00	5,30	29,50	11,71	36,00	20,13	33,50	2,49
Al ₂ O ₃ %	9,70	1,76	7,80	2,56	11,00	1,31	9,45	1,24
MgO %	1,75	0,35	1,90	0,69	1,90	1,04	2,05	0,54
CaO %	0,89	0,20	1,02	0,36	1,10	0,29	0,86	0,16
Fe ₂ O ₃ %	4,60	3,48	4,35	5,09	4,30	5,84	4,60	0,87
K ₂ O %	2,60	0,74	2,45	0,97	3,80	1,78	2,35	0,38
Na ₂ O %	1,30	0,31	1,16	0,48	1,60	0,84	1,30	0,25
P ₂ O ₅ %	0,27	0,21	0,23	0,28	0,33	0,31	0,37	0,11
Sr %					0,01	0,003		
Ba %	0,03	0,01	0,04	0,02	0,08	0,04	0,03	0,005
TiO ₂ %	0,47	0,11	0,41	0,16	0,40	0,04	0,47	0,07
MnO %	0,50	2,08	0,32	3,07	1,70	10,74	1,40	1,51
V ppm	70,50	11,37	68,00	20,41	67,00	17,16	72,50	9,90
Cr ppm	54,00	15,87	42,50	19,79	26,00	15,62	50,50	9,89
Co ppm	15,50	10,04	15,50	13,88	15,00	9,45	16,50	4,31
Ni ppm	37,00	7,97	34,00	11,83	37,00	7,21	39,00	8,13
Zr ppm	92,50	13,68	87,00	24,19	100,00	59,37	86,00	11,76
Nb ppm	11,00	1,39	11,00	2,90	11,00	0,58	10,50	1,15
Sc ppm	9,70	2,15	8,80	4,02	9,70	1,02	9,80	1,40
Ce ppm	69,00	13,83	71,00	26,60	87,00	5,69	53,50	8,68
La ppm	51,50	11,84	54,00	19,35	65,00	7,00	47,50	9,30
Y ppm	23,00	4,94	22,00	7,45	28,00	4,04	22,00	2,00
Yb ppm	1,90	0,54	1,90	0,84	2,60	0,29	1,80	0,10
Be ppm	1,90	0,38	1,85	0,51	2,40	0,50	2,00	0,35
Li ppm	16,00	11,39			24,00	24,70	8,00	10,34
W ppm					2,50	8,37		
Mo ppm	6,15	10,62	4,70	14,60	9,70	31,29	10,25	5,71
Cu ppm	23,50	7,01	18,50	6,67	20,00	8,49	23,00	6,88
Pb ppm	61,15	16,21	50,40	17,86	36,60	17,83	50,70	14,07
Zn ppm	50,50	18,19	49,00	21,69	55,00	15,18	51,00	14,09
Cd ppm	2,01	0,57	1,69	0,61	2,16	0,96	2,06	0,43
Ag ppm	0,08	0,03	0,05	0,02	0,04	0,01	0,08	0,04
Ga ppm	7,20	2,37	5,05	3,52	6,70	2,96	6,05	2,07
B ppm	48,00	8,73	43,00	10,46	37,00	11,14	51,00	10,11

Зависимость консистенции от коэффициента пористости, хотя и менее выражена, но так же присутствует. Грунты с высокими показателями коэффициента пористости и содержанием метана наиболее текучие.

Сопоставление физико-механических и физических свойств поверхностных грунтов, отобранных в пределах линейных депрессий, показало, что они не имеют принципиальных различий по физико-механическим и физическим свойствам грунтов, отобранных на отдалении от них. Однако чтобы провести детальный анализ и сделать обоснованные выводы, необходимо более тщательное изучение и большее количество отобранных проб.

В точках пробоотбора 17-ГГ-32 и 17-ГГ-34 грунты были извлечены с помощью тяжелой трубы, что позволило исследовать грунт на глубину по разрезу до 1,25 м. В интервалах через каждые 4 сантиметра образцы испытывались полевым пенетрометром и крыльчаткой. Показатели сопротивления вращательному срезу и сопротивления пенетрации (табл. 13, 14) получились низкими и закономерно растут с глубиной. Грунты из этих же интервалов были исследованы на гранулометрический состав и некоторые физические свойства. Все грунты являются илами. Гранулометрический состав в целом однороден. Влажность с глубиной незначительно уменьшается.

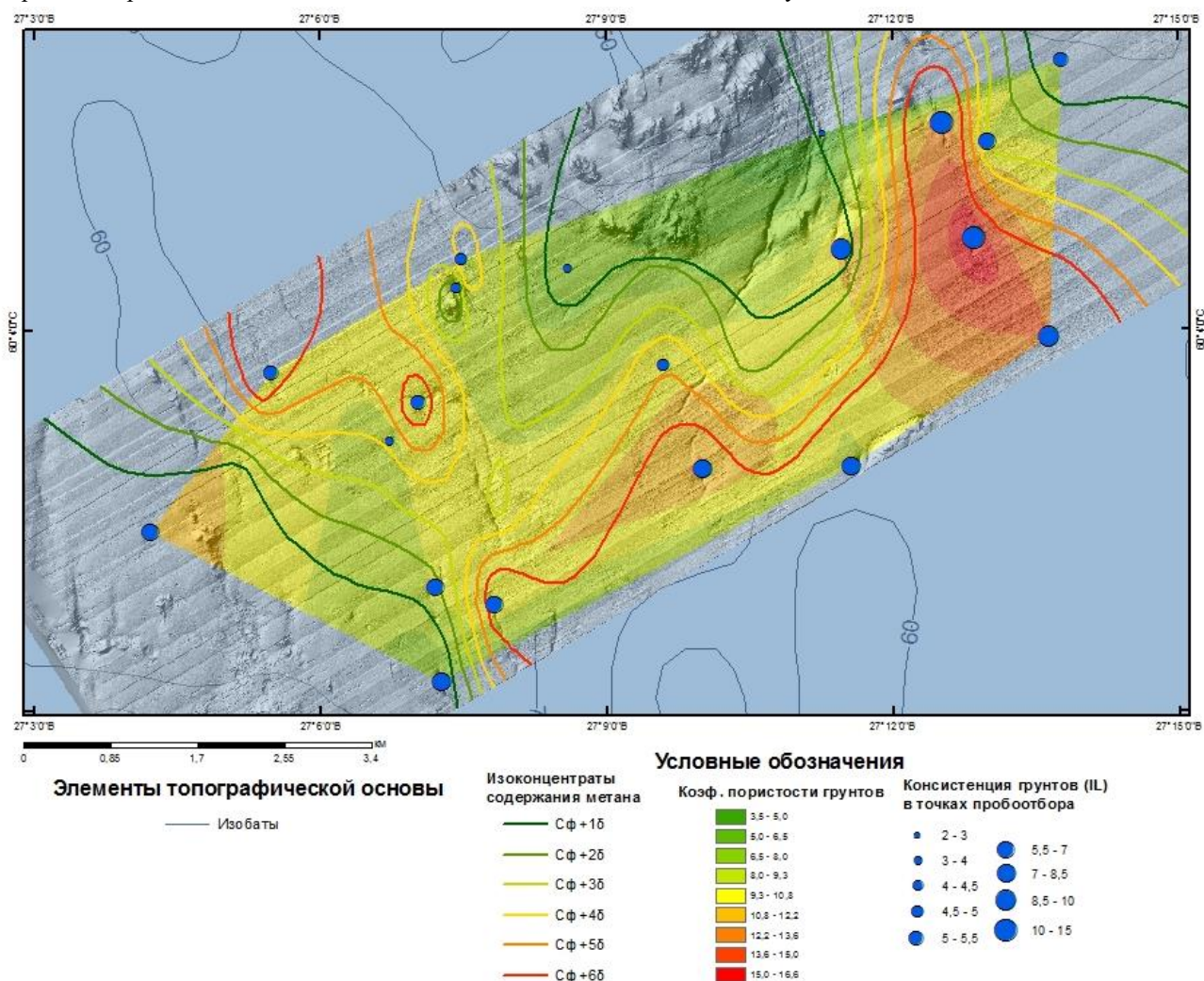


Рисунок 95. Схема распределения метана, коэффициент пористости и консистенция поверхностных грунтов в пределах пункта наблюдений «Район о-ва «Гогланд»

Таблица 12. Физико-механические свойства грунтов, отобранных в пункте наблюдений «Район о-ва Гогланд»

№№ п/п	№№ геологич. выработок	Глубина отбора проб, м	Влажность на границе		Число пластичности I_p	Потеря при прокаливании, д.е.	Природная влажность W , д.е.	Плотность грунта ρ , г/см ³	Плотность частиц грунта ρ_s , г/см ³	Коэф. пористости e	Коэф. водонасыщенности S_r	Показатели консистенции		Лаб. крыльчатка, сопр. НН срезу, кПа	Примечания
			текучести W_L , д.е.	раскатывания W_p , д.е.								I_L	S_v		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	17
1	17-ГГ-13	70	1,051	0,684	0,367	0,158	4,290	1,12	2,53	10,95	0,99	9,83		0,8	ил черный
2	17-ГГ-16	60	1,276	0,806	0,470	0,155	4,782	1,10	2,56	12,456	0,98	8,46		0,3	ил черный
3	17-ГГ-12	71	0,771	0,419	0,352	0,039	1,240	1,39	2,81	3,528	0,99	2,33	1,18		ил светло серо-черный
4	17-ГГ-18	60	1,120	0,607	0,513	0,088	2,510	1,20	2,65	6,751	0,99	3,71		0,5	ил черный
5	17-ГГ-8	75	1,474	0,943	0,531	0,206	5,603	1,09	2,43	13,72	0,99	8,78		0,4	ил черный макропористый
6	17-ГГ-10	88	1,131	0,678	0,453	0,123	3,624	1,15	2,53	9,173	1,00	6,50		0,3	ил черный
7	17-ГГ-17	60	1,388	0,718	0,670	0,119	3,763	1,11	2,60	10,157	0,96	4,54		0,3	ил черный
8	17-ГГ-25	58	1,378	0,777	0,601	0,125	4,621	1,12	2,61	12,099	1,00	6,40		0,2	ил черный
9	17-ГГ-15	58	1,119	0,808	0,311	0,097	3,323	1,14	2,60	8,859	0,98	8,09		0,3	ил черный
10	17-ГГ-20	72	1,220	0,656	0,564	0,087	3,120	1,13	2,58	8,407	0,96	4,37		0,2	ил черный
11	17-ГГ-19	65	1,268	0,670	0,598	0,110	3,480	1,12	2,64	9,56	0,96	4,70		0,2	ил черный
12	17-ГГ-23	63	1,379	0,811	0,568	0,171	3,712	1,10	2,53	9,838	0,95	5,11		0,2	ил черный
13	17-ГГ-22	66	1,349	0,724	0,625	0,154	4,112	1,10	2,52	10,711	0,97	5,42		0,4	ил черный
14	17-ГГ-21	72	1,328	0,660	0,668	0,106	3,268	1,14	2,62	8,809	0,97	3,90		0,4	ил черный
15	17-ГГ-11	76	1,156	0,847	0,309	0,168	5,222	1,09	2,45	12,985	0,99	14,16		0,1	ил черный
16	17-ГГ-7	65	0,927	0,486	0,441	0,182	2,743	1,20	2,65	7,266	1,00	5,12		0,3	ил черный
17	17-ГГ-9	88	1,124	0,745	0,379	0,051	6,283	1,09	2,64	16,64	1,00	14,61		0,1	ил черный
18	17-ГГ-29	56	0,702	0,421	0,281	0,084	2,400	1,17	2,70	6,846	0,95	7,04		0,1	ил черный
19	17-ГГ-28	56	1,181	0,600	0,581	0,102	3,875	1,14	2,50	9,691	1,00	5,64		0,2	ил черный
20	17-ГГ-27	58	1,274	0,753	0,521	0,113	4,141	1,12	2,53	10,613	0,99	6,50		0,1	ил черный

Таблица 13. Изменение сопротивления вращательному срезу и удельного сопротивления грунтов по разрезу колонки 17-ГГ-32

17-ГГ-32		
Интервал, см	Сопротивление вращательному срезу, кПа	Удельное сопротивление пенетрации, кПа
0-4	1,2	0,01
4-8	2,3	0,02
8-12	4,5	0,02
12-16	4,5	0,02
16-20	5,6	0,04
20-24	7,8	0,06
24-28	7,8	0,06
28-32	7,8	0,08
32-36	7,8	0,06
36-40	8,9	0,10
40-44	10,0	0,10
44-48	10,0	0,08
48-52	8,9	0,10
52-56	10,0	0,08
56-60	8,9	0,06
60-64	8,9	0,06
64-68	11,1	0,06
68-72	11,1	0,10
72-76	10,0	0,06
76-80	11,1	0,10
80-84	12,2	0,14
84-88	13,3	0,08
88-92	11,1	0,14
92-96	11,1	0,14
96-100	12,2	0,14

Из нижней части трубы 17-ГГ-32, с интервала 100–125 см был отобран монолит для более подробного изучения физико-механических свойств. Прочностные характеристики, ожидаемо оказались крайне низкими (удельное сцепление, $c = 0,002$ Мпа, угол внутреннего трения, $\varphi = 1^\circ$). Плотность грунта в интервале 100–125 см – $1,20$ г/см³, влажность 2,14 д.е., число пластичности, $I_p = 0,379$.

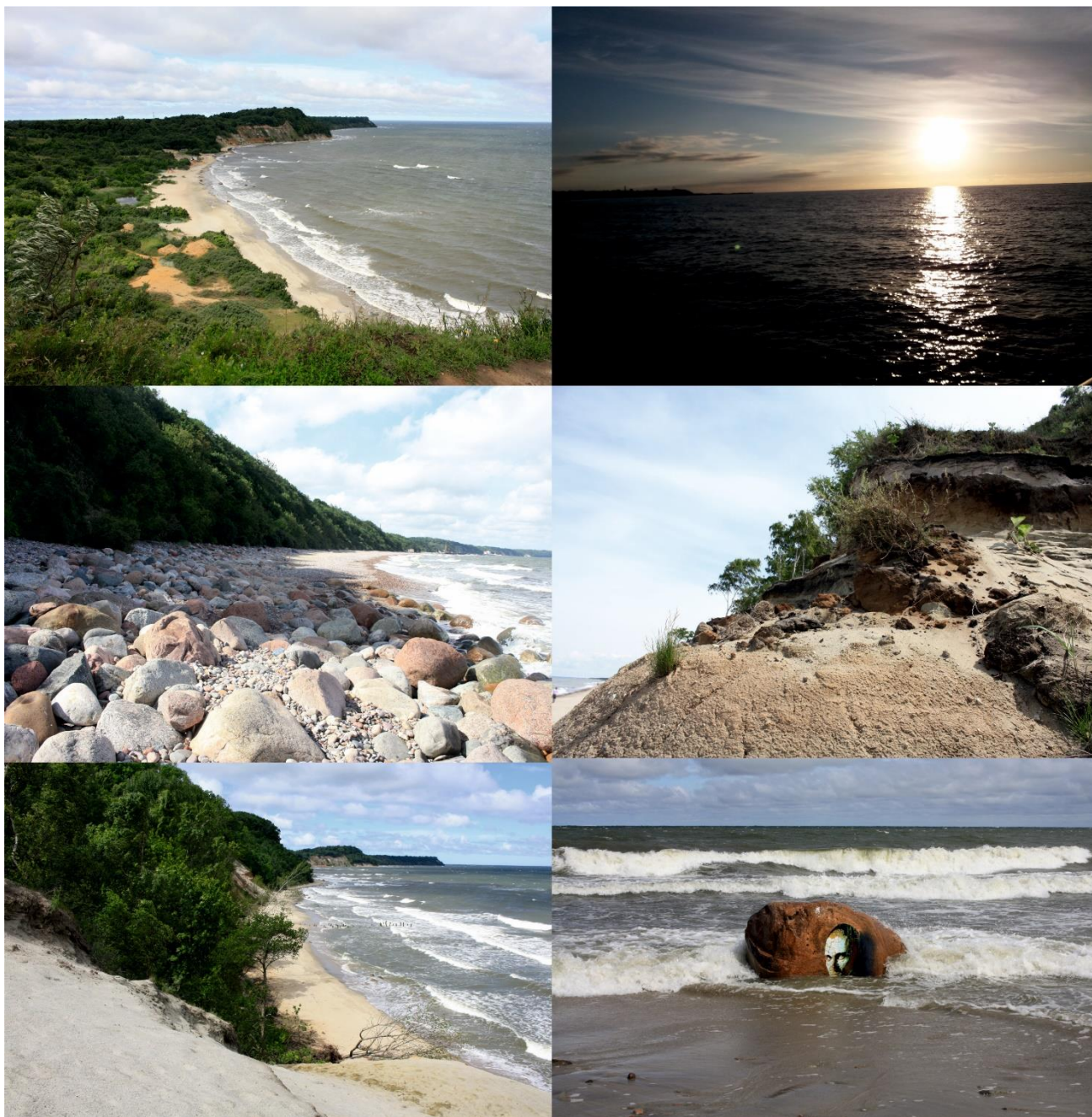
Выводы о состоянии геологической среды в пункте наблюдений «Район острова Гогланд»
Совокупность геолого-геофизических данных, полученных в пункте наблюдений «Район о-ва Гогланд» в 2017 г., показала гораздо более сложную картину проявления ЭГП, чем это предполагалось по результатам исследований 2016 г. В пределах пункта наблюдений установлена сеть протяженных линейных провалов, пространственно связанных с газонасыщенными грунтами, выявлены современные газопроявления, а также контуриты, и, вероятно, реликтовые изометричные «кратеры».

Таблица 14. Изменение сопротивления вращательному срезу и удельного сопротивления грунтов по разрезу колонки 17-ГГ-34

17-ГГ-34		
Интервал, см	Сопротивление вращательному срезу, кПа	Удельное сопротивление пенетрации, кПа
0-4	5,59	0,03
4-8	7,78	0,03
8-12	7,78	0,05
12-16	6,68	0,03
16-20	7,78	0,03
20-24	7,78	0,05
24-28	8,88	0,08
28-32	8,88	0,06
32-36	9,97	0,08
36-40	8,88	0,08
40-44	9,97	0,10
44-48	8,88	0,08
48-52	11,07	0,10
52-56	11,07	0,10
56-60	9,97	0,14
60-64	9,97	0,08
64-68	9,97	0,10
68-72	11,07	0,08
72-76	12,17	0,10
76-80	8,88	0,08
80-84	12,17	0,14
84-88	11,07	0,14
88-92	11,07	0,08
92-96	13,26	0,14
96-100	15,46	0,20
100-104	14,36	0,56
104-108	13,26	0,32
108-112	15,46	0,56
112-116	16,56	0,81

Газопроявления, как геологическая опасность, до настоящего времени слабо изучены. По мнению специалистов ООО «Питер Газ» [Миرونюк, Отто, 2014], участки морского дна со следами газопроявлений следует относить к геологически опасным территориям III категории сложности. Давление и выбросы газа в водную толщу сопровождаются деформацией донной поверхности, формированием оползней, снижением несущей способности грунтов, повышением коррозионной активности среды. Площади их распространения являются опасными для строительного освоения.

РАЙОН РАБОТ «РОССИЙСКИЙ СЕКТОР ЮГО-ВОСТОЧНОЙ ЧАСТИ БАЛТИЙСКОГО МОРЯ (КАЛИНИНГРАДСКИЙ ШЕЛЬФ)»



Геолого-геофизические работы выполнены в трех пунктах наблюдений и включали 230 км ГЛБО, 100 км НСАП, поверхностный отбор проб донных грунтов осуществлен на 15 станциях, подводное фототелепрофилерование на 7 станциях, а также инженерно-геологическое

обследование береговой зоны с изучением опорных разрезов, вдольбереговыми маршрутами общей протяженностью 40 км, нивелировками по опорным профилям, георадиолокационным профилированием и отбором поверхностных отложений пляжей.

Пункт наблюдений «Северное побережье Самбийского полуострова»

Состав наблюдательной сети

Виды наблюдений

В пункте наблюдений «Северное побережье Самбийского полуострова» осуществлено 15 км вдольбереговых маршрутов (45 станций наблюдения), инженерно-геологическое описание и отбор проб на двух опорных разрезах: 17-ССР-II (возле дер. Фирино) и 17-ССР-I (близ порта г. Пионерский). В ходе маршрутов выполнялось описание геологического строения берегового уступа и пляжа, сопровождающееся отбором образцов отложений, фиксацией элементов залегания пород и крутизны склонов. Для грунтов проведены испытания карманным пенетрометром и сдвигомером-крыльчаткой. Морские работы включали в себя 40 км ГЛБО, 40 км НСАП, 8 станций пробоотбора и две станции фототелепрофилерования (рис. 96).

Результаты мониторинга экзогенных геологических процессов

Результаты полевых плановых инженерно-геологических обследований, выполненных в июле 2017 г. на северном побережье Самбийского полуострова, выявили дальнейшую активизацию оползневых и осыпных процессов на установленных ранее участках их развития.

Берега от бухты в пос. Фирино до променада в г. Светлогорск практически на всем протяжении характеризуются активным развитием всего комплекса опасных ЭГП (эрозионно-гравитационные, оползневые, осыпные, эрозионные, обвальные) в активных абразионно-гравитационных уступах. Стабильные участки склонов в пределах рассматриваемого пункта наблюдений фиксируются локально. В западной части Филинской бухты последняя активизация склоновых процессов была спровоцирована экстремальными штормами зимы 2012–2013 гг., за истекший период склон частично стабилизирован растительностью (рис. 97).

Абразионно-гравитационный уступ в восточной части Филинской бухты сложен преимущественно песчаными отложениями (в нижней части – сцементированными железненными песчаниками фации «крант» мощностью 10–12 м). Выше разрез надстраивается кварцево-глауконитовыми песками пальвеской свиты олигоцена, перекрывающимися отложениями неогена [Загородных и др., 2001].

