

ВОЗДЕЙСТВИЕ ГИДРОТЕХНИЧЕСКИХ РАБОТ НА СЕДИМЕНТАЦИОННЫЕ ПРОЦЕССЫ В ВОСТОЧНОЙ ЧАСТИ ФИНСКОГО ЗАЛИВА

М.А.Спиридонов¹, Д.В.Рябчук¹, Л.Л.Сухачева², В.А.Жамойда¹, А.Г.Григорьев¹

¹*Всероссийский научно-исследовательский геологический институт им.А.П.Карпинского (ВСЕГЕИ), С.-Петербург*

²*Научно-исследовательский институт космоаэрометодов в геологии (НИИКАМ), С.-Петербург*

Daria_Ryabchuk@vsegei.ru

Результаты полевых работ и лабораторных исследований ВСЕГЕИ, анализ материалов методов дистанционного зондирования, архивных и литературных данных показывает, что условия седиментации в восточной части Финского залива, и, прежде всего, в Невской губе, изменились на протяжении последних 300 лет, здесь создались условия для формирования алевро-пелитовых илов. В настоящее время рельеф и поверхностный осадочный покров дна Губы практически полностью изменен техногенными процессами. Масштабные гидротехнические работы в акватории восточной части Финского залива привели к формированию в Невской губе слоя техногенных глинистых осадков мощностью до 5 мм, аналогичные процессы меньшего масштаба зафиксированы к западу от Комплекса защитных сооружений Санкт-Петербурга от наводнений.

Results of VSEGEI marine geological investigations of the eastern Gulf of Finland as well as analysis of remote sensing data, archive and literature data permit to conclude that during last three centuries the sedimentation processes in the eastern Gulf of Finland and especially within its easternmost part – the Neva Bay have changed during last 300 years and the special conditions of mud accumulation in the western part of the Neva Bay have developed. Nowadays the relief and surface bottom sediments are completely transformed by technogenic processes. On-going active hydro-engineering works have caused the formation of clayey layer up to 5 mm thick on the sandy bottom surface of the Neva Bay bottom. The same process in smaller scale is observed to the west of St.Petersburg Flood Protective Dam.

Акватория восточной части Финского залива, и особенно Невской губы, на протяжении последних столетий испытывает постоянно возрастающую техногенную нагрузку. Невская губа – наиболее восточная часть Финского залива. Длина Губы – 21 км, максимальная ширина – 15 км, площадь водного зеркала – 329 км². Максимальные естественные глубины в пределах акватории не превышают 5-6 м.

В восточной части Невской губы донные осадки формируются, в основном, под воздействием стокового течения Невы. По имеющимся данным масса влекомых наносов р.Невы составляет 65 тыс.тонн в год, а взвешенных достигает 510 тыс.тонн в год [4]. При этом большинство исследователей [2, 3] сходятся на том, что основная масса наносов р.Невы накапливается непосредственно в пределах Невской губы и восточной части Финского залива. С востока на запад (по мере снижения скорости потока) здесь образуются песчаные (мелко- и тонкозернистые пески) и алевро-песчаные (алевритовые пески, песчаные алевриты, алевриты) осадки аллювиально-морского происхождения (рис.1). Выделяя аллювиально-морские фации, необходимо, однако, указать на специфику происходящих здесь процессов осадконакопления, связанную с крайне низкой соле-

ностью и незначительными глубинами Невской губы. В Невской губе значительно более широко развиты (по сравнению с западными районами залива) осадки с высоким содержанием алевритовых частиц (0.05-0.005 мм). Это объясняется составом взвеси р.Невы, в которой на крупноалевритовую фракцию приходится 83% [5].

