

## Курортный район Санкт-Петербурга (восточная часть Финского залива). Проблемы берегозащиты

Рябчук Д.В.<sup>1</sup>, Спиридонов М.А.<sup>1</sup>, Сухачева Л.Л.<sup>2</sup>, Жамойда В.А.<sup>1</sup>, Нестерова Е.Н.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Всероссийский научно-исследовательский геологический институт им.А.П.Карпинского (ВСЕГЕИ)

<sup>2</sup>Научно-исследовательский институт космоаэрометодов (НИИКАМ)

Материалы опубликованы в работах:

Рябчук Д.В., Спиридонов М.А., Кропачев Ю.П., Нестерова Е.Н., Куренной Д.Н., Акулов В.Б., Суслов Г.А., Меньшенина И.И. Геоэкологический мониторинг береговых зон в районе комплекса защитных сооружений С.-Петербурга от наводнений (КЗС) // Известия ВСЕГЕИ, т.5 (53), 2006, с.221-226.

Рябчук Д.В., Спиридонов М.А., Жамойда В.А., Нестерова Е.Н., Куренной Д.Н. Литодинамика северной береговой зоны восточной части Финского залива. Геология морей и океанов. Материалы XVII Международной научной конференции (школы) по морской геологии. М., 2007.с.167-169.

Ryabchuk, D., Nesterova, E., Spiridonov, M., Sukhacheva, L., Zhamoida, V., 2007. Modern sedimentation processes within the coastal zone of the Kurortny District of St.Petersburg (eastern Gulf of Finland). Baltica, Vol.20 (1-2), 5-12. Vilnius.

Рябчук Д.В., Спиридонов М.А., Сухачева Л.Л., Жамойда В.А., Нестерова Е.Н. Рельеф, геологическое строение и экзогенные геологические процессы береговой зоны Курортного района Санкт-Петербурга// Региональная геология и металлогения. № 33, 2008 (в печати).

Курортный район Санкт-Петербурга располагается на северном побережье Финского залива, между устьем р.Приветная на западе и Комплексом защитных сооружений Санкт-Петербурга от наводнений (КЗС) на востоке (рис.1), на расстоянии менее 40 км от центра города.

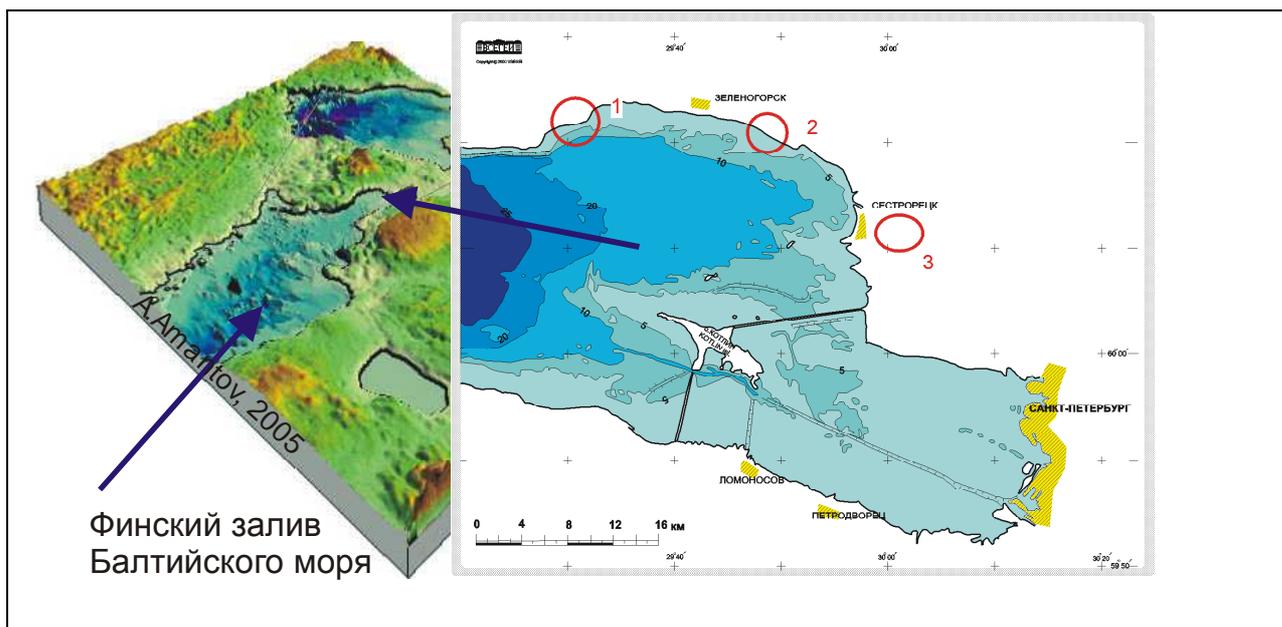


Рис. 1. Береговая зона Курортного района Санкт-Петербурга. 1 – региональный комплексный заказник «Гладышевский»; 2 – комплексный памятник природы «Комаровский берег»; 3 – региональный комплексный заказник «Лахтинский разлив».

Береговая зона Курортного района является уникальным природным объектом, требующим бережного отношения и охраны. В Курортном районе сохранились уникальные и разнообразные ландшафты Карельского перешейка – таежные леса, болотные участки, достаточно редкие в восточной части Финского залива ландшафты прибрежных дюн (Комаровский берег..., 2002). Здесь находятся 14 санаториев, домов отдыха и пансионатов, расположен ряд особо охраняемых территорий, в том числе комплексный памятник природы Комаровский берег. Законом «О генеральном плане Санкт-Петербурга и границах зон охраны объектов культурного наследия» здесь запланировано создание высокорентабельной прибрежной зоны, отвечающей международным стандартам. Одной из наиболее острых проблем береговой зоны Курортного района является размыв (абразия) берегов.

### **Материалы и методы**

В 2005-2007 годах коллективом специалистов ВСЕГЕИ при участии НИИКАМ были проведены комплексные исследования северной береговой зоны Финского залива в пределах Курортного района Санкт-Петербурга. В ходе работ выполнены береговые геолого-геоморфологические маршруты, осуществлен пробоотбор и детальный реечный промер в приурезовой части подводного берегового склона. В субаквальной части исследуемой береговой зоны выполнено более 600 км профилирования методом гидролокации бокового обзора (ГЛБО) в пределах 10 метровой изобаты, отобраны пробы поверхностных донных отложений с помощью ковша-дночерпателя и герметичной грунтовой трубки. Ежегодная съемка (300 км ГЛБО), проведенная в течение трех лет на трех участках, расположенных напротив поселков Комарово, Репино и Солнечное позволила проследить динамику изменения рельефа и поверхностного осадочного покрова дна залива.

С целью исследования морфо- и литодинамических процессов береговой зоны были использованы архивные материалы аэрофотосъемок побережья, выполненные в 1980-е и 1990-е гг., и многозональные спутниковые изображения с разрешением 2,4 метра, полученные с искусственного спутника Земли (ИСЗ) Quick Bird летом 2005 г.

### **Результаты исследований**

Сравнительный анализ строения береговой зоны Курортного района по крупномасштабным аэрофотоснимкам (АФС) 1990 г. и космическим снимкам (КС) высокого разрешения Quick Bird за 2005 г. показал, что в настоящее время все берега Курортного района относятся к категориям отступающих или стабильных (рис.2). Участки нарастающего берега практически отсутствуют и приурочены, главным образом, к устьевым частям водотоков.

На всем протяжении Курортного района береговая зона сформирована преимущественно волновыми процессами. Здесь выделяются *выравнивающийся абразионно-аккумулятивный бухтовый* и *выровненный аккумулятивный* (Ионин, Каплин, Медведев, 1961) типы берегов. Первый тип береговой зоны подразделяется на семь подтипов: абразионный моренный, абразионный песчаный, аккумулятивно-абразионный песчаный, абразионно-аккумулятивный песчаный, аккумулятивный песчаный, аккумулятивный илистый, техногенный, выровненный тип береговой зоны представлен песчаным подтипом (табл.1, рис.3, 4).