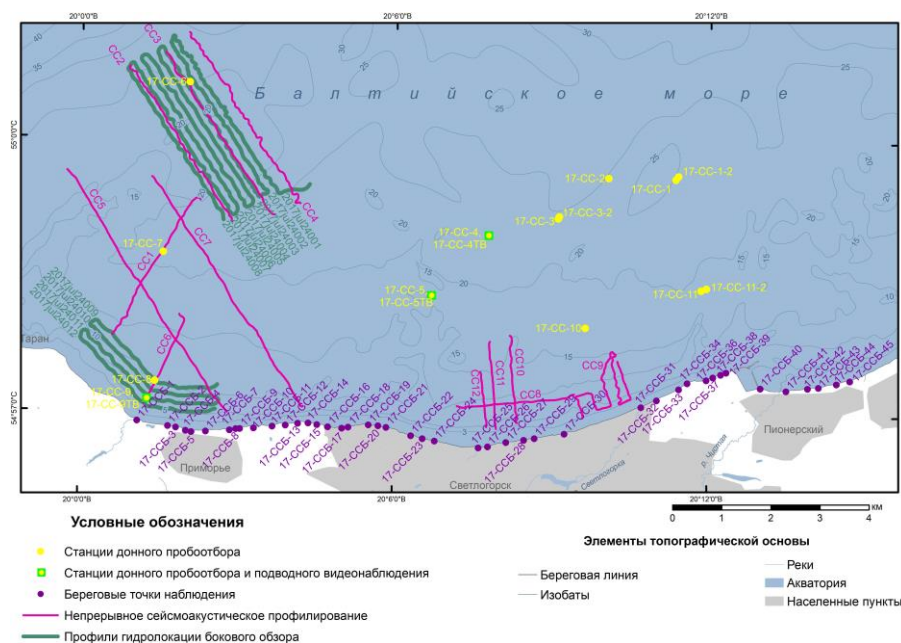


Рисунок 96. Карта фактического материала в пункте наблюдений «Северное побережье Самбийского полуострова»

Выше расположена пачка рыхлых крупнозернистых песков. В верхней части разреза их перекрывают пластичные супеси, относящиеся, по-видимому, к осташковскому горизонту последнего оледенения. Геологическое строение уступа обуславливает высокую активность осыпных и обвальных процессов, являющихся доминирующим

типом опасных ЭГП на участке между станциями наблюдения 17-ССБ-3 – 17-ССБ-6 (рис. 98).

К востоку от станции наблюдения 17-ССБ-6 высота уступа возрастает за счет увеличения мощности верхней пачки, наибольшую активность здесь имеют эрозионные процессы (рис. 99).



Рисунок 97. Стабилизация склона растительностью. Западный фланг Финляндской бухты: *а* – фото 2014 г. (станция 14-ССБ-31); *б* – фото 2017 г. (станция 17-ССБ-1)

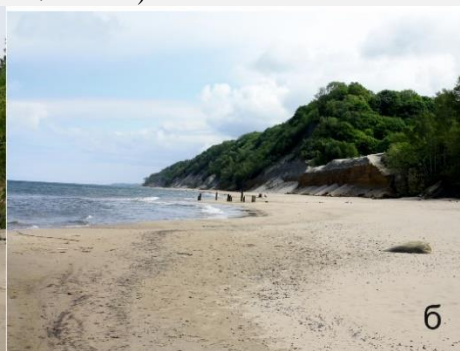


Рисунок 98. Активные осыпные и обвальные процессы в Финляндской бухте: *а, б* – точка наблюдения 13-ССБ-28; *б, г* – точка наблюдения 17-ССБ-4; *д* – точка наблюдения 13-ССБ-27; *е* – точка наблюдения 17-ССБ-6

К востоку от пос. Приморье (станция наблюдения 17-ССБ-13) расположена зона, где береговой уступ практически на всем протяжении подвержен активному воздействию оползней, осовов, осыпей и эрозионных процессов. Обращает на себя внимание значительная водонасыщенность грунтовых масс (в ряде случаев не только супесей

и суглинков, но и песков), образующих делювиально-пролювиальные конусы на пляже (высотой от 1–2 м до 15 м, длиной до 50 м, шириной до 15–20 м). В строении конусов чередуются осыпные тела, осовы, натеки, обогащенные глинистым материалом, и конусы выноса временных потоков (рис. 100, 101).

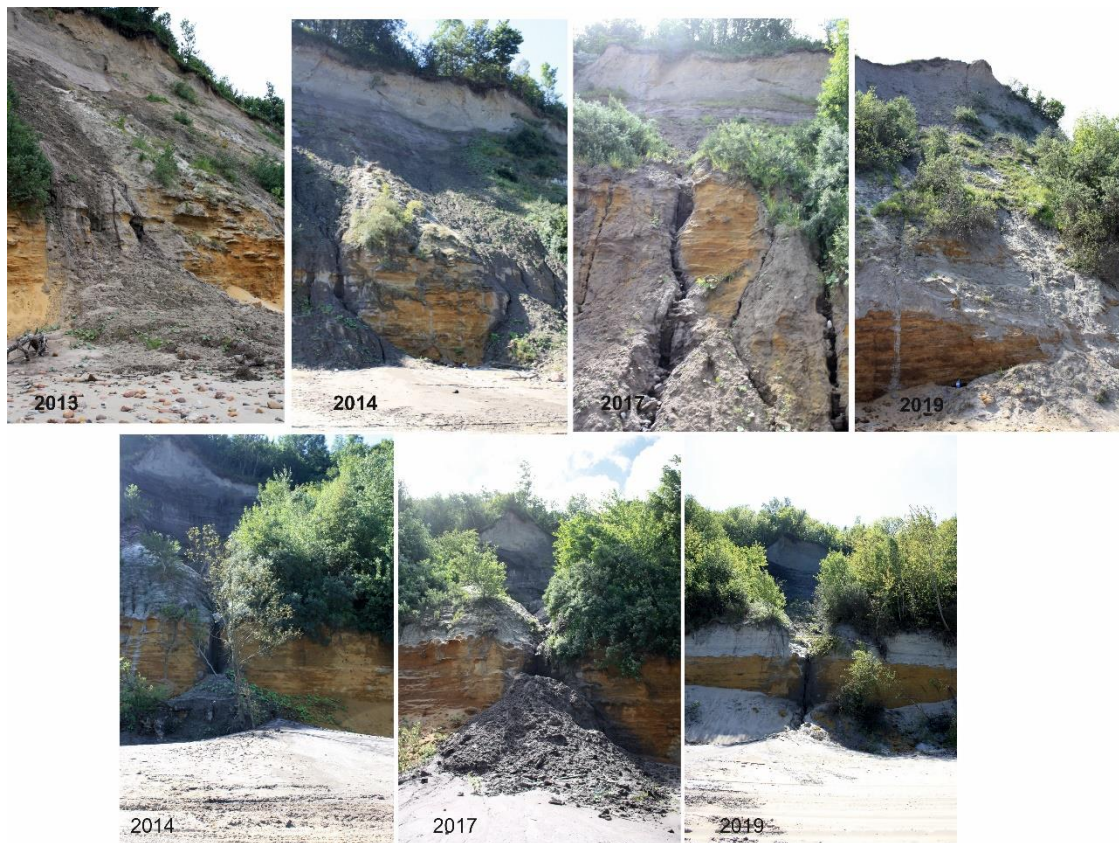


Рисунок 99. Активные эрозионные процессы. Станция наблюдения 17-ССБ-6



Рисунок 100. Оползневые шлейфы и осовы. Станция наблюдения 17-ССБ-13

На ряде участков берега уступы расчленены глубокими эрозионными врезами. По наблюдениям 2017 г. эрозионные процессы значительно активизировались вдоль всего указанного участка берега (рис. 102). Судя по характеру наблюдаемых процессов, основной причиной активизации

склоновых процессов могли быть значительное количество атмосферных осадков и активизация абразии. Продолжается разрушение берегозащитных сооружений (как старых бетонных опоясок, так и недавно возведенных габионов в основании склонов).



Рисунок 101. Оползневые шлейфы и осыпы. Станция наблюдения 17-ССБ-22: а, б – 2013 г. (станция наблюдения 13-ССБ-14); в – 2014 г. (станция наблюдения 14-ССБ-14); г, д – 2017 г. (станция наблюдения 17-ССБ-22)



Рисунок 102. Результаты эрозионных процессов (станции наблюдения 17-ССБ-20 – 17-ССБ-24)

Светлогорский пляж в районе променада за истекший год не восстановился. К востоку от Светлогорского променада в настоящее время реализуется масштабный проект по берегозащите. Выполнено укрепление склонов, в приурезовой части подводного берегового склона забит металлический шпунт, ведется отсыпка искусственных пляжей (рис. 103).



Рисунок 103. Строительство берегозащитных сооружений в г. Светлогорск. Станция наблюдения 17-ССБ-32: а – фото 2013 г., б – фото 2017 г.

Участок берега от пос. Рыбное городского пляжа в пос. Пионерский характеризуется слабой интенсивностью абразионных, оползневых и осыпных процессов (рис. 104). Аварийная ситуация сложилась на восточном крае променада перед ФГБУ «Государственный комплекс «Янтарь» (пос. Пионерский), где возведение вертикальной проницаемой бетонной стенки в основании променада спровоцировало полный размыв песчаного пляжа перед променадом и подмыв основания укрепленного склона, в результате чего возникли провалы крупных блоков грунта и формирование активного абразионного уступа на расстоянии до 2–3,5 м от края променада (рис. 104). Под угрозой оказались подземные

коммуникации, парковые дорожки, элементы декора (фонари) и устойчивость склона в целом. В момент наблюдений (14.07.2017) водолазами велись аварийные работы (обшивка мористого края основания променада сплошным металлическим шпунтом). Очевидно, что выбранный метод в долгосрочной перспективе приведет к усилению прикорневого размыва сооружения и только усугубит сложившуюся ситуацию (рис. 104).

В пределах пункта наблюдений были выполнены инженерно-геологические исследования на двух разрезах.

Разрез ССРП расположен в западной части Филинской бухты (рис. 105, 106). Видимая ширина пляжа от уреза воды составляет 6 м, далее пляжевая ступень перекрыта осыпью и обвалами (рис. 106), а также отвалами, образовавшимися вследствие стихийной добычи янтаря.

Приурезовые отложения пляжа наряду с преобладающим плохо сортированным крупнозернистым песком включают в себя большое количество валунов и гальки (5–50 см). Нижняя часть уступа сложена цементированными ожелезненными песчаниками фации «крант» (прусская свита эоцена) [Блажчишин, 1998; Загородных и др., 2001] мощностью до 8 м. Ожелезненные песчаники имеют преимущественно среднезернистый состав, выделяются тонкие прослои мелкозернистого песчаника, с существенной примесью алевритовой фракции. Песчаники цементированы, что определяет крутые углы склона (близкие к 80°).

Выше разрезы уступов надстраиваются крупнозернистыми кварцево-глауконитовыми песками пальвеской свиты олигоцена [Блажчишин, 1998; Загородных и др., 2001], к отложениям которой приурочена осыпная часть склона (уклон около 30°). Верхняя часть разреза сложена пластичными супесями с большим количеством включений валунов и гальки.

Большое влияние на гравитационные процессы оказывает волновое воздействие на основание склона, что приводит к ослаблению несущей способности пород, увеличению угла откоса и, как следствие, к активизации обвальных процессов. Попытки несанкционированной добычи янтаря также влияют на устойчивость склона. Таким образом, уступ может быть охарактеризован как неустойчивый.



2013

2017

Рисунок 104. Береговая зона Пионерской бухты в районе ФГБУ «Государственный комплекс «Янтарь»

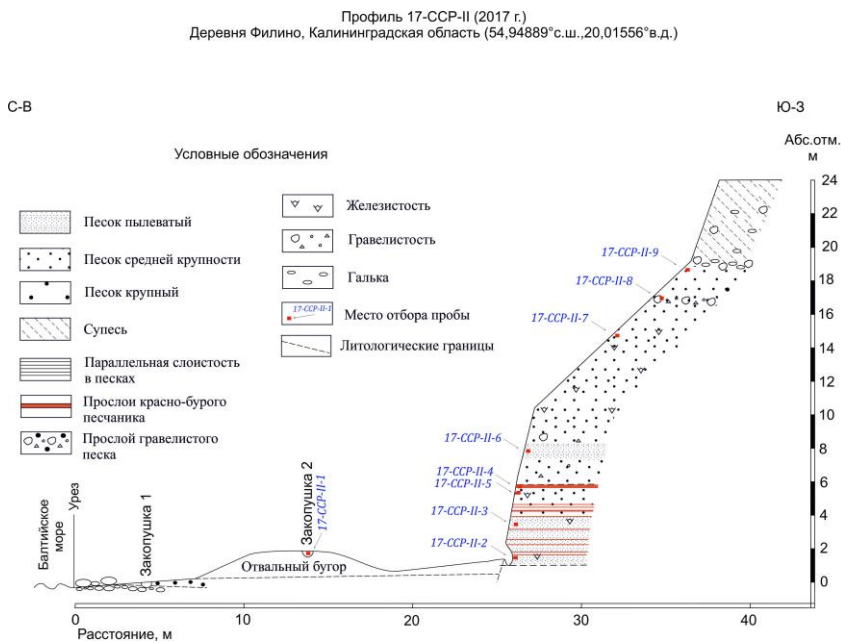


Рисунок 106. Инженерно-геологический разрез в пос. Фирино (17-ССР-II)



Рисунок 105. Вертикальная стенка обнажения, сложенная ожелезненными песчаниками фации «крант»

Инженерно-геологический разрез 17-ССР-I расположен в районе порта г. Пионерский (рис. 107, 108, табл. 18). По данным геологической съемки [Объяснительная ..., 1983; Загородных и др., 2001], в уступе обнажаются стадийные и межстадийные образования неоплейстоцена.

В плане обнажение имеет форму цирка. Кровля уступа залесена. Почти на всем склоне, даже на довольно крутых участках развит травяной покров, что, очевидно, свидетельствует об уменьшении частоты обрушений по сравнению с наблюдениями предыдущих лет. Под обнажением наблюдаются обвалы и осыпи различных форм и

времени образования. Также под склоном расположены заросшие и запыленные ямы и отвалы грунта, оставшиеся после попыток нелегальных разработок янтаря. Нарушение целостности подножья склона уменьшает устойчивость уступа и может привести к оползанию грунта.

Ширина пляжа перед обнажением – 20 м. Пляж сложен крупнозернистым песком с существенной примесью гравия (содержание фракции 0,5–1,0 мм – 49 %, фракции 1,0–2,0 мм – 16 %). В приустьевой части пляжа наблюдаются скопления гальки и валунов до 30 см в диаметре. В разрезе пляжевой ступени на глу-

бине 65 см в крупнозернистом песке встречаются небольшие линзы супеси.

В тыловой части пляжа расположена зона задернованных отвалов и оползневых накоплений, состоящих из песка, супеси и гальки, а также обломков древесной и кустарниковой растительности. В составе отложений нижней части склона преобладает мелкозернистый песок светло-бежевого цвета. В толще песков встречаются валуны диаметром до 15 см. Вверх по разрезу средний размер зерен песка увеличивается (до крупнозернистого).

На высоте около 12 м над уровнем моря выделяется тонкий прослой гальки. Выше выделяется пачка горизонтальнослоистых (переслаивание светло-бежевых и серых слоев мощностью 3–15 мм) мелкозернистых песков мощностью около 2 м. В пачке присутствуют ожелезненные слои и прослой суглинков мощностью 1–4 см (до 5 см). Немного в стороне от линии разреза этот прослой незначительно увеличивает свою мощность.

Прочностные характеристики отложений по результатам испытаний методом одноплоскостного среза довольно высокие (удельное сцепление $c = 0,077 \text{ МПа}$, угол внутреннего трения, $\phi = 14^\circ$), плотность суглинка – $1,98 \text{ г/см}^3$, консистенция твердая ($IL = -0,04$). Сопротивление грунта вращательному срезу – $1,9 \text{ кг/см}^2$, удельное сопротивление пенетрации – $4,8 \text{ кг/см}^2$.

Прослой суглинков, ввиду его высоких прочностных характеристик, малой мощности и практически горизонтального залегания существенного влияния на устойчивость уступа не оказывает.

Еще один монолит был отобран из отвала под уступом. Отложения представлены пластичными супесями, показатель удельного сцепления составляет 0,009 МПа. Сопротивление грунта вращательному срезу и удельное сопротивление пенетрации также имеют невысокие значения – 0,4 кг/см² и 1,1 кг/см² соответственно. Верхняя часть обнажения сложена твердыми, трещиноватыми, выветрелыми снаружи супесями. В прослое встречаются галька и валуны, в небольшом

количестве присутствуют мелкие линзы песка и следы ожелезнения. Физическо-механические свойства отложений, слагающих разрез, приведены в табл. 18.

Профиль 17-ССР-I (2017 г.)
 близ порта г. Пионерский. Калининградская область (54,95753°с.ш., 20,20427°в.д.)

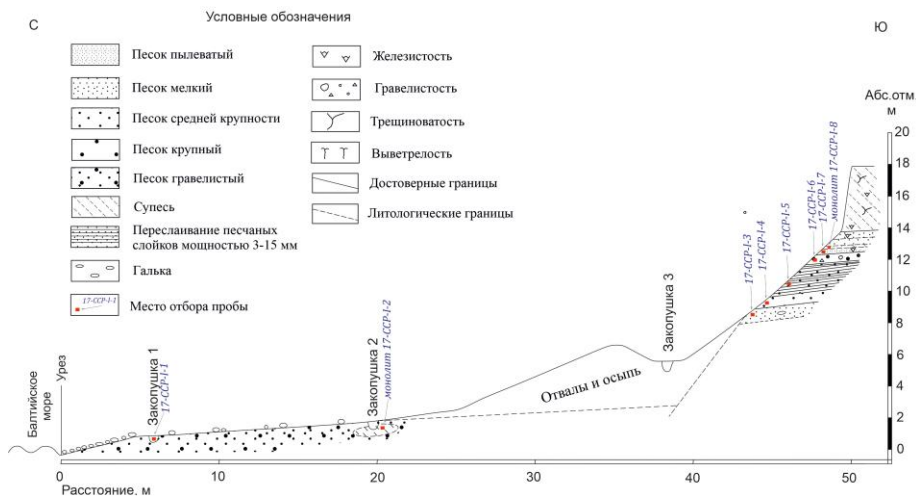


Рисунок 107. Инженерно-геологический разрез 17-ССР-I



Рисунок 108. Общий вид берегового уступа в районе разреза 17-ССР-I

Таблица 18. Физико-механические свойства отложений разреза 17-ССР-I

№ монолита	Влажность на границе		Число пластичности I _p	Потери при прокаливании, д.е. 350 °С	Природная влажность W, д.е.	Плотность грунта ρ, г/см ³	Плотность частиц грунта ρ _s , г/см ³
	текучности WL, д.е.	раскатывания W _p , д.е.					
17-ССР-I-8	0,391	0,241	0,150	0,029	0,235	1,98	2,74
17-ССР-I-2	0,210	0,154	0,056	0,014	0,180	2,09	2,69

№ монолита	Коэффициент пористости e	Коэффициент водонасыщенности S _g	Показатели консистенции		Удельное сцепление, МПа	Угол внутреннего трения φ, градус	Примечания
			IL	СВ			
17-ССР-I-8	0,709	0,91	-0,04	-0,16	0,077	14	Суглинок зеленовато-серый, с прослоями ожелезненного песка
17-ССР-I-2	0,519	0,93	0,46	0,25	0,009	30	Супесь коричневатосерая опесчаненная

По результатам полевого описания и проведения лабораторных испытаний образцов грунта уступа были построены колонки, отражающие состав и влажность отложений (рис. 109).

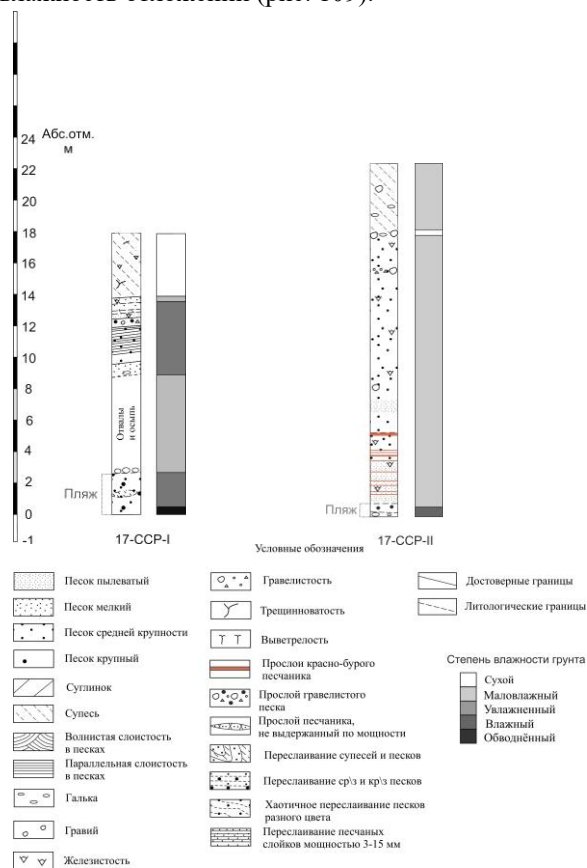


Рисунок 109. Колонки по разрезам, показывающие состав и влажность грунтов

В целом можно констатировать, что в 2017 г. разрушение уступа замедлилось по сравнению с 2016 г., однако при мощных штормах слабые грунты отвалов, образующих естественный волногасящий барьер, легко абрадируются, обнажив основание уступа, что может существенно ослабить его устойчивость. В субаквальной части пункта наблюдений ГЛБО выполнялось на двух площадках. Первая расположена на подводном береговом склоне, примыкающем к пос. Филино и характеризующемся значительной фациальной изменчивостью поверхностного покрова донных осадков, обусловленной сложным взаимодействием геоморфологических факторов и литодинамических процессов [Жамойда и др., 2012].

Вторая площадка, где в 2017 г. выполнялись морские геолого-геофизические работы, расположена в районе выходов на поверхность дна коренных пород (предположительно, лозняковской свиты верхнего мела) [Загородных и др., 2001], свидетельствующая об активном размыве морского дна (рис. 110, 111). Размыв коренных осадочных пород, предположительно мелового возраста, происходит дифференцированно, за счет разницы в прочностных свойствах слагающих их слоев, с образованием гребенчатого микрорельефа дна (рис. 110). Более прочные слои образуют протяженные останцы. При последующем обрушении этих останцов на поверхности дна формируются глыбовые развалы (рис. 111, б).

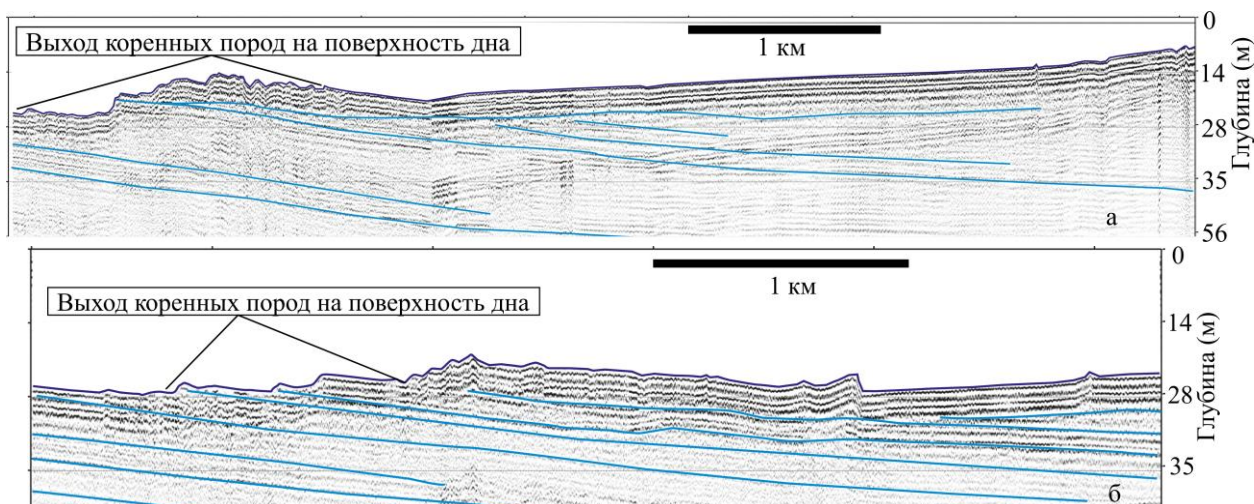


Рисунок 110. Примеры записи НСАП (спаркер), через участок обнажения на поверхности дна осадочных пород (предположительно мелового возраста). Зона активного размыва и обрушения: а – профиль НСАП сс5; б – профиль НСАП сс3 (2017 г.)