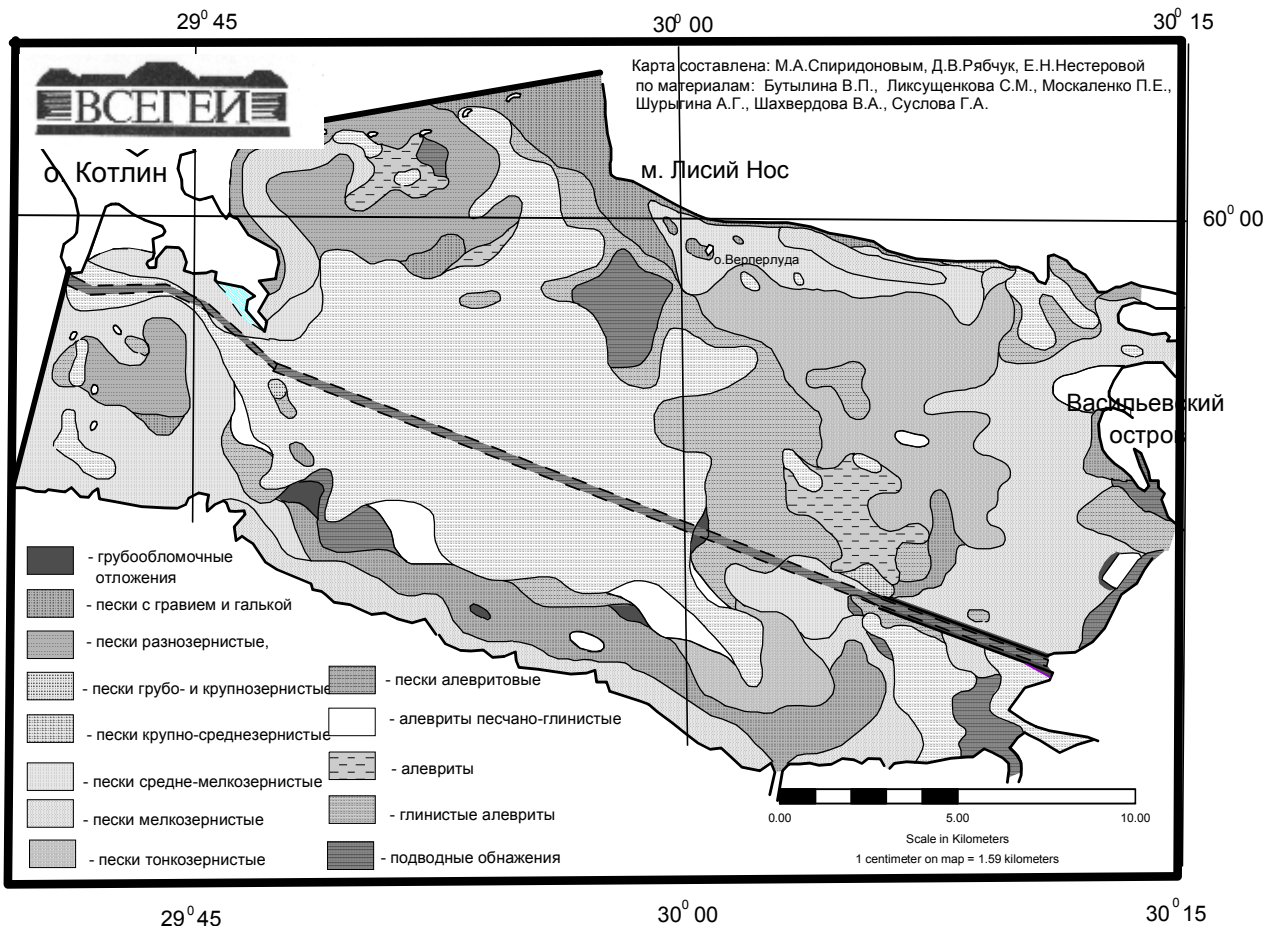


Рис.1. Литологическая карта поверхности дна Невской губы (по материалам государственной геологической съемки шельфа ВСЕГЕИ 1987-1994 гг.)

Расчетная глубина волнового воздействия в Губе может достигать 8 – 12 метров [1], поэтому вся ее донная поверхность, естественные глубины в которой, как правило, не превышают 5 метров, в той или иной степени относится к площади волнового поля.

Техногенное воздействие на дно Невской губы и ее берега началось с основания Санкт-Петербурга. Возводились форты, сооружались ряжевые преграды. Первый форт «Кроншлот» построен в 1704 году по проекту и под руководством самого Петра I. Всего на искусственных островах было построено 17 фортов [6]. В 1885 году был сооружен Морской канал, глубины в котором достигают 12 м. В XX веке проводились масштабные работы по углублению фарватеров, подводной добыче песка, в 1979 году началось строительство Комплекса защитных сооружений Ленинграда от наводнений.