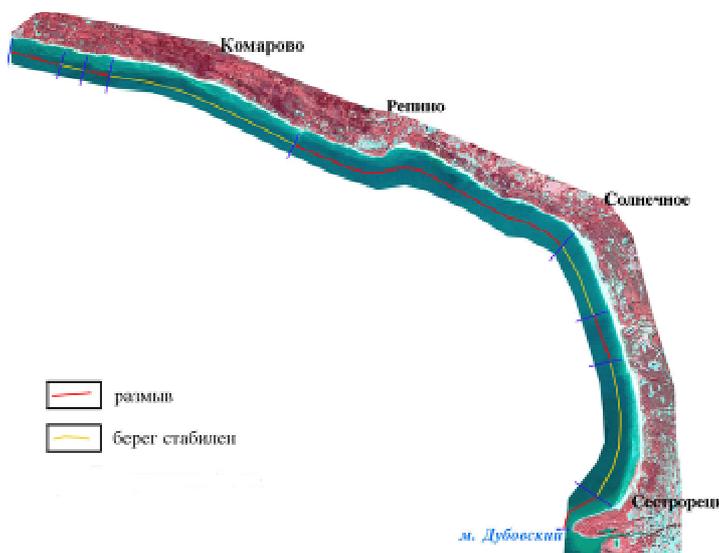
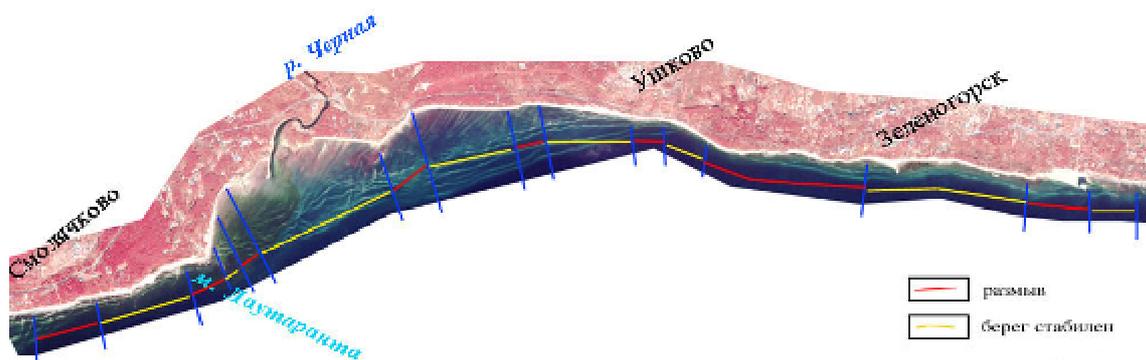


Рис.2. Схема динамики береговой зоны на основе сравнения крупномасштабных АФС 1990 г. и КС Quick Bird 2005 г. на участках:  
а) Смолячково – Зеленогорск;  
б) Зеленогорск – Дубовской.

Табл.1. Распределение подтипов берегов Курортного района Санкт-Петербурга.

	Подтипы береговой зоны	Длина, км	%
1	Аккумулятивный песчаный выравнивающийся	3.6	8,0
3	Абразионный валунный (моренный) выравнивающийся	18.8	41,7
4	Абразионный песчаный	2.3	5,1
5	Техногенный	2.0	4,5
6	Аккумулятивный илистый	3.9	8,6
7	Аккумулятивно-абразионный песчаный	7.4	16,6
8	Аккумулятивный песчаный выровненный	7.0	15,5
	Общая протяженность	45.0	

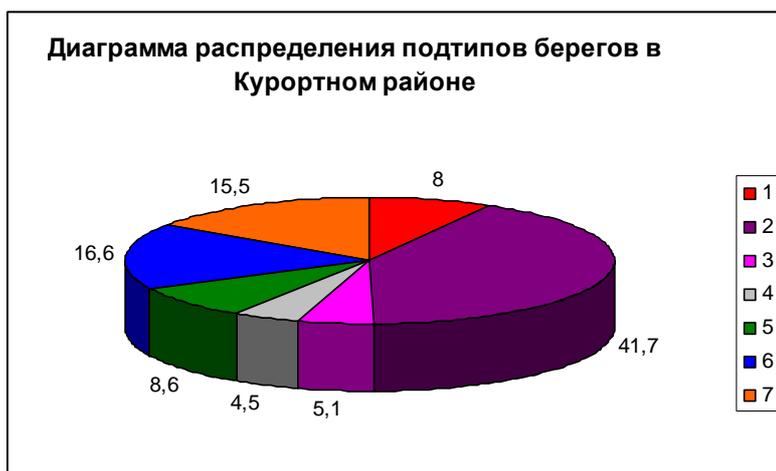


Рис.3. Диаграмма распределения типов берегов в Курортном районе. Типы берегов показаны в табл.1.

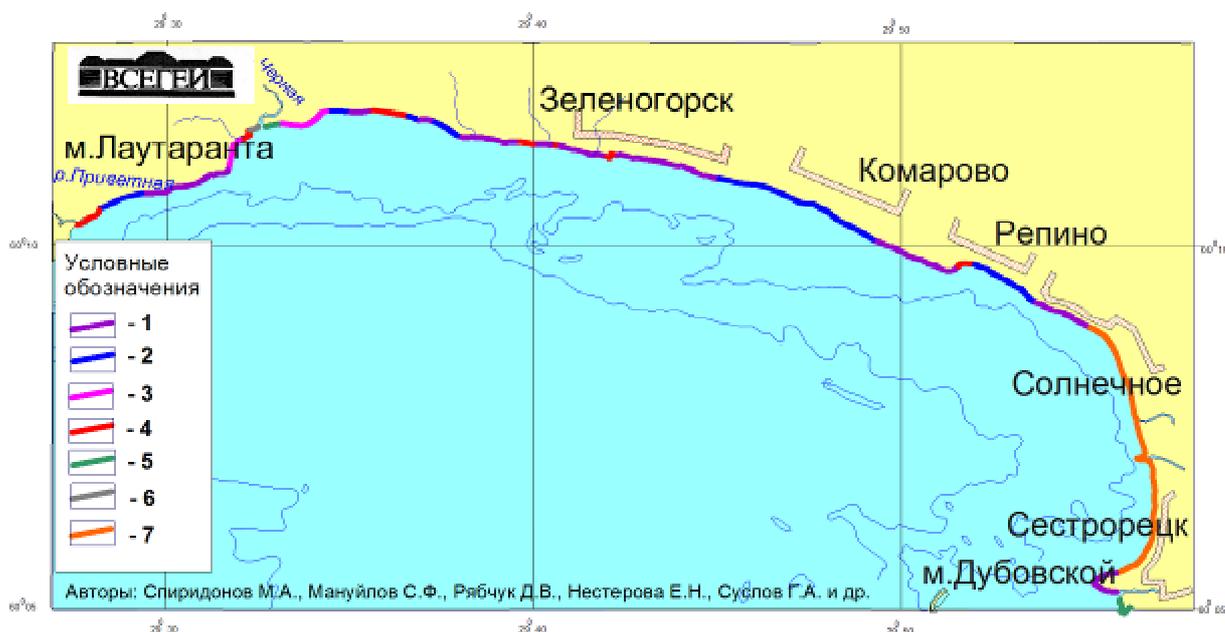


Рис.4. Распределение типов и подтипов берегов Курортного района. Условные обозначения: тип берега *абразионно-аккумулятивный выравнивающий бухтовый*, подтипы берегов 1 – абразионный валунный (моренный); 2 – аккумулятивно-абразионный песчаный; 3 – абразионный песчаный; 4 – аккумулятивный песчаный; 5 – аккумулятивный илистый; 6 – техногенный; тип берега *аккумулятивный выровненный*, подтип берега 7 – аккумулятивный песчаный.

Каждый подтип береговой зоны обладает характерными особенностями. В зонах интенсивного размыва ледниковых отложений (абразионный моренный подтип береговой зоны) как на берегу, так и на подводном береговом склоне сформирован покров валунно-галечных отложений. Профиль подводного берегового склона представляет собой пологонаклонный валунный бенч, на поверхности которого встречаются закономерно расположенные пятна песчаного материала (рис.5). Указанные особенности значительно снижают рекреационную ценность таких участков побережья.

