

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	3
ГЛАВА 1. ФИЗИКО-ГЕОГРАФИЧЕСКОЕ ОПИСАНИЕ	5
ГЛАВА 2. ГЕОЛОГИЧЕСКОЕ СТРОЕНИЕ	10
2.1. ЛИТОЛОГИЯ ДОННЫХ ОСАДКОВ	12
ГЛАВА 3. ХАРАКТЕРИСТИКА АНТРОПОГЕННОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ	16
3.1 ОСНОВНЫЕ СОВРЕМЕННЫЕ ФАКТОРЫ	–
3.1.1. СУДОХОДСТВО	18
3.1.2. ГИДРОТЕХНИЧЕСКИЕ СООРУЖЕНИЯ	22
3.1.3. СБРОС СТОЧНЫХ ВОД	24
3.1.4. ДРЕДЖИНГ	27
ГЛАВА 4. АНТРОПОГЕННОЕ ВЛИЯНИЕ НА ФОРМИРОВАНИЕ РЕЛЬЕФА	35
ВЫВОДЫ	49
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	49
ЛИТЕРАТУРА	50

Введение.

Актуальность работы. Антропогенный фактор является неотъемлемым элементом эволюции природной среды в местах обитания человека. Одним из основополагающих факторов в формировании современного облика рельефа в восточной части Финского залива является антропогенное воздействие. Это один из районов Балтики, испытывающий самую интенсивную техногенную нагрузку. На его берегах находится крупнейший для региона Санкт-Петербургский промышленно-территориальный комплекс.

Исследования изменений геологической среды Невской губы в результате комплекса техногенных процессов являются важной составной частью оценки воздействия техногенеза на природную среду восточной части Финского залива. Диссертационное исследование посвящено актуальной проблеме – оценке роли антропогенной трансформации на восточную часть Финского залива, в том числе на изменение рельефа береговой зоны и морского дна.

Объектом исследования является восточная часть эстуария Невской губы.

Предметом исследования являются изменения донного рельефа, береговой линии и морского дна восточной части Финского залива под влиянием антропогенного фактора

Цель настоящей работы заключается в оценке роли антропогенного воздействия на формирование донного рельефа, береговой линии и морского дна в восточной части Финского залива

Основными **задачами** являются:

- провести анализ литературных и фондовых источников и дать общую характеристику района;
- определить основные факторы антропогенного воздействия на исследуемую территорию;
- оценить изменение донного рельефа и береговой зоны в пределах Невской губы в результате строительства новых объектов;

Материал и методика

1. Основа модели - узкий залив-эстуарий и крупнейший мегаполис с развитой промышленностью - дисперсный и мощный источник комплексного загрязнения.

2. Многовековая гидротехническая деятельность, которая привела к коренному преобразованию береговой зоны

3. Мощная река с минимальным твердым стоком и развитая сеть водотоков в устье (псевдodelта), что приводит к улавливанию загрязнения в боковых водотоках

Глава 1. Физико-географическое описание исследуемого района.

Финский залив расположен в восточной части Балтийского моря и омывает берега Финляндии, России и Эстонии. Площадь Финского залива – 29.5 тыс. км². Длина залива около 400 км, ширина у входа Пысаспеа — Ханко — 70 км, на меридиане о. Мощный увеличивается до 130 км, а восточнее (Шепелевский разрез) сужается до 20 км. Общая площадь водного зеркала 29700 кв. км (7% от общей площади Балтийского моря). Объем водной массы 1120 км³ (5% от объема водной массы Балтийского моря), средняя глубина - 38 м, максимальная глубина 115 м. Водосборный бассейн — 421 тыс. км², приток воды — 109 км³ в год, доля реки Нева от всего поступления по рекам - 70%. (Экосистема..., 2008)

Эстуарий реки Невы разделяется естественными и искусственными преградами на верхний (Невская губа) и нижний (восточная часть Финского залива) районы. Эти районы существенно различаются абиотическими условиями и структурно-функциональными характеристиками экосистем.

Часть Финского залива, располагающаяся восточнее о. Гогланд, принято называть восточной частью Финского залива, площадь водного зеркала которой составляет 12 500 кв. км, объем водной массы – 276 км³. Максимальная глубина восточной части Финского залива достигает 60 – 65 м в районе о. Гогланд, в восточном направлении происходит уменьшение глубин.

Восточная часть Финского залива представляет собой переходный район от пресноводного к солоноватоводному. На режим ее солености сильное опресняющее влияние оказывает сток впадающих в него рек, и, прежде всего, реки Нева. В направлении с востока на запад, по мере уменьшения влияния речного стока, соленость воды в заливе возрастает. Пресная вода распространяется в западном направлении по поверхности залива, напротив, солоноватые воды в виде клина продвигаются в восточном направлении.

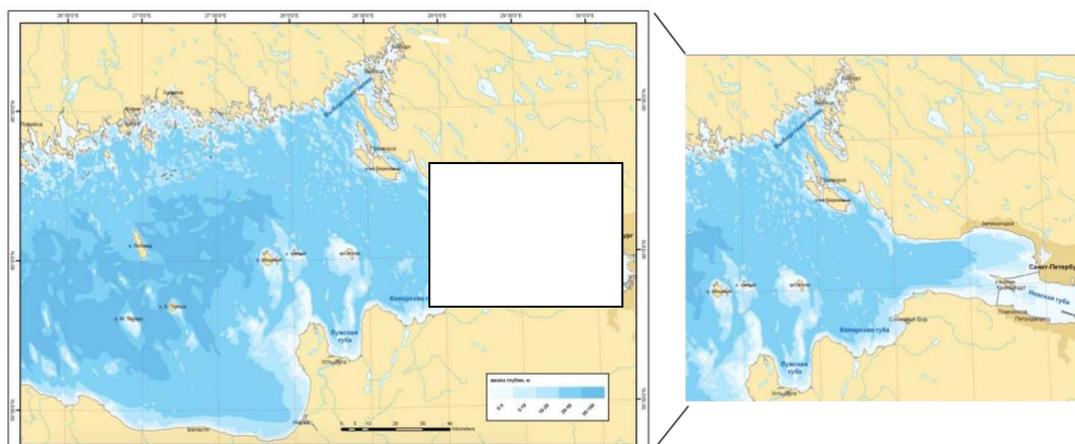


Рис. 1. Карта района исследований

Невская губа является крайней восточной частью Финского залива. Это полузамкнутый мелководный водоем, западная граница которого в настоящее время проходит по створу сооружений защиты Санкт-Петербурга от наводнений. С востока границей губы служит бар р.Невы. Невская губа сообщается с Финским заливом двумя проливами: Северными и Южными воротами. Ширина Северных ворот составляет около 12 км, естественные глубина 3-4 м; ширина Южных ворот – 6 км. В Южных воротах расположена обширная Ломоносовская отмель с глубинами около 1м. Длина Невской губы составляет 21 км, наибольшая ширина- 15 км. Площадь водного зеркала- около 380 км. Объем водной массы – 1,6 куб.м. Преобладающие глубины в губе составляют от 3 до 5 м. Наибольшие естественные глубины не превышают 6,4 м. С востока на запад Невскую губу пересекает Морской канал, ширина которого составляет 100 м, а глубина 12 м. (Экосистема..., 2008)

Воды реки Невы вливаются в Невскую губу пятью мощными потоками: Большая и Средняя Невки, продолжением которых служит Елагинский фарватер; Малая Невка и Малая Нева, переходящие в Петровский фарватер; Большая Нева, разделяющаяся на Галерный, Корабельный и Гребной фарватеры. В Невскую губу, кроме Невы, впадает 8 рек, наиболее крупными из них являются реки Стрелка, Дудергофка и Шингарка.

Система течений в Невской губе неустойчива, а водные массы очень подвижны. При стоковых течениях в губе из-за наличия препятствий (отмели,

дамбы) и неровностей берега возможно образование на отдельных участках губы застойных зон, которые разрушаются при смене стоковых течений стоково-градиентными или стоково-ветровыми. Средние скорости переноса невских вод в губе составляют 6–8 см/с в северной и 1–5 см/с в южной частях губы.

Особенностями Невской губы являются небольшая глубина (около 4 м), высокий водообмен (0.015 года), гомотермия, вода с соленостью менее 1‰ (Шишкин, 1988). Поэтому Невская губа рассматривается как пресноводный водоем.

Невская вода слабоминерализована. В среднем содержание растворенных минеральных веществ в ней, или ее минерализация, составляет 56 мг/л, что в 3–5 раз меньше, чем на Волге и Оке. Слабая минерализация объясняется прежде всего особенностями климата и рельефа бассейна. Грунтовые воды, всегда богатые минеральными солями, занимают небольшой удельный вес в питании реки Невы.

Хотя воды Невской губы в основном пресные, довольно часто (особенно во время продолжительных и сильных сгонных ветров) наблюдается проникновение в нее осолоненных вод вдоль дна Морского канала (основного фарватера Санкт-Петербургского порта). В этих случаях в западной части Морского канала возможно возникновение двухслойной вертикальной структуры вод с верхним квазиоднородным слоем мощностью около 5–7 м. Соответствующий вертикальный градиент солености может достигать 0.7–0.9‰ на 5 м летом и 0.3–0.4‰ на 5 м осенью. Весной в период наибольшей повторяемости сильных сгонных ветров, придонная соленость здесь может достигать 2.9–3.2‰ при вертикальном градиенте 1.5–1.8‰ на глубинах 5 м. Распределение солености определяется взаимодействием между пресным речным стоком (в основном за счет стока реки Невы) и солоноватыми глубинными водами Финского залива.

Метеорологические условия. Климат района Финского залива относится к типу умеренного с избыточным увлажнением и является промежуточным между

морским и континентальным. Погодные условия в регионе определяют воздушные массы, поступающие с Атлантического океана. Циклоническая 13 циркуляция в регионе преобладает в течение всего года, за исключением мая и июля, когда над Финским заливом превалируют антициклоны и малоградиентные барические поля. Повторяемость ветров западного, юго-западного и южного направлений более 50 %, они же являются самыми сильными (Экосистемные модели..., 1997). Район Финского залива является зоной избыточного увлажнения. При средней годовой норме осадков около 600 мм, испаряемость близка к 250 мм. Наибольшее количество осадков приходится на теплый период года – 70 %, на холодный период – лишь 30 %. Соответственно, абсолютная влажность воздуха в летний период выше, чем в зимний. Для всех сезонов характерна повышенная влажность западных и северо-западных районов и наличие наиболее сухого воздуха над восточным и северо-восточным побережьем (Экосистемные модели..., 1997). Погода в зимний период в районе Финского залива умеренно теплая и влажная, с температурами воздуха от 0 до -8 0С. Однако начиная с января устанавливается холодная сухая погода с температурами воздуха -17 – -25 0С. За зиму выпадает около четверти годовой нормы осадков. Весной часто наблюдаются возвраты холодов и поздние снегопады, температура воздуха составляет 1-3 0С, однако в отдельные ясные дни может подняться до 20 0С. Лето умеренно теплое, температура воздуха достигает 12-20 0С, однако проникновение в район арктических воздушных масс может понизить температуру до 5-10 0С. Более половины годовой нормы осадков приходится на летний период, в основном они носят ливневой характер. Осенью температура воздуха снижается, увеличивается влажность и облачность. Продолжительность выпадения осадков в октябре и ноябре увеличивается в 2-3 раза по сравнению с летом, но они являются большей частью обложными, поэтому месячная сумма осадков меньше, чем летом (Экосистемные модели..., 1997).

Глава 2. Геологическое строение

Площадь современного Финского залива приурочена к зоне сочленения Балтийского щита и Русской плиты. Многолетними исследованиями с применением повторных нивелировок установлено, что территория Балтийского щита постоянно испытывает восходящие движения. Практически повсеместно в пределах восточной части Финского залива и его береговой зоны верхняя часть геологического разреза представлена поздне- и послеледниковыми четвертичными отложениями (рис. 2).

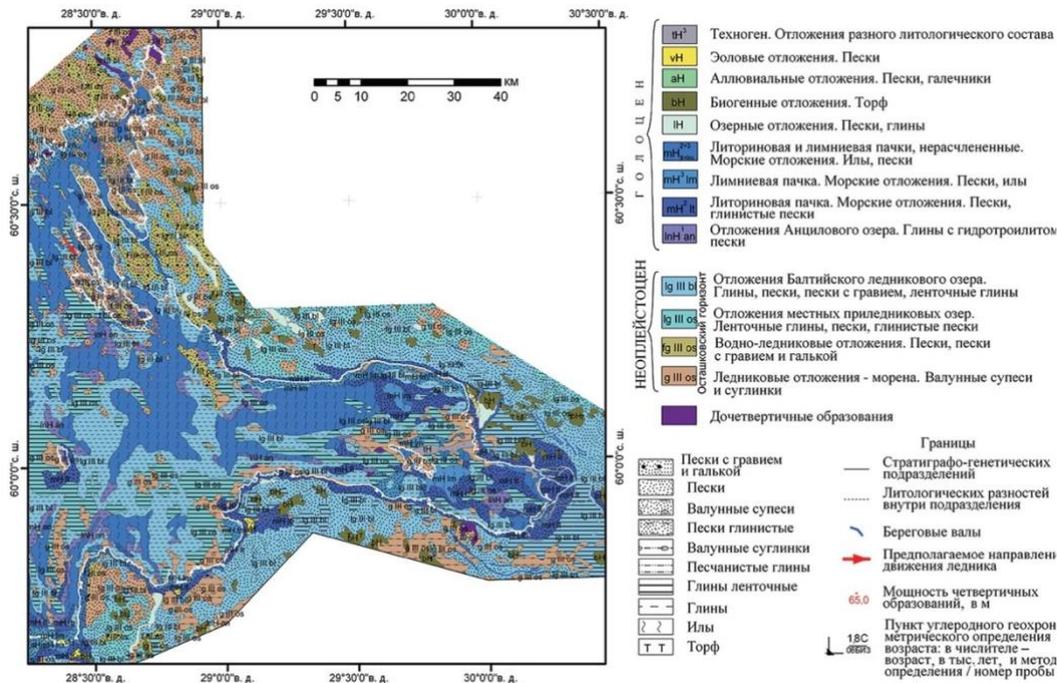


Рис. 2. Карта четвертичных отложений восточной части Финского залива и прилегающей части суши, включая береговую зону. Сост. М. А. Спиридонов, П.Е. Москаленко, Е.Н. Нестерова (ВСЕГЕИ).