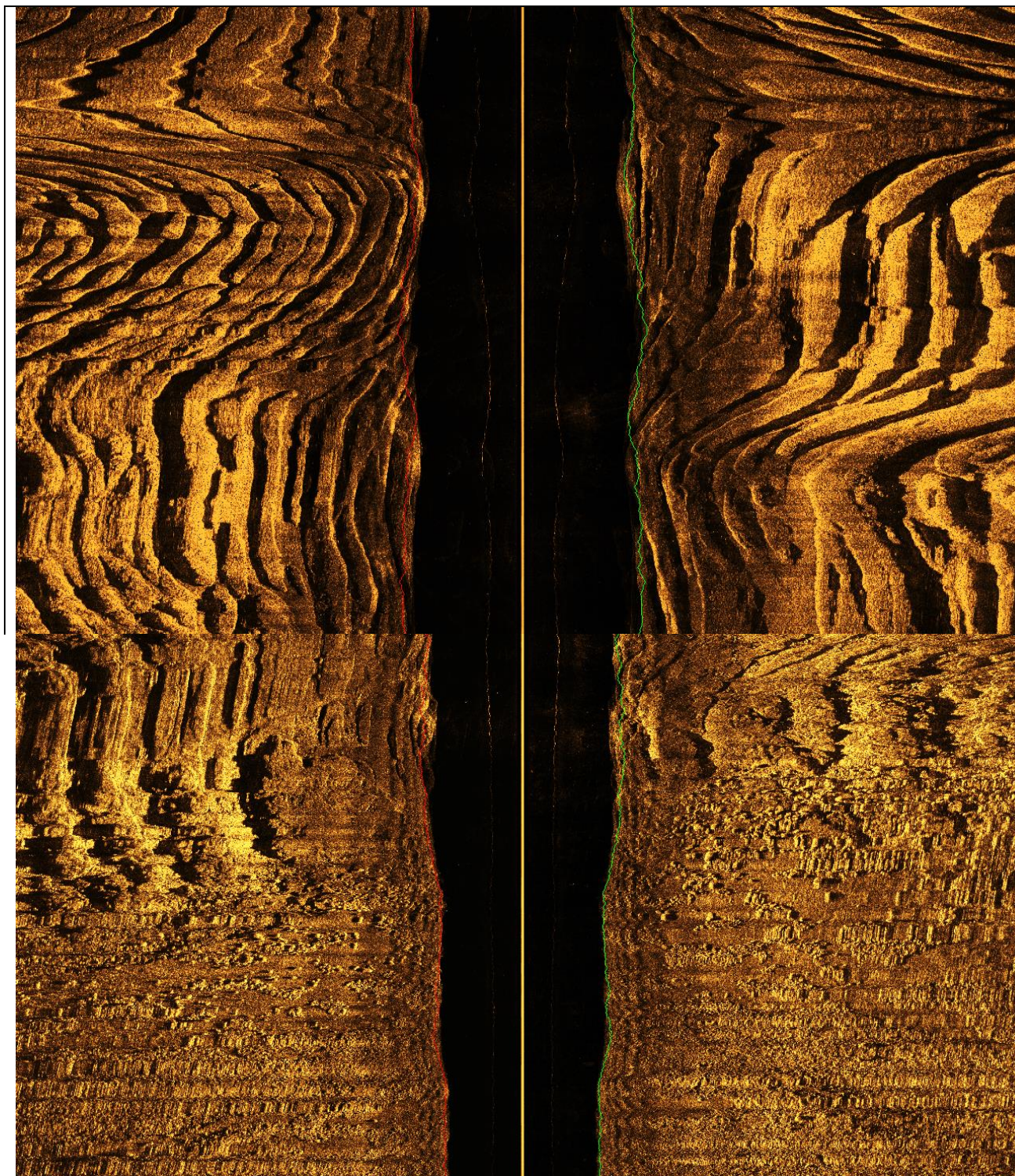


Рисунок 111. Запись ГЛБО (2017 г.) (диапазон – 200 м): *a* – участок активного размыва морского дна, выходы пород мелового возраста; *б* – участок активного размыва морского дна, граница выходов пород мелового возраста и перекрывающих их грубообломочных отложений

С целью заверки геофизических данных и уточнения литологической карты в Филинской бухте был выполнен поверхностный донный пробоотбор. В результате работ были отобраны песчано-алевритовые грунты (рис. 112, *a*), не характерные для этой

площади, где преобладают, как правило, чистые, хорошо сортированные тонко-мелкозернистые пески (на участках аккумуляции) (рис. 112, *б*) или разнозернистые, более грубозернистые пески (рис. 112, *в*) на участках транзита и размыва морского дна.



Рисунок 112. Различные типы песчаных грунтов: т.н. 17-СС-8 – песчаные алевриты, б – 17-СС-9 – мелко-тонкозернистые пески; в – 17-СС-1-2 – разнородные пески

Как в зонах аккумуляции, так и в зонах транзита осадочного вещества на поверхности дна повсеместно отмечаются знаки ряби различной величины (рис. 113), что говорит об активной придонной литодинамике не только на участках размыва морского дна.

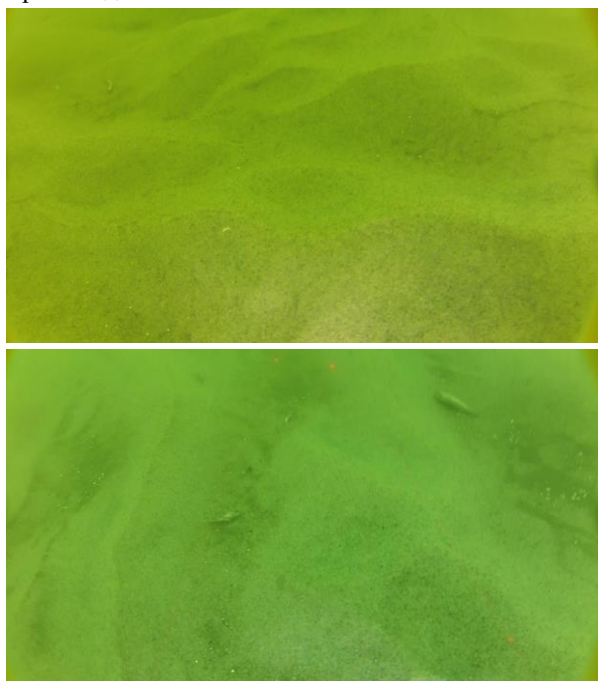


Рисунок 113. Примеры записи фотовидеопрофилрования (т.н. 17-СС-9ТВ) в зоне аккумуляции тонко-мелкозернистых песков с отчетливыми крупными знаками ряби на поверхности дна

По материалам комплекса геолого-геофизических работ была уточнена схема распределения поверхностных донных отложений (рис. 114). Наиболее важным с точки зрения оценки и прогнозирования развития опасных ЭГП является уточнение конфигурации зон развития грубообломочных отложений и обнажений коренных пород, являющихся индикаторами развития процессов подводной эрозии (размыва)

дна. На основе полученных данных была актуализирована схема проявлений опасных ЭГП.

Выводы по состоянию геологической среды пункта наблюдений «Северное побережье Самбийского полуострова»

В 2017 г. по данным оперативных обследований береговая зона пункта наблюдений «Северное побережье Самбийского полуострова» на участках от Филинской бухты до г. Светлогорск характеризовалась исключительно высоким уровнем развития опасных ЭГП, к которым относятся комплекс гравитационно-эрозионных процессов, оползневые, осыпные, обвальные процессы, провоцируемые морской абразией, а также боковая эрозия. На ряде участков сложились предаварийные и аварийные ситуации для жилой (в том числе, многоэтажной) застройки приморских поселений). В г. Светлогорск начаты масштабные берегозащитные работы.

За прошедший год отмечена активизация склоновых процессов в районе Государственной резиденции «Янтарь». Под угрозой оказались подземные коммуникации, парковые дорожки, элементы декора и устойчивость склона в целом. В момент наблюдений водолазами велись работы по возведению берегозащитных сооружений.

По данным инженерно-геологических исследований разрезов, основное разрушающее влияние на берега пункта наблюдений оказывает воздействие волн. Дополнительным триггером активизации комплекса гравитационных ЭГП является техногенное воздействие (нелегальная добыча янтаря).

В субаквальной части пункта наблюдений уточнены контуры зон размыва морского дна, где фиксируются выходы коренных пород, образование останцов и их обрушение. Существенная перестройка литодинамических процессов за истекший год в субаквальной части пункта не отмечена.

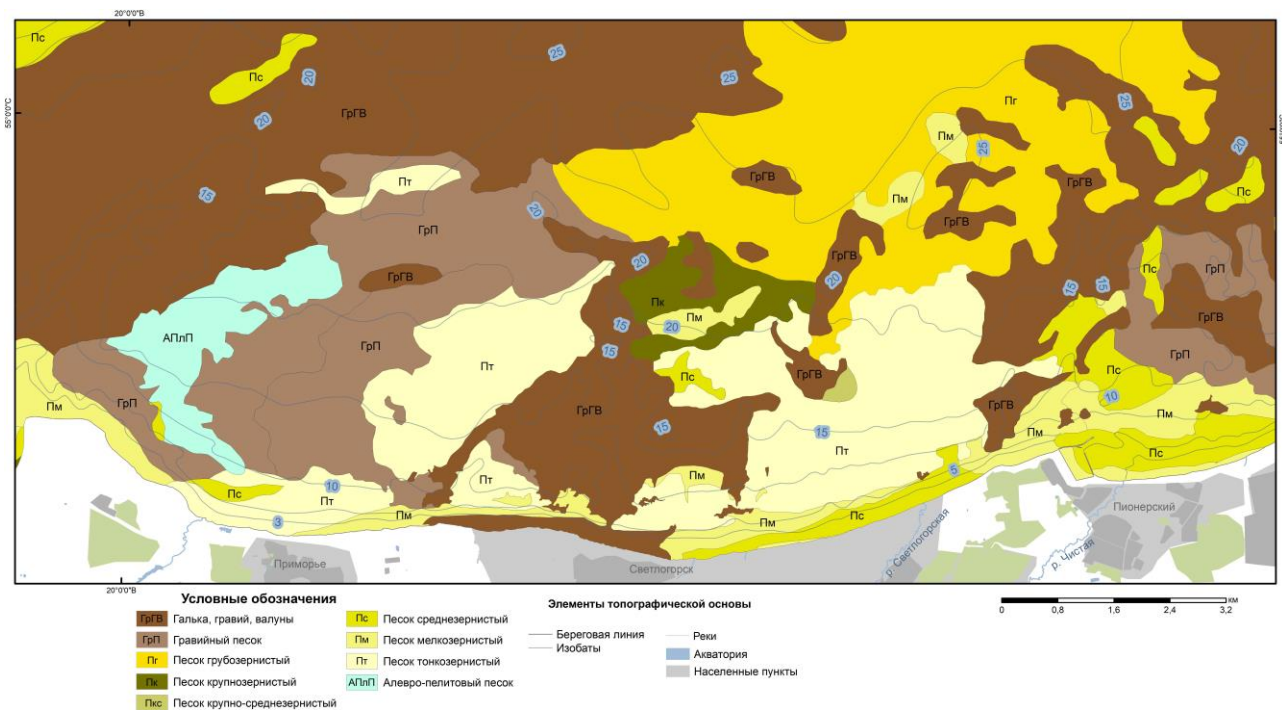


Рисунок 114. Схема распределения донных грунтов в пункте наблюдений «Северное побережье Самбийского полуострова»

Пункт наблюдений «Западное побережье Самбийского полуострова»

Состав наблюдательной сети Виды наблюдений

Береговые маршруты включали в себя 15 км планового инженерно-геологического обследования побережья и нивелировочное профилирование по трем профилям. В ходе маршрутов фиксировались последствия проявления опасных ЭПП, картировались участки их развития, проводились измерения показателей активности ЭПП.

В пределах субаквальной части пункта наблюдений выполнено профилирование ГЛБО на двух площадках; всего пройдено 43 профиля общей протяженностью 140 км (рис. 115). Целью проведения ГЛБО являлось уточнение площадей активного проявления ЭПП (размыв морского дна, гравитационные процессы и т. д.) для актуализации карты проявления опасных ЭПП. Для выявления подводных обвальных процессов и уточнения инженерно-геологических свойств приповерхностного разреза выполнено 11 профилей НСАП общей протяженностью 60 км.

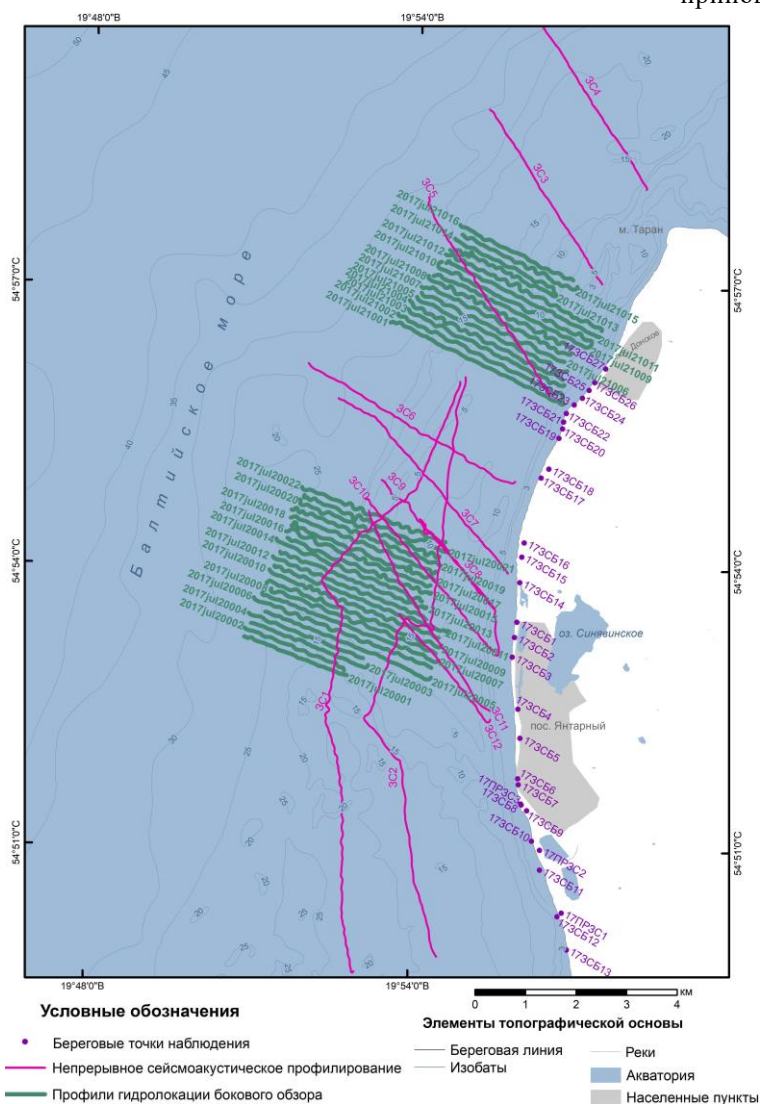


Рисунок 115. Карта фактического материала в пункте наблюдений «Западное побережье Самбийского полуострова»

Экзогенные геологические процессы

Пункт наблюдений «Западное побережье Самбийского п-ва» характеризуется активной литодинамикой, что определяется как природными, так и антропогенными факторами.

Береговые уступы сложены слабо сцементированными, разнородными по гранулометрическому составу, физическим свойствам и мощности четвертичными отложениями [Загородных и др., 2001]. В связи с относительно неглубоким залеганием в береговой зоне кровли пород палеогена на берегу расположены карьеры месторождений янтаря.

Для участка берега от пос. Янтарный до пос. Синявино характерно проявление активной техногенной аккумуляции, вызванной сбросом пульпы Янтарного комбината непосредственно в береговую зону. В результате сброса пульпы алевроглинистого материала береговой контур выдвинулся в сторону моря, на дне в прибрежной полосе наблюдается зона взмученного тонкодисперсного осадка серого цвета. Положение места сброса пульпы непостоянно, что приводит к быстрому размыву прежнего конуса выноса. По данным нивелировочного измерения, ширина пляжа в районе сброса пульпы в 2016–2017 гг. резко сократилась, береговой уступ в техногенных отложениях был размыв, профиль пляжа выровнялся (рис. 116).

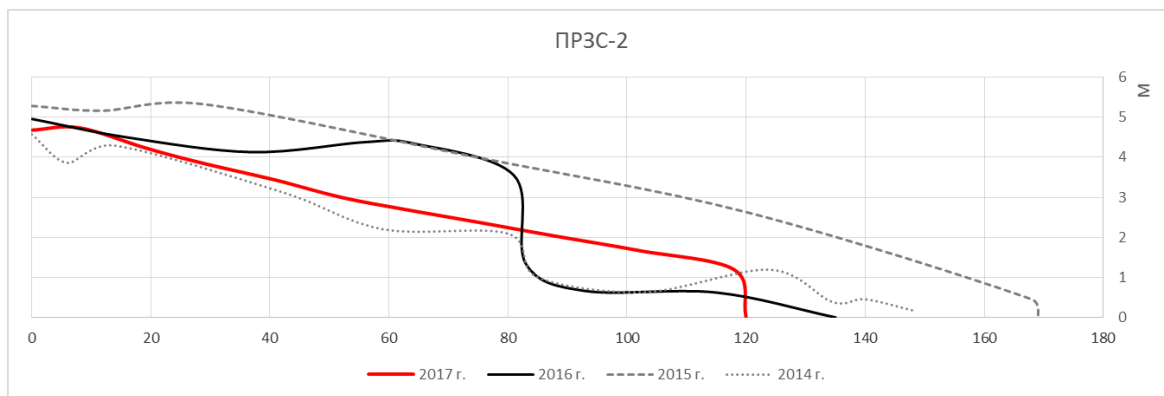


Рисунок 116. Результаты нивелировочного профилирования через техногенный конус выноса алевров-глинистых отложений

На участках берега к югу и северу от пос. Янтарный в береговой зоне зафиксированы незаконные выработки грунта на поиски янтареносных отложений (рис. 117). В пляжевой ступени помпами промыты траншеи и ямы, диаметром около 10 м. Выработки грунта с нарушением целостности отложений пляжа и образованием подкопов береговых уступов провоцируют развитие комплекса обвально-оползневых ЭГП.



Рисунок 117. Техногенные незаконные выработки грунта при поиске янтаря «черными старателями» на западном берегу Самбийского п-ова: а – пос. Янтарный; б – пос. Донское

В 2017 г. существенно активизировались склоновые обвально-осыпные процессы.

В районе пос. Донское блоки плотных суглинистых и супесчаных масс обрушены на пляж (рис. 118). Протяженность отдельных зон обвалов варьирует от нескольких десятков метров до 50 м.



Рисунок 118. Развитие обвально-осыпных процессов на западном берегу Самбийского п-ова: А – в пос. Донское; Б – в пос. Янтарный (м. Песчаный)

К северу от пос. Донское склоновые процессы имеют иной характер, что обусловлено сменой геологического строения отложений, слагающих береговой уступ. Трещины оползания грунта по склону раскрыты на отдельных участках от 1 до 5 м при ширине около 70 м (рис. 119, А). На севере участка, в районе пос. Донское, в зонах крупных склоновых накоплений на пляжевой ступени наблюдаются абразионные процессы с размывом оснований обвалов и осыпей (рис. 119, Б).



Рис. 119. Развитие оползневых процессов на западном берегу Самбийского п-ова в пос. Донское (а); с размывом основания оползневого цирка и обвалом блоков пород (б)

В пределах пункта наблюдений выполнено инженерно-геологическое описание и отбор проб в двух опорных разрезах: 17-ССР-III (близ пос. Янтарный), 17-ССР-IV (неподалеку от пос. Донское). Результаты испытаний грунтов приведены в табл. 19.

Для глинистых грунтов, слагающих склон, при полевом описании были проведены также испытания

с применением карманного пенетрометра и сдвигомера-крыльчатки (табл. 20).

По сравнению с наблюдениями, выполнявшимися в 2016 г., можно констатировать, что произошла существенная активизация обвально-оползневых процессов. Столь масштабные обрушения, фиксирующиеся за относительно короткий период времени, как правило, провоцируются экстремальными штормами или значительным увеличением количества атмосферных осадков. По метеорологическим сводкам, за последний год такие явления не наблюдались. Также по данным АО ИО РАН, за истекший год не было зафиксировано значимых сейсмических событий. Предположительно триггером активизации гравитационных процессов в береговой зоне могли послужить учения ВМФ, в ходе которых производились выстрелы из крупнокалиберных корабельных орудий.

В 2017 г. в режиме мониторинга были выполнены инженерно-геологические исследования геологического разреза берегового уступа близ пос. Янтарный (рис. 120, 121). Было проведено описание разреза с фиксацией крутизны склонов и элементов залегания отложений, отбор образцов на гранулометрический анализ и исследования физических свойств.

Крутой береговой уступ (углы на некоторых его участках достигают 80°) имеет высоту около 25 м. Относительно более пологие части склона задернованы и частично заросли кустарниками.

В основании уступ сложен плотными суглинками, перекрытыми песчаными отложениями, и представляет собой срезанную морем моренную грядку, протягивающуюся в юго-восточном направлении. Сопоставление полученных данных с результатами геолого-съёмочных работ [Казанов и др., 1967ф] позволяет отнести нижнюю часть разреза к ледниковым отложениям среднерусского надгоризонта среднего неоплейстоцена, в верхнюю (песчаную) часть разреза к озерно-ледниковым нерасчлененным отложениям ошашковского горизонта.