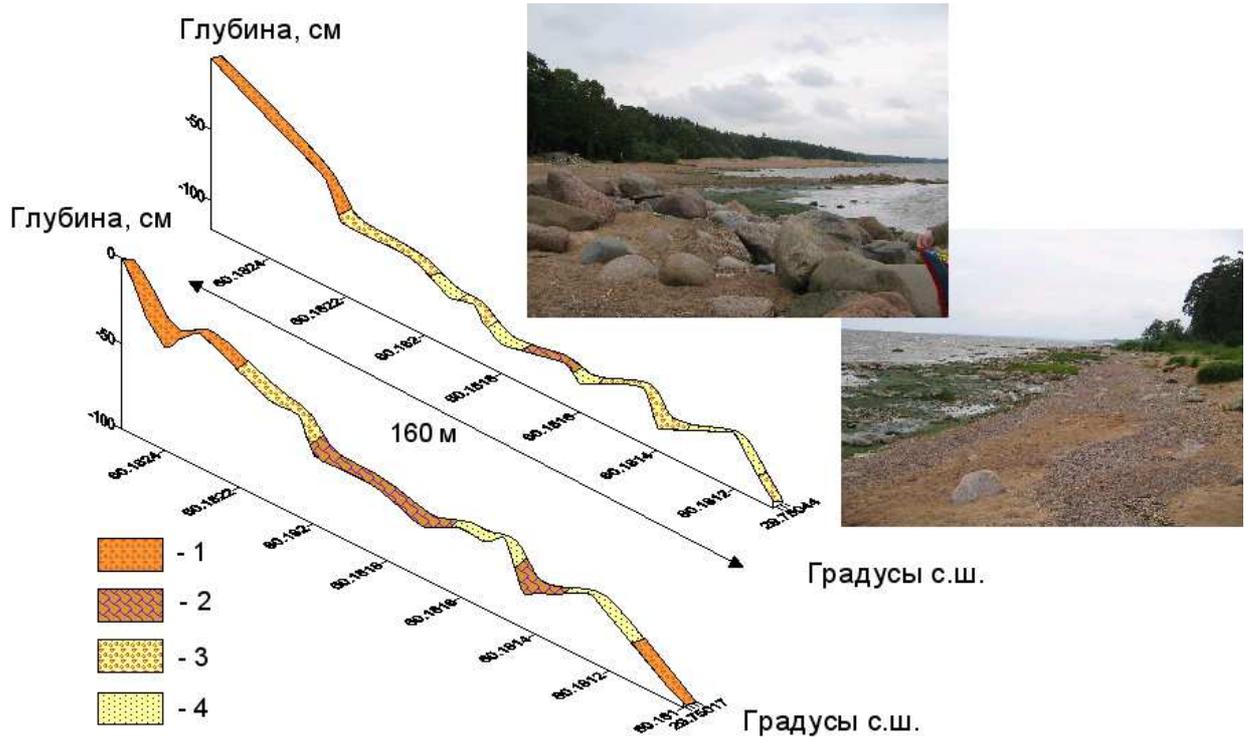


Рис.5. Абразионный моренный подтип береговой зоны. 1 – валуны, галька; 2 – обнажения морены; 3 – валуны с песками; 4 – пески мелкозернистые.

В зонах транзита песчаных осадков на берегу наблюдаются узкие (20-30 м) песчаные пляжи с комплексом невысоких (до 1.5–2 м) дюн. На подводном береговом склоне отмечаются четко выраженные в рельефе вдольбереговые подводные песчаные валы на поверхности грубообломочных отложений или глинистой морены, обнажающихся в межваловых ложбинах (рис. 6, 7). Последнее обстоятельство является одним из индикаторов дефицита наносов.



Рис.6. Аккумулятивно-абразионный подтип береговой зоны. Условные обозначения: 1 – валуны, галька; 2 – валуны с песками; 3 – пески.

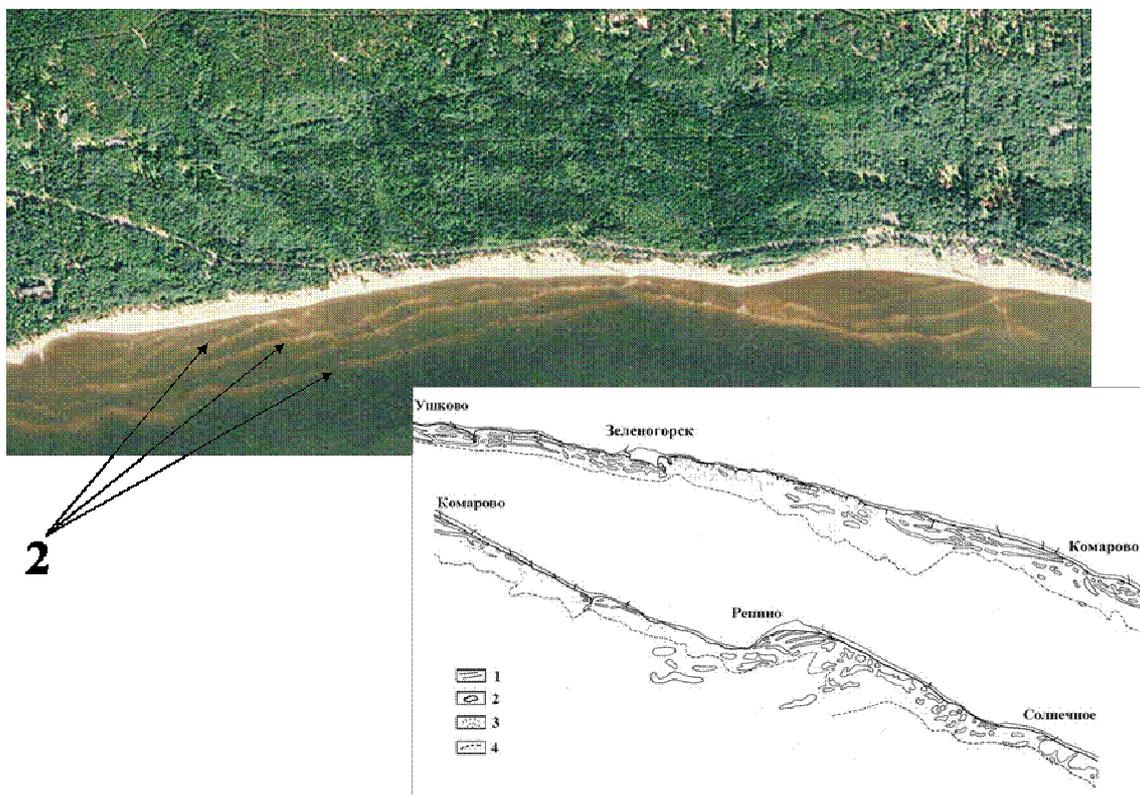


Рис.7. Зоны транзита с четко выраженными вдольбереговыми подводными песчаными валами. 1 – пляжи; 2 – вдольбереговые подводные песчаные валы; 3 – валуны; 4 – граница зоны распространения песков.

К востоку от поселка Солнечное вследствие поворота береговой линии (смены субширотного положения на субмеридиональное) возникают условия для разгрузки потока наносов и аккумуляции песчаного материала. Пляжи здесь имеют значительную ширину (до 150 м). В приурезовой части подводного берегового склона, как валы, так и межваловые ложбины сложены хорошо сортированным мелкозернистым песком (рис.8).

Однако нарастания пляжей с выдвиганием береговой линии здесь не происходит. Причины данного явления будут рассмотрены ниже.

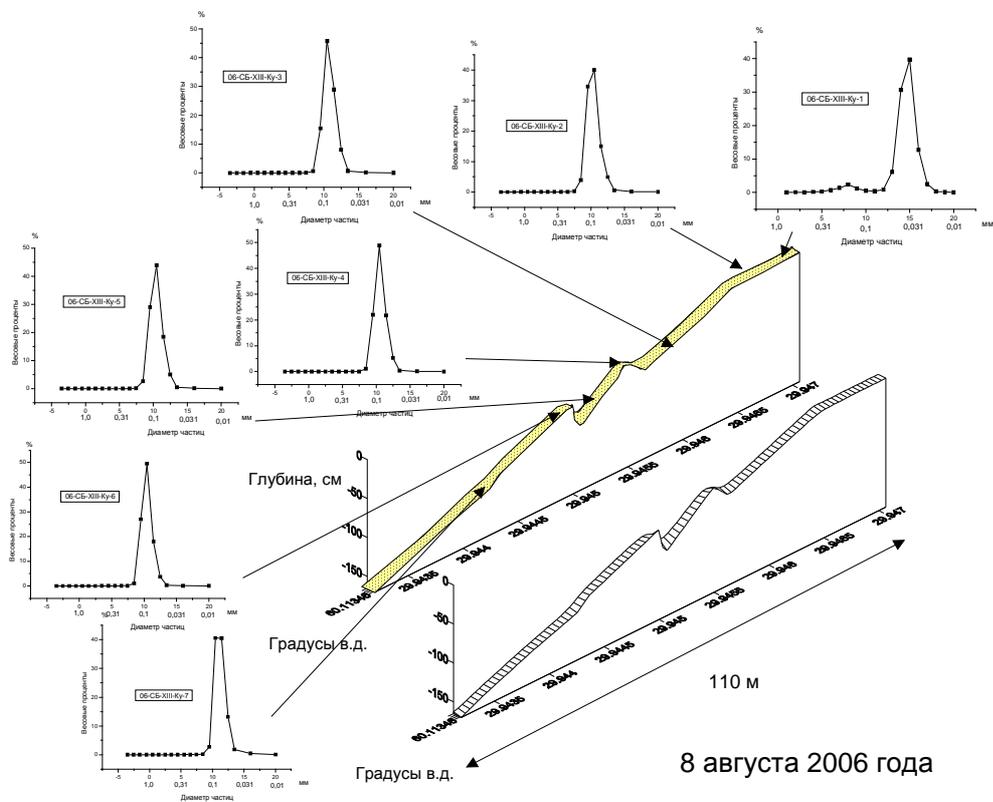


Рис.8. Аккумулятивный песчаный подтип береговой зоны.