Обнажения коренных пород встречаются на отдельных участках берегов и подводного берегового склона. Четвертичные отложения на дне залива представлены мореной, ледниково-озерными отложениями местных приледниковых озер и Балтийского ледникового озера, а также осадками голоценового возраста, сформировавшимися в пределах Анцилового озера, Литоринового и Лимниевского морей позднего голоцена. В субаквальной части береговой зоны на поверхности дна преобладают выходы морены и голоценовые

песчаные осадки, залегающие на ее поверхности, а в открытой части залива подводные выходы лимногляциальных глин чередуются с полями глинистых нефелоидных отложений голоцена, приуроченных к депрессиям коренного и ледникового рельефа. В механическом составе морены присутствуют частицы всего гранулометрического спектра – от глинистых (менее 0.005 мм) до крупновалунных (более 1 м). Бассейновые фации приледниковых озер представлены в разрезе характерными серовато-коричневыми ленточно-слоистыми (местные приледниковые озера), слоистыми и гомогенными (Балтийское Ледниковое озеро) (с цветовой полосчатостью) глинами. На подводном береговом склоне Курортного района эти отложения не отличаются от аналогов в других частях залива. Перекрывающие их голоценовые осадки, формировались, в основном, в прибрежных условиях. В седиментационных бассейнах восточной части Финского залива анциловые отложения представлены серыми глинами, отдельные горизонты которых обогащены стяжениями аморфных сульфидов. Морские нефелоидные образования представлены зеленовато-серыми (в ряде случаев до черных), пятнистыми и полосчатыми, за счет распределения тонкодисперсного вещества, алевропелитовыми отложениями. Голоценовая часть разреза на подводном береговом склоне Курортного района представляет собой незначительные по мощности (до 1.5 м) толщи песков. Мощность современных илов, развитых на глубинах более 10–12 м, не превышает первых десятков сантиметров. В пределах прилегающей части суши развита террасированная равнина морского и водно-ледникового происхождения с наложенным рельефом динамической аккумуляции и эоловыми формами рельефа в виде пляжей, береговых валов и дюн. Мощность морских отложений (мелко- и среднезернистых песков, местами супесей) достигает 5 м. Бровка отмершего уступа высокой террасы находится на высоте около 30 м (крутизна уступа 10°–25°). Тыловой части первой низкой террасы соответствуют высоты 10–12 м. На ее поверхности прослеживаются серии размытых древних береговых валов с относительной высотой 1–5 м и

шириной до 50 м. Терраса, предположительно, формировалась во время первой фазы Литориновой трансгрессии, т. е. около 7 тыс. лет назад. Ширина низкой террасы в районе Зеленогорск-Комарово составляет 500–600 м. К востоку четко выраженный уступ верхней террасы сглаживается. Поверхность террас, а также их склоны нарушены мелким эрозионным расчленением. Поверхности древних береговых валов местами осложнены образованиями параболических дюн и гряд. Межваловые понижения очень часто заболочены. Расчлененность рельефа не выходит за пределы 1–1.5 м, средние уклоны находятся в пределах 1°–3°. (Максимов, 2008)

2.1. Литология донных осадков

Донные отложения морей и озер играют особую роль в состоянии экосистем. Большая часть донных отложений в Финском заливе образовалась во время и после последнего оледенения (20 – 13 тыс. лет назад). Они включают гляциальные отложения, такие как диамиктон, флювиогляциальные формирования, гляциальные глины и илы, а также постгляциальные отложения. Морское дно может быть представлено отложениями разного типа и возраста в зависимости от доминирующих факторов (скорость течений, размер частицы, глубина, топография, удаленность от берега, климат, биопродуктивность и т. д.). Осадки восточной части Финского залива представлены исключительно терригенными разностями, гранулометрический состав самый разный: от валунов до пелитовых илов. Основными гранулометрическими типами донных отложений являются гравийно-галечные с валунами, гравийно-песчаные и песчано-гравийные, алевритовые и пелитовые илы. Современное распространение различных видов донных отложений в восточной части Финского залива представлены на рис.3.

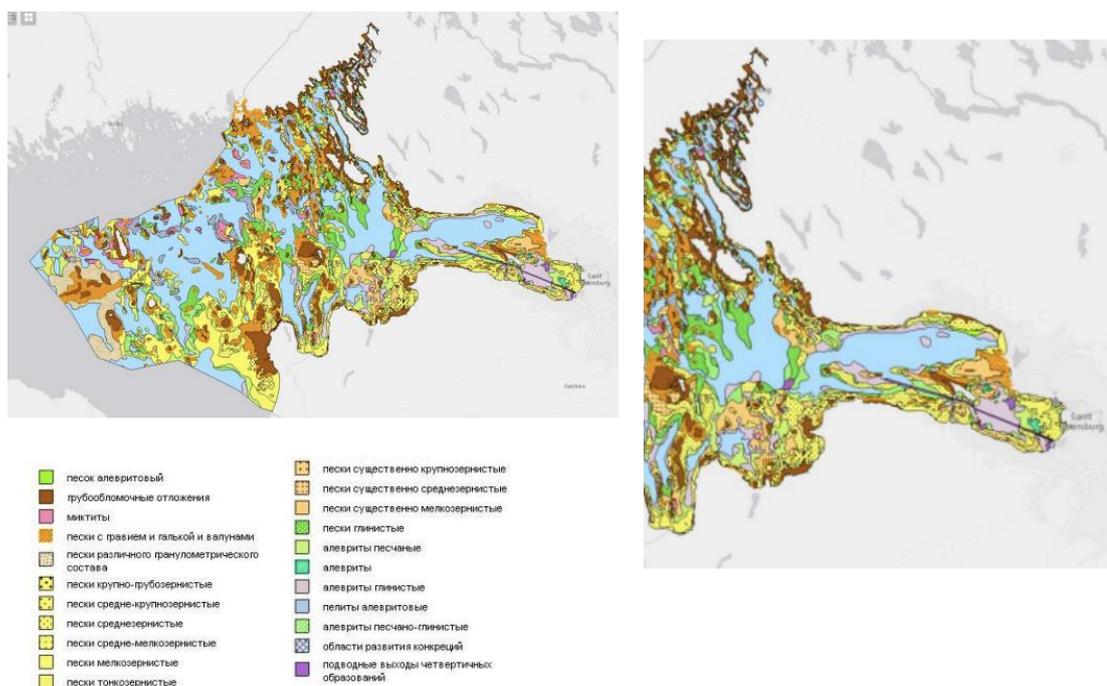


Рис. 3. Литологическая карта поверхности морского дна восточной части Финского залива (ВСЕГЕИ)

Тип поверхностных осадков один из главных факторов, определяющих облик донных биотопов, сообществ и распределение многих видов (Орлова и др., 2008). По гранулометрическому составу донные отложения подразделены на следующие типы: 1) гравийные отложения (преобладают фракции > 1 и $1.0-0.1$ мм); 2) пески 20 (преобладают фракции $1.0-0.1$ мм); 3) алевриты (крупные алевриты и мелкоалевритовые илы (преобладают фракции $0.1-0.01$ мм); 4) алевритовопелитовые илы (содержание фракции < 0.01 мм более 70 %) (Экосистемные модели..., 1997). Распределение выделенных типов отложений по площади в целом подчиняется правилу вертикальной зональности: на малых глубинах (до 20-30 м) распространены в основном пески, глубже – алевриты и илы. Обычно соблюдается ряд: пески – крупные алевриты – мелкоалевритовые илы – алевритово-пелитовые илы – пелитовые илы при переходе от наиболее мелководных к более глубоководным районам. Однако в данной последовательности наблюдаются два исключения. Во-первых, типично алевритовые отложения (особенно крупные алевриты, в которых преобладают фракции $0.1-0.05$ мм) либо занимают очень узкий интервал глубин, либо

полностью исчезают, и пески постепенно замещаются илами. В этом случае получаются смешанные отложения, которые нередко рядом исследователей называются илистыми песками или песчаными илами. Во-вторых, в гидродинамически активных участках пески спускаются на такие же глубины, как и илы (50-68 м, а пелитовые илы в гидродинамически «спокойных» участках поднимаются до глубин характерного распространения песков (27-40 м) (Экосистемные модели..., 1997). Рельеф дна Финского залива сильно изрезан и характеризуется множеством полуизолированных впадинок, островков и поднятий. В связи с этим наблюдается мозаичность распределения донных отложений, прежде всего пелитовых илов. Впадинки фактически являются ловушками пелитового материала.

Донные отложения Невской губы представлены всеми основными гранулометрическими типами: от валунов до пелитов. Распространение их определяется как особенностями донного рельефа, так и динамикой среды осадконакопления. Грубообломочные отложения (валунные, валунно-галечные, гравийно-галечные и реже гравийные) занимают около 15% площади Невской губы. Они окаймляют мыс Лисий нос, покрывают поверхность отмели вокруг о. Котлин и в виде пятен прослеживаются вдоль южного берега. Это неоднородные осадки. Между отдельными валунами залегает песчаный покров. Появление подобных отложений связано с размывом ледниковых отложений и глубины их распространения составляют 0–4 м.

Песчаные отложения являются одним из наиболее распространенных типов донных осадков в Невской губе. Они представлены практически всеми разновидностями от крупно- до тонкозернистых. Крупнозернистые пески обычно с примесью гравия и гальки пространственно и генетически связаны с полями грубообломочных образований. Мощность их обычно не превышает 0.20–0.25 м, чаще составляя 0.05–0.10 м. Ниже, с резким несогласием залегают плотные глинистые отложения более древнего возраста.

Среднезернистые и мелко-среднезернистые пески представлены двумя генетически разнородными типами. Плохо сортированные разности их с примесью грубообломочного материала и алевропелитовых частиц развиты преимущественно на поверхности гряды к северу от о. Котлин, а также у северного берега и в приустьевых частях Невской дельты. Мощность их небольшая (до 0.1 м), ниже залегают глины ледниково-озерного генезиса. Хорошо сортированные среднезернистые песчаные отложения. Второй тип среднезернистых песков отличается сравнительно хорошей сортировкой, практически полным отсутствием примеси грубообломочного материала и низким содержанием пелитовых частиц. Они встречаются вблизи устьев Большой и Средней Невки, а также образуют вытянутые аккумулятивной формы, возникшие на искусственных ряжевых преградах, сооруженных к северу и югу от о. Котлин в XVII в. (Логвиненко и др., 1988). Мощность их может достигать нескольких метров, а происхождение связано с аккумуляцией под действием течений.

Мелкозернистые и тонко-мелкозернистые пески покрывают более 50% поверхности дна Невской губы. Среди них различаются плохосортированные разности с постоянным присутствием среднепсаммитовых частиц и фракции < 0.01 мм (до 10–15%). Они развиты на различных глубинах и обычно перекрывают подводные выходы плейстоценовых глин. Мощность их обычно небольшая (до 0.1 м), иногда достигает 1 м. Обычно они маркируют места размыва или транзита обломочного материала. Встречаются главным образом, на подводном продолжении о. Котлин. Мелкозернистые, хорошо сортированные, прекрасно отмытые пески существенно кварцевого состава залегают обычно на глубинах 0–6 м в зоне воздействия волнения. Они слагают небольшие аккумулятивные тела в вогнутых участках берега между Петродворцом и Ломоносовым, а также к западу от Лахтинского разлива. Ими же сложена авандельта р. Невы (Максимов, 2008).

Глава 3. Характеристика антропогенного воздействия

Водная система Ладожское озеро - р. Нева – Невская губа - восточная часть Финского залива расположена на территории экономически развитого региона, что служит основной причиной ее загрязнения. Любые антропогенные изменения на огромном водосборе в значительной степени аккумулируются в Неве, Невской губе и восточной части Финского залива. Воздействие на экосистему Невской губы в городе Санкт-Петербурге довольно значительное, учитывая промышленные и транспортные сточные воды города, постоянное развитие инфраструктуры гавани, Комплекс защиты от наводнений, который полностью изменил гидродинамические и седиментологические режимы Невской губы, дноуглубительные работы и демпинг, создание новых территорий и интенсивное судоходство. Фактически, антропогенная деятельность в наши дни стала столь же важной движущей силой экологического развития, как природные факторы. А в Невской губе техногенный (антропогенный) фактор резко преобладает в формировании береговой зоны.

3.1. Основные современные факторы

Техногенное воздействие на дно Невской губы началось с основания Санкт-Петербурга. На искусственных островах в акватории было возведено 17 фортов. Первый форт «Кроншлот» был построен в 1704 г. по проекту и под руководством самого Петра I. Между островом Котлин и берегами губы в XVIII–XIX вв. были сооружены ряжевые преграды, представляющие собой линии затопленных деревянных срубов, заполненных камнем. В 1885 г. закончилось строительство Морского канала, глубины в котором достигали 12 м. В XX в. проводились масштабные работы по углублению фарватеров, подводной добыче песка, в 1979 г. началось строительство Комплекса защитных сооружений Ленинграда от наводнений (КЗС). По дну были также проложены многочисленные кабели, частично заглубленные в подводные траншеи. В конце 1980-х — начале 1990-х

гг. в юго-восточной части губы производились гидротехнические работы по намыву новых городских территорий.