Исследования архивных материалов и анализ данных геологических и эколого-геологических исследований, проведенных в 1980-е – 1990-е гг., пока-

зали, что в Невской губе комплексное воздействие ряда природных и техногенных факторов привело к изменению седиментационных условий. В центральной части Губы сформировалась и постепенно расширяется зона развития алевро-пелитовых илов, располагающаяся на глубинах 5-6 м. Анализ материалов геологической съемки и эколого-геологических работ, а также архивных и картографических материалов показал, что этот слой илов, лежащих на литориновых песках, является чрезвычайно молодым. Ранее (в позднем голоцене) условий для накопления алевро-пелитовых осадков в Невской губе не существовало. На протяжении последнего столетия зона современной алевро-пелитовой аккумуляции постоянно расширяется (рис.2).

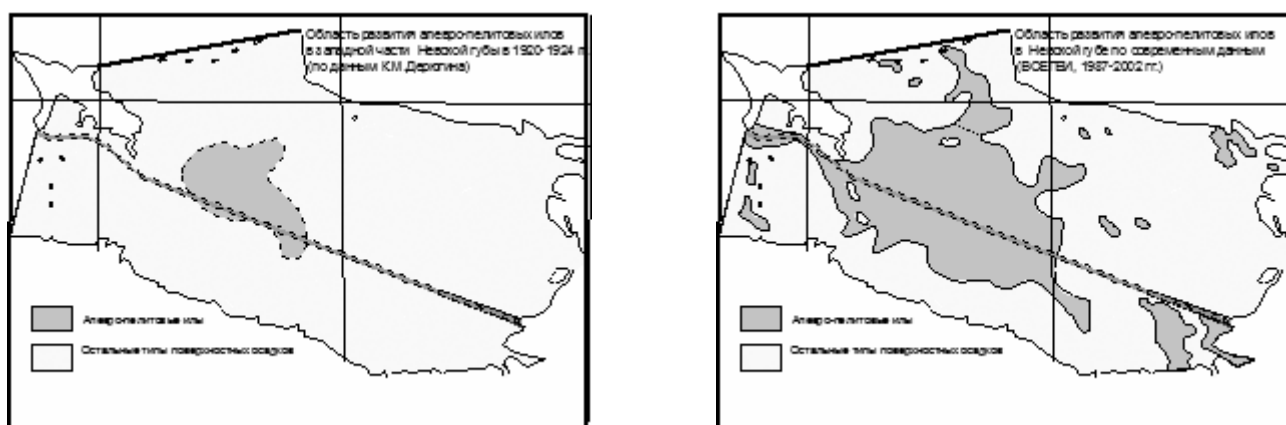


Рис.2. Область развития алевро-пелитовых илов в начале XX в. и в настоящее время

Изменение седиментационной обстановки в Невской губе обусловлено как природными (характер рельефа дна с повышениями по обе стороны от о-ва Котлин, создающий своеобразную «седиментационную ловушку», изменение стока р.Невы), так и техногенными (строительство фортов, ряжевых преград, гидротехническое строительство) [7].

Сделанные выводы нашли подтверждение в ходе совместных российско-финских исследований (совместный проект ВСЕГЕИ и Геологической Службы Финляндии «САМАГОЛ», 2004-2007). В 2004 г. в Невской губе с помощью герметичной грунтовой трубки конструкции Лаури-Ниёмисто были отобраны 10 кернов осадков зоны современной алевро-пелитовой аккумуляции. По данным пробоотбора, максимальная мощность слоя илов составила 44 см. Выполненные финскими специалистами послойные анализы образцов кернов методами ICP-AES и ICP-MS и гамма-спектрометрии ^{137}Cs , показали, что отобранные осадки сформировались в ходе приблизительно 100 лет. Содержание тяжелых металлов по разрезу позволяют зафиксировать «доиндустриальную эру» и время наибольшего загрязнения (1950-е – 1980-е гг.). В последнее десятилетие уровень загрязнения снизился [8] (рис.3).

