

5. Государственная Геологическая карта СССР. М-6 1:200000. Листы Q-37-XXVII–XXVIII, Q-37-XXXIII–XXXIV. М.: ВСЕГЕИ, 1989. 111 с.
6. *Авенариус И.Г.* Морфоструктура Беломорского региона // Геоморфология. 2004. № 3. С. 48–56.
7. *Никонов А.А.* Голоценовые и современные движения земной коры: геолого-геоморфологические и сейсмотектонические вопросы. М.: Наука, 1977. 240 с.
8. Гидрометеорология и гидрохимия морей СССР. Т. II. Белое море. Л.: Гидрометеиздат, 1991. 240 с.
9. www.rp5.ru (архив данных по ГМС России за 2005–2009 гг.)
10. Лочия Белого моря. Л.: УГС ВМФ, 1964. 297 с.
11. *Сафьянов Г.А.* Береговая зона океана в XX веке. М.: Мысль, 1978. 263 с.
12. *Сафьянов Г.А.* Геоморфология морских берегов. М.: Изд-во МГУ, 1996. 400 с.
13. *Невеский Е.Н., Медведев В.С., Калинин В.В.* Белое море. Седиментогенез и история развития в голоцене. М.: Наука, 1977. 236 с.

Московский государственный университет
 Географический факультет

Поступила в редакцию
 05.04.2011

COASTAL DYNAMICS OF UNSKAYA GUBA BAY (SUMMER COAST OF THE WHITE SEA)

G.A. SAFYANOV, T.Yu. REPKINA

Summary

Based on the results of field work during 1987–2008 and analysis of satellite images, the primary role of the Coriolis force in the gulf's coastal dynamics was established. The Coriolis force affects the tidal currents. As a result of the super-imposition of the tidal current over the north-east bearing constituent of an open sea wave disturbance, the west coast is marked by a positive sediment balance. The sediments here move towards the end of the gulf. The movement is accompanied by an intensive reshaping of the accumulation forms and coastal terraces (the wash-out occurs at the rate of up to 5m/year). At the eastern coast, the effect of the tidal fall and the storm waves reflected from the opposite coast, control the divergence of the sediment streams. This, together with land-slip processes at the coastal terraces and sharp deficit of sand material, results in the dominance of wash-out tendencies (up to 2m/year). Similar trends occurred during the Holocene.

УДК 551.435.323(470.26)

© 2013 г. А.Ш. ХАБИДОВ, Л.А. ЖИНДАРЕВ, К.В. МАРУСИН,
 Е.А. СВИРИДОВА, Е.А. ФЁДОРОВА, А.А. ЛЫГИН

СОВРЕМЕННАЯ ДИНАМИКА МОРСКОГО БЕРЕГА КУРШСКОЙ КОСЫ В ГРАНИЦАХ РОССИЙСКОГО СЕКТОРА ЮГО-ВОСТОЧНОЙ БАЛТИКИ¹

Введение

Территория находящегося под юрисдикцией России и Литвы приморского национального парка “Куршская коса” включает одноименную крупную морскую аккумулятивную форму, вытянутую с ЮЗ на СВ от г. Зеленоградска (Россия) до Клайпеды (Литва) и отделяющую от Балтийского моря пресноводный Куршский залив. Протяженность косы – 98 км, ширина – от 400–450 м в районе пос. Лесной до 3.8–4.0 км близ пос. Рыбачий.

¹ Работа выполнена в рамках мероприятия 1.5 Федеральной целевой программы “Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технологического комплекса России на 2007–2013 годы” в соответствии с государственным контрактом № 16.515.11.5075.