Новый этап мощного техногенного воздействия начался в 2006 г. в связи с выполнением проекта «Морской фасад», в ходе которого осуществляются масштабные работы созданию новых территорий на площади 476,7 га с использованием технологии гидронамыва, строительству пассажирского портового терминала и углублению фарватеров. Одновременно продолжаются работы по отвалу грунтов в районе подводных свалок «Северная Лахта» и «Южная Лахта». Гидротехнические работы ведутся также в районе порта Бронка и КЗС. Исследования изменений геологической среды Невской губы в результате комплекса техногенных процессов являются важной составной частью оценки воздействия техногенеза на природную среду восточной части Финского залива в целом и необходимы для выработки эффективных и научно-обоснованных мер по рациональному природопользованию.

Акватория эстуария загрязняется промышленными и бытовыми сточными водами Санкт-Петербурга и его пригородов; здесь пролегают пути интенсивного судоходства и осуществляется крупномасштабное гидромеханическое воздействие. В середине 1980 годов эстуарий был разделен дамбами на верхнюю пресноводную (Невская губа) и нижнюю солоноватоводную части, в результате чего первая превратилась, по существу, во внутригородской водоем.

Восточная часть Финского залива является объектом интенсивного хозяйственного освоения, что несет в себе потенциальную угрозу для устойчивости геологической среды. Рассмотрим кратко основные потенциальные угрозы, связанные с антропогенной деятельностью.

3.1.1 Сброс сточных вод

Санкт-Петербург — крупнейший мегаполис для всей Балтики, характеризуется огромным водопотреблением. Интенсивный сброс

промышленных и коммунальных стоков, атмосферные выбросы активно загрязняют акваторию Невской губы и прилежащую часть Финского залива. Однако значительная часть поллютантов все же накапливается в донных осадках как в приустьевых водотоках «дельты» р. Невы, так и в самой губе (Результаты..., 2006).

В 2005 г. в водные объекты города поступило 1309.9 млн м³ сточных вод. Большую часть из них составили сбросы коммунальных вод (1040.5 млн м³), промышленных — только 269.4 млн м³. По сравнению с 2001 г. сброс последних увеличился почти на 70 млн м³, что связано с развитием промышленности в городе. С этим же связано и увеличение сброса слабозагрязненных (неочищенных) вод на 30 млн м³ по сравнению с 2004 г. (Охрана..., 2006).

Свой вклад в загрязнение Невской губы вносит и сток реки Невы. При этом большая часть его, включая растворенную и взвешенную формы, транзитом проходит через губу и выносится во внешнюю часть неевского эстуария. Однако наличие серии малоградиентных геохимических барьеров, как в самой губе, так и к западу от острова Котлин, существенно влияет на состав растворенных веществ. Геохимические процессы, возникающие на стыке вод с различной соленостью (1–2‰), приводят к переводу части химических веществ из раствора во взвесь и дальнейшей аккумуляции в донных осадках. Эффективность этих барьеров очень велика и, по подсчетам, приводит к тому, что более 70% загрязняющих веществ, поступающих со стоком реки Невы, а также через станции аэрации или с ливневыми стоками, оседает в пределах неевского эстуария (Оценка..., 2000).

Воды рукавов «дельты» Невы содержат большое количество загрязняющих веществ, в том числе органические вещества, медь, цинк, кадмий, свинец, нефтепродукты и фенолы. В большинстве водотоков воды характеризовались как «загрязненные». В то же время исследование геохимии донных осадков показало, что в самой реке Неве они практически чистые и представлены песками с крайне низкой сорбционной способностью

В отличие от реки Невы и ее крупнейших рукавов, донные осадки малых рек и каналов Санкт-Петербурга загрязнены весьма интенсивно. Особенно это относится к таким рекам как Екатерингофка, Ждановка, Карповка, Черная, Охта (Оценка..., 2000). В этом смысле малые водотоки города играют роль своеобразного фильтра, задерживают значительное количество поллютантов, однако сам этот фильтр находится непосредственно в городе, а его чистка и складирование загрязненных наносов представляет большую экологическую проблему. Геоэкологическая ситуация в Невской губе определяется существованием двух четко выраженных геохимических барьерных зон (ГБЗ): «река – море» и «осадок – вода», а также фациальной зональностью осадконакопления. ГБЗ «река – море» в устье реки Невы имеет сложное строение. Первый, — гидродинамический, барьер располагается при впадении Невы в Невскую губу. Здесь значительная часть взвеси погружается в придонные слои и выпадает в осадок. Снижение скоростей течений сказывается, прежде всего, в мелких водотоках, непосредственно впадающих в губу или в акваторию порта, а также в приустьевой зоне, где происходит активное накопление песчано-глинистых осадков в подводных карьерах для намыва новых городских территорий.

Другим важным аспектом антропогенного воздействия на геологическую среду является накопление тяжелых металлов в донных отложениях, что отражает промышленное развитие Санкт-Петербурга (Спиридонова и др., 2009). Выполненные специалистами Геологической Службы Финляндии послойные анализы образцов кернов методами ICP-AES и ICP-MS показали, что отобранные осадки сформировались в ходе приблизительно 100 лет. (Erm A., Soomere T). Содержание тяжелых металлов по разрезу достаточно высокие. Кривые изменения концентрации металлов схожи во всех кернах. На глубине 25-26 см концентрации резко снижаются, таким образом, нижняя часть колонок соответствует «доиндустриальной» эре, как видно на рисунке 4.

Наиболее высокие концентрации Zn, Pb, Cd и Cu соответствуют периоду с 1950-х по 1990-е гг. В последние десятилетия уровень загрязнения снизился, что на первом этапе было связано с экономическим кризисом 1990-х годов, а в настоящее время – с вводом в строй новых очистных сооружений Санкт-Петербурга и снижением уровня промышленного загрязнения воды и воздуха.

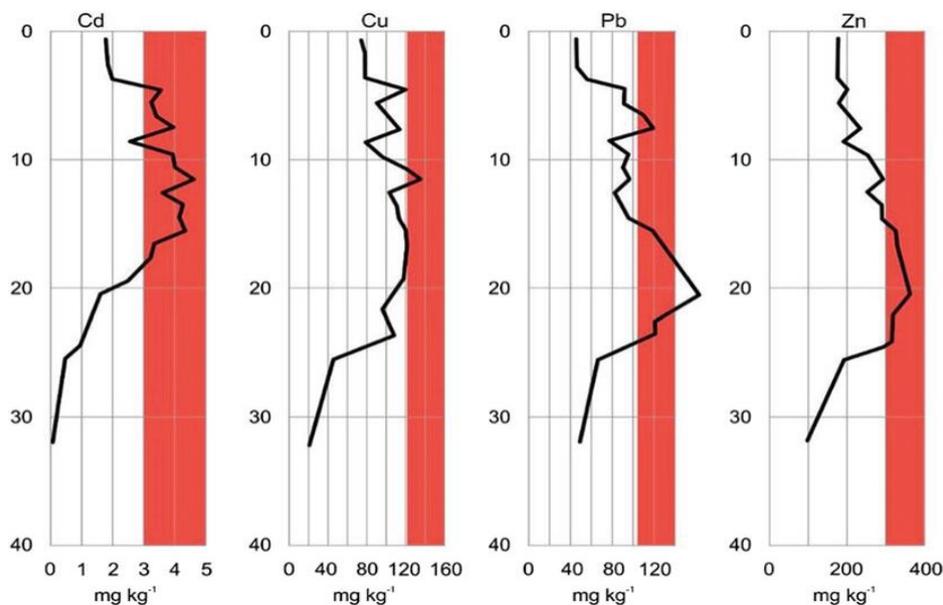


Рис. 4. Кривые концентрации Cd, Cu, Pb и Zn в Невской губе в мягких осадках. Вертикальная ось – шаг значений, см; красная линия – уровень “очень высокого загрязнения” для донных отложений (шведское ЕРА) (Vallius и др., 2006).

Велико загрязнение ионами ртути и меди, хлорорганическими пестицидами, фенолами, нефтепродуктами, полиароматическими углеводородами. В связи с постройкой сооружений по защите Ленинграда - Санкт-Петербурга от наводнений произошло уменьшение водообмена Невской губы с восточной частью Финского залива на 10-20%, что увеличило концентрации биогенов в Невской губе. Наибольшие изменения происходят в придамбовой зоне на расстоянии менее 5 км от неё. Свой вклад дают неудачный выбор мест выброса северных и юго-западных очистных сооружений Санкт-Петербурга, высокая загрязнённость грунтов в некоторых районах Невской губы.

Беспокойство вызывает начавшееся постепенное заболачивание мелководных частей Финского залива между Санкт-Петербургом и дамбой,

поскольку ослабленные дамбой осенние штормы не способны уже в достаточной степени очищать дно Невской губы от поселяющихся там высших растений. Заболачивание и связанное с этим гниение остатков растений со временем может привести к дополнительной эвтрофикации водоём, что влечет исключение из акватории обширных участков Невской губы (на которых, к тому же, в грунтах будет захоронено значительное количество вредных соединений).

В последние годы меры по очистке стока вод привели к существенному уменьшению как объема поступающих загрязнителей, так и к изменению структуры поллютантов внутри этого стока. Однако накопившиеся уже в донных осадках загрязняющие вещества никуда не делись, и являются мощным источником вторичного загрязнения водной толщи.

В Невской губе выявлены устойчивые загрязнители, фиксирующиеся на протяжении всего периода мониторинга. В первую очередь, это нефтепродукты и тяжелые металлы: кадмий, ртуть, медь и ряд других. Локальные изменения связаны с гидротехническими работами в губе. По данным мониторинга геологической среды, были выявлены так называемые «горячие точки», отличающиеся постоянным превышением загрязнителей выше лимитирующих уровней. К таким точкам относятся Северный и Южный Латинский карьеры. Их возникновение связано с намывом новых городских территорий в Лахте, на Васильевском острове и в южных районах города.

3.1.2 Судоходство

В последние годы Финский залив испытывает все возрастающее техногенное воздействие. Интенсивное судоходство является одним из главных его источников.

Грузооборот через расположенные здесь порты возрастает стремительными темпами, особенно в связи с функционированием 9-го международного транспортного коридора. В районе городов Приморска, Высоцка и Усть-Луги полномасштабно работают портовые комплексы. На сегодняшний день общий годовой грузопоток через порты Балтийского бассейна составляет около 210 миллионов тонн. Только через Финский залив он уже превышает 190 миллионов тонн. В результате этого чрезвычайно важным фактором, определяющим на ближайшие годы состояние окружающей среды в регионе, становятся объекты транспортного комплекса и специализированной нефтегазовой инфраструктуры. Акватория Финского залива служит конечным бассейном стока; именно сюда в итоге попадает большинство поллютантов, что приводит к загрязнению объектов природной среды Финского залива. Большие массы загрязняющих веществ вовлекаются в процессы миграции и осадконакопления и вследствие этого могут попадать в трофические цепи.

Они связаны как с обычным для судоходства возрастанием (несмотря на все принимаемые меры и ограничения) сбросом бытовых отходов и нефтепродуктов, так и с угрозой аварий и попадания в воду при этом токсических веществ.

В исследованиях В. А. Шахвердова для восточной части Финского залива составлена схема размещения аномалий тяжелых металлов, цезия и нефтепродуктов (рис. 5). Для ее составления использовались данные приближенно-количественного эмиссионного спектрального анализа, выполненного в лаборатории ФГУП «ВСЕГЕИ», результаты гамма-спектрометрического (^{137}Cs) и флуориметрического (нефтепродукты) методов. Было рассчитано значение суммарного показателя загрязнения по десяти основным элементам: Mn, V, Cr, Co, Ni, Mo, Sn, Cu, Pb, Zn. Представленная схема дает достаточно полное представление об особенностях пространственного распределения химического загрязнения и его уровне в современных донных осадках восточной части Финского залива Балтийского моря.

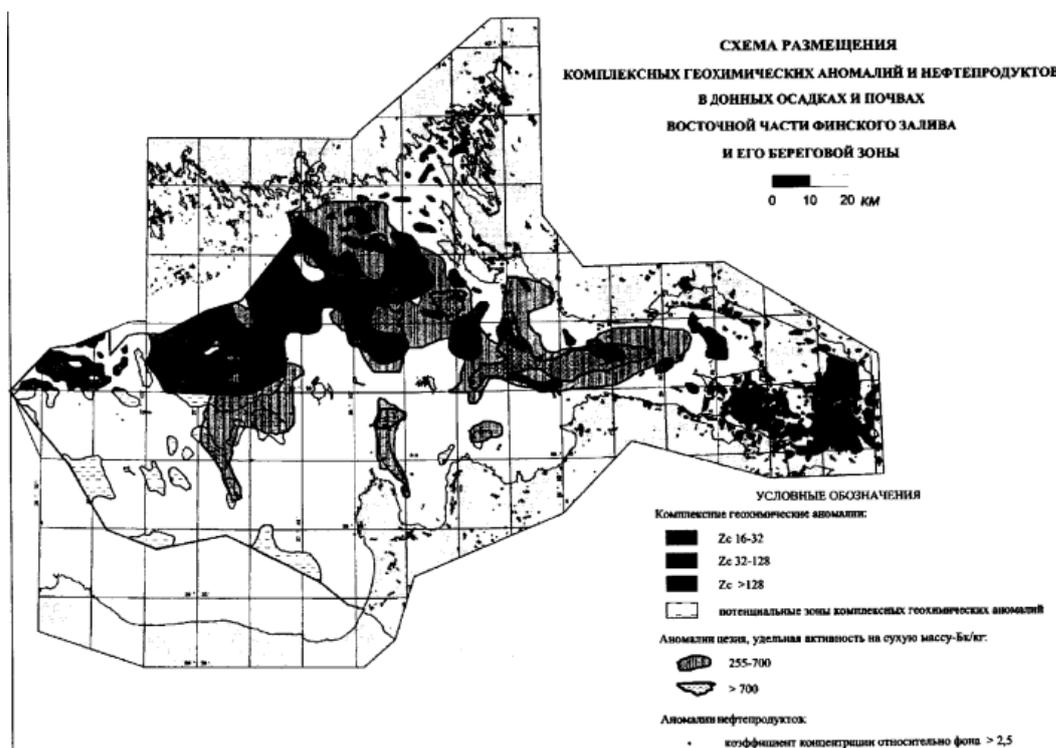


Рис.5. Схема размещения комплексных геохимических аномалий, нефтепродуктов и радионуклидов в донных осадках восточной части Финского залива и его береговой зоны (Шахвердов и др., 2015)

Анализ данной схемы показывает, что в восточной части Финского залива могут быть выделены зоны комплексного геохимического загрязнения. Наиболее высокий уровень концентрации химических элементов установлен в осадках, которые формируются в акватории Санкт-Петербургского морского порта. Суммарный показатель загрязнения достигает здесь 300 единиц. Для центральной части Невской губы характерно загрязнение с уровнем от 50 до 100 единиц. В периферической ее части отмечен ряд аномалий с показателем загрязнения от 32 до 50 единиц, связанных с запуском северных очистных сооружений, южного и северного створов защитных сооружений, с южной Лахтой и с гаванями военно-морской базы Балтийского флота. Кроме этого, отмечаются отдельные участки с опасным уровнем загрязнения в прибрежной зоне Лахты, Васильевского острова, Стрельны. В акватории Выборгского залива уровень загрязнения современных донных осадков составляет 16–32 единицы и более 128. Аномалии здесь имеют широкое площадное распространение. На

отдельных участках дна значения суммарного показателя загрязнения осадков достигают 350 единиц (Шахвердов и др., 2015).