Ширина пляжа в районе разреза 13 м. В отложениях пляжевой ступени преобладают среднезернистые и крупнозернистые пески светло-бежевого цвета. При первом описании уступа, в нескольких метрах от уреза был зафиксирован микроуступ размыва высотой 30 см, невыдержанный по простиранию. При повторном описании уступа микроуступ был полностью сnivelирован, что свидетельствует об активном воздействии волновых процессов на берег. Часть пляжа, прилегающая к склону, перекрыта осыпью (рис. 122), которая не наблюдалась в 2016 году.

Таблица 19. Физико-механические свойства отложений разрезов Западного побережья Самбийского полуострова

№ образца	Влажность на границе		Число пластичности Ip	Потеря при прокаливании, д.е.	Природная влажность W, д.е.	Плотность грунта ρ, г/см ³	Плотность частиц грунта ρ _s , г/см ³	Кэф. пористости e	Кэф. водонасыщенности S _r	Показатели консистенции		Уд.сопр пенетр. R кгс/см ²	Удельное сцепление с, МПА	Угол внутреннего трения φ, градус	Примечания
	текучести WL, д.е.	раскатывания W _p д.е.								IL	СВ				
17-ССР-III-5	0,180	0,132	0,048	0,018	0,148	2,18	2,69	0,417	0,95	0,33	0,25		0,023	18	супесь коричнево-серая с линзами песка, с редким гравием
17-ССР-IV-1	0,369	0,259	0,110	0,034	0,259	1,94	2,70	0,752	0,93	0,00	0,05		0,02	30	суглинок коричнево-черный с прослоями песка
17-ССР-III-4	0,241	0,172	0,069	0,022	0,202	2,09	2,70	0,553	0,99	0,43	0,11		0,012	28	суглинок серый с прослоями пыл.песка с ед.гр, с орг.
17-ССР-IV-8	0,413	0,254	0,159	0,050	0,226	1,99	2,64	0,626	0,95	-0,18	-0,1		0,083	15	суглинок темно-серый, с линзами песка, с орг.
17-ССР-III-12	0,238	0,174	0,064	0,021	0,174	2,09	2,70	0,517	0,91	0,00	0,1		0,007	31	супесь серая с пр.пыл. песка, с орг.

Таблица 20. Результаты проведения полевых испытаний пенетрометром и сдвигомером-крыльчаткой

Обнажение	Положение в разрезе	Сопrotивление грунта	
		вращательному срезу, кг/см ²	Удельное сопротивление пенетрации, кг/см ²
17-ССР-III	Слой с монолитом 17-ССР-III-4	1,1	3,3
17-ССР-III	Слой ниже слоя с монолитом 17-ССР-III-4 на 1 м	1,9	4,7
17-ССР-III	Осыпь у подножия (монолит 17-ССР-III-5)	0,3	0,8
17-ССР-IV	Осыпь с пляжа (монолит 17-ССР-IV-1)	0,3	1,3

Осыпь сложена коричнево-серыми супесями с линзами песка и примесью редкого гравия. По консистенции супесь пластичная ($IL = 0,33$), имеет довольно высокую плотность ($2,18 \text{ г/см}^3$) и низкую влажность ($14,8\%$). Грунт характеризуется невысокими значениями сопротивления вращательному срезу и удельного сопротивления пенетрации: $0,3 \text{ кг/см}^2$ и $0,8 \text{ кг/см}^2$ соответственно. Это самые низкие показатели среди исследованных на данном разрезе глинистых грунтов.

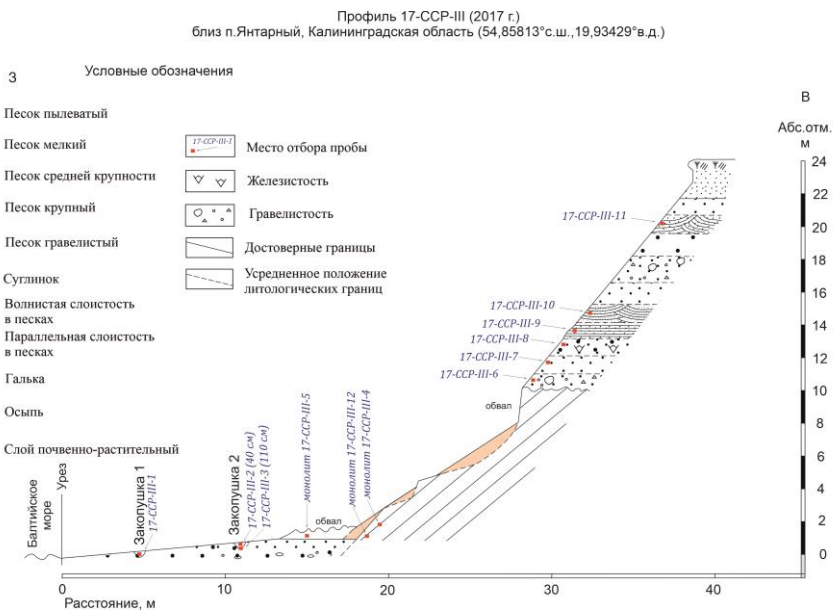


Рисунок 120. Инженерно-геологический разрез 17-ССР-III



Рисунок 121. Крутая стенка обнажения, сложенная ожелезненными песчаниками (разрез 17-ССР-III)

В нижней части разреза было отобрано два монолита. Образцы представлены супесью (17-ССР-III-12) и суглинком (17-ССР-III-4), их свойства, такие как плотность ($2,09 \text{ г/см}^3$), число пластичности, прочностные характеристики (c , ϕ), схожи. Выше по разрезу влажность глинистых отложений незначительно увеличивается, что, очевидно, связано с действием грунтовых вод. В верхней части разреза влажность снова уменьшается, консистенция отложений становится более твердой, в них появляются гравийно-галечные включения и следы ожелезнения. На высоте около 8 м твердые, маловлажные грунты образуют трещиноватую, практически вертикальную (около 80°) стенку. В отложениях наблюдается отдельность с углом 84° . Обвальные отложения,

образовавшиеся в 2017 г., судя по их составу, были перемещены именно с этого участка склона.

Граница между слоем глинистых грунтов и вышележащими отложениями несогласная, четкая, неровная, с небольшими карманами, заполненными галькой. Выше по разрезу до кровли уступа наблюдается переслаивание песков различной крупности от пылеватого до гравелистого с редкими прослоями и включениями гальки. В песчаных слоях фиксируется слоистость различных направлений.



Рисунок 122. Осыпи и обвалы (разрез 17-ССР-III)

Небольшая ширина пляжа, крутые углы склона, невысокие прочностные характеристики грунтов уступа и его значительная высота указывают на то, создают предпосылки для неустойчивости склона.

Береговой уступ в районе разреза 17-ССР-IV (рис. 123–126), находящегося вблизи пос. Донское, имеет высоту около 30 м, в центральной части склон расчленен узким каньоном с крутыми склонами. Каньон используется в качестве пешеходной тропы.

Один из монолитов для исследования инженерно-геологических свойств был отобран из осыпи, расположенной в трех метрах от подножия уступа. Образец представлен полутвердым суглинком, влажность грунта составляет 26 %, плотность – 1,94 г/см³.

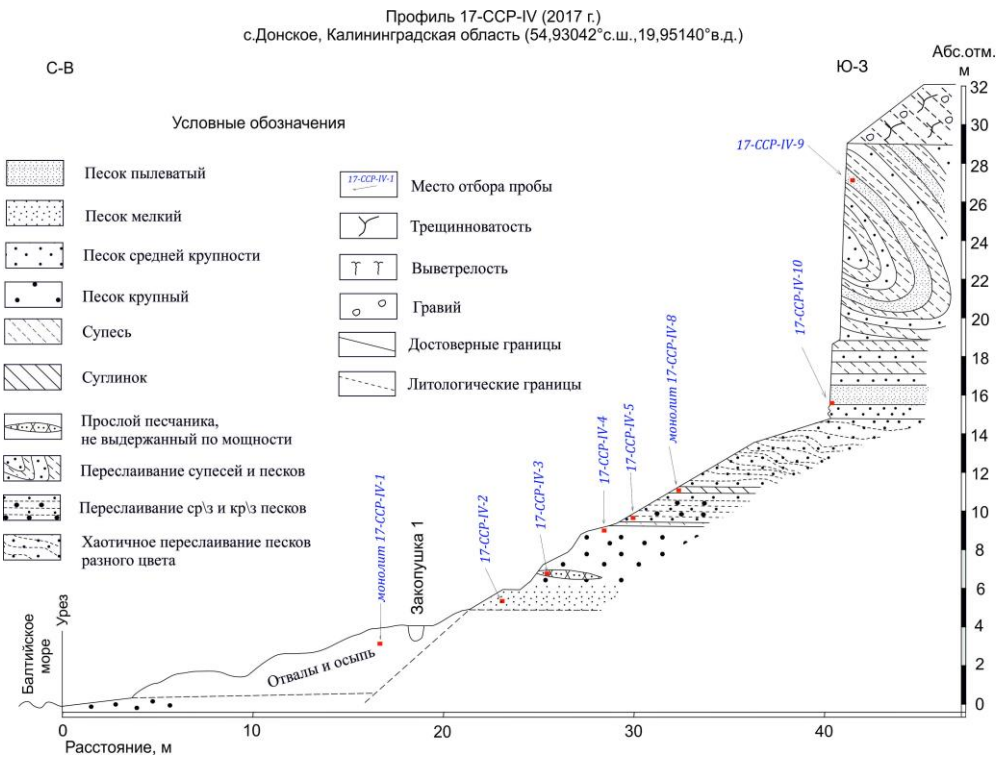


Рисунок 123. Инженерно-геологический разрез 17-ССР-IV

Склон уступа крутой, у его подножия при работах наблюдались обвалы и оплывины различных форм и времени образования.

Ширина пляжа в районе профиля составляет 21 м. В трех метрах от уреза на поверхности пляжевой ступени наблюдаются скопления крупной, хорошо окатанной гальки и мелких валунов (диаметром до 30 см).

Далее до подножия уступа пляж перекрыт оплывинами и обвальными накопления разного времени образования, образующими на пляжевой ступени бугры высотой около 1–2 м. В непосредственной близости от профиля зафиксирована заплывшая яма и отвалы, сформировавшиеся в результате незаконной добычи янтаря.

В обнажении выделено три пачки (рис. 126).

Нижняя пачка представлена песками серого и зеленовато-серого цветов, мелкозернистыми внизу; верх по разрезу размер зерен увеличивается до крупного; пески содержат линзы плотного (ожезненного) среднезернистого (содержание зерен, размером 0,25–0,5 мм – 53%) песчаника красно-коричневого цвета; мощность пачки – 4 м;

Средняя пачка представляет собой переслаивание песков различной зерни-

стости (иногда с мелкой галькой, некоторые с примесью глинистого материала) с прослоями суглинка невыдержанной мощности (от 2 до 10 см). Из прослоя суглинка был отобран монолит 17-ССР-IV-8 (табл. 26). Пески горизонтально слоистые, слои не выдержаны по мощности и простираются; цвет отложений бежевый, охристый и коричневый; завершается разрез средней пачки прослоем среднезернистого песка черного цвета с четкими, ровными контактами. Пески сцементированные, они образуют нижнюю часть вертикальной стенки уступа; мощность пачки составляет около 10 м.

Верхняя пачка (общей мощностью 13 м) сложена в нижней части (50 см) супесями, вверх по разрезу в толще супесей появляются песчаные прослои. В нижней части пачки (4 м) слои залегают субгоризонтально, выше отложения смяты в крупную складку.



Рисунок 124. Общий вид обнажения (разрез 17-ССР-IV)



Рисунок 125. Вертикальная стенка обнажения (разрез 17-ССР-IV)

Верхние три метра разреза (над складкой) сложены выветрелыми супесями с включениями гальки и гравия, твердыми, трещиноватыми, сухими, светло-серого цвета.

Уступ является неустойчивым, склон на абсолютной высоте от 15 до 29 м практически вертикальный, участки отложения верхней пачки сцементированы и слабо подвержены обрушению при любом воздействии.

Негативное влияние на устойчивость склона оказывает незаконная добыча янтаря, производимая в основании склона: раскопки приводят к нарушению целостности уступа. Отвалы и осыпи у подножия уступа находятся в зоне волнового воздействия и подвергаются постоянному размыву.

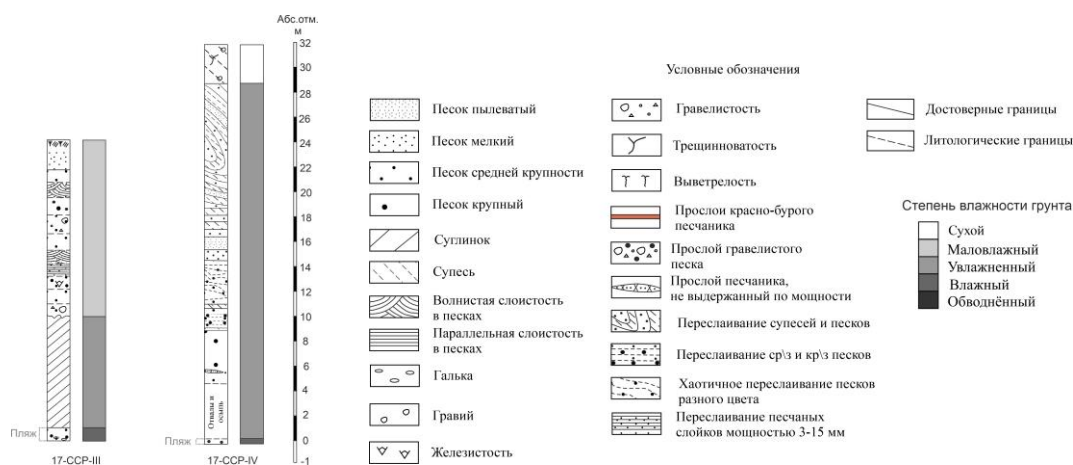


Рисунок 126. Колонки по разрезам

По результатам трех лет мониторинга наблюдается цикличность в развитии комплекса

ЭГП. Вследствие неустойчивости склонов происходит обрушение масс грунта, которые

формируют накопления на пляжевой ступени, что приводит к временной стабилизации склона. Далее, в результате периодического штормового воздействия осыпь, бронирующая основание склона, размывается, в основании уступа вырабатывается волноприбойная ниша, что вновь провоцирует обрушение склонов, начиная новый цикл. Важным фактором активизации склоновых процессов является воздействие талых, дождевых и грунтовых вод. Результатом является постепенное отступление береговых уступов и потеря прибрежных территорий.

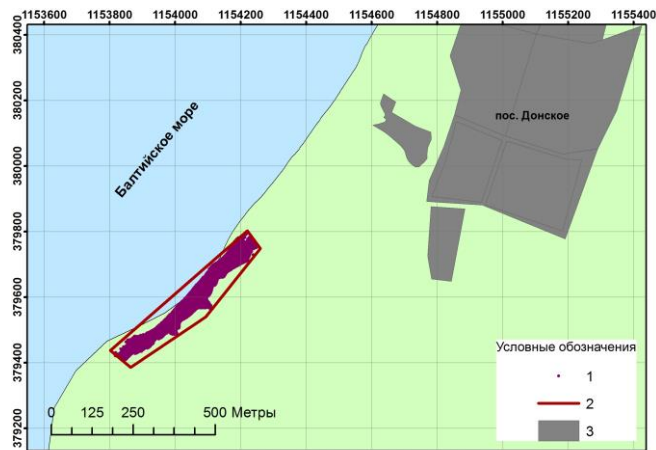
Дополнительным фактором, усиливающим негативные природные процессы, является техногенное воздействие. У подножья большинства исследуемых уступов, в местах предполагаемых выходов янтареносной «голубой земли» наблюдаются ямы и отвалы нелегальных старателей, что также нарушает целостность

грунтов и является триггером активизации гравитационных процессов.

В 2017 г. в районе пос. Донское на участке береговой зоны протяженностью 537 м проводилось также лазерное сканирование (рис. 127). Были произведены измерения с 10 точек стояния сканера.

Участок сканирования характеризуется крутыми и высокими склонами со следами активных эрозионных процессов, практически лишенными растительного покрова. На исследуемом участке находится палеоген-неогеновый останец с янтареносными отложениями, активно разрушаемый в нижней части в результате нелегальной добычи янтаря (рис. 128, 129).

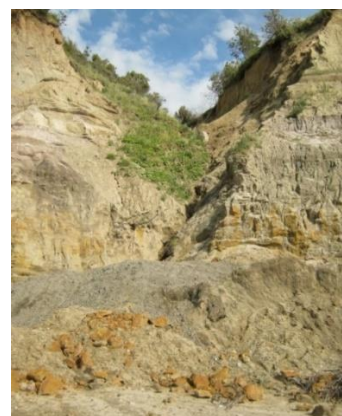
Пляж в юго-западной части участка преимущественно валунно-галечный, в северо-восточном – песчаный.



а

б

Рисунок 127. Участок лазерного сканирования в пос. Донское: а – фотография участка сканирования, б – план-схема участка сканирования



а

б

в

Рисунок 128. Обвальнo-оползневые процессы на участке сканирования (а – 2017 г., б – 2016 г., в – 2012 г.)

Участок проявления опасных ЭГП обладает сложной морфологической структурой и расчлененностью рельефа. Для оценки изменчивости произведено зонирование, базирующееся на морфометрических, динамических расчетах, а также аналитической отмывке рельефа для визуальной морфологической интерпретации (рис. 130, 131).

На участке исследования выделено шесть категорий зон, включающие:

1) зоны проявления экзогенных процессов, ограниченные линиями нулевых изменений объема, уклонами и морфологией;

2) зоны эрозионных промоин, выработанных в береговом уступе временными водотоками;

3) зоны техногенных нарушений (воронкообразные котлованы по незаконной добычи янтареносных отложений, где в ходе ручной разработки, а также размыва с использованием мотопомп производится подмыв основания уступа);

4) валунно-галечный пляж;

5) песчаный пляж;

6) зона плотной растительности, с технической целью исключена из расчета изменений.

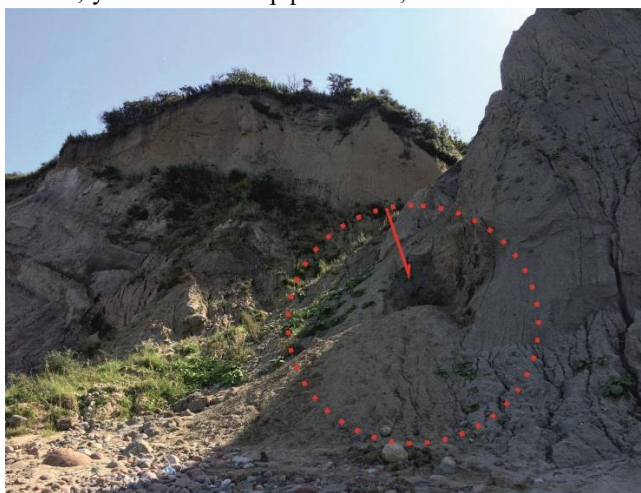


Рисунок 129. Котлован, образовавшийся в результате незаконной добычи янтаря у подножия клифа (а – вид с пляжа; б – котлован)

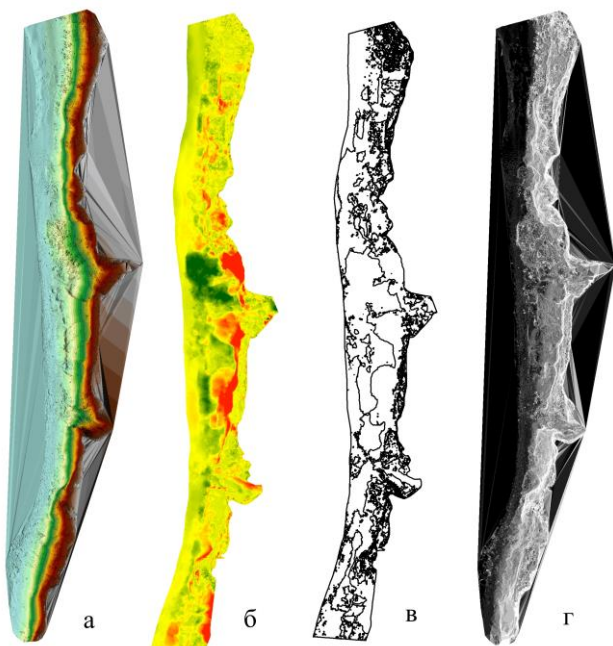


Рисунок. 130. Исходные данные для зонирования. а – модель рельефа; б – динамические расчеты; в – линии нулевых изменений; г – аналитическая отмывка

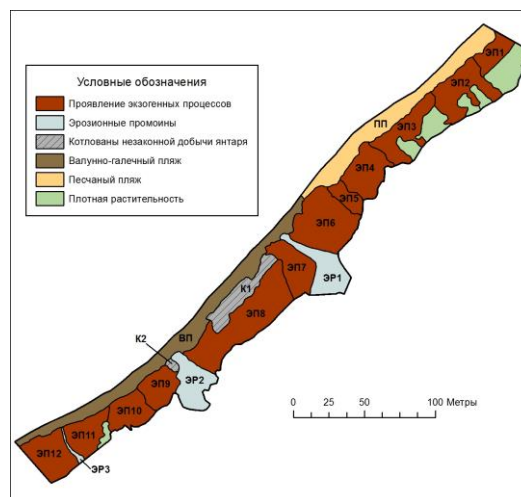


Рисунок 131. Зонирование участка исследования

Для нормирования объемов изменений к площади была вычислена наклонная площадь участка исследования. Это обусловлено значительными уклонами поверхности уступа, ввиду чего проекционная площадь в данном случае является неинформативной величиной. Схема

рассчитанных наклонных площадей представлена на рис. 132.

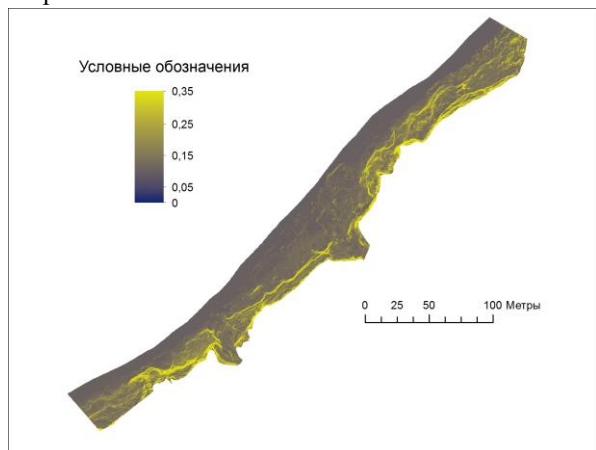


Рисунок 132. Схема величин наклонных площадей (m^2 в ячейке $0,1 m^2$)

С целью оценки интенсивности развития опасных ЭГП на береговом уступе в пос. Донское был выполнен расчет изменений высотных отметок и расчет изменений объема. Примеры трехмерных моделей для различных участков абразионно-гравитационного уступа приведены на рис. 133.