Важной особенностью изучаемого района является значительная разница между гидродинамическими условиями относительно спокойного весенне-летнего периода и осенними и зимними месяцами, для которых характерны сильные штормы, часто сопровождающиеся нагонными явлениями. Наблюдения показали, что в осенне-зимний период даже наиболее широкие пляжи в городе Зеленогорске, поселке Репино (к востоку от гостиницы «Репинская») и городе Сестрорецке полностью перерабатываются волнением (рис.9 – 11).



15 июня 2006 года



29 октября 2006 года

Рис.9. Вода в тыловой части Зеленогорского пляжа после осеннего шторма.

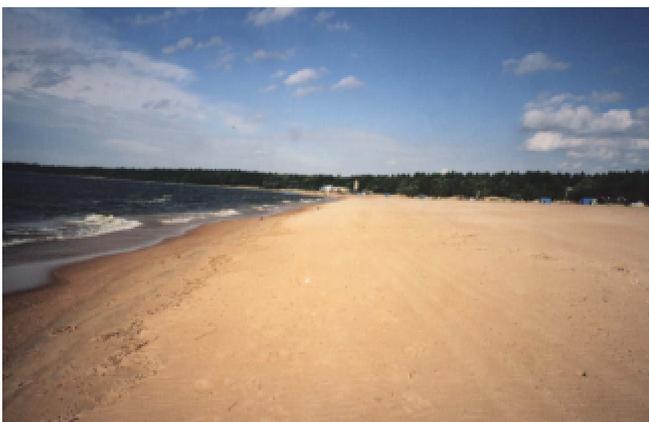


19 октября 2006 года



29 октября 2006 года

Рис.10. Репинский пляж. Результаты переработки пляжа осенним штормом.



25 июня 2006 года



29 октября 2006 года

Рис.11. Сестрорецкий пляж. Результаты переработки пляжа осенним штормом. Волновое воздействие затронуло основание авантюны.

Осенью и зимой 2007 г. было зафиксировано чрезвычайно опасное явление, спровоцированное природными процессами – прогрессирующий размыв авандюны (рис.12). Наблюдения за состоянием дюны проводились 29 октября 2006 г. и 11 января 2007 г., после экстремальных штормов, сопровождавшихся подъемом уровня воды (в Санкт-Петербурге регистрировались наводнения с подъемом уровня 225 см выше ординара).



А



Б



В

Рис.12. Прогрессирующий размыв авандюны после штормов и подъема воды (А - 29 октября 2006 г.; Б,В – 11 января 2007 г.).

После январского шторма абразионный уступ в авандюне наблюдался на протяжении всего 4-х километрового участка берега в поселке Комарово. Важно отметить, что вследствие аномально теплых декабря и начала января, акватория залива в районе Комарово не была покрыта льдом, который в определенной мере является естественной защитой песчаных пляжей от размыва зимними штормами. Восточнее (в поселках Репино и Солнечное), где около берега в это время держался припай, наиболее серьезные разрушения пляжам были нанесены в ходе предыдущих – осенних - штормов. Таким образом, повторение аномально теплых зим может отрицательно сказаться на состоянии пляжей Курортного района.

Наблюдения, проведенные летом 2007 г. показали, что авандюна, размывая в осенне-зимний период 2006-2007 гг., не восстановилась. Абразионный уступ отмечается на всем протяжении описываемого участка берега, профиль пляжей изменился (рис.13). Важно отметить, что описанное явление было отмечено впервые за весь период наблюдений.



Рис.13. Размывной уступ в авандюне на пляже поселке Комарово (фото июня 2007 г.).

Размыв авандюны является очень опасным явлением. Дюны представляют собой естественный «резервуар» песка, своеобразный буфер, сохраняющий берег от абразии. В естественных условиях дюны могут частично разрушаться в ходе экстремальных штормов, а затем постепенно восстанавливаться на протяжении последующих месяцев под воздействием эоловых процессов. Однако в случае, если равновесие в береговой зоне нарушено, и дюны не восстанавливаются естественным путем за один-два года, необходимо проведение комплекса мероприятий по их искусственному восстановлению.

В ходе исследований были выявлены как **естественные (природные)**, так и **техногенные причины** интенсивного размыва берегов. Среди основных природных причин должны быть названы расположение береговой линии по отношению к господствующим ветрам и вызванным ими штормам, геологическое строение береговой зоны, сложенной относительно легко размываемыми четвертичными отложениями и характер строения подводного берегового склона. К негативным техногенным причинам размыва берегов относится устаревшая, неэффективная система берегозащиты, подводные разработки песков на затопленной песчаной террасе, производившиеся в 1970-1992 гг. к западу от исследуемой площади и активное освоение берегов (строительство ресторанов, зон отдыха и т.д.) без учета закономерностей лито- и морфодинамики района.

#### **Естественные (природные) причины размыва берегов.**

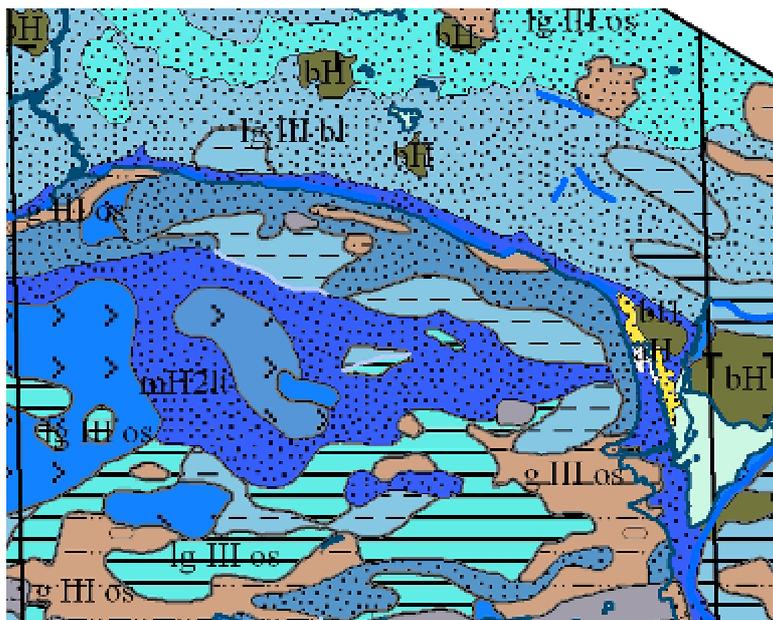
Расположение береговой линии Курортного района, открытой господствующим в районе западным и юго-западным ветрам и вызываемым ими волнениям (рис. 14) определяет высокую степень переработки берегов волнением и существование потока

наносов в направлении с запада на восток. Повторяемость штормов при западных и юго-западных ветрах составляет 98% и только 2% штормов вызваны ветрами северного и северо-восточного направлений (рис.15).



Рис.14. Схема типов берегов Курортного района от Зеленогорска до мыса Дубовской и направления перемещения наносов (черные стрелки) при подходе волн (красные стрелки) под прямым (1) и острым (2) углом к берегу.

Важнейшей причиной размыва береговой зоны является ее геологическое строение (Геоэкологический атлас..., 2002). Прежде всего, следует отметить, что на всей исследуемой площади покров песчаных осадков залегает непосредственно на поверхности ледниковых отложений (морены) (рис.15).