3.1.3 Комплекс защитных сооружений

Наводнения

Всего за более чем 300 лет в Санкт-Петербург произошло 309 наводнений. Первое, отмеченное документально, относится к периоду строительства города: в ночь на 31 августа 1703 г. вода в устье Невы поднялась на 7 футов (213 см). За всю историю Санкт-Петербурга произошло 3 катастрофических наводнения (с подъемом воды свыше 300 см) – в 1777, 1824 и 1924 гг. Самым памятным для Санкт-Петербурга было наводнение 19 (7 ст.ст.) ноября 1824 г., увековеченное А. С. Пушкиным в “Медном всаднике”. Уровень воды поднялся на 421 см, 324 дома были полностью разрушены, 325 строений были повреждены. В настоящее время наводнениями признаются подъемы уровня воды более чем 160 см над нулем Кронштадского футштока или выше 150 см над ординаром у Горного института. Введена следующая классификация наводнений: наводнения с подъемом воды до 210 см считаются опасными, от 211 до 299 см – особо опасными, свыше 300 см – катастрофическими (Куликов и др., 2013).

Согласно статистике наблюдений за уровнем моря в Санкт-Петербурге с 1703 по 2012 гг. зарегистрировано 309 наводнения (рис.6). При этом 58 из них относятся к особо опасным. Катастрофические наводнения отмечались 3 раза: 21 сентября 1777 г., 19 ноября 1824 г. и 23 сентября 1924 г. Таким образом, в среднем наводнения происходят раз в год, при этом особо опасные имеют повторяемость около 5–6 лет, а катастрофические наводнения случаются примерно раз в 100 лет. В 1979 г. началось строительство дамбы (Комплекса защитных сооружений Ленинграда от наводнений). В конце 1990-х гг. выполнение проекта, готового примерно на 60%, было заморожено. В 2001 г.

работы были возобновлены и к 2011 г. строительство дамбы завершилось. (Куликов и др., 2013)

Градостроительное планирование развития Санкт-Петербурга с момента основания по настоящее время исходит из условий адаптации к сложным гидрометеорологическим условиям прибрежных территорий Финского залива и устья Невы, в том числе к возможному затоплению побережья в результате действия двух основных факторов: медленных климатических изменений морского уровня за счет современного глобального потепления и обусловленного этим векового повышения уровня Мирового океана и быстрых синоптических изменений уровня при прохождении над заливом циклонических образований, вызывающих штормовые нагоны и наводнения. Уже первые генеральные планы Санкт-Петербурга архитекторов Д. Трезини и Ж.-Б. Леблона предусматривали мероприятия по организации окружающего город водного пространства, развитию водных коммуникаций. Большой интерес представляет история развития мер по защите территории города от невских наводнений, например, план Б.К. Миниха по инженерной подготовке города – возвышению отметок земли более чем на 4 метра, знаменитый проект каменной дамбы П.Д. Базена, во многом опередивший свое время и концептуально соответствующий современным представлениям.

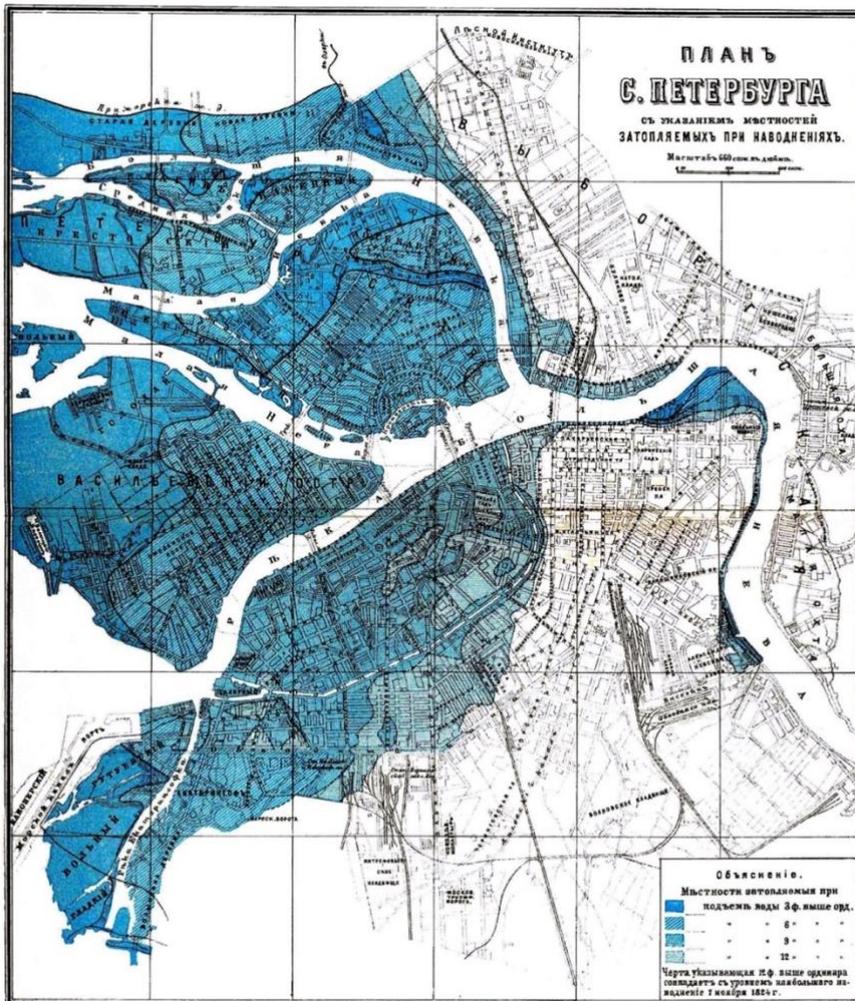


Рис. 6. План Санкт-Петербурга с указанием местностей, затопляемых при наводнениях 1824г.

Невская губа может считаться техногенной лагуной с 1980-х годов, поскольку она практически отделена от восточной части Финского залива КЗС. Строительство КЗС велось с перерывами с 1979 по 2011 год. Основные строительные работы были завершены в 2010 году, официальная церемония ввода в эксплуатацию произошла 12 августа. В настоящее время общая ширина шести проемов (ворот), соединяющих Невскую губу с открытым морем, составляет около 1 км (Рис.7). Создание комплекса защитных сооружений Санкт-Петербурга от наводнений (КЗС) радикально изменило экологическую ситуацию в Невской губе. Вблизи сооружения имеются зоны с измененным гидрологическим режимом, от участков с сильным течением до застойных зон.



Рис.7. Схема расположения защитных сооружений

3.1.4 Дреджинг

Дноуглубительные работы являются одним из основных факторов нарушения устойчивости геологической среды в морских и озерных бассейнах. При этих работах происходит продуцирование большого количества взвеси, разносимой на значительные расстояния. Сами подводные выработки за счет относительного углубления по сравнению с преобладающими глубинами не только оказывают возмущающее влияние на характер гидрологических процессов, но и являются, по существу, крупными отстойниками для накопления взвешенного материала и сорбированных на нем продуктов загрязнения. Большое значение имеет также химический состав разрабатываемых грунтов. В

случае содержания в них повышенных концентрации токсикантов, загрязнение донных отложений неминуемо.

В настоящее время дноуглубительные работы проводятся при:

- образовании новых гаваней и их углублении;
- строительстве подходных каналов и их углублении;
- добыче инертных строительных материалов со дна водных бассейнов;
- строительстве различных гидротехнических сооружений.

В российской части Финского залива дреджинг, как вид работ, известен с конца позапрошлого века. Он проводился с момента развития Санкт-Петербургского торгового морского порта и постройки судоходного канала. В 60-х годах прошлого века при намыве новых территорий Ленинграда большое количество песка было поднято со дна Невской губы, после чего в рельефе донной поверхности появилось два открытых карьера: южнее Лахты и между судоходным каналом и Сосновой Поляной. Глубина их превышала 10м, а на дне начали формироваться илистые отложения незначительной мощности, но с высоким уровнем токсичных веществ. Специализированный дреджинг проводился и в восточной части Финского залива, как при добыче песчано-гравийных смесей для строительной индустрии, активно развивающегося в 60-70 годы Ленинграда, так и при дноуглублении подходов к порту в Выборге, а также к устьям рек Нарва и Луга.

В начале XXI века в Невской губе началось осуществление нескольких крупных гидротехнических проектов. Здесь в 2005–2007 гг. происходило строительство нового пассажирского терминала для туристских паромов на Васильевском острове (проект «Морской фасад») и подходных каналов к нему. Кроме того, в Невской губе проводились работы, связанные с завершением строительства комплекса защитных сооружений, реконструкции стадиона на Крестовском острове, обустройства береговой зоны в районе строительства «Балтийской жемчужины», а также плановые работы по поддержанию

эксплуатационного состояния Морского канала и его ответвления в сторону Константиновского дворца

Для выполнения этих проектов в довольно сжатые сроки был выполнен громадный объем подъема грунта, преимущественно в Морском канале, подходном фарватере, а также при строительстве ковша Пассажирской гавани южнее устья реки Смоленки. Так, только на строительстве «Морского фасада» за 2005–2006 гг., объем перемещенных грунтов составил 13,4 млн. м³ из запланированных 18,8 млн. м³. Всего в восточной части Финского залива по перспективным планам по сведениям, приведенным Б. П. Усановым с соавторами, планировалось переместить 64,3 млн. м³ грунта (Усанов и др., 2008).

В естественных условиях основным источником тонкого материала является размыв озерно-ледниковых и озерных отложений как суши, так и поверхности дна. Как показали многолетние исследования специалистов ВНИИКАМ (Сухачева и др., 1996; 1998), в конце 80-х – начале 90-х годов основными источниками поступления в губу тонкодисперсного материала являлись гидротехнические работы по выемке грунта и намыву городских территорий и периодические дноуглубительные работы в районах Лахты и Южной Лахтинской отмели. Применявшаяся технология грунтозаборных и дноуглубительных работ создавала условия, при которых более 30% добываемого из подводных карьеров грунта в виде тонкодисперсной пелитовой взвеси поступала в Невскую губу и восточную часть Финского залива. Максимальные концентрации взвешенных веществ в прилегающих к намыву зонах акватории достигали 200 мг/л, более чем на порядок превосходили фоновые концентрации взвеси в исследуемом районе, и наблюдались на протяжении всего навигационного периода. Описанная картина хорошо видна на широко известных снимках Невской губы, сделанных в 1989-1992 гг. (рис. 10).



Рис. 10. Космоснимок восточной части Финского залива и Невской губы 5 июня 1989 г. (материалы Л.Л.Сухачевой, НИИКАМ).

В 1990 г. работы по намыву новых территорий сократились, а в 1993 – полностью прекратились (Охрана окружающей среды, природопользование и обеспечение экологической безопасности в Санкт-Петербурге за 1980-1999 годы, 2000; 2002; 2006). По данным специалистов ВНИИКАМ (Сухачева, 1996; Бычкова, Викторов, Сухачева, 1998; Викторов, Сухачева, Кравцова, 1998), это резко повлияло на характер распределения взвеси. К 1998 году значительно уменьшилась концентрация взвеси в поверхностных водах и сократилась суммарная площадь распространения взвешенного материала (рис.11). По сравнению с 80-ми годами концентрация взвеси сократилась в 3-4 раза, что не могло не сказаться на характере распределения зон нефелоидной седиментации и ее скоростях.



Рис.11. Космоснимок Невской губы. 2000 год. Концентрация взвеси в верхнем слое воды низкая (материалы Л.Л.Сухачевой, НИИКАМ).

На основе спутникового мониторинга Невской губы, проводившегося в 90-е годы НИИКАМ, было выявлено относительное улучшение экологического состояния акватории. Установлены факторы, влияющие на загрязнение Невской губы взвешенными веществами. Показано, что основным источником загрязнения Невской губы взвешенными веществами являлись гидротехнические работы по выемке грунта и намыву городских территорий под жилищное строительство на северном и южном побережьях восточной части Невской губы, проводившиеся в постоянном режиме с конца 60-х годов XX века. В результате сокращения с 1990 г. и почти полного прекращения в 1993 г., этого вида гидротехнических работ, загрязнение акватории Невской губы и восточной части Финского залива взвешенными осадками существенно уменьшилось по сравнению с 1980-ми годами. Кроме того, в 1988 году был запрещен отвал загрязненных донных грунтов, извлекаемых из водотоков города при их очистке, в акваторию Невской губы.