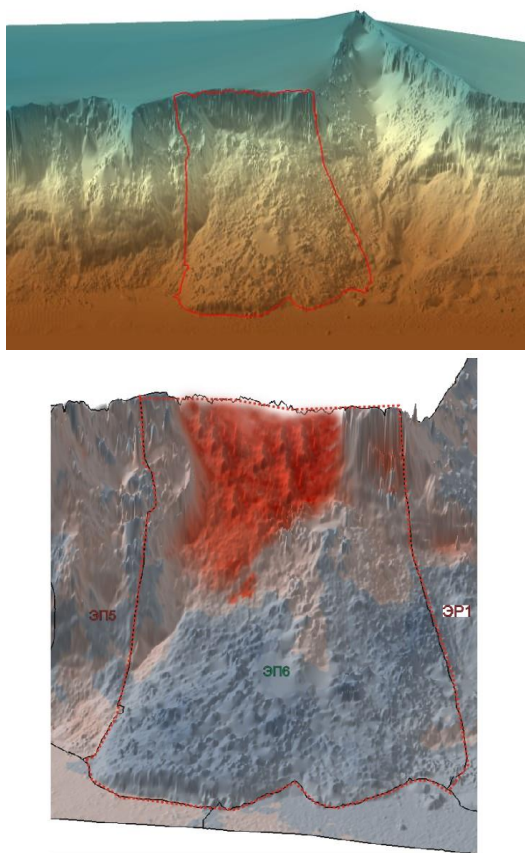


Рис. 133. Пример трехмерной модели участка абразионно-гравитационного уступа в пос. Донское по данным лазерного сканирования. Динамические показатели в табл. 27

Таблица 21. Динамические показатели зоны ЭГП

Динамический показатель	Значение
Наклонная площадь зоны, m^2	2235,65
Суммарный объем отрицательных изменений, m^3	-1762,7
Суммарный объем положительных изменений, m^3	1634,6
Суммарный объем изменений, m^3	-128,1
Приведенный объем отрицательных изменений, m^3/m^2	-0,788
Приведенный объем положительных изменений, m^3/m^2	0,731
Приведенный объем изменений, m^3/m^2	-0,057

Анализ результатов сканирования (рис. 134, 135) исследуемого участка позволил выявить ряд морфометрических характеристик (табл. 22). Проведенное обследование исследуемого участка показало, что клиф в его северной части активен.

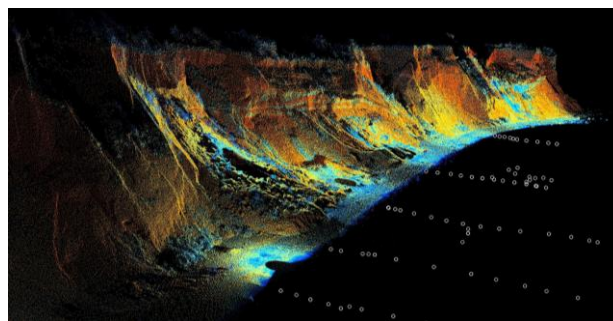


Рисунок 134. 3D облако точек по результатам наземного лазерного сканирования участка берега вблизи пос. Донское в августе 2017 г.

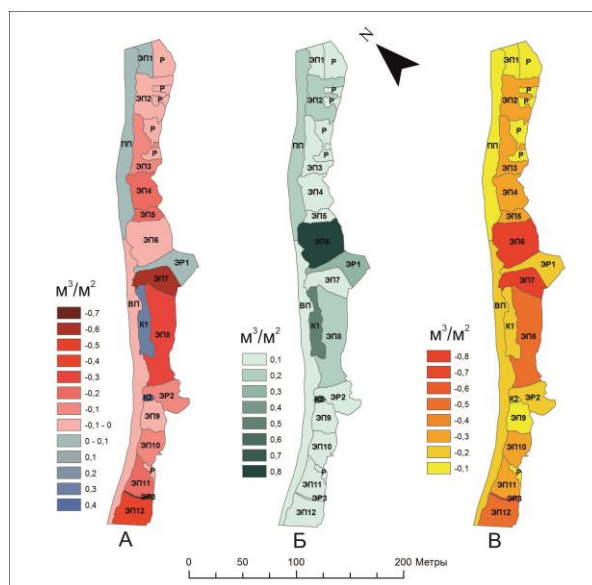


Рисунок 135. Схемы приведенных изменений объемов 2016–2017 гг. А – приведенный объем изменений, Б – приведенный объем положительных изменений, В – приведенный объем отрицательных изменений

Таблица 22. Основные морфометрические характеристики пляжа и клифа на участке у пос. Донское

Морфометрический показатель	Миним. значения, м	Макс. значения, м
Ширина пляжа	7,07	19,3
Высота клифа (до бровки) (абс. отметка)	32,8	40,49

Профилирование методами НСАП и ГЛБО субаквальной части пункта наблюдений позволило уточнить положение сложенных породами палеогена подводных уступов (рис. 136), маркирующих положение древних береговых линий, выявить площади проявления подводных осыпных и обвальных процессов на этих уступах, оконтурить площади распространения грубообломочного материала, маркирующего подводные выходы моренных гряд, уточнить распространение техногенных осадков, образованных за счет переотложения осадочного материала конусов выноса пульпы с Янтарного комбината и размываемых техногенных террас. Ранее в прибрежно-шельфовой зоне Западного

склона Самбийского п-ва было предположительно установлено наличие разрывных нарушений.

Профили НСАП дополнили картину проявления ЭГП на морском дне пункта наблюдений. Выявлены новые подводные уступы (рис. 137), сложенные коренными породами палеогена, размываемыми и разрушаемыми за счет гравитационных процессов – обвалов и осыпей. Преимущественно за счет обрушения уступов и последующего размыва коллювия, в морскую среду поступает янтарь, который впоследствии после переноса его водной толщей попадает на берега.

По расчетам некоторых специалистов здесь же в прибрежно-шельфовой зоне находился эпицентр Калининградского землетрясения [Ассиновская, Овсов, 2008]. Использование при проведении НСАП в 2017 г. более мощного источника сейсмических сигналов (спаркера) позволило достоверно выявить разрывные нарушения, по которым наблюдается смещение слоев коренных пород (рис. 137).

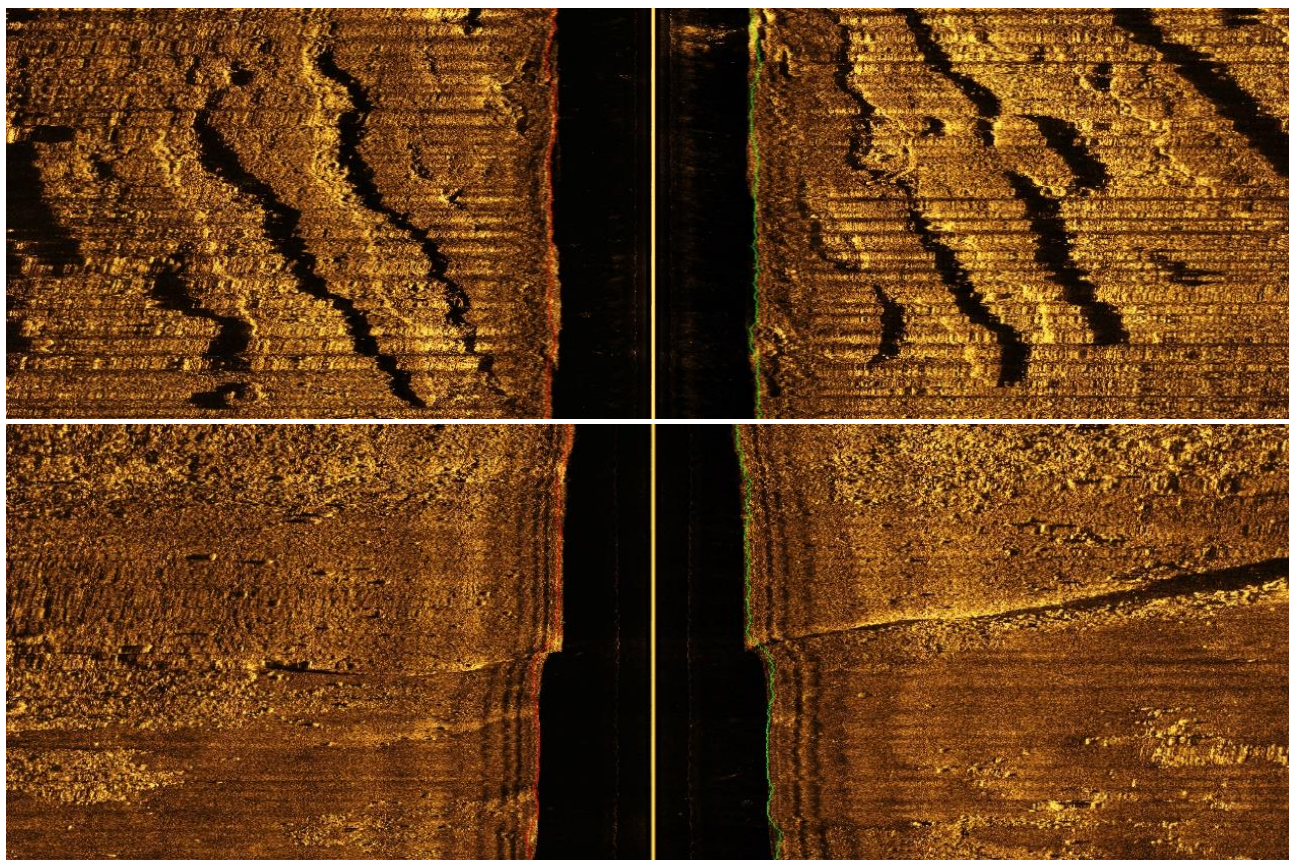


Рис. 136. Запись ГЛБО – участок активного размыва морского дна, серия уступов выходов коренных пород (диапазон – 200 м)

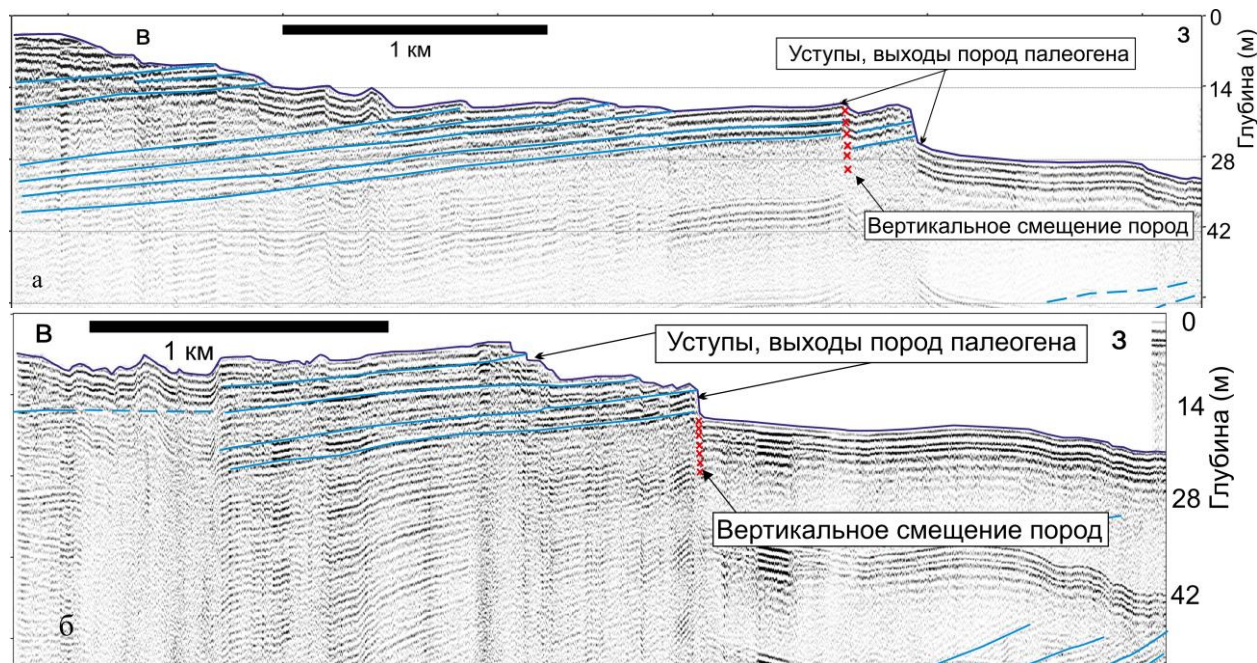


Рис. 137. Примеры профилей НСАП, пересекающих подводные уступы, где активизированы проявления гравитационных ЭГП, сопряженные с разрывными нарушениями (линия красных крестов): а – 3С3; б – 3С6

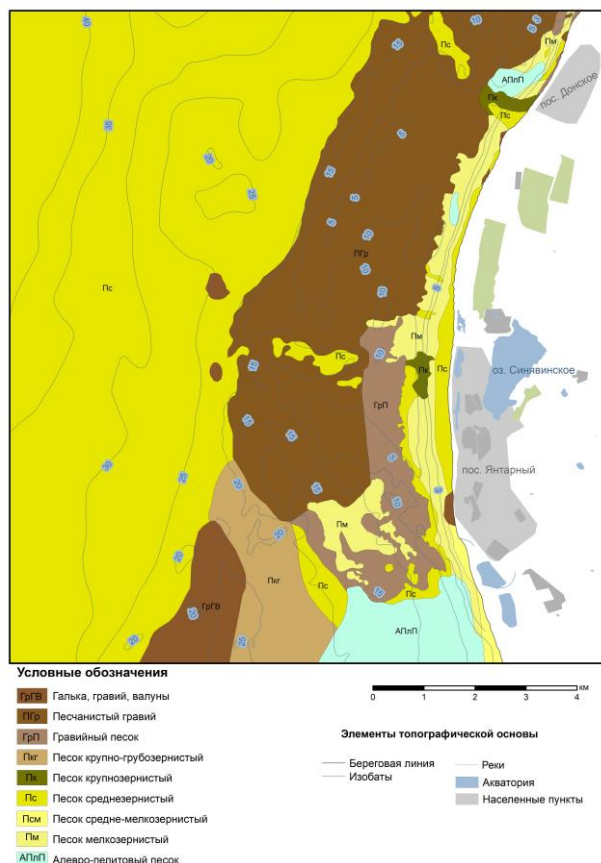


Рисунок 138. Литологическая карта-схема пункта наблюдений «Западное побережье Самбийского полуострова»

Зафиксированные нарушения выходят практически на поверхность морского дна, а

некоторые подводные уступы, маркирующие древние береговые линии, сопряжены с ними и, возможно, предопределены ими. Таким образом, можно предположить недавнюю, если не современную, то голоценовую их активизацию.

Совокупные данные, полученные при проведении НСАП и ГЛБО, позволили актуализировать литологическую карту-схему пункта наблюдений (рис. 138), а также карту-схему проявления опасных ЭГП.

Выводы о состоянии геологической среды пункта наблюдений «Западное побережье Самбийского полуострова»

Проведенное обследование показало активизацию склоновых процессов с широким развитием обвально-осыпных типов ЭГП за прошедший год в пос. Янтарный (м. Песчаный) и пос. Донское. Отсутствие значимых сейсмических событий за прошедший год, равно как и аномальных метеорологических осадков, позволяет предположить, что активизация обвально-осыпных ЭГП на западном побережье Самбийского п-ва может быть отчасти связана с акустическими ударами, обусловленными учебными стрельбами Балтийского флота. Также зафиксирована активизация оползневых тел, развитых на берегу в районе пос. Синявино и пос. Донское. Наблюдается активное техногенное вмешательство в береговую зону, выраженное сбросом пульпы Янтарного комбината и выработками грунта при незаконной добыче янтаря

в районе пос. Янтарный и в пос. Донское, что провоцирует как локальное усиление активности склоновых гравитационных процессов, так и нарушение естественного профиля пляжа, зачастую приводящее к его быстрой деградации.

По результатам наземного лазерного сканирования построены 3D модели поверхности прибрежной зоны участков проявления опасных ЭГП (гравитационно склоновых), позволившие получить количественную информацию об объемах перемещенного за счет развития ЭГП грунтов. Опасные ЭГП на этом участке дополнительно провоцируются незаконной добычей янтаря. На участке развиваются процессы эрозии временными водотоками. Участок литодинамически неоднороден, что связано с

положением бухта/мыс и конфигурацией подводного склона.

В субаквальной части пункта наблюдений выявлены ранее не установленные, подводные уступы, характеризующиеся проявлением обвально-осыпных процессов. Отдельные подводные уступы сопряжены с разрывными нарушениями, по которым зафиксировано смещение коренных пород. Разрывные нарушения выходят практически на поверхность дна, что позволяет предположить возможную их современную или, по крайней мере, голоценовую активизацию.

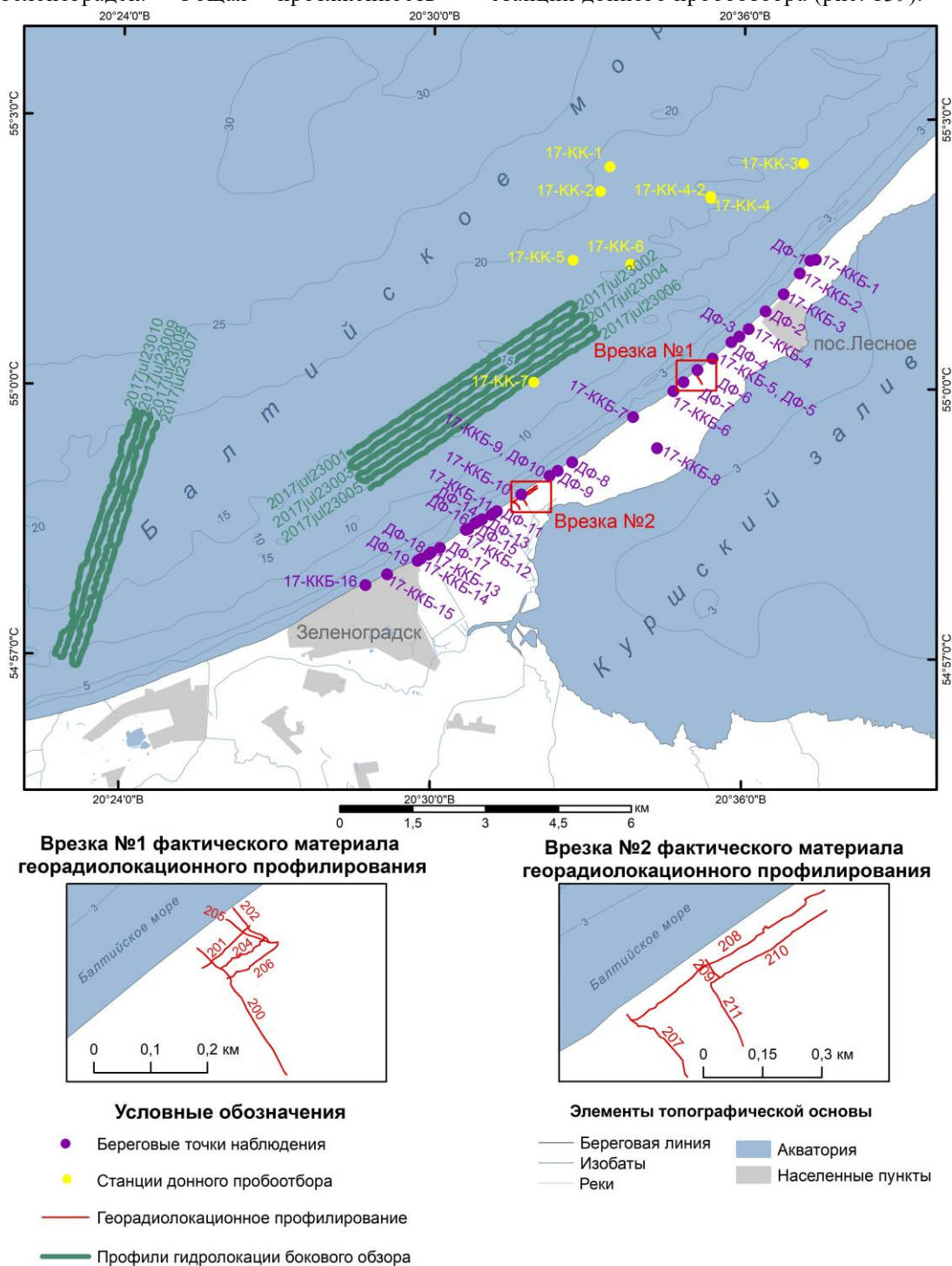
Актуализирована информация (расширена и уточнена) о распределении на морском дне зон активного размыва.

Пункт наблюдений «Основание Куршской косы»

Состав наблюдательной сети. Виды наблюдений

В июле 2017 г. выполнены вдольбереговые плановые инженерно-геологические обследования морского побережья Куршской косы от пос. Лесное до г. Зеленоградск. Общая протяженность

маршрутов составила 10 км (16 станций наблюдения). Проведено обследование параметров дефляционных воронок. Выполнено 2 км георадиолокационного профилирования. Работы на акватории включали в себя 50 км ГЛБО и 7 станций донного пробоотбора (рис. 139).



Результаты мониторинга экзогенных геологических процессов

Обследования выявили широкое развитие дефляционных процессов и эоловой аккумуляции, осыпных процессов, а также на отдельных участках – абразии. Наибольшей интенсивности, по данным наблюдений, достигает дефляция и осыпные процессы.

В ходе маршрутных обследований выявлено 28 крупных (диаметром 10–30 м) дефляционных воронок в реликтовых дюнах и более 10 более мелких котловин выдувания (рис. 140). Следует отметить, что сквозные котловины выдувания, расположенные в верхней части склонов древних дюн, в отличие от абразионных уступов в современном дюнном поясе, при существующих условиях не восстанавливаются естественным путем.



Рисунок 140. Дефляционные воронки в дюнах Куршской косы. Точки наблюдения: ДФ-12 (вверху); ДФ-1 (внизу)

С точки зрения техногенного воздействия принципиально различная ситуация наблюдается в пределах национального парка «Куршская коса», где осуществляется планомерная деятельность по стабилизации склонов дюн с использованием веток, бревен и деревянных конструкций, а также строительство пешеходных переходов через авантюну (рис. 141, а) и остальной береговой

зоной прикорневой части Куршской косы, где происходит постоянное разрушение дюн отдыхающими и не предпринимается мер по их восстановлению (рис. 141, б). В последнем случае наблюдается активизация как дефляции, так и осыпных процессов.



Рис. 141. Техногенное воздействие на дюны: а – меры по укреплению и восстановлению склона дюны в пределах национального парка «Куршская коса» (к югу от точки наблюдения 17-ККБ-4); б – разрушение дюн пешеходами, точка ДФ-17

Осыпные процессы широко проявлены на исследуемом участке. Осыпные шлейфы, сложенные преимущественно сухим, мелко-среднезернистым песком, достигают высоты от 3–5 до 7 м, длины до 50 м и ширины в основании до 10 м (рис. 142).