Анализ материалов методов дистанционного зондирования, выполненный специалистами НИИКАМ, показал, что в конце 80-х – начале 90-х годов поступление в Невскую губу тонкодисперсного материала существенно увеличилось в связи с гидротехническими работами по выемке грунта и намыву городских

территорий, проводившиеся в юго-восточной части акватории. Максимальные концентрации взвешенных веществ в прилегающих к намыву зонах акватории достигали 200 мг/л [9].

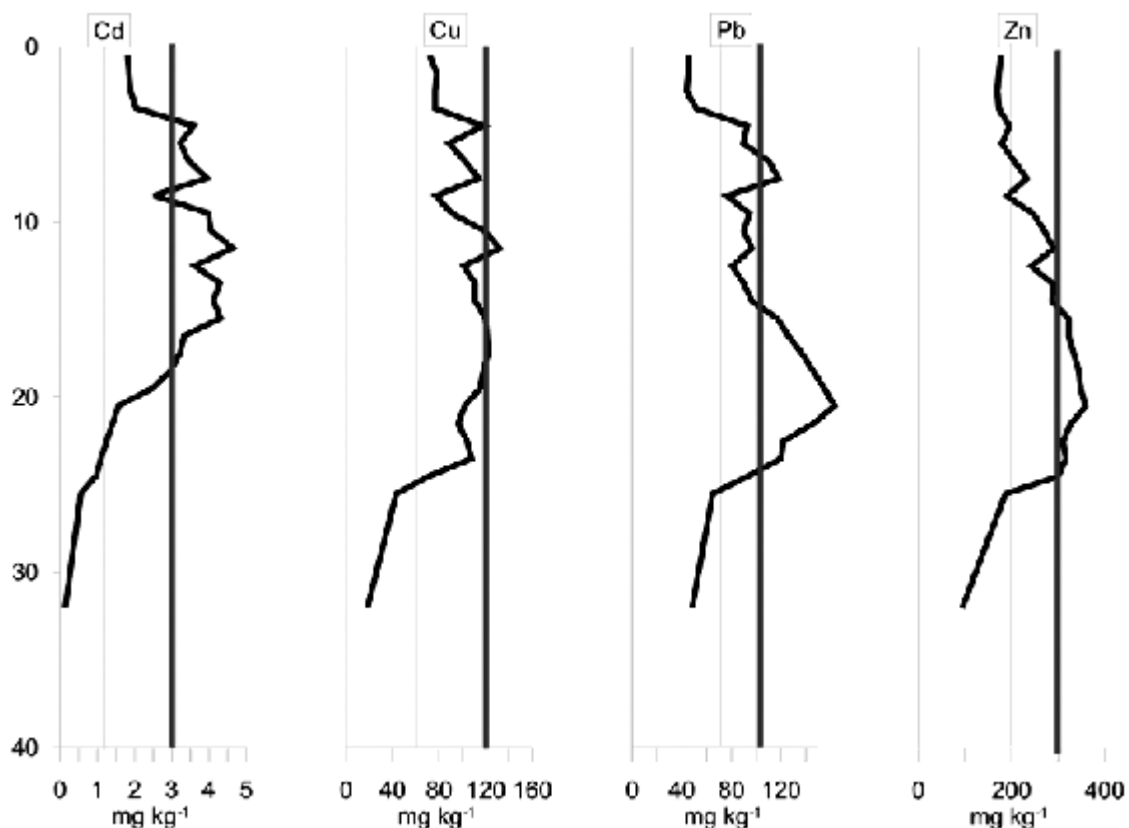


Рис.3. Кривые изменения концентраций тяжелых металлов в илах Невской губы. По вертикали – интервал опробования, см. Вертикальные линии соответствуют уровню очень высокого загрязнения (Шведский стандарт (Swedish EPA, Vallius, Leivuori, 2003))[8]

В 1990 г. работы по намыву новых территорий сократились, а в 1993 – полностью прекратились. К 1998 году концентрация взвеси в поверхностных водах уменьшилась в 3-4 раза. К 2000 году акватория вернулась к своему естественному состоянию. 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.).

В районе Лахты (прибрежные мелководья северо-восточной части Невской губы) рельеф дна полностью трансформирован техногенными процессами (подводная добыча песков, отвалы грунта), что может оказывать непосредственное воздействие на процессы размыва берегов (рис.4).