Снижение уровня антропогенного загрязнения Невской губы взвешенными веществами можно считать одним из факторов, повлиявших на

относительное улучшение экологического состояния акватории по другим показателям (содержанию соединений тяжелых металлов, бактериальным загрязнениям и др.). Вследствие чего, в целом, с 1990 г. наблюдается относительная стабилизация антропогенного воздействия на акваторию Невской губы и восточной части Финского залива.

Новые резкие изменения седиментационные процессы претерпели с началом строительства пассажирского порта в 2005 г. содержание взвеси в воде резко возросло (рис.12). Интенсивность техногенного воздействия, обусловившая высокую нагрузку на акваторию, в данном случае связана с одновременным осуществлением работ по намыву новых территорий, дноуглублению в пределах фарватеров и дампингу в районах Южной и Северной Лахты. По данным Балтийской дирекции по техническому обеспечению надзора на море, в отвалы Северной и Южной Лахты за период 2005–2008гг. было сброшено 21,391451 млн м³ грунта, изъятая при реконструкции фарватеров вблизи восточных берегов Невской губы и при реализации первой очереди проекта «Морской фасад» (пассажирский порт Санкт-Петербурга). (В. Рябчук и др., 2009)



Рис. 12. Изображение Невской губы по данным MODIS/Terra за 19 мая 2007 г. После ледостава дноуглубительные и другие работы еще не начались. (материалы Л.Л.Сухачевой, НИИКАМ)

Сразу после начала работ концентрация взвеси в воде Невской губы резко возросла (рис.13)



Рис. 13. Загрязнение акватории Невской губы и восточной части Финского залива взвешенными веществами в 2007 г. В Невской губе проводятся дноуглубительные работы с отвалом грунта вдоль мелководного северного побережья. В районе Южных ворот ведутся работы, связанные с обустройством судопропускного сооружения С1 КЗС. (А) — изображение Невской губы по

данным аппаратуры MODIS спутника Terra за 30 сентября 2007 г. (Б)— изображение Невской губы по данным аппаратуры MODIS спутника Aqua за 5 ноября 2007 (материалы Л.Л.Сухачевой, НИИКАМ)

Анализ ряда космических снимков восточной части Финского залива, полученных с ИСЗ Terra/MODIS и Aqua/MODIS в летний период 2006–2008 гг., позволяет заключить, что масштабы загрязнения акватории взвесью (соответственно, и другими видами сопутствующих им загрязнений) очень велики (рис. 13). Объемы работ и интенсивность загрязнения превосходят отмечавшиеся ранее вследствие проведения работ по намыву городских территорий (в 1970-е— 1980-е гг.).

Работы ВСЕГЕИ 2007 г. в северной береговой зоне Невской губы показали, что на поверхности дна формируется слой «техногенных» глинистых осадков. Изучение распределения в поверхностном слое осадков (0–2 см) радионуклидов показало, что в нем практически отсутствует ^{137}Cs , что абсолютно не характерно для современных алевро-пелитовых илов Невской губы. Полученные данные подтверждают предположение о том, что слой поверхностных алевро-глинистых осадков сформирован переотложенными ледниково-озерными глинистыми отложениями и является результатом активных гидротехнических работ, причем скорость «техногенной» седиментации является чрезвычайно высокой. [ССЫЛКА](#)

Глава 3. Антропогенное влияние на формирование рельефа

В целом, уже к концу прошлого столетия можно было констатировать, что дно Невской губы в значительной степени изменено под воздействием техногенеза. В ходе работ ВСЕГЕИ 2004-2005 гг. (Спиридонов и др., 2004; Рябчук и др., 2006) были выявлены и закартированы многочисленные техногенные объекты и формы рельефа (фарватеры, карьеры, подводные свалки грунта, отвалы, возникшие при строительстве фортов и т.д.) (рис.14 – 18).

В ряду техногенных фациальных обстановок могут быть выделены:

- фация судоходных путей, включающая в себя искусственные каналы и фарватеры, на дне которых формируется тонкий слой алевро-пелитовых илов, обогащенных различными видами загрязнителей;

- фация портовых акваторий, к которой относятся искусственно углубленные участки морского дна в пределах портовых акваторий, где также накапливаются интенсивно загрязненные алевро-пелитовые илы;

- фация подводных карьеров, возникших при выемке грунта в юго-восточной части губы и в районе Лахты;

- фации склонов инженерно-технических сооружений, представленные валунно-галечными отложениями, сформировавшиеся за счет частичного разрушения дамб и стенок Морского канала, а также искусственных набросок.

Применялся комплекс методов, включавший гидролокацию бокового обзора (ГЛБО) по сети профилей, позволявший получать площадное изображение морского дна; эхолотирование (ЭЛ), дающее представление о донном рельефе; непрерывное сейсмоакустическое профилирование (НСП) в модификациях «Спаркер» и «Бумер»; пробоотбор поверхностных осадков. При береговых маршрутах производилось литологическое опробование пляжей и сугубого мелководья, речный промер и георадиолокационное профилирование.

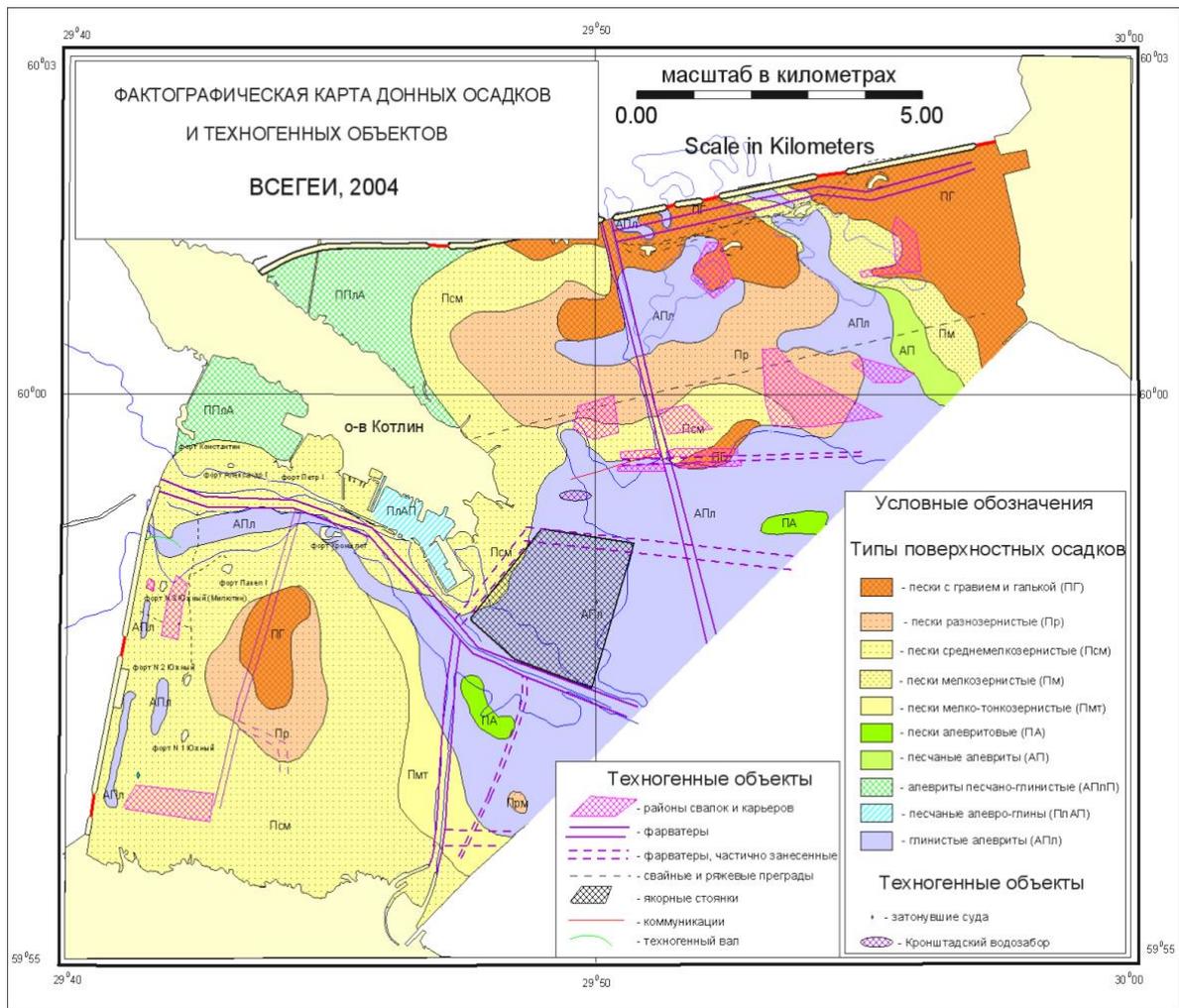


Рис.14. Карта поверхности дна западной части Невской губы по материалам ГЛБО и интерпретационного пробоотбора. (Спиридонов и др., 2004).

Особое место в техногенном преобразовании дна играют многочисленные подводные карьеры по добыче строительного песка. При эксплуатации их месторождений возникал весьма своеобразный сильно расчлененный техногенный рельеф, представленный подводными карьерами и останцами песчаной толщи, с относительными превышениями в пределах 10-15 м, как видно на рисунке 15. При этом, как показали мониторинговые исследования, восстановления песчаной толщи за счет потока наносов не происходило, т. к. описываемые подводные террасы являются реликтовыми формами рельефа. Подводные карьеры превращались в своеобразные

«седиментационные ловушки», где начиналось накопление алевро-пелитовых илов. В Невской губе (карьеры в районе Лахты) скорости осадконакопления были аномально высокими (более 5 см/год), накапливающиеся осадка характеризовались высоким уровнем загрязнения тяжелыми металлами и нефтепродуктами (Vallius H., Ryabchuk D. Pollution history of thr Neva Bay since the foundation of the city of S.Petersburg)

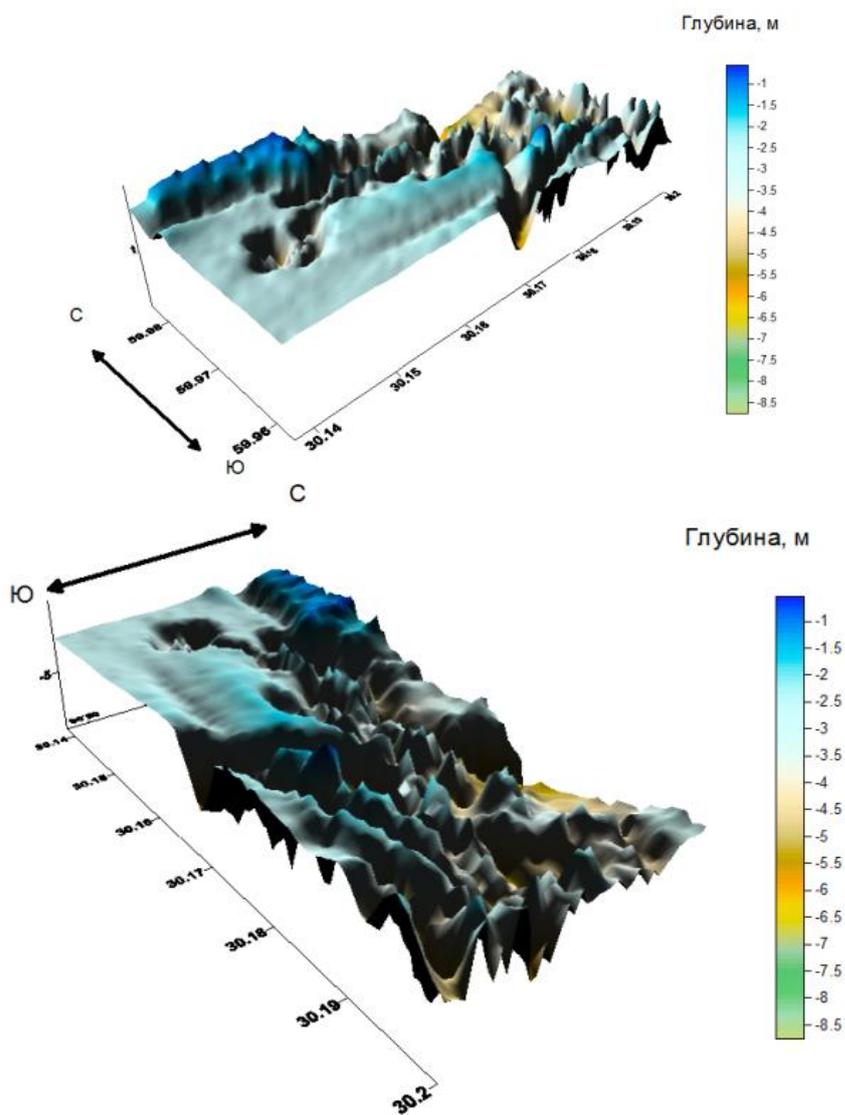


Рис. 15. Схема рельефа поверхности дна полигона «Лахта» - бывшие подводные карьеры по добыче песка, 2008 год

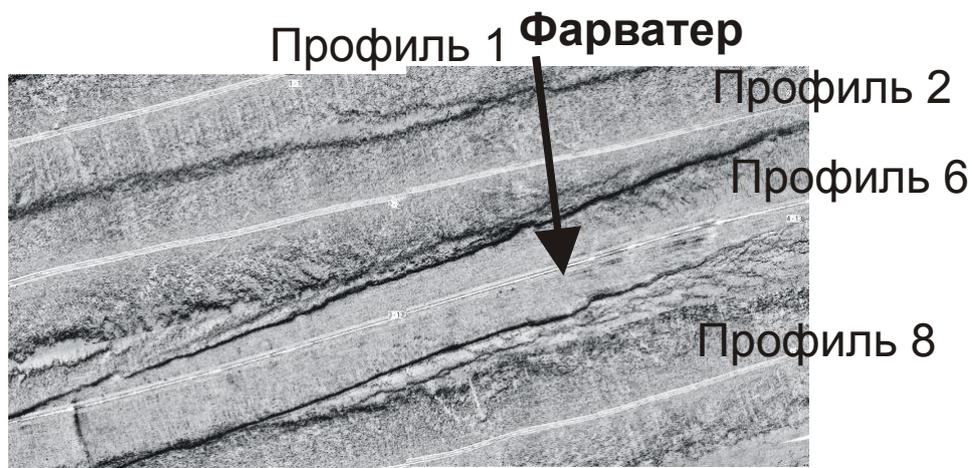


Рис.16. Фрагмент схемы профилирования ГЛБО с изображением фарватера, идущего вдоль северного створа КЗС (район станции Горская). ВСЕГЕИ, 2004.