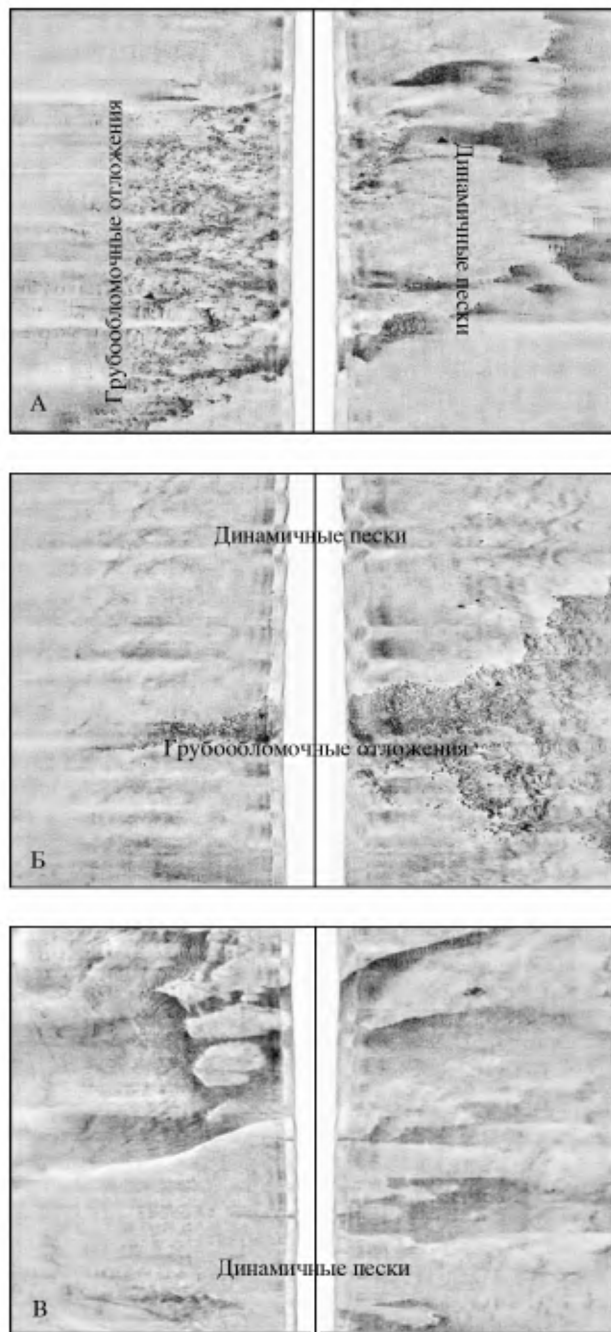


Рис. 1. Поверхность дна в прибрежной зоне ЮВ сектора Балтийского моря (российская часть)
 Точки с координатами: А – 54°58'02" с.ш., 20°28'51" в.д. (район г. Зеленоградска), Б – 55°00'19" с.ш., 20°34'41" в.д. (≈3.5–4.0 км к СВ от г. Зеленоградска), В – 55°03'30" с.ш., 20°40'06" в.д. (район пос. Лесной, ≈10.0 км к СВ от г. Зеленоградска) [2]

В современных условиях морской берег Куршской косы на значительном протяжении размывается, особенно интенсивно – на ее южном участке между г. Зеленоградск и пос. Лесной. При этом возможной и наиболее вероятной причиной размыва чаще всего называется – хотя и без приведения веских аргументов – дефицит бюджета наносов. Между тем, решение данной задачи может создать предпосылки для определения возможных подходов и выбора стратегии защиты берегов для сохранения этого объекта всемирного природного наследия¹.

Исходные данные. Куршская коса сопряжена с северным побережьем Самбийского п-ова. Судя по результатам совмещения имеющихся карт и материалов дистанционного зондирования [1], в течение последних 100 лет на прилегающем к г. Зеленоградску участку побережья Самбийского п-ова средняя скорость размыва берегов изменяется от 1.23 м/год (в окрестностях устья р. Медвежья) до 0.23 м/год (близ г. Зеленоградска). На защищенной территории города изменения положения береговой линии ранее имели сезонный характер, а в настоящее время не фиксируются. Однако на СВ окраине Зеленоградска – на границе Куршской косы – скорость размыва берегов в многолетнем разрезе вновь возрастает и колеблется от 0.69 м/год до 0.79 м/год. В южной части Куршской косы, между Зеленоградском и пос. Лесной ее величина достигает 1.38 м/год. Далее, в направлении поселков Лесной → Рыбачий → Морское → государственная граница РФ ведущую роль начинают играть аккумулятивные

¹ Куршская коса имеет статус объекта природного наследия ЮНЕСКО.

процессы. Поэтому основное внимание далее мы будем уделять именно южной части косы, как наиболее проблемной (с точки зрения активности деструктивных морфодинамических процессов).

Современное состояние дна в прибрежной зоне южной части Куршской косы описано в работах [1–3], в фондовых материалах РГУ им. И. Канта и может быть проиллюстрировано рис. 1. Анализируя эти данные, нетрудно увидеть, что подводный береговой склон здесь имеет уклоны порядка 0.01, а его рельеф осложнен наличием одного–двух подводных песчаных валов. Вблизи Зеленоградска в верхней части подводного берегового склона наблюдается разрыв покровных осадков, зачастую маркируемый выходами на дне ледниковых валунных суглинков. При этом разрыв дна прослеживается вплоть до глубин, превышающих 10 м. Между Зеленоградском и Лесным на дне наблюдается довольно расчлененный рельеф, в формировании которого участвует крупнооблачный материал с локальными выходами подстилающих плотных слоистых отложений. Лишь в центральной части изучаемого района дно выположено и сложено мелкозернистыми песками, но и здесь присутствуют обширные поля более грубозернистых несортированных песков с хорошо выраженными знаками ряби. Все это дает основания заключить, что в южной части Куршской косы доминируют процессы размыва донных отложений.