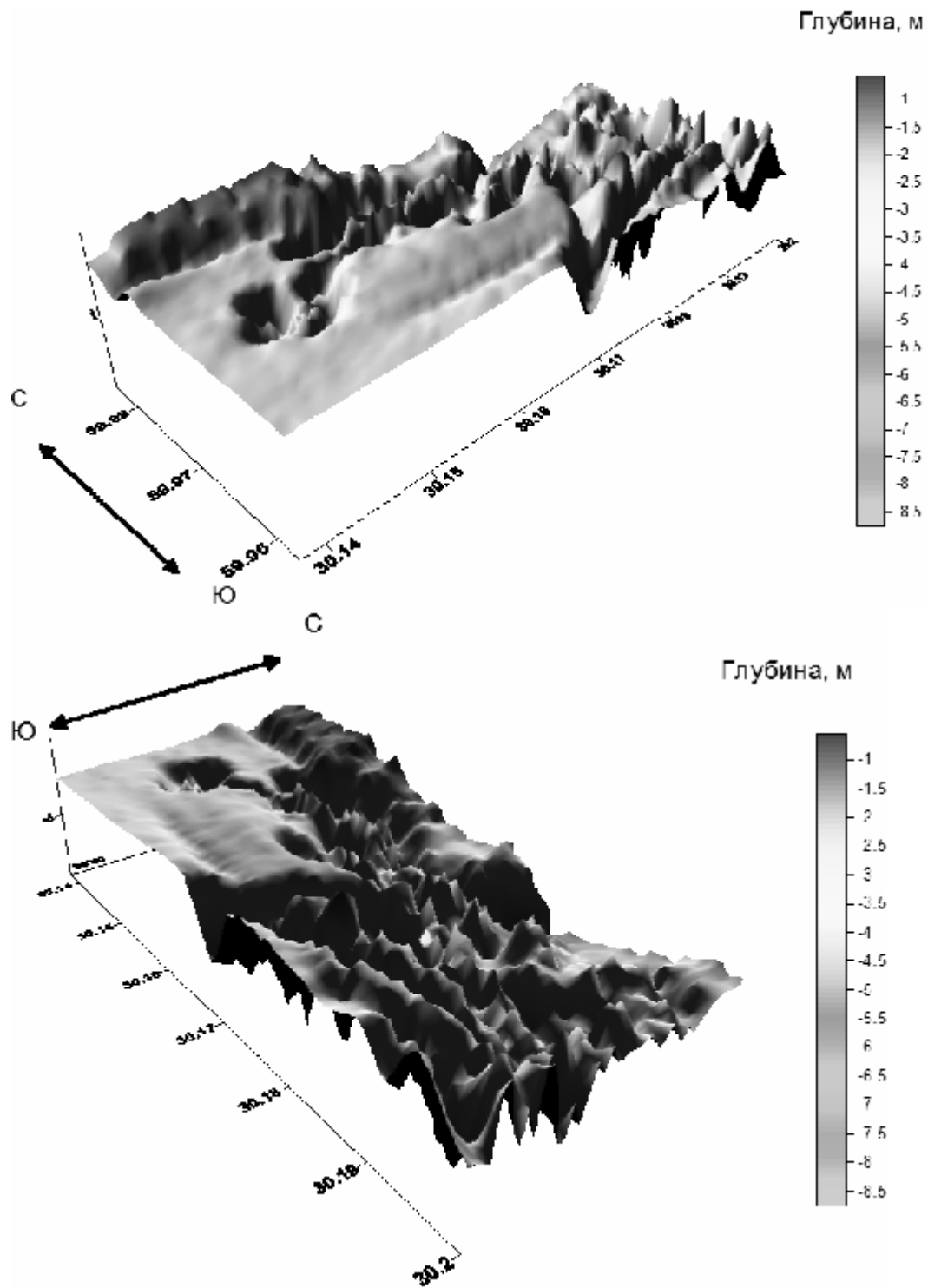