Рис.17. Фрагмент схемы-мозаики профилирования ГЛБО с изображением границы грубообломочных отложений и песков и свалки грунта.

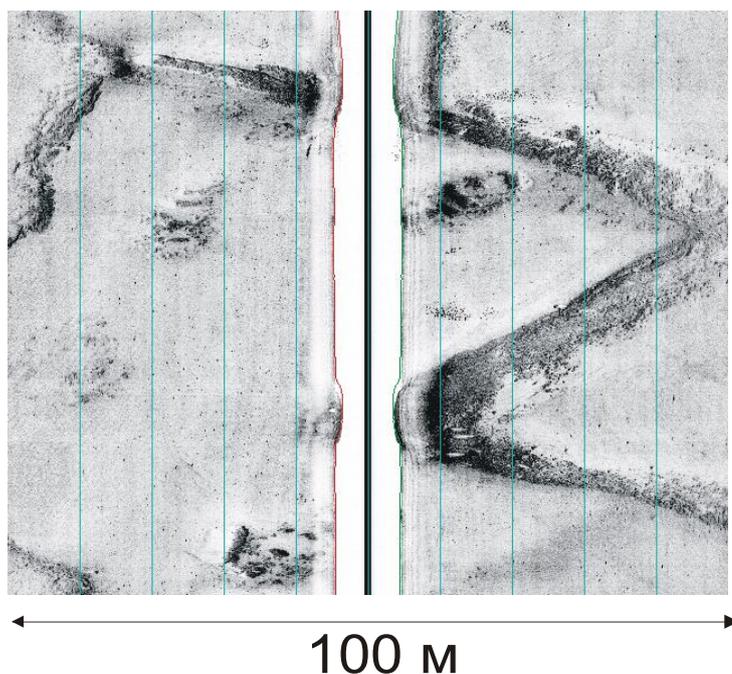


Рис.18. Зона техногенно измененного рельефа в Невской губе.

В 2007 году было выполнено профилирование ГЛБО общей протяженностью 56,5 км по 19 субмеридиональных профилях. В результате удалось получить детальные данные о распределении поверхностных донных осадков и рельефе дна в пределах полигона «Ольгино – Лахта» (рис.19 – 22).

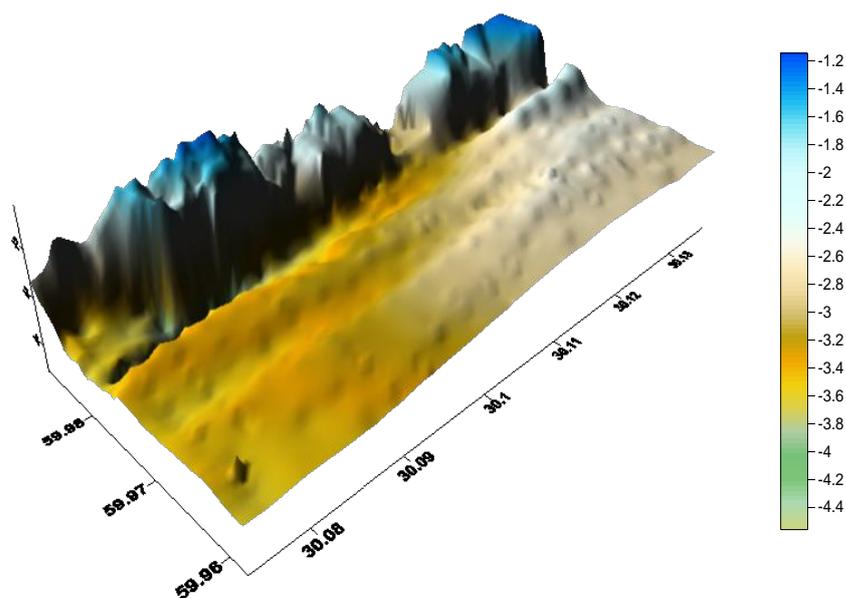


Рис.19. Диаграмма рельефа подводного берегового склона полигона «Ольгино-Лахта».

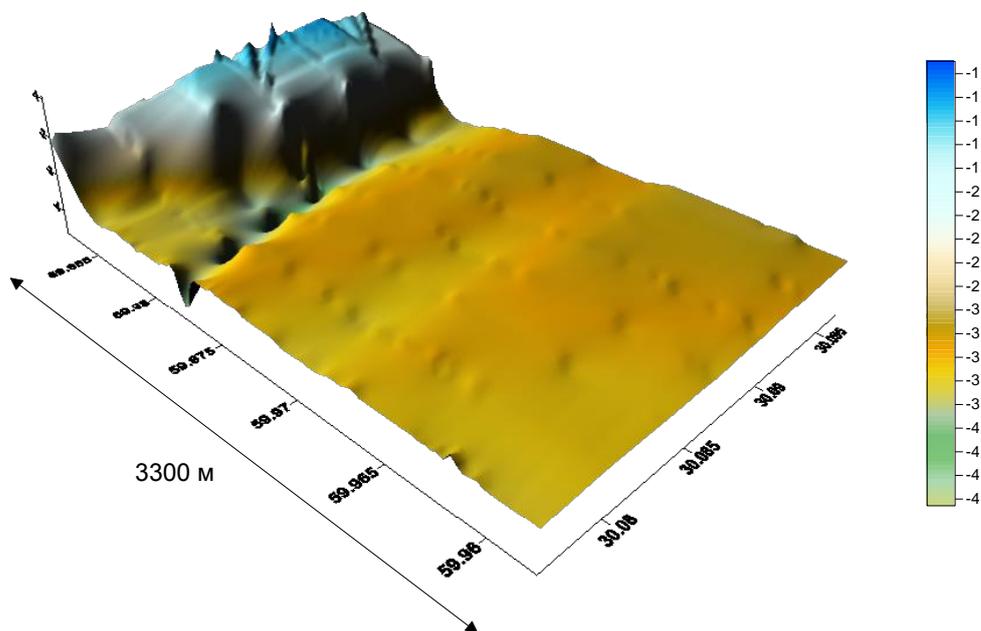


Рис.22. Диаграмма рельефа подводного берегового склона западной части полигона «Ольгино-Лахта».

Прибрежная терраса постепенно расширяется в западном направлении, поверхность дна достаточно монотонная, покрыта песками и алевро-глинами. Скопления грубозернистого материала встречаются значительно реже и имеют меньшую площадь, чем в более восточной части полигона.

Рельеф дна наиболее восточного из исследованных полигонов («Лахта») резко отличается от других районов Невской губы высокой степенью нарушенности техногенными процессами (рис.15).

Сонограммы трех западных профилей полигона фиксируют ровную поверхность дна, покрытую песчаными осадками с редкими скоплениями грубозернистого материала, не отличающуюся от более восточных районов. Первые нарушения в рельефе (изометричные впадины глубиной 2.5 – 3 м, представляющие собой бывшие подводные карьеры по добыче песка) отмечаются в районе профилей 66 – 68 (рис.23, 24). Обращает на себя внимание, что карьеры по добыче песка расположены достаточно хаотично.

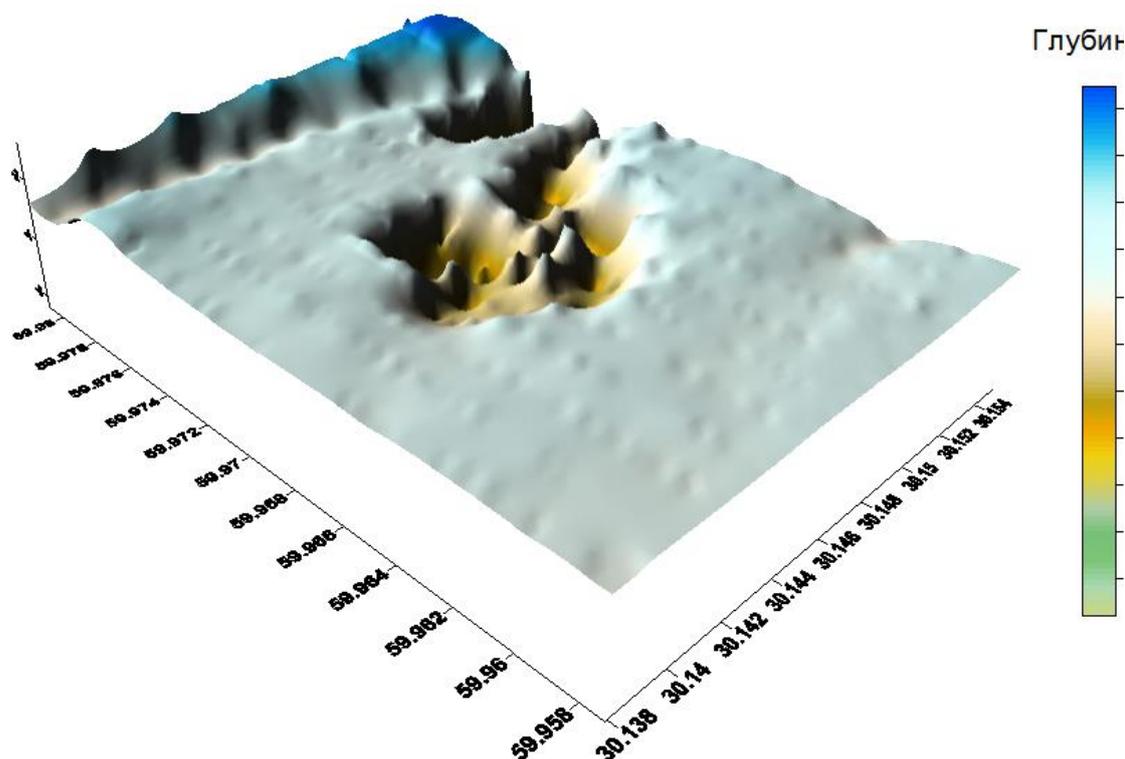


Рис.23. Подводный карьер по добыче песков (профили 63-68).

Анализ материалов профилирования ГЛБО, эхолотирования и интерпретационного пробоотбора показал, что вся поверхность прибрежного мелководья к востоку от профиля 66 до Лахтинского разлива полностью изменена техногенными процессами. В результате осуществления работ по подводной добыче песка и отвалов грунта, производящихся в ходе строительства «Морского фасада» и углубления фарватеров, здесь сформировался специфический техногенный рельеф, представляющий собой хаотичное распределение «пиков» (невыработанные остатки песчаной толщи) и карьеров относительной глубиной до 4-5 м.

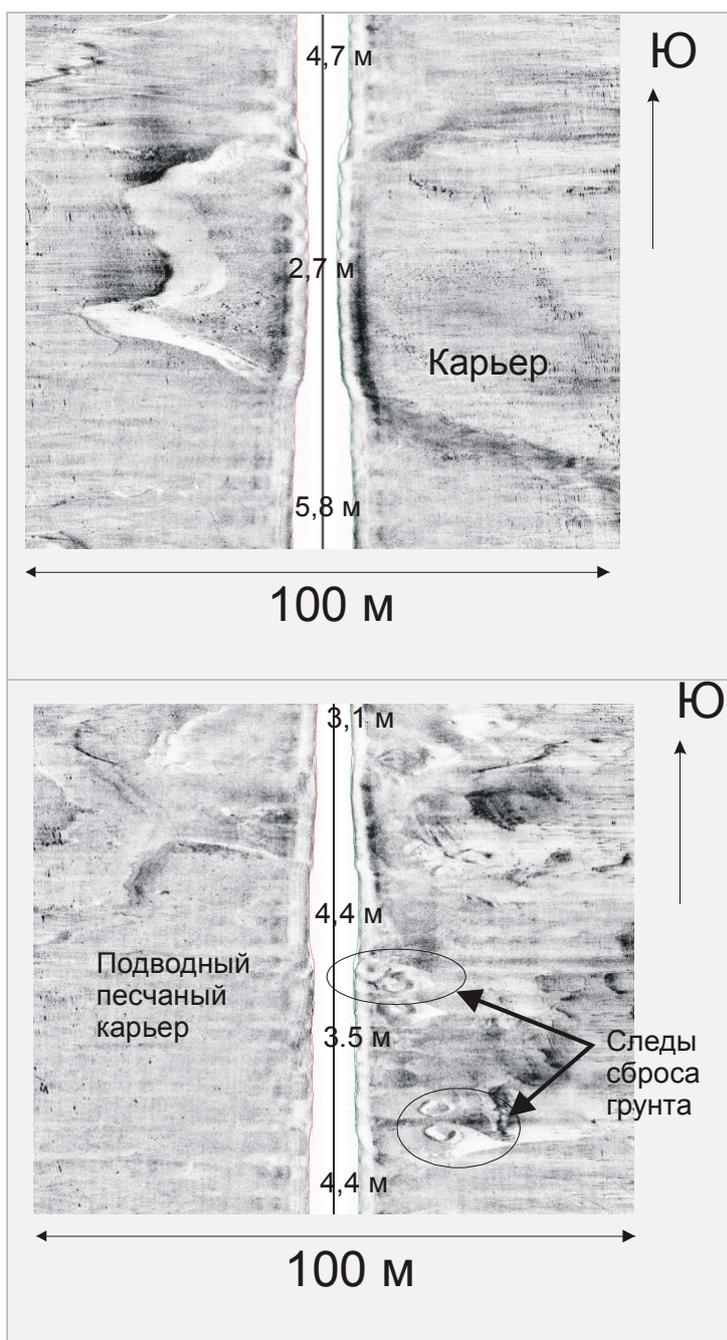


Рис.24. Бывшие подводные карьеры по добыче песка

Наиболее важным является полная техногенная трансформация рельефа. Выработка прибрежных песчаных карьеров могла спровоцировать интенсификацию размыва берега в районе пос.Ольгино. Профили подводного берегового склона полигона «Лахта» показаны на рис. 25 – 31.