На ряде участков береговой зоны отмечены следы активных абразионных процессов, в результате которых формируются уступы в древних дюнах, на ряде участков в основании уступов обнажаются валунные супеси ледникового происхождения (рис. 143, а), на подводном береговом склоне формируется валунная отмостка, фиксируются выбросы гальки и валунов на пляже (рис. 143, б).

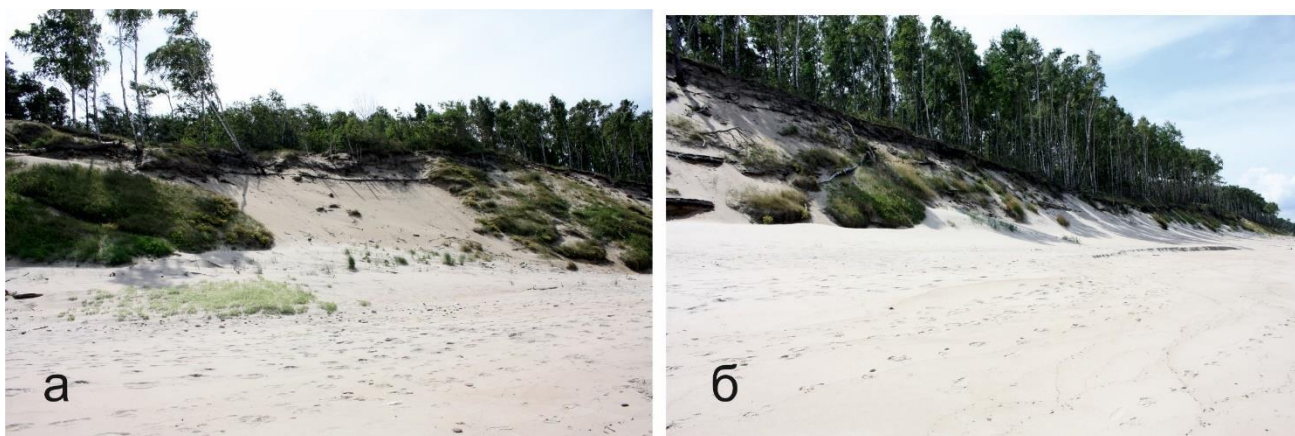


Рисунок 142. Осыпные процессы: *а* – к югу от станции наблюдения 17-ККБ-5; *б* – к югу от станции наблюдения 17-ККБ-6

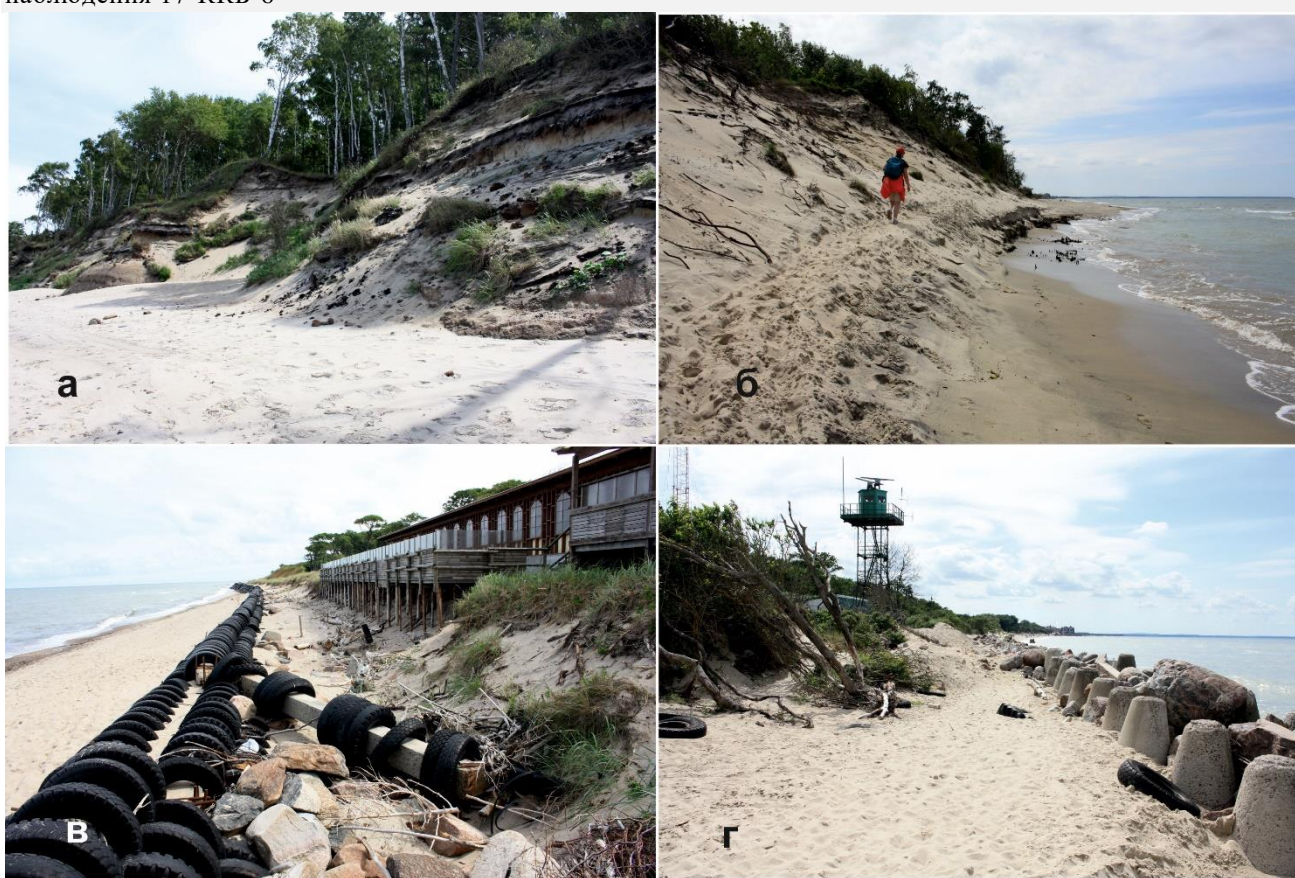


Рис. 143. Последствия абразионных процессов в береговой зоне Куршской косы: *а* – к югу от точки 17-ККБ-6; *б* – точка 17-ККБ-11; *в* – разрушение берегозащитных сооружений, станция наблюдения 17-ККБ-3; *г* – перенесенное здание КПП, точка 17-ККБ-12

Установлено дальнейшее разрушение берегозащитных (рис. 143, *в*) и оборонительных (рис. 144) сооружений. Наиболее активно подвержена размыву прилегающая к г. Зеленоградск юго-западная часть исследованного участка.

Анализ результатов мониторинга позволяет предположить, что распределение участков развития абразии непостоянно во времени, что связано с вдольбереговым потоком наносов,

формирующим крупноамплитудные «вдольбереговые песчаные волны», перемещающиеся вдоль контура косы. В результате ширина пляжа в каждой конкретной точке берега постоянно изменяется. При расширении пляжа в тыловой части пляжа проявляются процессы эоловой аккумуляции, у основания абразионного уступа формируются надувы, эоловые бугры (рис. 145, *а*), закрепляющиеся растительностью, и затем

авандюна. При достаточной длительности процесса склон авандюны успеваеет стабилизироваться (рис. 145, б). Напротив, при сужении пляжа сначала авандюна, а затем и склон древней дюны или уступа подвергается размыву, что в свою очередь провоцирует осыпные процессы.

В г. Зеленоградск на протяжении 2017 г. начата реализация программы берегозащиты. Сооружены

деревянные буны, перпендикулярные береговой линии. Судя по первым наблюдениям, можно выразить осторожный оптимизм по поводу эффективности действия системы. В северо-восточной части участка, укрепленного бунами, отмечается формирование пляжа шириной до 10 м (рис. 14, б).



Рисунок 144. Абразия берега в районе старых оборонительных сооружений (станция наблюдения 17-ККБ-10)



Рисунок 145. Стабилизация уступов в результате эоловой аккумуляции. Точки наблюдения: а – к югу от точки наблюдения ДФ-6; б – между точками наблюдения 17-ККБ-2 и 17-ККБ-3

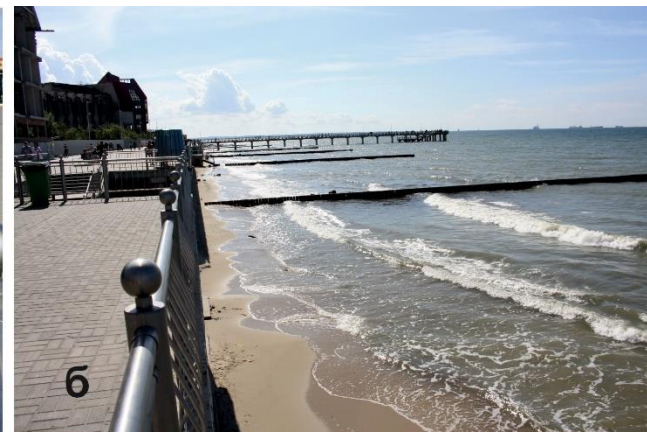


Рис. 146. Новая система берегозащиты в районе променада г. Зеленоградск. Точки наблюдения 17-ККБ-15 – 17-ККБ-16

В 2017 г. в пределах пункта наблюдения «Куршская коса» выполнено детальное обследование дефляционных воронок, направленное на оценку степени развития дефляционных процессов.

Всего было осмотрено и измерено семь котловин различной формы и размеров, измерены и зафиксированы их параметры, такие как ширина, высота над уровнем моря, длина. Котловины 3, 4, 5 были рассмотрены как один комплекс. В целом все дюны имеют схожую форму цирка с прорванным краем, ширина прорванного участка разнится, в некоторых случаях он шире самой котловины. Для предотвращения выдувания работники национального парка укладывают во вновь образованные котловины ветки и стволы кустов и деревьев, чтобы замедлить процесс. Иногда это полностью останавливает процесс выдувания, и котловина замирает, порастая растительностью, в некоторых случаях это ненадолго приостанавливает выдувание, но в дальнейшем оно продолжается чуть в стороне, например, как в котловине 2.

Котловина выдувания ККК-1 (рис. 147). Ширина пляжа вблизи котловины составляет 28 м. Ширина котловины 8–8,5 м, длина до 20 м (рис. 148). Визуально северный борт котловины выше южного, углы откоса приблизительно одинаковы. Котловина имеет вытянутую форму и

ориентирована практически перпендикулярно к урезу воды.



Рис. 147. Общий вид котловины ККК-1

Котловина выдувания ККК-2 (рис. 149–151) имеет ширину 14 м, длину – 14,5 м, практически круглую форму. В северной части дефляционной воронки работниками Национального парка «Куршская коса» выполнены работы по укреплению склона (в качестве пескоудерживающего материала рядами уложены ветки кустарниковой и древесной растительности (рис. 149)), чтобы предотвратить процесс выдувания.

Предположительно, аналогичным образом ранее было выполнено укрепление котловины меньших размеров, находившейся на том же месте, однако в дальнейшем дефляционные процессы продолжились, что привело к расширению котловины с южного борта. В настоящее время склоны котловины остаются подвижными, наблюдается оползание с бортов фрагментов дерна и травяного покрова.

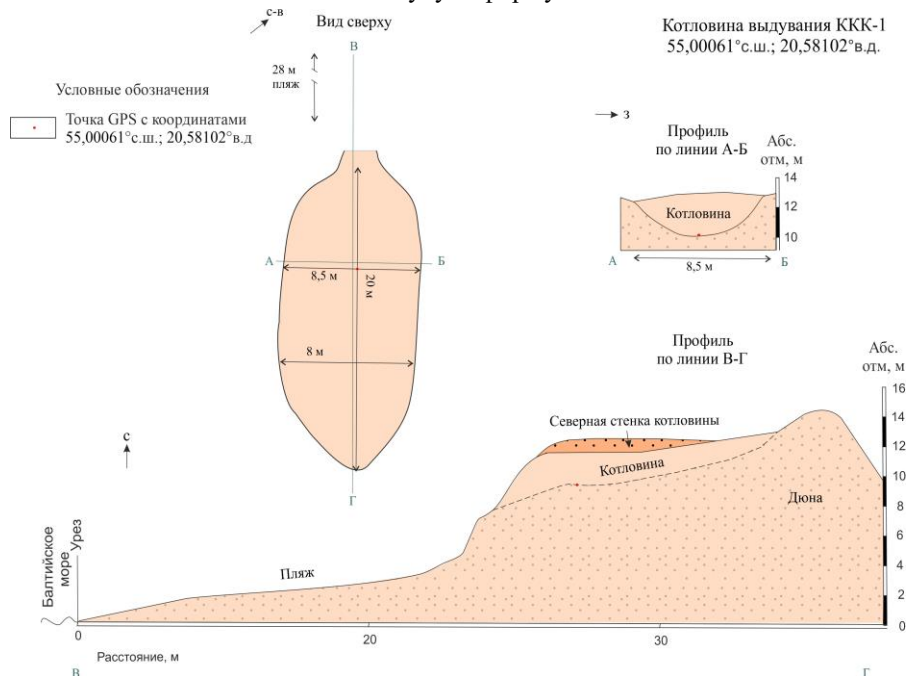


Рисунок 148. Схема котловины ККК-1



Рисунок 149. Укрепление склонов дефляционной воронки для предотвращения негативных последствий дефляционных процессов



Рис. 150. Котловина ККК-2

Котловины выдувания ККК-3, ККК-4 и ККК-5 находятся в непосредственной близости друг от друга (рис. 152, 153). Ширина пляжа на данном участке составляет 37 м, высота пляжа около 1 м. Протяженность комплекса дефляционных воронок (вдоль берега) – 45 м. Нижним краем всех трех котловин является бровка активного абразионного уступа в авандуне. Котловины комплекса в целом ориентированы под углом к урезу воды, вытянуты в западном направлении, за исключением котловины ККК-3, которая имеет форму круга.

Котловина выдувания ККК-2
55,00080°с.ш.; 20,58125°в.д.

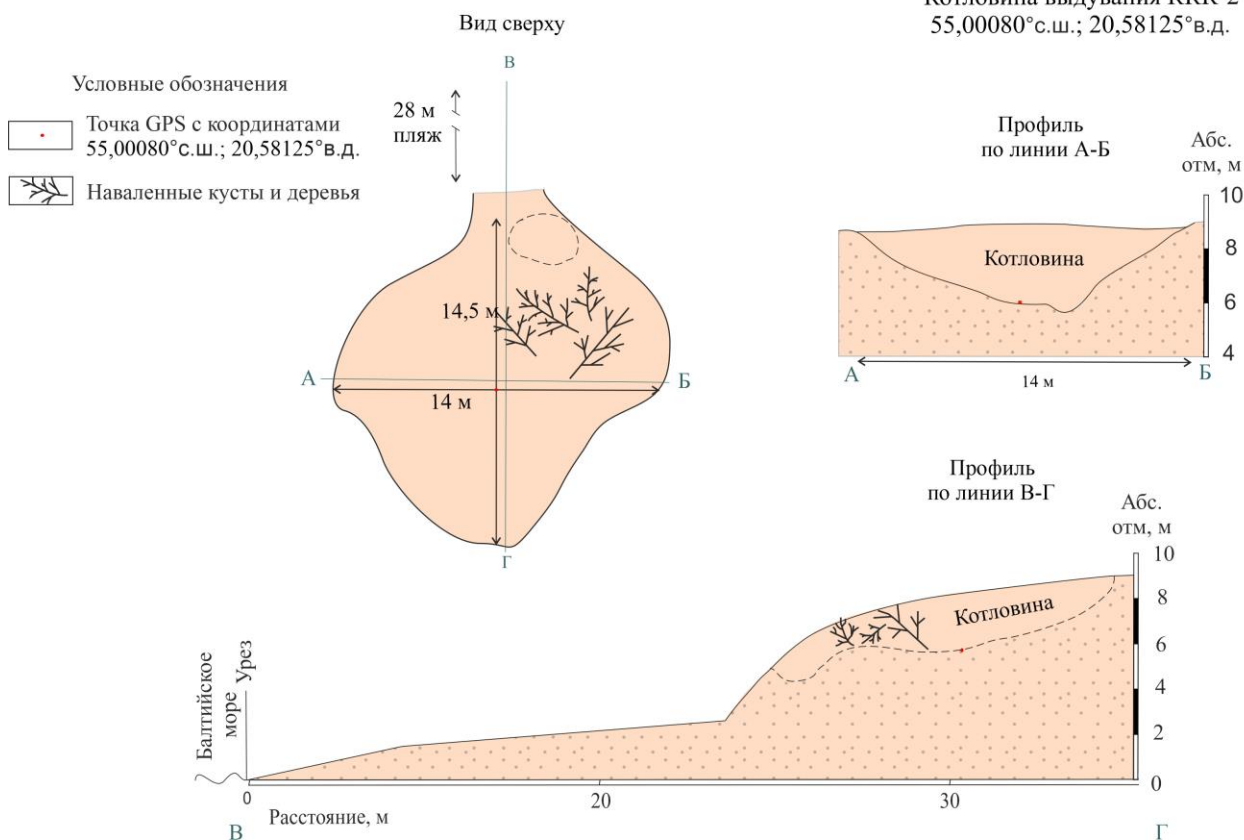


Рисунок 151. Схема котловины ККК-2

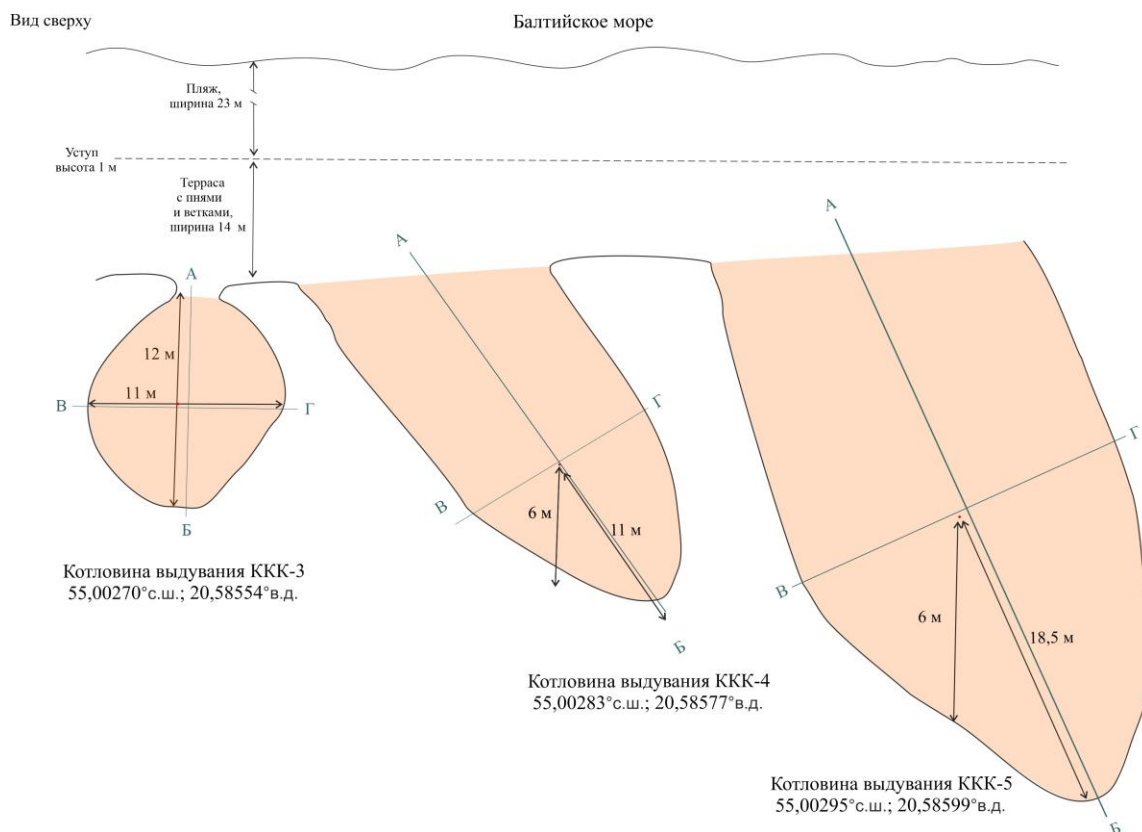


Рисунок 152. Схема комплекса котловин ККК-3, ККК-4, ККК-5



Рисунок 153. Комплекс из трех котловин выдувания

Котловина ККК-3 (рис. 154) имеет длину 19 м, асимметричные борта (северо-западный борт на два метра выше юго-восточного). Между котловинами ККК-3 и ККК-4 расположена задернованная перемычка длиной 7 м.

Котловина ККК-4 (рис. 155) имеет изометричную форму, вытянута под углом к береговой линии (с северо-запада на юго-восток). Ширина котловины 13 м, длина от восточной стенки до уступа 27 м.

Котловина ККК-5 (рис. 156) является наиболее крупной из описываемого комплекса (ширина – 20 м, длина – 26 м). ККК-5 также характеризуется вытянутой изометричной формой и расположена под углом к берегу моря.



Рисунок 154. Котловина ККК-3



Рисунок 155. Котловина выдувания ККК-4



Рисунок 156. Котловина выдувания ККК-5

В тыловой части дефляционной воронки ККК-5 расположена активная осыпь (рис. 157). Угол откоса склона составляет 32° , высота подножья над уровнем моря по альтиметру – 3 м, вершина осыпного склона находится на высоте 12 м. Длина осыпи – 16 м.

Котловина выдувания ККК-6 (рис. 158, 159) имеет ширину 28 м и длину около 35 м.

Котловина выдувания ККК-7 (рис. 160, 161) линейно вытянута в направлении, перпендикулярном береговой линии. пляж в точке наблюдения узкий (около 3 м). Длина котловины 43 м, максимальная ширина – 15 м. Высота бортов котловины над уровнем моря по альтиметру – 11 м. На бортах котловины локально наблюдаются активные оползневые процессы (сползание фрагментов дерна, покрытых травянистой растительностью). Ширина котловины уменьшается в направлении от берега к суше.