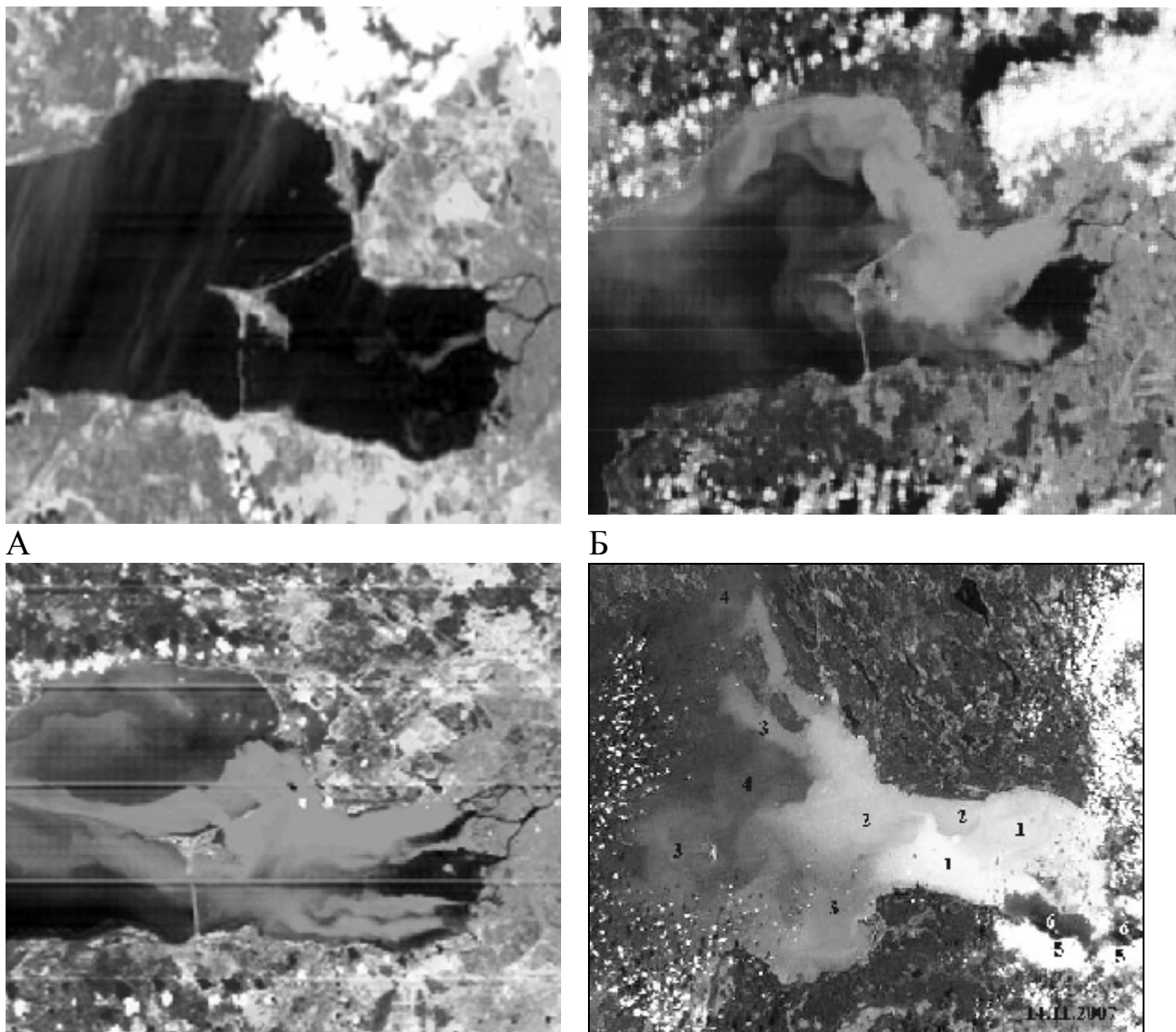