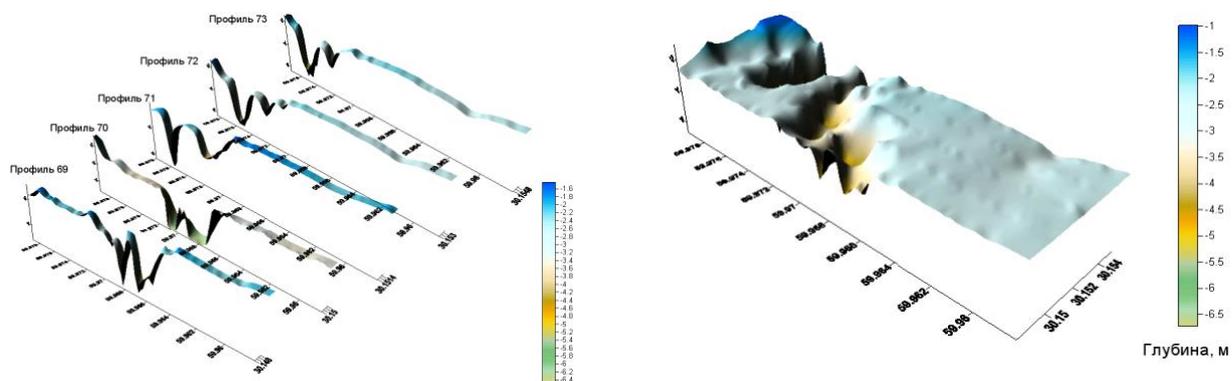


Рис.25. Схема рельефа поверхности дна полигона «Лакhta». 2008 год. Профили 69-73.

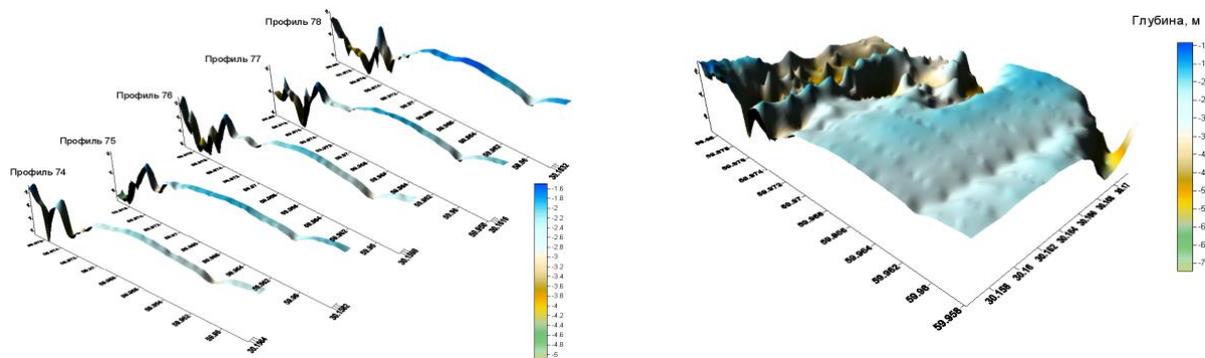


Рис.26. Схема рельефа поверхности дна полигона «Лакhta». 2008 год. Профили 74-78.

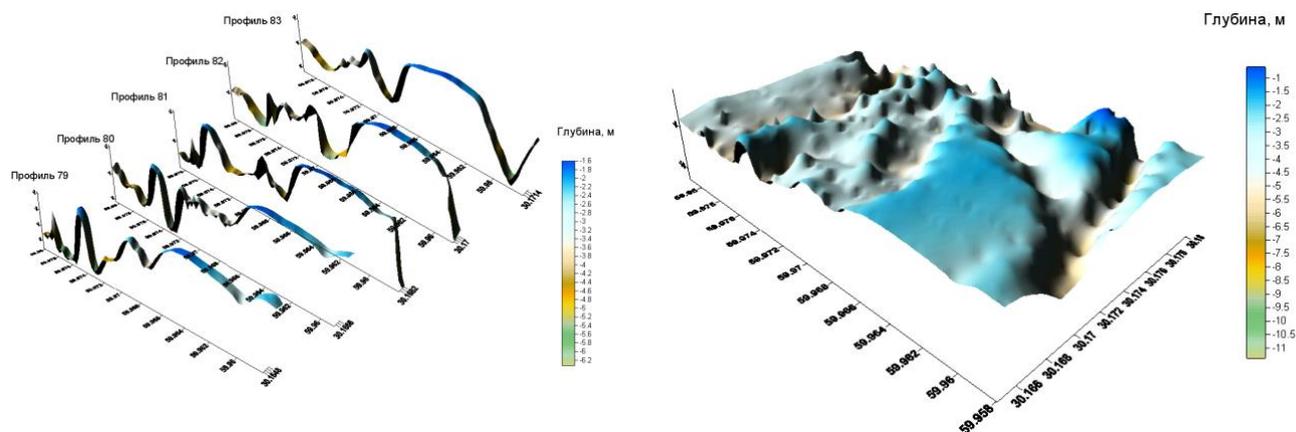


Рис.27. Схема рельефа поверхности дна полигона «Лакhta». 2008 год. Профили 79-83.

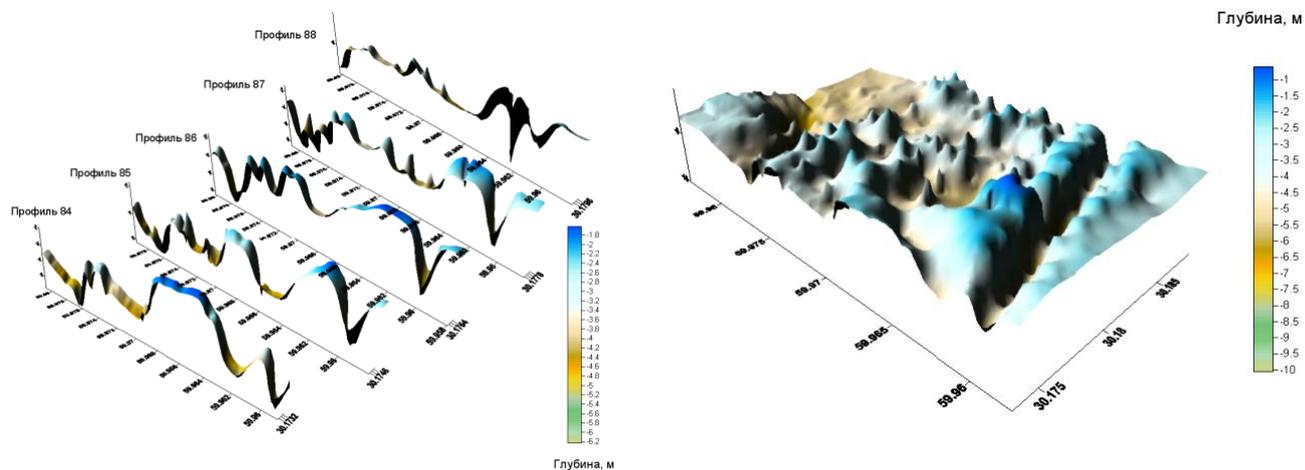


Рис.28. Схема рельефа поверхности дна полигона «Лакхта». 2008 год. Профили 84-88.

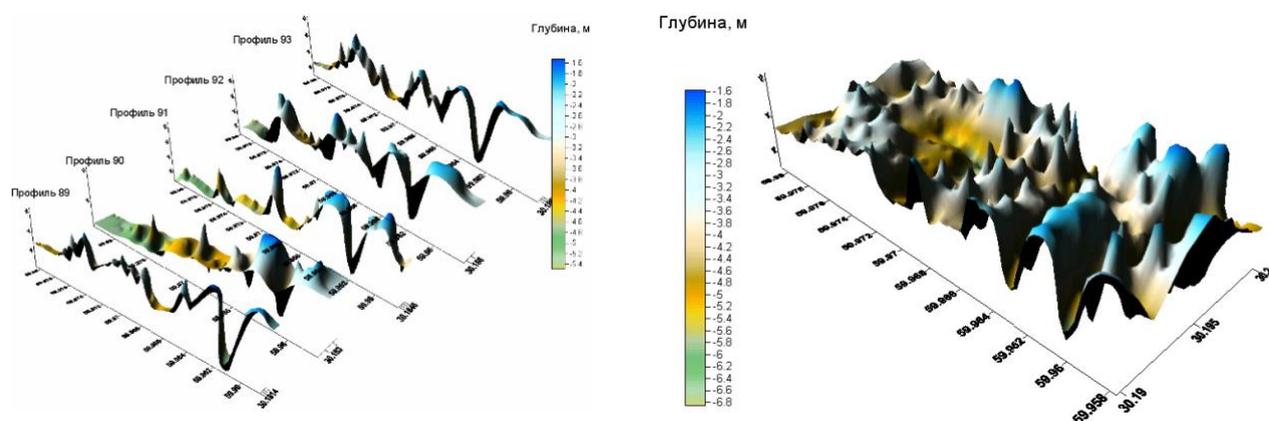


Рис.29. Схема рельефа поверхности дна полигона «Лакхта». 2008 год. Профили 89-93.

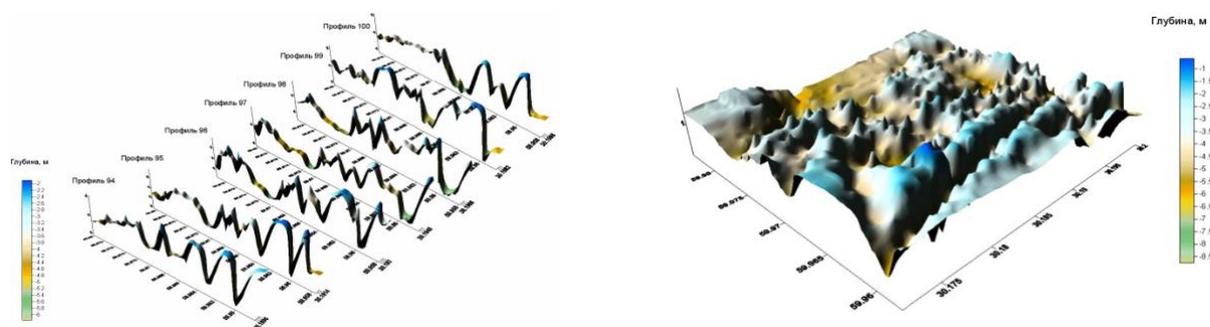


Рис.30. Схема рельефа поверхности дна полигона «Лакхта». 2008 год. Профили 94-100.

Примеры отображения техногенных нарушений рельефа на сонограммах приводятся на рис. 31.