Рисунок 157. Осыпь за котловиной ККК-5



Рисунок 158. Котловина выдувания ККК-6

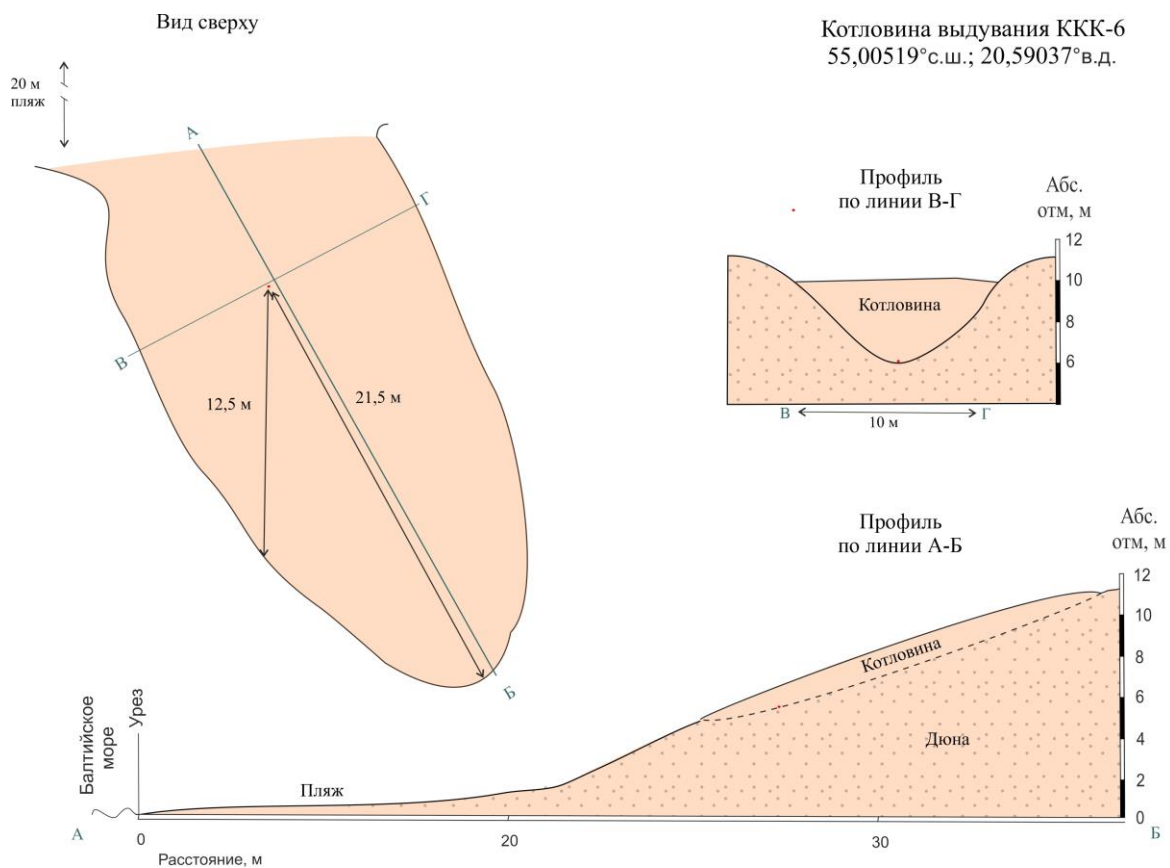


Рисунок 159. Схема котловины ККК-6

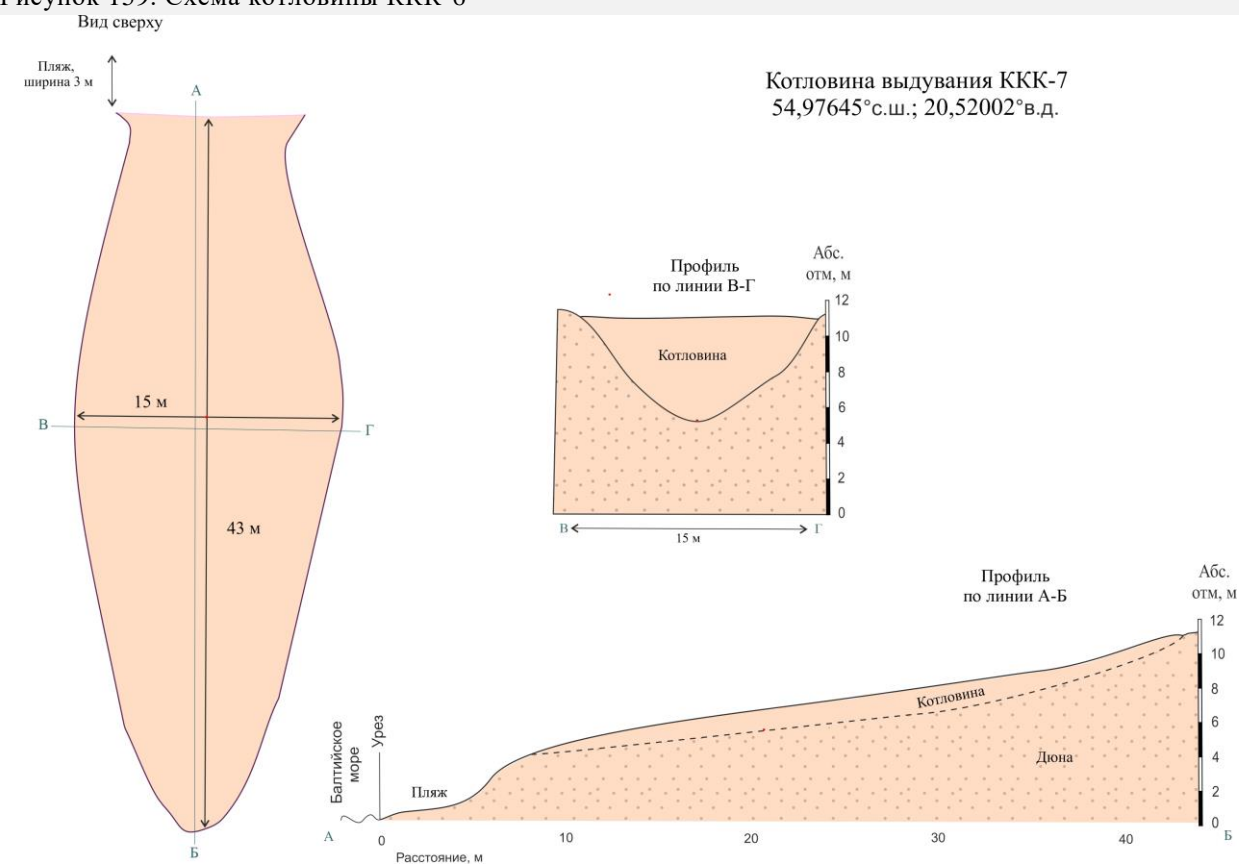


Рисунок 160. Схема котловины выдувания ККК-7



Рисунок 161. Общий вид котловины выдувания ККК-7

На двух участках морского берега Куршской косы выполнено георадиолокационное профилирование, нацеленное на выявление геологического строения основания берегового уступа в авантюне, неоднородностей и нарушениях геологической среды, а также на оценку степени развития дефляционных процессов в теле авантюны.

Первый участок характеризуется развитием эолового переноса песка с пляжа в глубь Куршской косы по глубоким дефляционным воронкам. Георадарное профилирование, сопровождающееся альтиметрическими замерами, было заложено вдоль основания авантюны, поперек котловин выдувания, и через незатронутые и нарушенные склоны дюнного массива (рис. 162).

Второй участок характеризуется развитием абразионных процессов с разрушением берегового уступа, выработанного в моренных валунных суглинках, выступающих над уровнем пляжевых отложений и обнажающихся в периоды активного размыва. Профили были заложены вкрест и вдоль берегового уступа, как по его подножью, так и по поверхности. Кровля моренных отложений имеет невыдержанный характер и погружается вдоль профиля ниже уровня пляжевых отложений (рис. 162).

Мощность голоценовых песчаных морских и эоловых отложений на прикорневой части Куршской косы значительно варьирует. На отдельных участках (георадарный профиль 208) кровля ледниковых отложений выходит практически на поверхность пляжа в основании авантюны (рис. 163). В этом случае, как правило, происходит сокращение ширины пляжа, во время сильных штормов морена становится источником грубообломочного материала, поступающего в береговую зону, что приводит к формированию

вблизи уреза воды скоплений гальки и мелких валунов.

В геологическом разрезе по профилю георадара 208 в толще пляжевых отложений выделяются перекрытые современными песчаными осадками эрозионные врезы глубиной до 3,5 м, свидетельствующие о периодически происходивших значительных размывах, следствием которых было практически полное уничтожение пляжевой ступени.

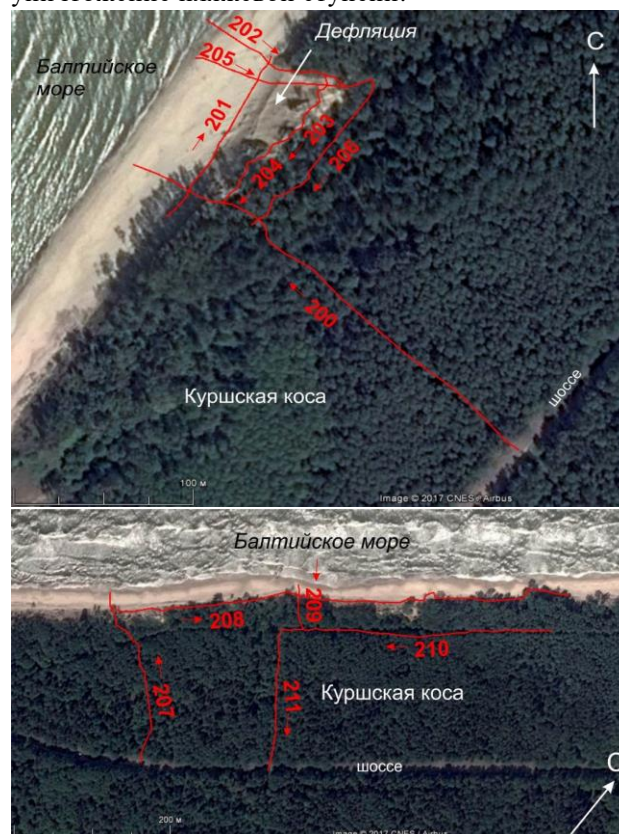
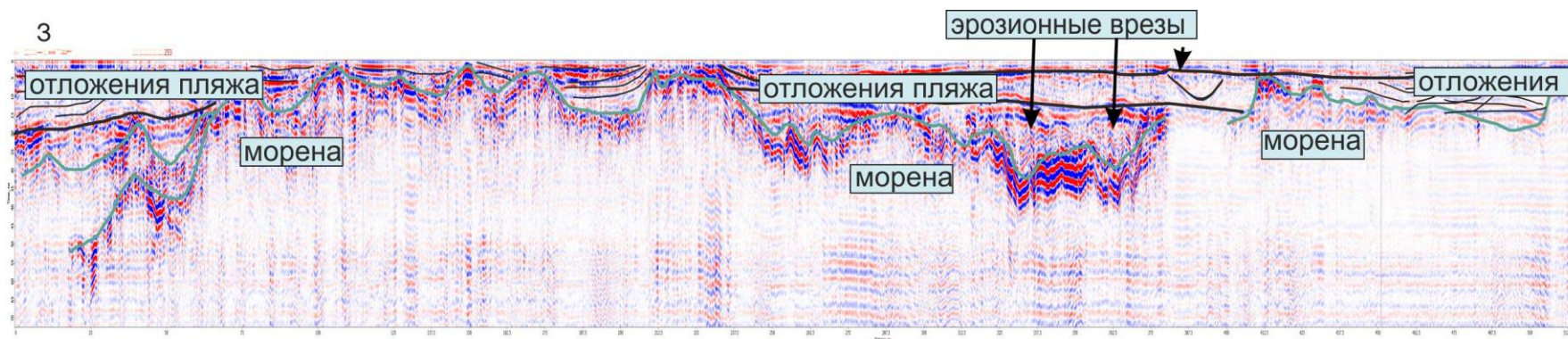
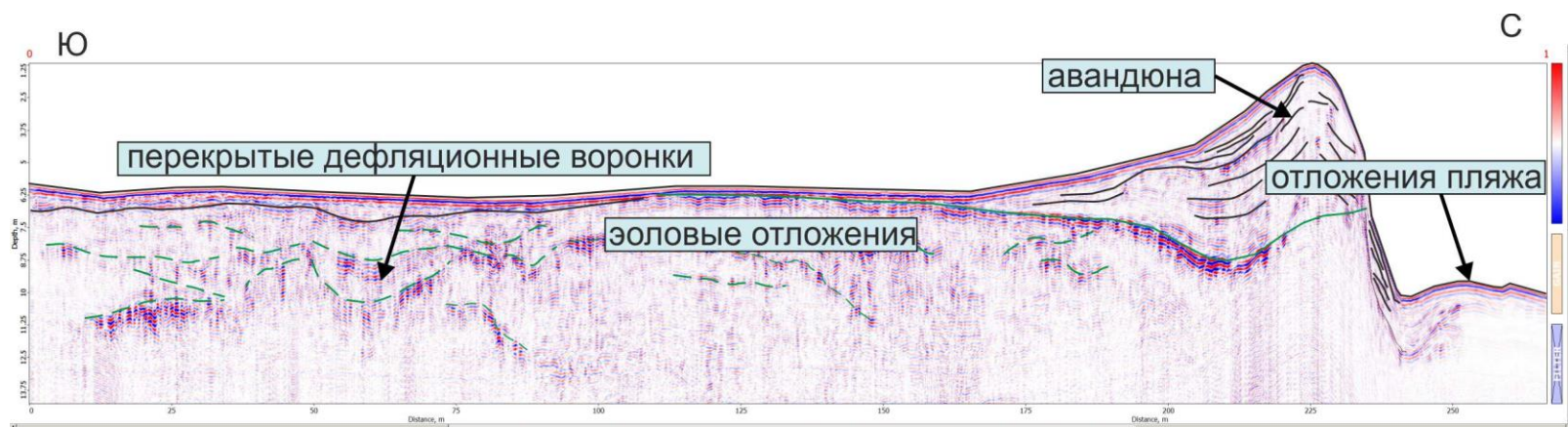


Рисунок 162. Схема расположения профилей георадиолокации 2017 г. Верхняя панель – участок 1, нижняя панель – участок 2

В то же время, консолидированные ледниковые отложения, локально почти выходящие на дневную поверхность, препятствуют на этом участке отступанию берега, даже в случае экстремальных абразионных событий. На георадарном профиле 201 кровля морены фиксируется на глубине 3,5–4 м и перекрыта реликтовыми эоловыми и пляжевыми (прибрежно-морскими) отложениями (рис. 164). На георадарном профиле 200, пересекающем субаэральную часть береговой зоны в направлении, перпендикулярном береговой линии, мощность отложений авантюны достигает 5 м. На разрезе прослеживаются перекрытые песками реликтовые дефляционные воронки (рис. 163, б).



а



б

Рисунок 163. Примеры профилей георадиолокации: а – вдоль подножия авандюны (профиль 208), б – пересекающий субэдральную часть береговой зоны (профиль 200)

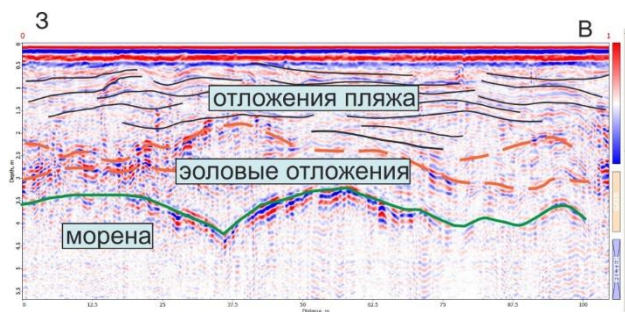


Рисунок 164. Георадиолокационный профиль (201), проложенный вдоль подножия авандюны

В результате ГЛБО профилирования и отбора грунтов были уточнены изменения конфигурации площадей развития размыва морского дна и зон глинистого диапиризма, а также уточнено положение эрозионных ложбин стока, что важно для прогноза развития побережья в условиях дефицита наносов. ГЛБО было выполнено на 2 площадках: одна из них захватывает мористую

слабо изученную часть берегового склона, где установлены ложбины стока (выноса осадочного материала). Другая площадка расположена в районе подводного нефтепровода нефтяного месторождения Д6 (Кравцовское), где активны процессы размыва морского дна.

На рис. 165 показаны примеры изображения морского дна на записи ГЛБО с протяженными узкими ложбинами стока (выноса осадочного материала), которые характеризуются наличием крупных знаков ряби (высотой до 20 см) на поверхности дна. Гранулометрический состав донных осадков в этих ложбинах характеризуется резким огрублением, вплоть до появления гравелистых песков (рис. 166, а), что отличает их от широко распространенных на прилегающих площадях дна мелко- и среднезернистых песков (рис. 166, б).

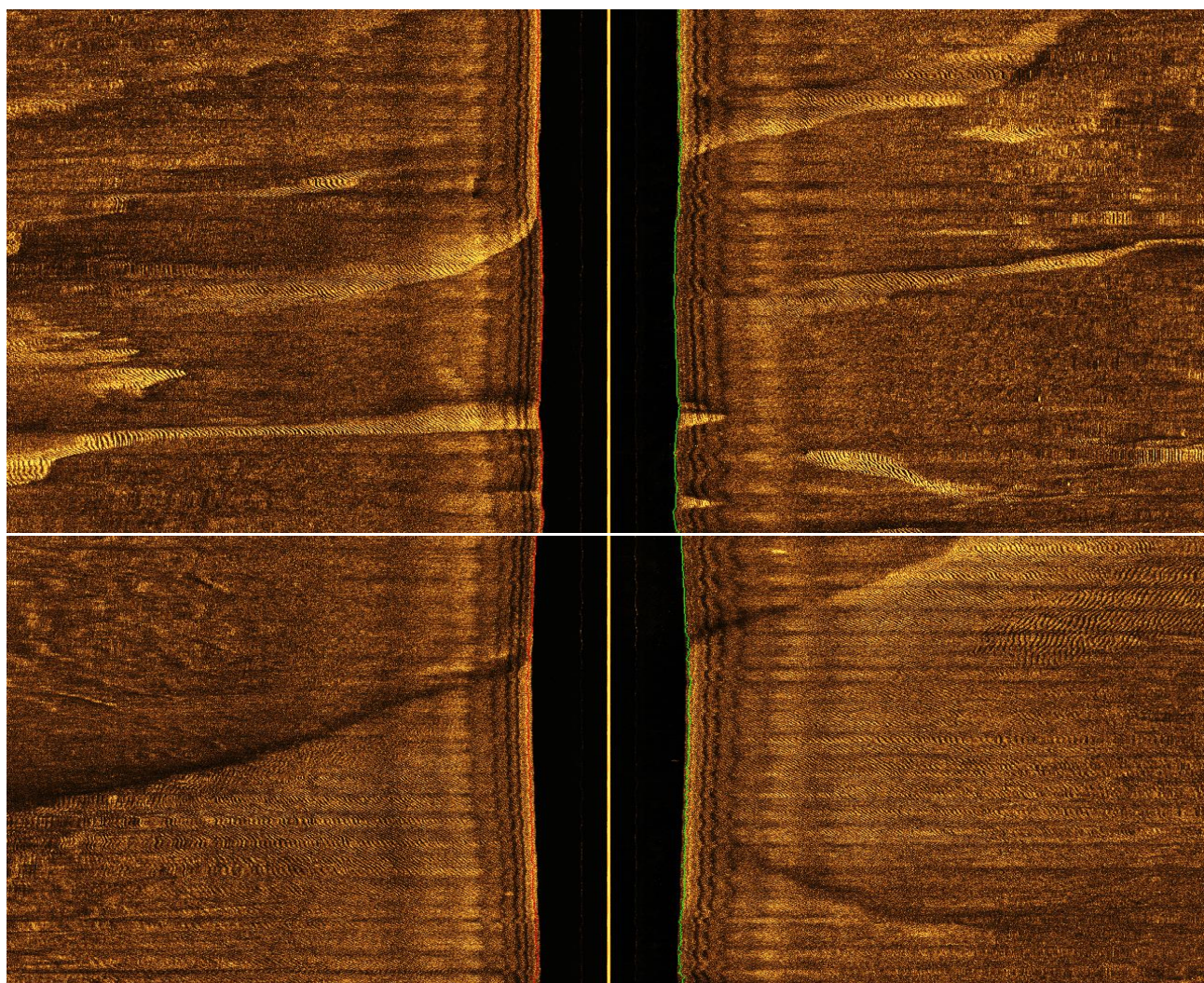


Рисунок 165. Фрагменты изображения поверхности дна на профилях ГЛБО (2017 г.) – участки развития динамических песчаных форм (диапазон – 200 м)



Рисунок 166. Пески: а –грубозернистые несортированные, опробованные в пределах зоны динамичных песков (т.н. 17КК-2), б – мелкозернистые хорошосортированные (17КК-3)

На рис. 167а показана поверхность дна на площадях активного размыва ледниковых отложений. Широкое распространение зон активного размыва морского дна с выходом на его поверхность морены и раннеголоценовых

лагунных илов обусловлено существенным дефицитом наносов, что и определяет неравновесное состояние берегов Куршской косы с периодической сменой процессов нарастания пляжей на их размыв и деградацию.

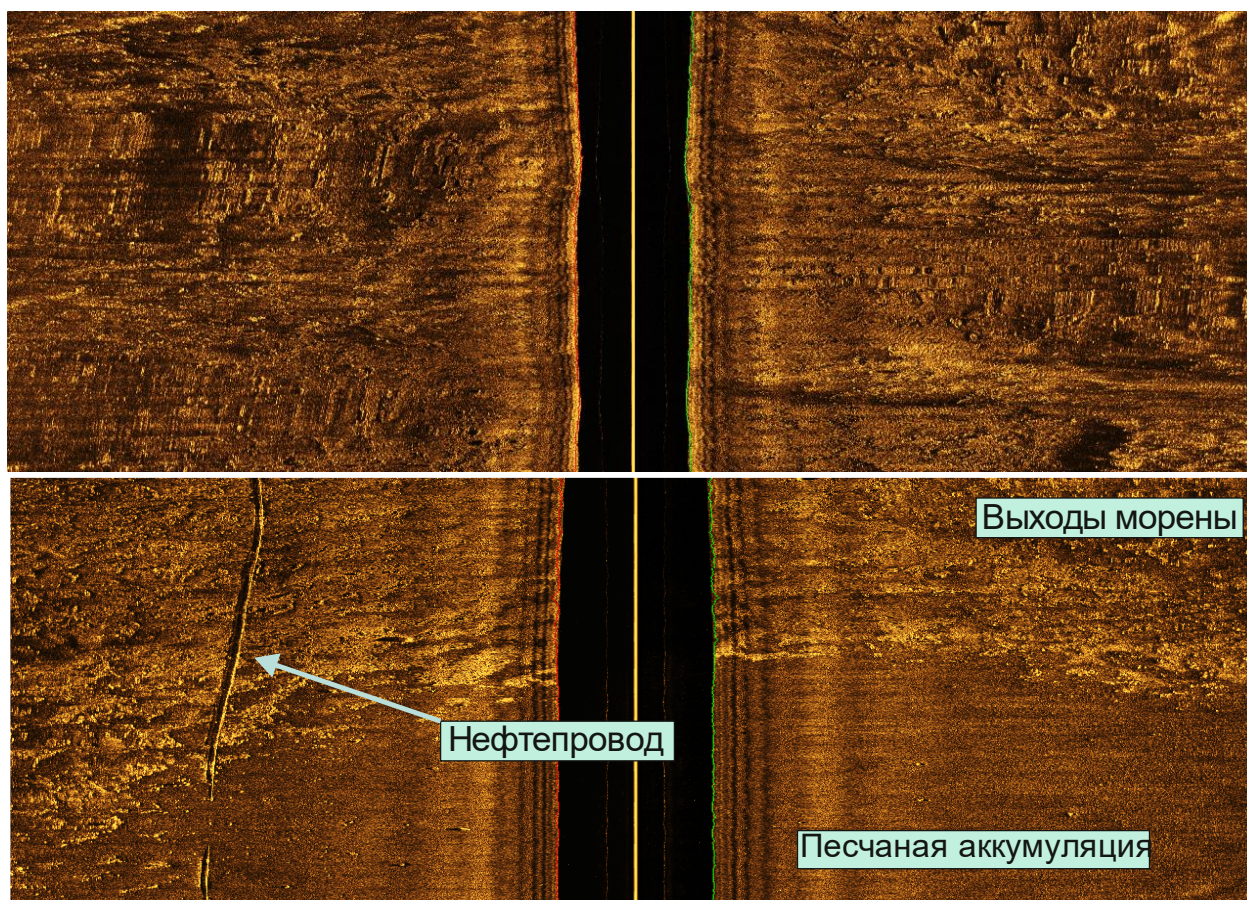


Рисунок 167. Фрагменты записей профилей ГЛБО (диапазон – 200 м) (2017 г.): а – участки донного размыв – выходы морены; б – граница зоны размыва (грубообломочные) отложения и зоны песчаной аккумуляции

На рис. 1676 прослежена труба нефтепровода от нефтяного месторождения «Кравцовское» (Д6) в переходной зоне от области размыва морского дна, где трубопровод располагается на поверхности дна к зоне слабой аккумуляции песков, где трубопровод частично занесен грунтом.