Рис.4. Схема рельефа поверхности дна прибрежного мелководья в районе пос.Лахта по данным промера. 2008 год

Новый этап мощного техногенного воздействия начался в 2006 г. в связи с выполнением проекта «Морской фасад», в ходе которого осуществляются масштабные работы по созданию новых территорий на площади 476.7 га с использованием технологии гидронамыва [10], по строительству пассажирского портового терминала и углублению фарватеров. Кроме того, работы по созданию новых территорий ведутся в районе портов Усть-Луги и Бронка, а также Комплекса защитных сооружений С.-Петербурга от наводнений (КЗС).

Анализ космических снимков восточной части Финского залива, полученных с искусственного спутника Земли (ИСЗ) Terra/MODIS в 2006 г. (начиная с летнего периода) и 2007 г., позволяет заключить, что масштабы загрязнения акватории взвесью (соответственно, и другими видами сопутствующих им загрязнений) очень велики (рис.5).



В

Г

Рис. 5. Повышение концентрации взвеси в воде после начала работ по строительству «Морского фасада». А – 17 июня 2006 г., Б – 19 августа 2006 г., В – 23 августа 2006 г., Г – 14 ноября 2007 г.: 1 – максимальные значения концентраций взвеси; 2 – высокие значения концентраций взвеси; 3 – средние значения концентраций взвеси; 4 – низкие значения концентраций взвеси; 5 – облака; 6 – тени от облаков (материалы Л.Л.Сухачевой, НИИКАМ)

Объемы работ и интенсивность загрязнения превосходят отмечавшиеся ранее вследствие проведения работ по намыву городских территорий (в 70-е – 80-е гг.). Высокие значения концентраций взвешенных осадков наблюдались по данным ИСЗ на значительных расстояниях (более 100-120 км) от источников

их образования (рис.5). Работы в акватории восточной части Финского залива показали, что локальное заиление дна в зонах развития песчаных осадков наблюдается к западу от КЗС, на мелководьях Курортного района и вдоль южного берега залива (в районе пос.Лебяжье и Б.Ижора).

Исследования поверхностных осадков прибрежных мелководий северной береговой зоны Невской губы показали, что с 2002 г. седиментационная обстановка в данном районе коренным образом изменилась. В 2000 – 2002 гг. дно здесь было покрыто, в основном, песчаными осадками. Работы 2007 г. показали, что 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. 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 процессов техногенеза, причем скорость «техногенной» седиментации является чрезвычайно высокой.

Экспедиционные исследования 2008 г. зафиксировали расширение зоны развития техногенных осадков (рис.6).