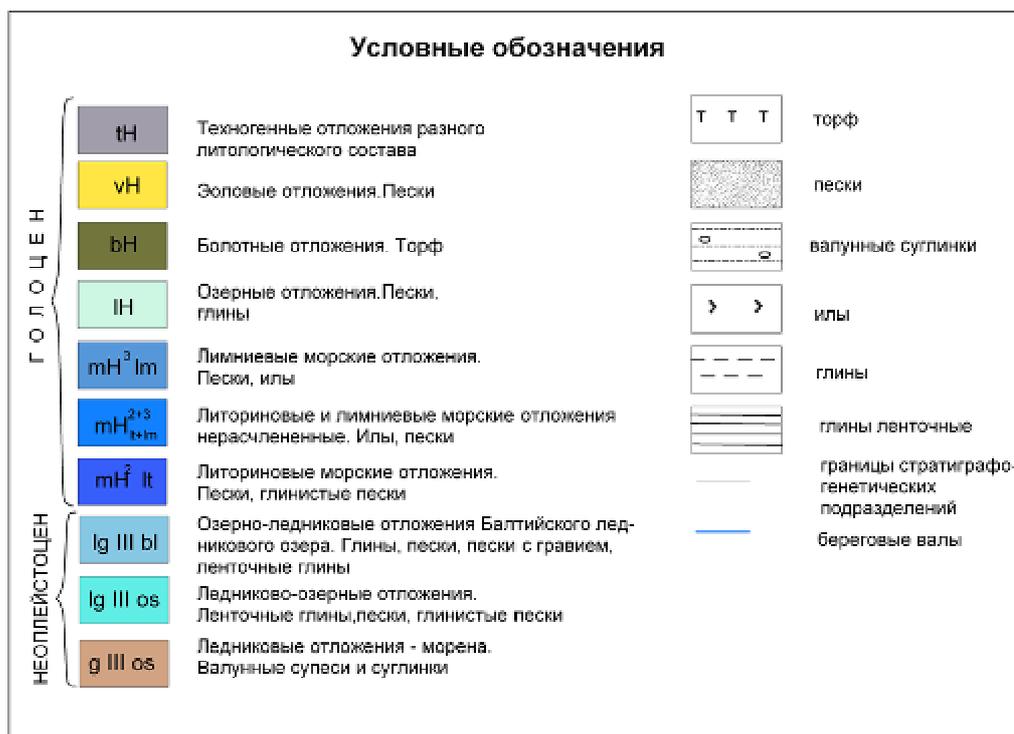


Рис.15. Фрагмент карты четвертичных отложений Курортного района (масштаб 1:200 000, авторы Е.Н.Нестерова, П.Е.Москаленко).

В механическом составе морены присутствуют частицы всего гранулометрического спектра – от глинистых (менее 0.005 мм) до крупно-валунных (более 1 м). При размыве ледниковых отложений тонкие частицы вымываются, после чего формируется **валунно-галечный бенч**. Бенч бронирует поверхность дна и берег от дальнейшего размыва, однако вследствие его образования в береговой зоне возникает острый **дефицит наносов**. Важно отметить, что в условиях дефицита наносов согласно СП 32-103-97 защита берегов с помощью бун не рекомендуется, остальные методы берегозащиты следует применять только в совокупности с искусственной подпиткой пляжей песком.

Кроме того, в ходе исследований была выявлена еще одна важная причина активизации деструктивных процессов в рассматриваемой береговой зоне - прогрессирующий размыв мористого края подводной песчаной террасы в районе Зеленогорска-Комарово, которая гасит волновое воздействие, защищая берег от наиболее сильных штормов (рис.16).

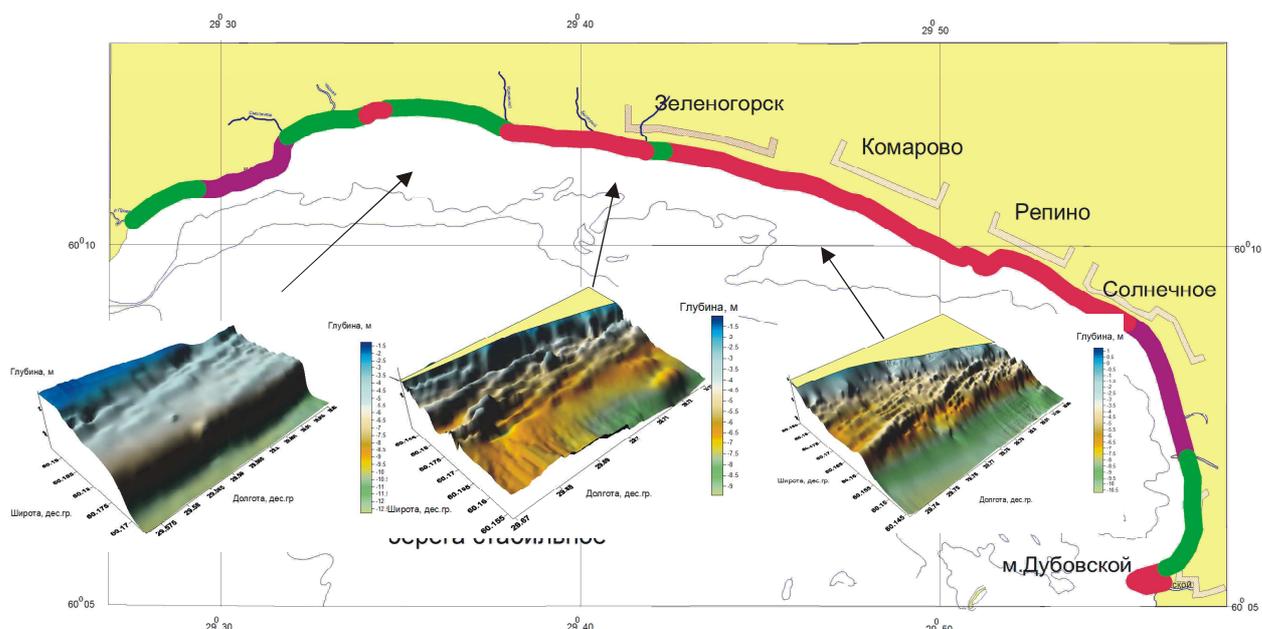


Рис.16. Сравнение состояния берегов и подводной террасы. Красный цвет – состояние берега аварийное; лиловый цвет – состояние берега опасное, берег размывается; зеленый цвет – берег стабилен.

Проведенные исследования позволили установить важные с точки зрения лито- и морфодинамики района особенности подводного берегового склона.

Напротив поселка Солнечное сугубое мелководье имеет ширину лишь 500-600 м, далее угол склона резко возрастает, глубины увеличиваются до 5 и более метров (рис.17). На мелководье развиты типичные аккумулятивные волновые образования - хорошо сортированные мелкозернистые пески. Как говорилось выше, изменение экспозиции береговой линии обуславливает разгрузку здесь потока наносов, однако значительная часть поступающих на данный участок песчаных осадков «сваливается» к подножию подводного уступа, где развиты пески аналогичного гранулометрического состава. Результаты вибробурения, выполненного здесь в ходе геологической съемки шельфа (1991-1993 гг.) показали, что непосредственно на поверхности верхнеплейстоценовых глин с размывом залегают толщи песков мощностью до 1.5 м. Это позволяет предположить, что указанные процессы носят долговременный характер и проявлялись, по-видимому, на протяжении всего голоцена.

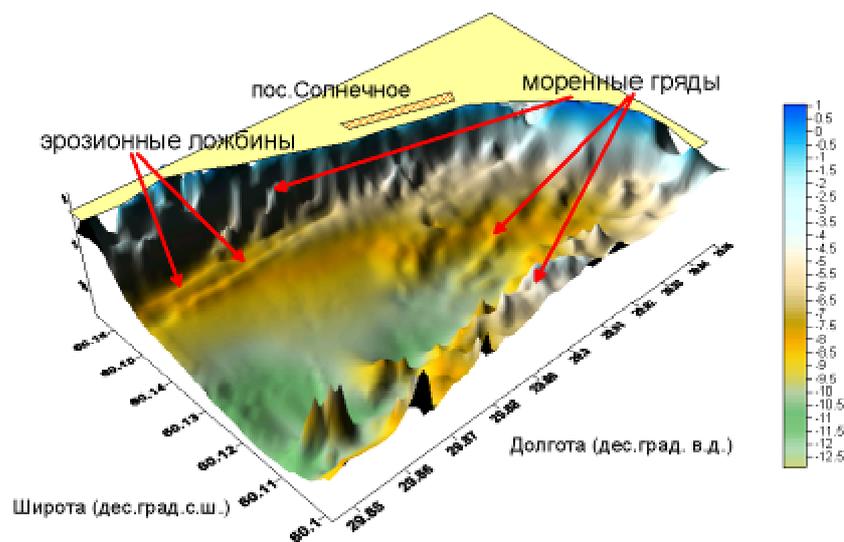


Рис.17. Диаграмма рельефа поверхности дна в районе поворота береговой линии около поселка Солнечное.

В ходе исследований 2005 года на подводном береговом склоне напротив поселка Репино были впервые обнаружены эрозионные ложбины стока, располагающиеся на глубинах от 5 до 8 м (рис.18).