Выводы о состоянии геологической среды пункта наблюдений «Основание Куршской косы»

К опасным ЭГП, развитым в береговой зоне пункта наблюдений, относится прежде всего дефляция. В ходе маршрутных обследований выявлено 28 крупных (диаметром 10–30 м) дефляционных воронок в реликтовых дюнах и более 10 мелких котловин выдувания. Сквозные

котловины выдувания, расположенные в верхней части склонов древних дюн, в отличие от абразионных уступов в современном дюнном поясе, при существующих условиях не восстанавливаются естественным путем. В пределах Национального парка «Куршская коса» ведутся активные и достаточно успешные работы по стабилизации склонов дюн. Вне пределов Национального парка активность дефляционных процессов за прошедший год достигла опасного уровня.

В субаквальной части пункта наблюдений седиментационная обстановка остается стабильной, существенные изменения в конфигурации зон размыва морского дна, зон транзита и аккумуляции не установлены.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Основные выводы по работам в пункте наблюдений «Губа Териберская» (Баренцево море)

Установлены локальные проявления обвальных и оползневых процессов, а также дефляция и эоловой аккумуляция на участках к востоку от устья реки. В целом береговая динамика замедленна. Экзогенные процессы опасности для береговой инфраструктуры не представляют, по крайней мере, до начала реализации проектов береговых объектов обустройства Штокмановского газоконденсатного месторождения ОАО «Газпром»: завода сжиженного природного газа (СПГ), примыкания газопровода от

Штокмановского месторождения в губе Опасова и порта по отгрузке СПГ в губе Орловка.

Рекомендации. Для полной оценки проявлений ЭГП необходимо в 2018 г. провести комплексные работы (НСАП и ГЛБО) в акваториальной части пункта наблюдений в районе предполагаемых проявлений подводных оползневых процессов. В силу небольшой интенсивности проявления экзогенных процессов на участке «Губа Териберская» периодичность проведения наблюдений не должна превышать один раз в три года.

Основные выводы по работам в пунктах наблюдений в районе «Кандалакшский залив» (Белое море)

Основные выводы по работам в пункте наблюдений «г. Кандалакша – береговая зона»

Мониторинговые наблюдения 2017 года не выявили существенных отличий на участках проявления опасных ЭГП по сравнению с результатами обследования 2016 года, подтвердив данные анализа дистанционного зондирования береговой зоны в пределах города Кандалакша о слабом проявлении абразионных процессов. Наибольшей деградации подвержены мысы техногенного берега, сложенные легкоразмы-

ваемыми отвалами опилок и фрагментов древесины. Максимальные скорости размыва, установленные по данным ретроспективного анализа космоснимков за 11-летний период, достигают 1,3 м/год. Разрушение остальной части неукрепленного берега происходит со скоростью не более 0,3 м/год.

Рекомендации. Рекомендуется продолжение мониторинга с периодичностью один раз в 2–3 года.

Основные выводы по работам в пункте наблюдений «Кандалакшский залив – глубинный район»

На значительной части обследованных крутых подводных склонов (преимущественно моренных гряд) по данным НСАП фиксируется оползание грунта (гравитационное смещение осадков). Физико-механические свойства донных грунтов (ил глинистый) обуславливают их высокую текучесть, что определяет возможность грунтов перемещаться вниз по склону при углах падения склонов $2,5^{\circ}$ – 5° и более, площадь которых составляет около 40 % от общей площади склонов в пункте наблюдений. Перемещение осадков вниз по склону происходит преимущественно

равномерно. Лавинообразные оползневые процессы могут проявляться лишь при накоплении критичной мощности грунтов в случае проявлений сейсмической активности или техногенного воздействия (проведение подводных инженерно-технических работ, прокладка подводных коммуникаций и т.д.). В разрезе голоценовых отложений не выявлены газонасыщенные илы.

Рекомендации. Предлагается расширение работ на участке «Кандалакшский залив – глубинный район» на запад, где по данным геолого-геоморфологического анализа выявлены

площади, которые по своим характеристикам потенциально наиболее подвержены подводным оползневым процессам. Целесообразно также проведение детализирующих работ, что позволит более достоверно охарактеризовать механизмы и масштабы проявления опасных экзогенных геологических процессов в пределах пункта

наблюдений. В силу небольшой степени освоения участка и, соответственно, несмотря на активность экзогенных оползневых процессов, отсутствие непосредственной опасности для каких-либо подводных коммуникаций, периодичность проведения наблюдений не должна превышать один раз в три года.

Основные выводы по работам в пункте наблюдений «Пролив Великая Салма»

Проведенное в 2017 году обследование береговой зоны пролива Великая Салма подтвердило выводы, полученные по результатам работ 2016 года. За прошедший год наблюдения показали практически полное отсутствие проявлений активных ЭГП в береговой зоне, установлены только локальные участки развития склоновых процессов, общей протяженностью около 1 км, где по зонам трещиноватости в литоральной зоне происходит обрушение блоков и отломов коренных пород. Выявлены участки размыва моренного берега с участками обрушения деревьев, за счет подмыва корней деревьев. Проведение на акватории пролива Великая Салма донного пробоотбора, сопровождающегося фототелепротофильрованием, позволило установить участки дна, подверженные донной эрозии, наиболее существенной в узких проливах и бухтах. Донная эрозия обусловлена приливно-отливными

течениями. В настоящее время выявленные ЭГП опасности не представляют.

Рекомендации. Для полной оценки проявлений ЭГП необходимо провести небольшой объем комплексных работ (НСАП и ГЛБО) в акваториальной части участка в районе предполагаемых проявлений подводных оползневых процессов. В силу небольшой интенсивности проявления экзогенных процессов на участке периодичность проведения наблюдений не должна превышать один раз в три года.

Прибрежно-шельфовая зона Белого моря. Для более объективной оценки региональных проявлений опасных экзогенных геологических процессов в прибрежно-шельфовой зоне Белого моря целесообразно расширить список участков проведения наблюдений. В первую очередь, это касается территорий, где планируется создание новых глубоководных портов: район города Беломорск и Двинской залив (проект «Белкомур»).

Основные выводы по работам на участках в районе «Восточная часть Финского залива» (Балтийское море)

Основные выводы по работам в пункте наблюдений «Северная береговая зона в пределах Курортного района»

Основными опасными экзогенными геологическими процессами являются абразионно-осыпные, осыпные, эрозионные и дефляционные. Развитию склоновых процессов способствует морская абразия, связанная с размывом подводного берегового склона и выносом осадочного материала в пределы глубоководных участков дна акватории.

Обследование берегов Курортного района г. Санкт-Петербург в 2017 г. показало, что за прошедший год существенные преобразования и

нарушения геологической среды береговой зоны, вызванные естественными экзогенными геологическими процессами, не наблюдаются. Причиной относительного замедления экзогенных процессов стало отсутствие в прошедший осенне-зимний сезон 2016-2017 гг. негативного штормового воздействия на берега. Метеорологические условия способствовали быстрому образованию ледяного покрова на акватории, что привело к блокировке берега от переработки волнами. Заметные изменения

состояния геологической среды береговой зоны обусловлены преимущественно техногенным вмешательством, оказывающим, в некоторых случаях, к примеру рефулирования, положительный эффект на устойчивость берегов к размыву.

Негативные последствия проявления ЭГП в Курортном районе в значительной мере обусловлены неконтролируемым возведением стихийных мер по берегозащите, отсутствием реконструкции имеющейся системы берегозащиты и возведением строений в зоне непосредственного контакта со штормовыми волнами.

Рекомендации. В целом в пункте наблюдений сохраняется проблема деградации берегов в результате дефицита песчаных наносов на подводном береговом склоне. Проблема укрепления берегов и защита объектов инфраструктуры от волновой абразии остается

нерешенной и требует принятия мер по реализации проекта берегозащиты города.

Обязательность продолжения мониторинга состояния недр в ежегодном режиме в летне-осенний период определяется постоянно фиксируемыми локальными зонами активизации опасных ЭГП. В связи с возникновением экстремальных ситуаций необходимо проведение дополнительных оперативных наблюдений в пределах сети мониторинга и вне ее в весенне-зимние циклы. Основными опасными экзогенными геологическими процессами являются абразионно-осыпные, осыпные, эрозионные, дефляционные и боковая эрозия в устьях малых водотоков. Развитию склоновых процессов способствует морская абразия, связанная с размывом подводного берегового склона и выносом осадочного материала в пределы глубоководных участков дна акватории.

Основные выводы по работам в пункте наблюдений «Южная береговая зона в районе пос. Большая Ижора»

Береговая зона в районе форта Красная Горка (западная часть Лебяжинского городского поселения) характеризуется активными гравитационными процессами. Обследование южного берега Финского залива от пос. Лебяжье до пос. Большая Ижора, показало, что за прошедший год значительно снизилась роль волновой переработки берегов по сравнению с развитием склоновых процессов. Отсутствие значимых штормов в восточной части Финского залива за прошедший год привело к сохранности склоновых отложений, и, соответственно, увеличению их объемов в береговой зоне.

На участке берега с высоким (до 20 м) абразионным уступом в пос. Лебяжье разрушение и деградация береговой террасы наблюдается и в бесштормовых условиях, и, в первую очередь, контролируется атмосферными осадками, и связанным с ними высачиванием грунтовых вод, приводящими и к развитию эрозионных склоновых процессов.

На укрепленных аварийных участках берега в пос. Лебяжье наблюдается стабильное состояние склонов высоких береговых уступов и отсутствие разрушения береговых террас. Выделенные при анализе космоснимков с 2011 по 2017 г. динамические зоны на участке берега в пос. Большая Ижора характеризуются существенными

для берегов Финского залива скоростями волновой переработки. Ширина полосы сезонной изменчивости контура берега по принципу вдольбереговой песчаной волны в пределах зоны пляжа составляет 100 м, что следует учитывать при проведении любого вида деятельности в береговой зоне пос. Большая Ижора.

Рекомендации. На участке возведения новых берегозащитных конструкций, представляющих собой волноотбойные стенки, проект берегозащиты должен предусматривать искусственный волногасящий пляж, в противном случае вероятны негативные последствия, выражающиеся в разрушении стенки, вымывании грунта из-за нее во время шторма и полном размыве пляжа перед стенкой.

Обязательность продолжения мониторинга состояния недр в ежегодном режиме в летне-осенний период определяется постоянно фиксируемыми локальными зонами активизации опасных ЭГП. В связи с возникновением экстремальных ситуаций необходимо проведение дополнительных оперативных наблюдений в пределах сети мониторинга и вне ее в весенне-зимние циклы.

Основные выводы по работам в пункте наблюдений «Копорский залив»

Сопоставление распределения покмарков, выявленных по данным ГЛБО в 2016 и 2017 гг. (появление на площади наблюдений новых покмарков), свидетельствует, что процесс формирования этих кольцевых структур в пункте наблюдения «Копорский залив» продолжает оставаться активным. Часть покмарков, выявленных в 2016 г., на записи ГЛБО 2017 г. не установлены, что может свидетельствовать об их занесенности поверхностными осадками. Можно констатировать, что процесс формирования покмарков носит активный, но пульсационный характер. Однако механизм формирования

покмарков до конца не выяснен. Неопределенным остается вопрос времени активации процессов, приводящих к образованию покмарков.

Рекомендации. Необходимо продолжение съемки ГЛБО в режиме мониторинга для сопоставления изменчивости морфологии и характера экспозиции покмарков во времени, а также отбор кернов грунтов тяжелой гравитационной грунтовой трубкой с послойным выделением грунтовых вод, а также проведением гидрохимического профилирования в придонном слое воды.

Основные выводы по работам в пункте наблюдений «Район острова Гогланд»

Работы 2017 г. показали более сложную картину проявления экзогенных геологических процессов, чем это предполагалось по результатам ранее проведенных исследований. В пределах пункта наблюдений установлена сеть протяженных линейных провалов, пространственно связанных с газонасыщенными грунтами, выявлены современные газопроявления (сипы), а также ложбины, появление которых, вероятно, обусловлено действием контурных придонных течений. Газопроявления как геологическая опасность до настоящего времени слабо изучены. По мнению специалистов ООО «Питер Газ» (Миронюк, Отто, 2014), участки морского дна со следами газопроявлений следует относить к геологически опасным территориям III категории сложности. Выбросы газа в водную толщу могут

сопровождаться деформацией донной поверхности, формированием оползней, снижением несущей способности грунтов, повышением коррозионной активности среды. Площади их распространения являются опасными для строительного освоения.

Рекомендации. Для выяснения причин образования и динамики развития линейных депрессий в пределах полей газонасыщенных илов необходимы повторные наблюдения по профилям НСАП, пройденным в 2016–2017 гг., с дополнительным отбором в пределах линейных депрессий кернов грунтов на комплексный послойный анализ физико-механических свойств грунтов, а также распределения газовой составляющей по разрезу.

Основные выводы по работам в пунктах наблюдений в районе «Российский сектор юго-восточной части Балтийского моря (Калининградский шельф)»

Основные выводы по работам в пункте наблюдений «Северное побережье Самбийского полуострова»

В 2017 г. береговая зона на участках от Филинской бухты до г. Светлогорск характеризовалась исключительно высоким уровнем развития опасных ЭГП, к которым относятся гравитационно-эрозионные, оползневые, осыпные, обвальные процессы, в

основном провоцируемые морской абразией, а также боковая эрозия. На ряде участков сложились предаварийные и аварийные ситуации для жилой, в том числе многоэтажной застройки приморских поселений. В 2017 г. в г. Светлогорск начаты масштабные берегозащитные работы. За

прошедший год отмечена активизация склоновых процессов в районе Государственной резиденции «Янтарь». Под угрозой оказались подземные коммуникации, парковые дорожки, элементы декора и устойчивость склона в целом.

На участках берега, где имеются выходы янтареносных пород палеогена, зафиксированы массовые незаконные выработки грунта. В пляже помпами промыты траншеи и ямы диаметром до 10 м. Выработки грунта с нарушением естественного профиля пляжа и подкопов береговых уступов провоцируют активизацию обвально-оползневых ЭГП.

В субаквальной части пункта наблюдений уточнены контуры зон размыва морского дна, где

фиксируются выходы коренных пород, образование останцов и их обрушение. Существенной перестройки литодинамических процессов за истекший год в субаквальной части пункта не отмечено.

Рекомендации. Обязательность продолжения мониторинга состояния недр в ежегодном режиме в летне-осенний период в пределах пункта наблюдений определяется постоянно фиксируемыми протяженными зонами активизации опасных ЭГП. В связи с возникновением экстремальных ситуаций необходимо проведение дополнительных оперативных наблюдений в пределах сети мониторинга и вне ее в весенне-зимние циклы.

Основные выводы по работам в пункте наблюдений «Западное побережье Самбийского полуострова»

В районе пос. Янтарный (м. Песчаный) и пос. Донское зафиксирована активизация склоновых процессов с широким развитием обвально-осыпных типов ЭГП. Отсутствие значимых сейсмических событий за прошедший год, равно как и аномальных метеорологических осадков, позволяет предположить, что активизация обвально-осыпных ЭГП на Западном побережье Самбийского п-ва может быть связана с акустическими ударами, обусловленными учебными стрельбами Балтийского флота. Также зафиксирована активизация оползневых тел, развитых на берегу в районе пос. Синявино и пос. Донское. Наблюдается активное техногенное вмешательство в береговую зону, выраженное активным сбросом пульпы Янтарного комбината и выработками грунта при незаконной добыче янтаря в районе пос. Янтарный и в пос. Донское, что провоцирует как локальное усиление активности склоновых гравитационных процессов, так и

нарушение естественного профиля пляжа, зачастую приводящее к его быстрой деградации.

В субаквальной части пункта наблюдений выявлены ранее не установленные, подводные уступы, характеризующиеся проявлением обвально-осыпных процессов. Отдельные подводные уступы сопряжены с разрывными нарушениями, по которым зафиксировано смещение коренных пород. Разрывные нарушения выходят практически на поверхность дна, что позволяет предположить возможную их современную или, по крайней мере, голоценовую активизацию.

Рекомендации. Высокая активность проявления экзогенных геологических процессов в условиях возрастающей антропогенной нагрузки, определяют обязательность продолжения мониторинга состояния недр в ежегодном режиме наблюдений летне-осеннего цикла в пределах наблюдательной сети.

Основные выводы по работам в пункте наблюдений «Основание Куршской косы»

На морском побережье продолжается локальное разрушение авантюны, как по естественным причинам, так и вследствие антропогенного воздействия. Участки деградации авантюны изменяют во времени свою протяженность и расположение. Менее подверженным размыву сохраняется участок берега напротив пос. Лесное и пос. Рыбачий.

Выявлено 28 крупных (диаметром 10–30 м) дефляционных воронок в реликтовых дюнах и более 10 более мелких котловин выдувания. Сквозные котловины выдувания, расположенные в верхней части склонов древних дюн, в отличие от абразионных уступов в современном дюнном поясе при существующих условиях не восстанавли-

ваются естественным путем. В пределах Национального парка «Куршская коса» ведутся активные работы по стабилизации склонов дюн. Вне пределов парка (г. Зеленоградск) активность дефляционных процессов за прошедший год достигла опасного уровня.

В прибрежных частях Куршского залива (лагуны) наблюдаются современные процессы глинистого диапиризма.

В субаквальной части пункта наблюдений седиментационная обстановка остается

стабильной, существенные изменения в конфигурации зон размыва морского дна, зон транзита и аккумуляции не установлены.

Рекомендации. Активность проявления экзогенных геологических процессов в условиях возрастающей антропогенной нагрузки определяют обязательность продолжения мониторинга состояния недр в ежегодном режиме наблюдений летне-осеннего цикла в пределах наблюдательной сети.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Опубликованная

- Ассиновская Б. А., Овсов М. К.* Сейсмотектоническая позиция Калининградского землетрясения 21 сентября 2004 года // *Физика Земли*. – 2008. – № 9. – С. 32–43.
- Блажчишин А. И.* Палеогеография и эволюция позднечетвертичного осадконакопления в Балтийском море. – Калининград: «Янтарный сказ», 1998. – 160 с.
- Государственная геологическая карта России (ГТК-1000, новая серия) лист Q-(35),37 (Апатиты) масштаба 1 : 1 000 000. Геологическая карта четвертичных образований ВСЕГЕИ, 2012.
- Григорьев А. Г., Жамойда В. А., Груздов К. А., Крымский Р. Ш.* Возраст и скорости роста железомарганцевых конкреций Финского залива по результатам определения изотопа ^{210}Pb // *Океанология*. – 2013. – Т. 53. – № 3. – С. 1–7.
- Девдариани Н. А.* Геологическое строение Беломорской впадины. Реферат канд. дисс. – М., 1985.
- Жамойда В. А., Кропачев Ю. П., Рябчук Д. В., Сергеев А. Ю.* Поверхность дна и мозаичность распределения осадков // *Нефть и окружающая среда Калининградской области*. Т. II. Море / Под ред. В. В. Сивкова, Ю. С. Каджояна, О. Е. Пичужкиной, В. Н. Фельдмана. – Калининград: Terra Балтика, 2012. – С. 321–334.
- Жамойда В. А., Рябчук Д. В., Спиридонов М. А., Григорьев А. Г., Пименов Н. В., Амантов А. В., Кропачев Ю. П., Невин И. А.* Геолого-геоморфологические условия формирования покмаков в восточной части Финского залива // *Региональная геология и металлогения*. – 2013. – № 54. – С. 25–37.
- Загородных В. А., Довбня А. В., Жамойда В. А.* Стратиграфия Калининградского региона. – Калининград, 2001. – 226 с.
- Миронюк С. Г., Отто В. П.* Газонасыщенные морские грунты и естественные газовыделения углеводородов: закономерности распространения и опасность для инженерных сооружений // *Геориск*. – 2014. – № 2. – С. 8–18.
- Невин И. А., Верещагина Е. А., Вякхи И. Э., Жамойда В. А., Григорьев А. Г., Крайнюкова И. А., Токарев И. В.* Исследование формирования флюидной разгрузки покмарков в Копорской губе Финского залива по изотопному составу воды ($\delta^2\text{H}$, $\delta^{18}\text{O}$) // *Геология морей и океанов: Материалы 21 Международной научной конференции (Школы) по морской геологии*. – 2015. – Т. 4. – С. 64–67.
- Объяснительная записка. Государственная геологическая карта СССР масштаба 1 : 200 000. Серия Прибалтийская. Лист N-34-VIII,IX / Ред. А. А. Григялис, А. Р. Кондратас. – М., 1983. – 115 с.
- Прасолов Э. М.* Изотопная геохимия и происхождение природных газов. – Л.: Недра, 1990. – 280 с.
- Хёфс И.* Геохимия стабильных изотопов. – М.: Мир, 1983. – 197 с.

Фондовая

- Казанов Ю. В., Макарова Э. П., Иванова З. К.* Отчет по геолого-гидрогеологической съемке листов N-34-VIII–IX масштаба 1 : 200 000 за период 1961–1966 гг., 1967.