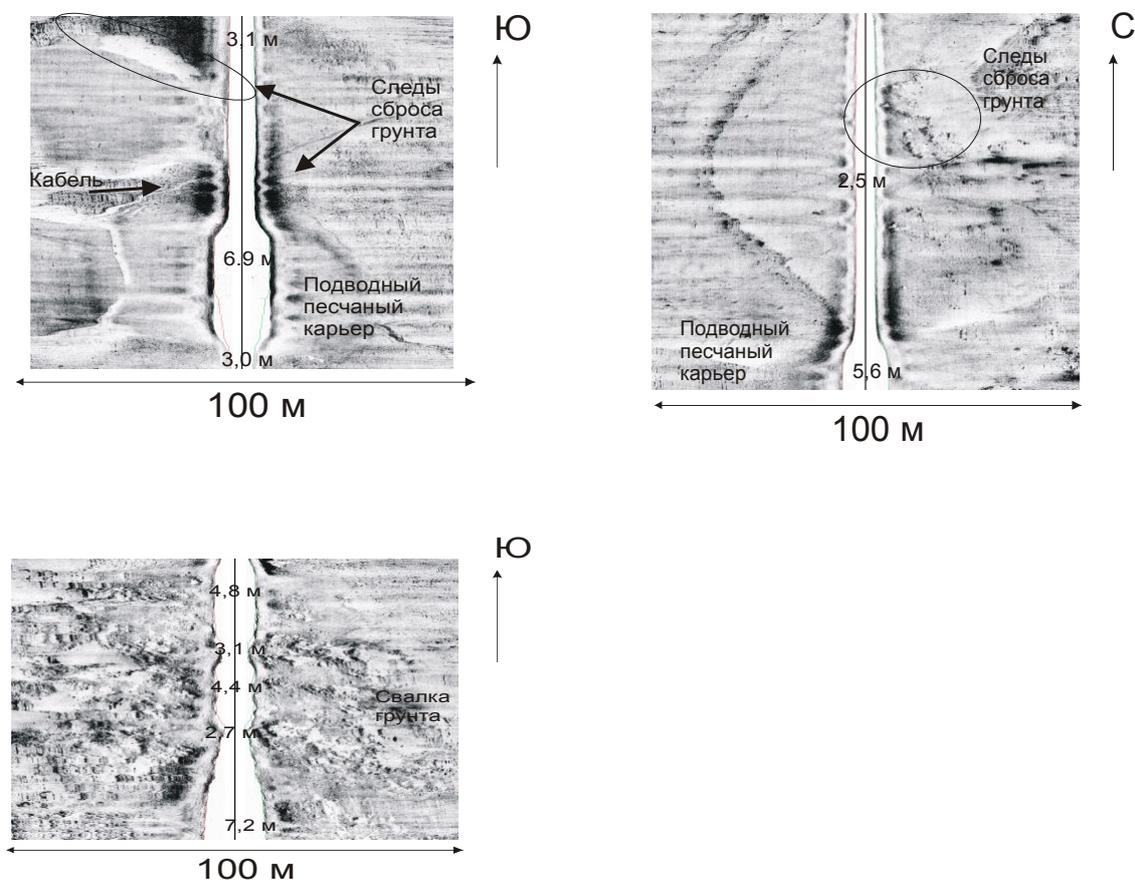
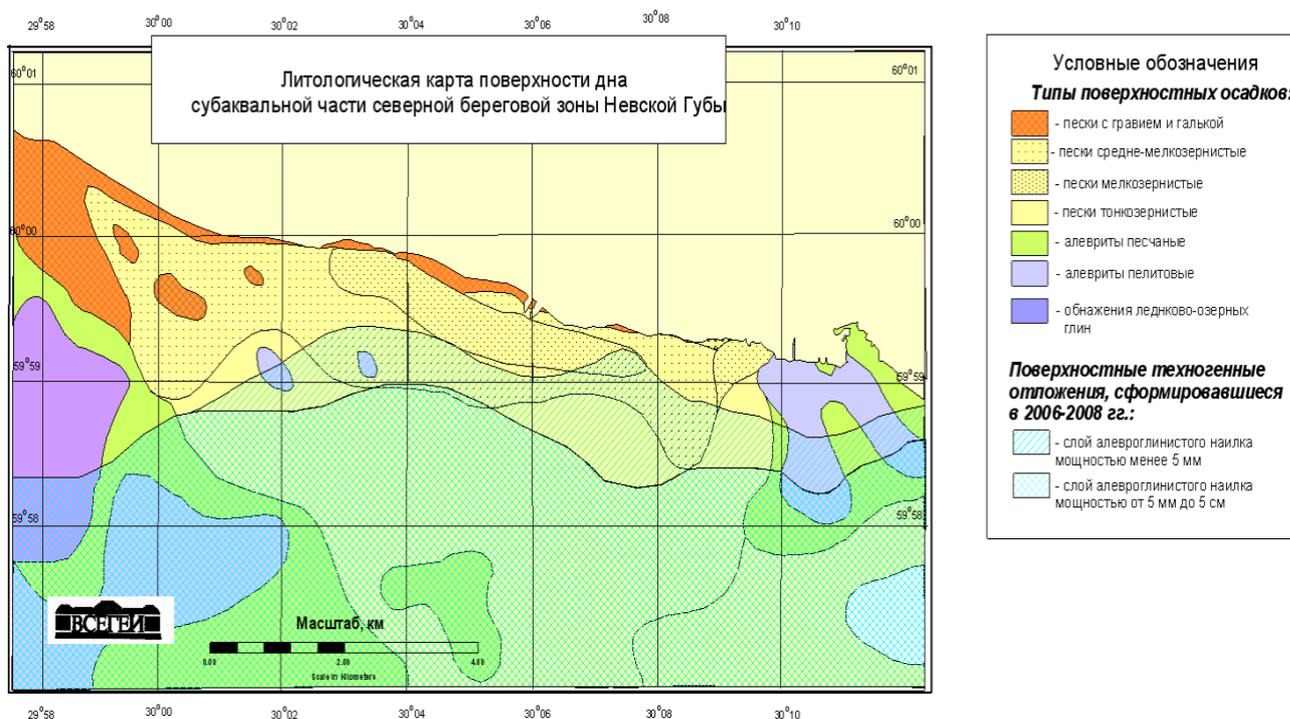


Рис.31. Подводные песчаные карьеры и места сброса грунта. Фрагменты сонограмм.

Кроме того, при разработке следует учесть возможные изменения в гидродинамике в связи с началом функционирования пассажирского порта на Васильевском острове, который планирует принимать крупные круизные суда. По данным эстонских специалистов, после открытия регулярной линии паромного сообщения Таллин – Хельсинки, высокоскоростные паромы индуцируют в Таллинской бухте волны высотой около 1 м с периодом 10 с, что сравнимо по воздействию на дно и берега с наиболее сильными штормами. В настоящий момент так называемые «судовые волны» создают от 18 до 35% волнового воздействия на берег. Воздействие «судовых волн» на дно

проявляется, прежде всего, во взмучивании осадка. Воздействие на берег по данным эстонских ученых выражается в потере около 100 л тонкозернистых осадков на каждый метр береговой линии, что приводит к отступанию берега в среднем на несколько сантиметров в год (Erm, Soomere, 2004).

Данные о высокой степени воздействия гидротехнических работ, проводимых в 2006-2008 гг. в Невской губе на седиментационные процессы, полученные при анализе материалов МДЗ, подтверждаются натурными наблюдениями. Комплексные экологогеологические исследования дна северной береговой зоны Невской губы 2007-2008 гг. показали, что седиментационная обстановка в данном районе Невской губы коренным образом изменилась. В 2000 – 2002 гг. дно здесь было покрыто, в основном, песчаными осадками. К 2007 г. из 35 станций в 28 донная поверхность покрыта тонкозернистыми осадками (илы, обводненные глины). В центральной и западной части полигона тонкие осадки полностью формировали поверхностный слой, в восточной части – слой наилка мощностью до 3-5 мм на поверхности песков, как видно на рисунке



Карта составлена Д.В.Рябчук, Е.Н.Нестеровой, Ю.П.Кропачевым

Рисунок 32 - Литологическая карта поверхности дна субаквальной части береговой зоны Невской губы (ВСЕГЕИ, 2008)

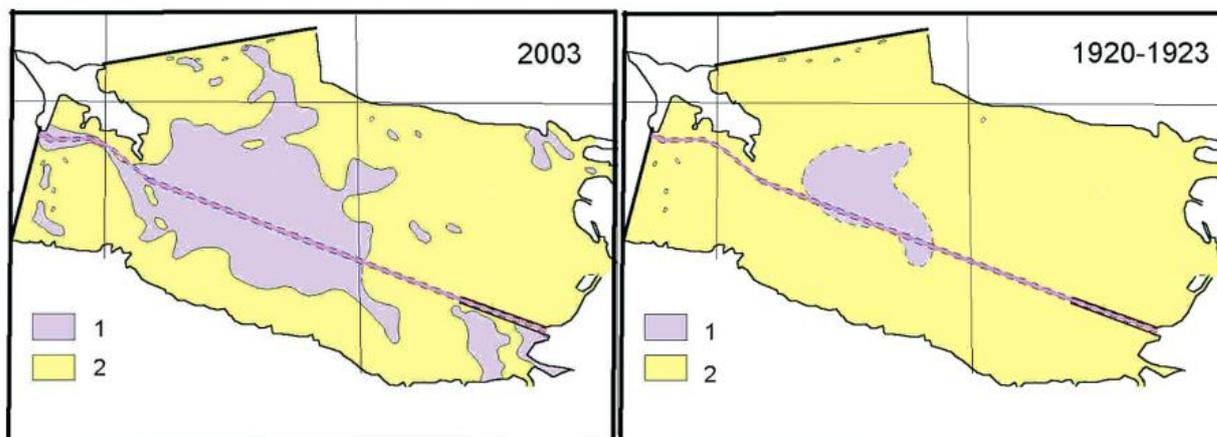


Рис. 33. Область развития алевро-пелитовых илов в начале XX в. и в настоящее время



Рис.34 - Внешний вид поверхностных осадков (2007 г.).

В результате проведенных полевых исследований было установлено, что поверхностный слой глинистых осадков представляет собой техногенные отложения, сформированные в результате дампинга на Северной Лахтинской отмели. Было выявлено, что поверхностный слой тонкозернистых осадков подстилается плотными песками. Максимальная мощность слоя алевроглин (станция 07-Лахта-16с) составила 5 см. Таким образом, описанные отложения являются результатом активных процессов техногенеза, причем скорость

«техногенной» седиментации является чрезвычайно высокой. Благодаря высокой сорбционной способности глин, техногенные отложения, первоначально представленные ледниково озерными глинами, быстро обогащаются тяжелыми металлами и нефтепродуктами.

Таким образом, проведенные исследования показали, что:

1. Практически на всей площади дна сформировался покров глинистых техногенных осадков

2. В восточной части исследованной площади рельеф полностью трансформирован техногенными процессами, что может оказывать непосредственное воздействие на процессы размыва берегов.

3. В настоящее время интенсивный техногенез стал доминирующим фактором морфо- и литодинамики в северной береговой зоне Невской губы.

4. Техногенез и длительная история развития Санкт-Петербурга привели к тому, что береговая линия на 70% в Невской губе была преобразована и появились совсем новые типы берегов: укрепленные, насыпные, навалы и др.

5. При дальнейших работах необходимо проведение моделирования гидро-, морфо- и литодинамических процессов с учетом измененного в результате техногенеза рельефа дна, структуры осадочного покрова, а также возможных изменений гидродинамических процессов в связи с началом функционирования пассажирского порта.

Список литературы:

1. Алимов А. Ф., Голубков С.М. 1987. Функциональное значение зообентоса в экосистеме Невской губы // Невская губа. Гидробиологические исследования. Л.: Наука. С. 170–174.
2. Алимов А. Ф., Никулина В. Н., Панов В. Е., Телеш И.В., Финогенова Н.П. 1993. Гидробиологическая характеристика Невской губы Финского залива // Гидробиол. журн. Т. 29. No 3. С. 3– 14.
3. Даринский А. В. Ленинградская область. — Л.: Лениздат, 1975. С. 40.
4. Vallius H., Ryabchuk D., Kotilainen A., Spiridonov M., Suslov G., Zhamoida V. Pollution history of thr Neva Bay since the foundation of the city of S.Petersburg (1703 AD) // The Baltic Sea geology: The Ninth Marine Geological Conference. – Riga: Extended abstracts.
5. Erm A., Soomere T. Optical measurements of sediment resuspension caused by waves from fast ferries in the Tallinn Bay//The Baltic: The Eight Marine Geological Conference. Abstracts. Institute of Geology, University of Tartu. P. 14.
6. Куликов Е. А., Медведев И. П. Изменчивость уровня Балтийского моря и наводнения в Финском заливе // Океанология. 2013. Т. 53. № 2. С. 167–174.
7. Логвиненко Н. В., Барков Л.К., Усенков С. М. 1988. Литология и литодинамика современных осадков восточной части Финского залива. Л. ЛГУ. 144 с.
8. Максимов А. А. В кн.: Экосистема эстуария реки Невы: биологическое разнообразие и экологические проблемы. М.: Т-во науч. изданий КМК, 2008. С. 346–355.
9. Рыбалко А.Е., Федорова Н. К. Донные отложения эстуария реки Невы и их загрязнение под влиянием антропогенных процессов. В кн.: Экосистема эстуария реки Невы: биологическое разнообразие и экологические проблемы. М.: Товарищество научных изданий КМК; 2008, с. 39-59.

- 10.Рябчук Д.В., Жамойда В.А., Леонтьев И.О., Спиридонов М.А., Сергеев А.Ю., Неевин И.А. Результаты государственного мониторинга геологической среды береговой зоны восточной части Финского залива: Морские берега - эволюция, экология, экономика // Материалы XXIV Международной береговой конференции, посвященной 60-летию со дня основания Рабочей группы «Морские берега». – Туапсе, 2012 г. – Т. 2. – С. 280-283.
- 11.Спиридонов М. А., Рябчук Д. В., Шахвердов В.А., Звездунов С.И., Нестерова Е. Н., Суслов Г. А., Григорьев А. Г. Невская губа. Эколого-геологический очерк. С.-Петербург, изд-во «Литера», 2004. 181 с.
- 12.Спиридонов М. А., Рябчук Д. В., Нестерова Е. Н., Жамойда В.А., Орвику К.К., Сухачева Л. Л. Изменение береговой зоны восточной части Финского залива под воздействием природных и антропогенных факторов // Региональная геология и металлогения. 2010. № 41. С. 107–118
- 13.Спиридонов М. А., Рябчук Д.В., Сухачева Л.Л., Жамойда В.А., Григорьев А.Г. Воздействие гидротехнических работ на седиментационные процессы в восточной части Финского залива // Создание искусственных пляжей, островов и других сооружений в береговой зоне морей, озер и водохранилищ. Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2009. ISBN 978-5-7692-1075-4. С.1–9.
- 14.Сухачева Л. Л., Орлова М.И. О применении результатов спутниковых наблюдений восточной части Финского залива к оценке воздействия естественных и антропогенных факторов на состояние акватории и биотических компонентов экосистемы. Региональная экология // 2014. – Т 35 (№1–2). – С. 62–76.
- 15.Усанов Б.П., Викторов С.В., Сухачева Л.Л. Новый «удар» по Невской губе. Транспорт Российской Федерации. 2008; 3 4(16 17): С.70-74. - [Электронный ресурс]. – URL: https://cyberleninka.ru/article/v/novyy_udar_po_nevskoy_gube .

16. Шахвердов В. А., Шахвердова М. В. Типы и факторы загрязнения восточной части Финского залива и его береговой зоны // Известия Российского государственного педагогического университета имени А. И. Герцена. СПб, 2015. № 176. С. 101–113.
17. Экосистемные модели. Оценка современного состояния Финского залива. Вып. 5, часть 2. Гидрометеорологические, гидрохимические, гидробиологические, геологические условия и динамика вод Финского залива /Под ред. И.Н. Давидана, О. П. Савчука СПб: Гидрометеоздат, 1997. - 450 с.