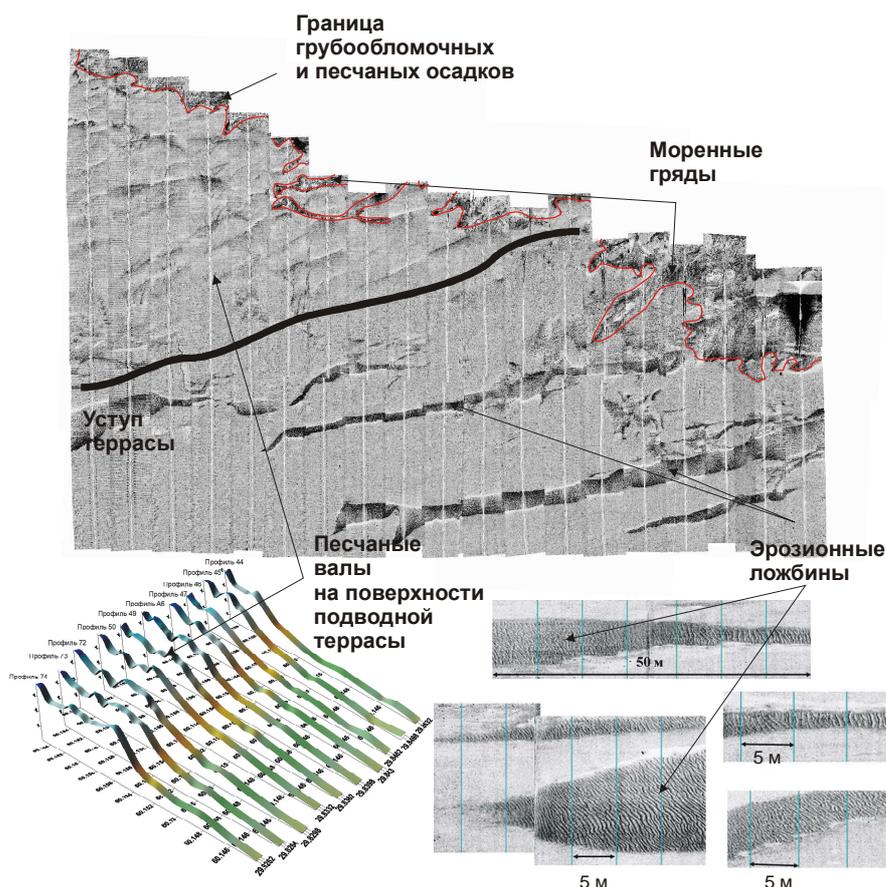


Рис.18. Эрозионные ложбины стока и подводные песчаные валы на поверхности подводной террасы (полигоны «Репинский» и «Комаровский»).

Повторные измерения показали, что эти образования при чрезвычайно малой относительной глубине (30-50 см) – достаточно устойчивы. Ранее нами предполагалось, что наличие указанных форм подводного рельефа является особенностью данного участка подводного берегового склона, однако исследования 2006 года позволили проследить аналогичные образования вдоль всего подводного берегового склона. Западнее ложбины

уходят на глубину 10-12 м. Вероятно, по эрозионным ложбинам происходит компенсационный отток воды в юго-западном направлении после штормов и нагонов, на их дне читаются четкие знаки ряби (рис.18).

Напротив поселка Комарово при работах 2005 года было установлено наличие серии подводных песчаных валов с относительными превышениями в пределах 1-2 м, расположенных на глубинах 3-5 м. Важной особенностью этих форм донного рельефа является то, что они расположены не параллельно береговой линии, а под углом около  $45^{\circ}$ . Анализ результатов двухлетних исследований позволил установить, что указанные образования наблюдаются на поверхности подводной террасы, расположенной на глубине около 4 м. Песчаные валы расположены под углом, как к современной, так и к предполагаемым древним береговым линиям. Повторные промеры (рис.19) показывают, что валы являются достаточно устойчивыми образованиями, т.е. находятся, по-видимому, в некоем равновесии с современной гидродинамикой.

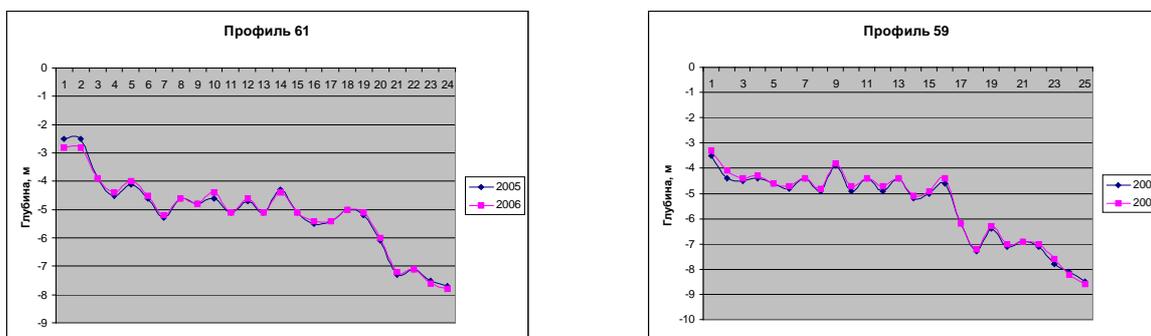


Рис.19. Примеры повторных промеров по профилям в зоне подводных валов.

Еще исследованиями 2005 года в данном районе установлен происходящий на подводном береговом склоне размыв (рис.20). Анализ новых результатов позволяет констатировать, что данное явление связано с размывом мористого края подводной террасы. Судя по расположению изобат (изобата 10 м идет приблизительно параллельно береговой линии, а изобата 5 м, маркирующая уступ, имеет сложную конфигурацию), данный процесс происходит уже на протяжении длительного времени.

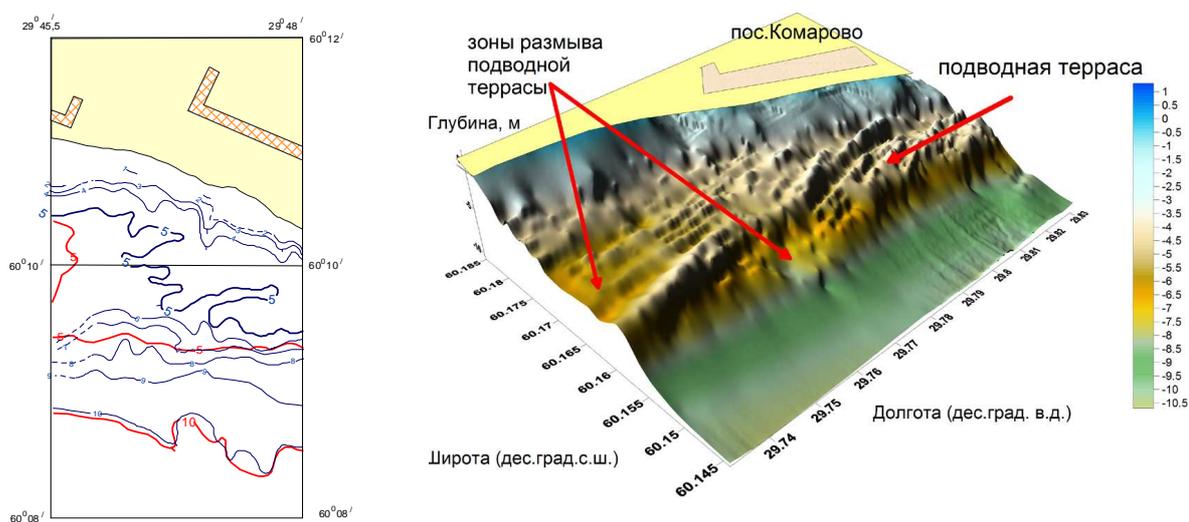


Рис.20. Изменение глубин на подводном береговом склоне напротив поселка Комарово, обусловленное размывом края подводной террасы. Красные линии – изобаты с навигационной карты 1989 года, синие линии – результаты измерений глубин, выполненных в 2005 году ВСЕГЕИ.

Напротив Зеленогорска размыв подводной террасы достигает максимума (рис.16). Пятиметровая изобата проходит здесь в настоящее время на расстоянии менее 500 м от береговой линии. Далее к западу поверхность террасы постепенно становится более выровненной, а уступ более резким. Напротив устья реки Черная (Роцинка) терраса является практически ненарушенной (рис.21).