Дополняя эти данные приводимыми в [1, 3] сведениями о ветровом режиме изучаемого района ЮВ Балтики и результатами расчетов параметров ветровых волн, мы можем перейти к оценке дефицита наносов, прогнозу изменения положения береговой линии, а затем оценить эффективность разнотипных берегозащитных мероприятий.

Методика расчетов. Все расчеты – параметров волн вне береговой зоны по заданным волнообразующим факторам, трансформации волн в береговой зоне, профиля динамического равновесия, результирующего продольного транспорта наносов, а также математическое моделирование изменения конфигурации береговой линии (обусловленных пространственно-временными вариациями вдольберегового потока наносов) и переформирования поперечного профиля берега ветровым волнением – выполнены с использованием пакета прикладных программ (ППП) [4]. Данный ППП ранее уже был апробирован и хорошо зарекомендовал себя в приложении к ЮВ Балтике [1].

Прогноз изменения положения береговой линии. Результаты математического моделирования изменения положения береговой линии южной части Куршской косы в естественных условиях в годы со средней и экстремальной штормовой активностью представлены на рис. 2. Моделируемый срок развития берега составляет 20 лет.

Следуя материалам выполненных расчетов, мы видим, что за пределами защищенных берегов г. Зеленоградска на смежном с ними участке протяженностью около 3 км будут доминировать (причем даже в годы со средней штормовой активностью) процессы размыва, скорость которых может достигать 2.5 м/год. На расположенном ниже участке берега зоны с



Рис. 2. Прогноз изменения планового положения береговой линии на участке г. Зеленоградск – пос. Лесной за 20 лет в естественных условиях в годы со средней (1) и экстремальной (2) штормовой активностью

преобладанием процессов размыва (до 1.8 м/год) и аккумуляции перемежаются, причем последние могут достигнуть своего максимума (до 1.8–2.1 м/год) в его центральной части, что хорошо согласуется с данными [3].

Оценка дефицита наносов. Весь массив данных промерных работ, выборка из которого представлена в [2], наилучшим образом (в смысле метода наименьших квадратов), описывается следующим выражением:

$$h = 0.124 \cdot x^{0.659}, \quad (1)$$

где h – глубина (м); x – расстояние по профилю от уреза (м).

Показатель степени в этом выражении весьма близок к значению показателя степени в функции Р. Дина [5], описывающей профиль равновесия:

$$h = A \cdot x^{2/3}, \quad (2)$$

где A – коэффициент крутизны профиля, зависящий от крупности наносов, $2/3 \approx 0.667$.

Усредненный профиль равновесия для всего участка, построенный по данным промеров методом эквивалентного объема, описывается следующим выражением:

$$h = 0.124 \cdot x^{2/3}. \quad (3)$$

Значение коэффициента $A \approx 0.124$ в этом выражении соответствует крупности наносов 0.3 мм, что соответствует натурным данным [6].

Проведенные расчеты, пример результатов которых приведен на рис. 3, показывают, что в границах южной части Куршской косы устойчивый к подходящим штормовым волнам расчетный профиль равновесия лежит даже несколько ниже осредненного профиля естественного рельефа прибрежной зоны. Это свидетельствует об эфемерности явления дефицита наносов на участке от Зеленоградска до пос. Лесной. По-видимому, дефицит наносов возникает здесь лишь при развитии сильных штормов, следы которых наблюдаются и в строении дна в прибрежной зоне аккумулятивной формы [2, 3], и в визуальной характеристике состояния его берегов [3]. Однако возникший дефицит наносов довольно быстро компенсируется подачей рыхлого материала со смежных участков побережья Балтики, расход которого на входящем створе Куршской косы в годы со средней штормовой активностью превышает 114 тыс. м³ (именно такая картина была описана в работе [7]).

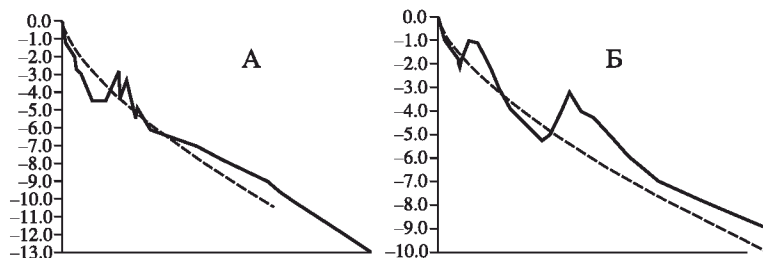


Рис. 3. Соотношение естественных профилей рельефа дна в прибрежной зоне южной части Куршской косы (сплошная линия) и профилей динамического равновесия (пунктир)

А – проксимальная область аккумулятивной формы, Б – район пос. Лесной

Хотя обострение дефицита наносов в береговой зоне Куршской косы явление эфемерное, но его возникновение всегда сопровождается разрушением берега. Для территорий, имеющих статус объекта природного наследия ЮНЕСКО, это нежелательно, и потому морской берег косы в настоящее время нуждается в защите.