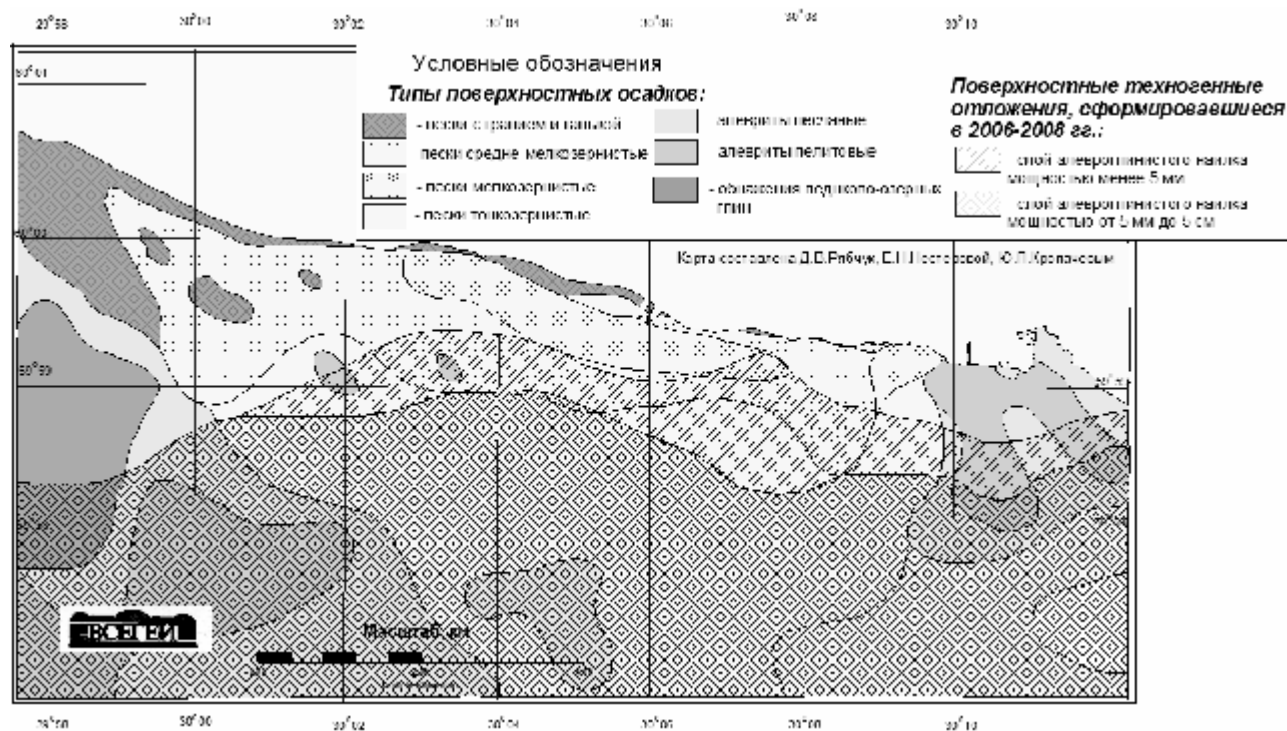


Рис.6. Литологическая карта поверхности дна субаквальной части северной береговой зоны Невской губы (ВСЕГЕИ, 2008)

В меньших масштабах процессы отложения тонкодисперсного материала на поверхности дна зафиксированы и к западу от КЗС, в субаквальной части как северной, так и южной береговой зоны залива.

Техногенные глинистые осадки в ряде случаев залегают на поверхности дна в зонах современного воздействия волнения и придонных течений, и в дальнейшем могут стать источником вторичного загрязнения акватории.

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 Таллинн – Хельсинки, высокоскоростные паромы индуцируют в Таллиннской бухте волны высотой около 1 м с периодом 10 сек, 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 [11, 12].

Таким образом, можно констатировать, что в настоящее время интенсивный техногенез стал доминирующим фактором морфо- и литодинамики в северной береговой зоне Невской губы. Практически на всей площади дна сформировался покров глинистых техногенных осадков. 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.

Работа выполнена по заказу Комитета по природопользованию, охране окружающей среды и обеспечению экологической безопасности Администрации Санкт-Петербурга, а также при поддержке гранта РФФИ 08-05-01023.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бутылин В.П., Шурыгин А.Г. Современный седименто- и морфогенез в восточной части Финского залива // Осадочный покров гляциального шельфа северо-западных морей СССР. СПб.: ВСЕГЕИ, 1992. С. 118-123.
2. Геология Финского залива. Под редакцией А.Раукаса и Х.Хюваринена. Таллинн: изд-во АН Эстонии, 1992. 422 с.
3. Логвиненко Н.В., Барков Л.К., Усенков С.М. Литология и литодинамика современных осадков восточной части Финского залива. Л., Изд-во ЛГУ, 1988, 148 с.
4. Нежиховский Р.А. Вопросы гидрологии р.Невы и Невской губы. Л: Гидрометиздат, 1988. 108 с.
5. Пустельников О.С. Взвешенное вещество бассейна Балтийского моря. Речная взвесь и ее роль в общем балансе осадочного материала //Тр. АН Лит.ССР, Серия Б, 1976. Т.96. №5. С.139-146.
6. 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 г., 181 с.
7. Сухачева Л.Л. Исследование разномасштабной пространственно-временной изменчивости распределения полей взвеси в восточной части Фин-

ского залива по данным многолетних аэрокосмических наблюдений // Исследование Земли из космоса. № 5. 1996. С. 85-93.

8. 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.

9. Torsvik T., Soomere T. Simulation of patterns of waves from high-speed ferries in Tallinn Bay//Estonian Journal of Engineering. Vol.14, number 3, September 2008, pp.232-254. Vallius H., Ryabchuk D., Kotilainen A., Spiridonov M., Suslov G., Zhamoïda V. Pollution history of the Neva Bay since the foundation of the city of S.Petersburg (1703 AD) // The Baltic Sea geology: The Ninth Marine Geological Conference. Extended abstracts. University of Latvia, Riga, 2006, pp. 115-116.

10. <http://kronshtadt.info>

11. www.mfspb.ru