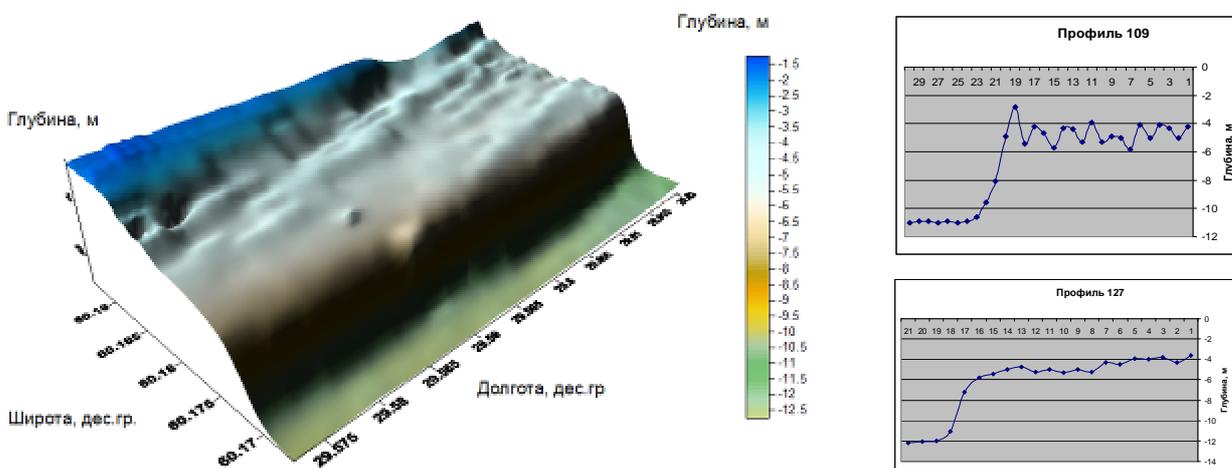


Рис.21. Западная часть подводной террасы, не подвергшаяся размыву (напротив устья р.Черная).

Вопрос о возрасте и условиях формирования затопленной террасы не получил пока однозначного ответа. Следует отметить, что положение и возраст древних береговых линий в пределах суши для северного берега Финского залива является давно решенной задачей (Усикова и др., 1967; Знаменская, Черемисинова, 1974; Ауслендер и др., 2002). В то же время целенаправленных исследований затопленных береговых линий, возникших в

ходе голоценовых регрессий и связанных с ними форм рельефа до настоящего времени не проводилось.

Согласно современным представлениям аналогичные аккумулятивные прибрежные террасы могут формироваться при медленном понижении уровня моря (Долотов и др., 2001) в условиях непрерывного осадконакопления при средних и малых уклонах подводного берегового склона. Другой возможной гипотезой формирования террасы в районе пос.Ушково-Комарово является схема В.П.Зенковича (Зенкович, 1962), согласно которой при развитии абразионного профиля у мористого края бенча формируется аккумулятивное песчаное тело. В этом случае формирование террасы могло происходить в фазу максимума Литориновой трансгрессии, когда береговая линия проходила в пределах современной суши.

Для установления возраста и генезиса подводной террасы необходимо продолжение и расширение проводимых исследований с применением сейсмоакустического профилирования и бурения.

#### **Техногенные причины размыва берегов**

К негативным техногенным причинам размыва берегов следует, прежде всего, отнести устаревшую систему берегозащиты. В частности, строительство гидротехнических сооружений, перпендикулярных береговой линии, в условиях острого дефицита наносов вызывает прикорневой размыв к востоку от них тем более интенсивный, чем больше длина сооружений (рис.22, 23).

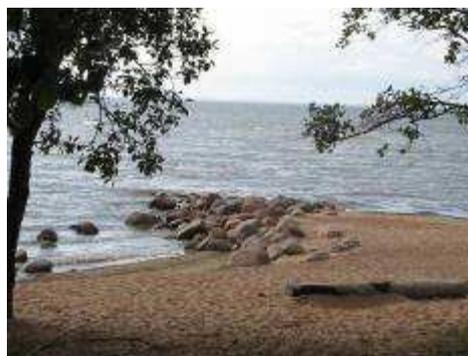


Рис.22. Отступление берега к западу от бун и валунных набросков. А – к востоку от старой валунной буны в поселке Комарово; Б – около участка Приморского шоссе, близко подходящего к береговой линии на западной окраине поселка Репино.



Июнь 2000 года



7 сентября 2006 года



15 июня 2006 года



29 октября 2006 года

Рис.23. Разрушающееся основание Приморского шоссе (реконструкция сооружения проведена в 2003 г.).

Неэффективными показали себя также вертикальные волноотбойные стенки, большинство из которых к настоящему моменту частично или полностью разрушены (рис.24).

Вторая негативная тенденция – стихийное необоснованное строительство зданий и берегозащитных сооружений активно проявилась на протяжении последних 2-3 лет. В частности, песчаные пляжи Комарово, расположенные в непосредственной близости от автомагистралей, представляют особый интерес с точки зрения размещения здесь ресторанов, развлекательных центров и других объектов рекреационной инфраструктуры. С сожалением следует констатировать, что эти работы далеко не всегда соответствуют требованиям сохранения и защиты берегов. В частности, абсолютно недопустимым

является строительство зданий в 50-метровой прибрежной полосе, разрушающее авантюну, которая является наилучшей естественной защитой берегов. На рассматриваемом участке береговой зоны можно привести как положительные, так и отрицательные примеры размещения объектов рекреационной инфраструктуры.



Рис.24. Состояние волноотбойных стенок в Курортном районе. А, Б – поселок Репино; В, Г – мыс Дубовской.

Как положительный пример можно привести, в частности, ресторан «Макрель» (рис.25), представляющий собой достаточно крупное сооружение. Он построен за линией авантюна, поэтому не нанес вреда песчаному пляжу – на космоснимке видно, что береговая линия здесь не изменила своей конфигурации.

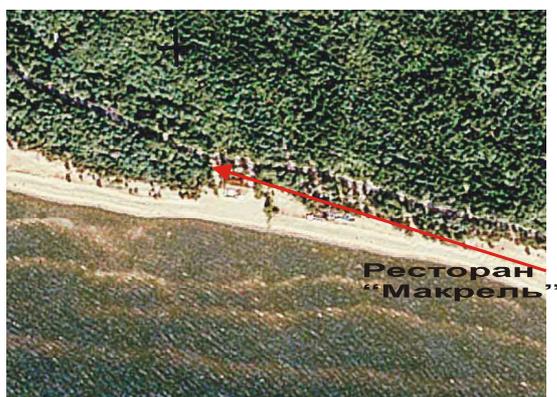


Рис.25. Здание ресторана, построенное за полосой авантюна, и не вызвавшее размыв берега.

В качестве отрицательного примера результатов непродуманных стихийных мер по берегозащите можно привести сооружение зоны отдыха в пределах Комаровского берега. В 2000 году до организации зоны отдыха береговая зона здесь представляла собой узкий песчаный пляж на суше и валунно-галечный бенч на подводном береговом склоне (рис.26). Пляж находился в зоне размыва, поэтому сразу после строительства зоны отдыха были предприняты меры по берегозащите, которые носили непродуманный стихийный характер (строительство длинной валунной отсыпки в море, изометричная валунная отсыпка в приурезовой зоне, поэтому не улучшили ситуации, а напротив, привели к быстрому отступанию береговой линии на расстояние 6-8 м (рис.27).



Рис.26. Береговая зона в Комарово до и после начала строительства зоны отдыха (фото мая 2000 г.).



Рис.27. Отступление берега в пределах зоны отдыха в Комарово, вызванное неграмотными мерами по берегозащите.

За прошедшие 6 лет пляж здесь существенно деградировал, несмотря на регулярные подсыпки, увеличилась крутизна его склона, объекты пляжной инфраструктуры разрушаются волнением и ледовыми процессами (рис.28).

При анализе космического снимка обращает на себя внимание отсутствие подводных песчаных валов на мелководье напротив зоны отдыха. Западнее и восточнее эти песчаные образования на поверхности грубообломочных отложений четко видны. Отсутствие валов является в данном случае индикатором размыва, происходящего не только на берегу, но и на подводном береговом склоне и еще раз подчеркивает выявленную опасную тенденцию.



Фото 29 октября 2006 года



Фото 29 октября 2006 г.

Фото 11 января 2007 г.

Рис.28. Современное состояние зоны отдыха и разрушение объектов пляжной инфраструктуры осенними и зимними штормами.

В 2007 г. количество объектов, построенных с разрушением авантюны (в том числе на расстоянии менее 20 м от уреза воды) значительно возросло.

Еще одним фактором негативного воздействия на баланс наносов в береговой зоне Курортного района была добыча песчаного материала на затопленной террасе к западу от мыса Лаутаранта (мыс Флотский – мыс Песчаный), при которой вследствие нарушения технологии была затронута верхняя часть подводного берегового склона (на глубинах

меньших 10 м), что усилило дефицит осадочного материала в направлении потока наносов. Объем добычи песков составил 150 млн. м<sup>3</sup>.

Таким образом, систему существующих в настоящее время в Курортном районе берегозащитных сооружений следует признать неэффективной, а положение в размывом берегов весьма опасным.

### **Основные выводы**

1. В Курортном районе к абразионным и аккумулятивно-абразионным берегам относится 61% их общей протяженности. Все пляжи курортной зоны в той или иной степени подвержены размыву. По данным ретроспективного анализа материалов аэро- и космосъемки (крупномасштабным АФС 1990 г. и КС высокого разрешения Quick Bird 2005 г.) все берега Курортного района относятся к категориям отступающих или стабильных. Участки нарастающего берега крайне ограничены и приурочены, главным образом, к устьевым частям водотоков.

2. К категории стабильных относятся преимущественно берега, дальнейшее отступление которых прекратилось за счет формирования как на берегу, так и на подводном береговом склоне бронирующего чехла валунно-галечных отложений (валунного бенча). Рекреационная ценность таких участков береговой зоны достаточно низкая.

3. К стабильным относится также два сегмента аккумулятивного песчаного берега в районе поселке Солнечное и городе Сестрорецке протяженностью 2 и 3,5 км соответственно, а также пляжи санатория «Северная Ривьера» и Зеленогорский городской пляж.

4. Песчаные пляжи поселках Комарово и Репино подвержены интенсивному размыву. Подсчитанная по материалам дистанционных методов исследования скорость размыва и отступления береговой линии в период с 1990 по 2005 гг. составляет до 2 м/год (пляж на изгибе берега у поселка Солнечное), в среднем 0,5 м/год. Осенью-зимой были впервые проведены наблюдения за динамикой пляжей в Зеленогорске, поселках Репино, Комарово и Солнечном. В результате в осенне-зимний период 2006/2007 годов зафиксирован прогрессирующий размыв авантюны на всем протяжении берега в пределах памятника природы «Комаровский берег». Процессы размыва были наиболее интенсивными в связи с аномально теплыми температурами января 2007 г., обусловившими отсутствие ледового покрова на акватории залива в районе Комарово. В случае повторения теплых зим ситуация может стать катастрофической. Наблюдения 2007 г. показали, что размыв дюн был необратимым, и профили пляжей не восстановились. Установлено, что в ходе наиболее сильных штормов, сопровождающихся подъемом

уровня моря даже наиболее широкие пляжи (100 и более м) в Зеленогорске, Репино и Солнечном подвергаются волновой переработке на всю ширину.

5. Среди основных причин, вызывающих размыв берегов Курортного района, могут быть выделены как естественные (природные) процессы и явления, так и техногенное воздействие.

**Естественными (природными)** предпосылками деструктивных процессов являются:

На участке от поселка Ушково до поселка Солнечное:

- экспозиция береговой линии по отношению к преобладающему направлению волнения (запад-юго-запад);

- острый дефицит осадочного материала в береговой зоне, вызванный сформированным на значительной части площади в ходе размыва ледниковых отложений валунно-галечным бенчем, препятствующим дальнейшему размыву дна;

- выявленный в ходе исследований прогрессирующий размыв мористого края подводной песчаной террасы в районе Зеленогорска-Комарово, которая гасит волновое воздействие, защищая берег от наиболее сильных штормов.

В районе поселок Солнечное – город Сестрорецк

- изменение направления береговой линии (с субширотного на субмеридиональное) определяет разгрузку здесь потока наносов восточного направления. Нарастания берега здесь не происходит в связи с тем, что зона сугубого мелководья имеет ширину не более 500-600 м, и далее сменяется резким свалом глубин. Поступающий на данный участок подводного берегового склона осадочный материал не идет на наращивание берега, а частично «сваливается» к подножию подводной террасы.

К **техногенным** причинам, негативно влияющим на состояние берегов, относятся:

- устаревшая система берегозащиты, заключающаяся в сооружении перпендикулярных берегу бун (валунных набросок), которые вызывают накопление песчаного материала к западу и резкий прикорневой размыв к востоку;

- производившаяся в 1970-1992 гг. на подводной террасе между мысами Флотский и Песчаный добыча песка, при которой вследствие нарушения технологии была затронута верхняя часть подводного берегового склона;

- стихийные (произвольные) меры по берегозащите, предпринимаемые владельцами объектов зоны отдыха, приводящие к значительному ухудшению ситуации;

- разрушение авандюны вследствие застройки, выезда в береговую зону автомобильного транспорта и вытаптывания растительного покрова отдыхающими.

6. Большинство берегозащитных сооружений в Курортном районе малоэффективны и быстро разрушаются. По результатам мониторинговых наблюдений в Курортном районе выявлен ряд аварийных участков, требующих немедленных мер по берегозащите.

7. В качестве первоочередных мер по улучшению ситуации могут быть названы:

- разработка и осуществление мер по берегоукреплению на аварийных участках;
- запрет строительства в водоохранной зоне (берегозащитной полосе), меры по укреплению и наращиванию авандюны;
- сооружение выходов к морю с целью защиты растительного покрова и самой дюны от вытаптывания;
- организация автомобильных стоянок за Нижним Приморским шоссе и строгий запрет выезда автомашин на берег и авандюну.

Основным выводом проведенных исследований является неудовлетворительное состояние имеющихся берегозащитных сооружений и необходимость срочной разработки Генеральной схемы берегоукрепления и берегозащиты на основе комплексного системного подхода с учетом современной тектоники, гидро-, лито- и морфодинамики района, социально-экономических и экологических аспектов (в том числе проблемы сохранения биоразнообразия).

Мировой опыт берегозащиты показывает, что наиболее эффективным методом берегозащиты является создание искусственных пляжей в комплексе с пляжеудерживающими сооружениями. Этот вид берегозащиты, по-видимому, является оптимальным для сохранения песчаных пляжей в поселках Комарово и Репино. При этом особо должен быть рассмотрен вопрос об изменении ориентировки берегозащитных сооружений на подводном береговом склоне при согласовании их направления с особенностями поперечного и вдольберегового потока наносов.

Защита берега с помощью волноотбойных стен или других волногасящих сооружений допускается в том случае, когда искусственное образование пляжа необходимой ширины технически и экономически нецелесообразно, например, на мысе Дубовской. Применение волноотбойных стен в самостоятельном исполнении следует по возможности ограничивать, так как они могут стать причиной смыва пляжей вследствие отражения волн.

Разработка Генеральной схемы берегозащиты является необходимой предпосылкой для планируемого создания в Курортном районе высокорентабельной рекреационной зоны Федерального значения, отвечающей международным стандартам.

## Литература:

*Ауслендер В.Г., Яновский А.С., Кабаков Л.Г., Плешивцева Э.С.* Новое в геологии Санкт-Петербурга // Минерал, 2002. № 1 (4). С.51-58.

*Беленко С.Л., Болдырев В.Л., Спиридонов М.А.* Кадастр морского побережья – основа научного обоснования КУПЗ// Intern.Conference ICAM and Marine Sciences, abstracts, St.Petersburg, 2000, с.34.

Геоэкологический атлас восточной части Финского залива/ Под ред.М.А.Спиридонова и В.М.Питулько. С.-Пб., 2002. 50 с.

*Долотов Ю.С., Жиндарев Л.А., Каплин П.А., Лукьянова С.А., Никифоров Л.Г., Рычагов Г.И.* Динамика песчаных берегов внутренних морей в условиях нестабильности их уровня / Человечество и береговая зона Мирового Океана в XXI веке (под ред. Н.А.Айбулатова). М.: изд-во изд-во ГЕОС, 2001. С.28-40.*Ионин А.С., Каплин П.А., Медведев В.С.* Классификация типов берегов земного шара (применительно к картам физико-географического Атласа Мира) //Тр. Океаногр. Комиссии АН СССР. М.: изд-во АН СССР, 1961. Т.ХII. С.94-108.

*Зенкович В.П.* Основы учения о развитии морских берегов. М.: изд-во АН СССР, 1962. 710 с.

*Знаменская О.М., Черемисинова Е.А.* Развитие бассейнов восточной части Финского залива в позднее- и послеледниковое время// Baltica. Вильнюс, 1974. Т.5. С.95-104.

Комаровский берег – комплексный памятник природы. *Баранова Е.В., Баранов М.П., Бибикова Т.В.* и др.. СПб., 2004. 92 с.

*Усикова Т.В., Клейменова Г.И., Джиноридзе Р.Н.* К вопросу о позднеледниковой истории Балтики в районе Ленинграда // Baltica. Вильнюс, 1967. N 3. С.43-60.