Управление береговыми процессами на морском побережье Куршской косы для целей берегозащиты. Для защиты берегов Самбийского полуострова применены различные сооружения, в т. ч. “пассивного” типа. Последние оказались недостаточно эффективными [3] и потому при решении задачи предупреждения размыва

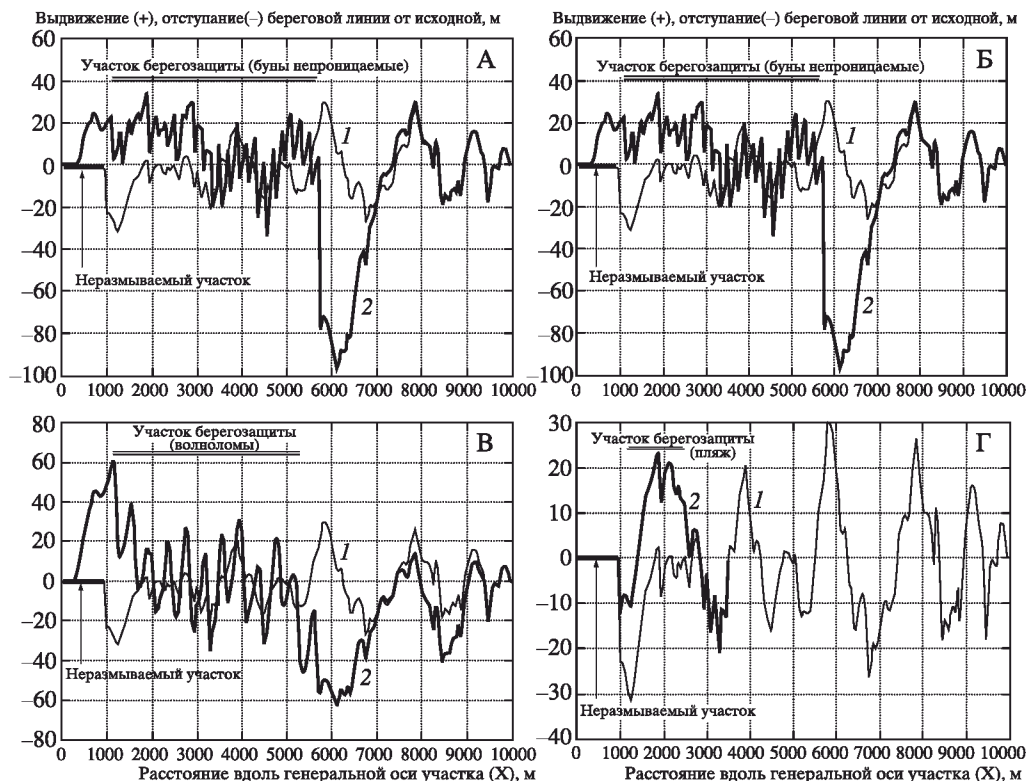


Рис. 4. Изменение планового положения береговой линии южной части Куршской косы

А – при защите берега непроницаемыми бунами и средних волновых нагрузках (срок работы сооружений – 20 лет, длина бун – 30 м, расстояние между бунами – 200 м), Б – то же проницаемыми бунами и средних волновых нагрузках (срок работы сооружений – 20 лет, длина бун – 30 м, расстояние между бунами – 200 м, проницаемость – 50%), В – то же прерывистым волноломом и средних волновых нагрузках (срок работы сооружений – 20 лет, ориентация волноломов – параллельно береговой линии, удаление от уреза – 80 м, длина волнолома – 100 м, расстояние между волноломами – 300 м), Г – при возведении искусственного песчаного пляжа и средних волновых нагрузках (срок работы сооружений – 20 лет, крупность наносов пляжа – 0,3 мм, выдвигание в море – 20 м). 1 – естественные условия, 2 – берегозащита

берегов Куршской косы целесообразно рассмотреть особенности развития ее морского берега при возведении сооружений “активного” типа: непроницаемых и проницаемых бун (рис. 4А, Б), волноломов (рис. 4В) и искусственных песчаных пляжей (рис. 4Г).

Рис. 4 убедительно показывает, что все три рассмотренных варианта берегозащитных мероприятий являются весьма эффективным решением задачи предупреждения размыва берегов Куршской косы. Правда, при возведении бун и строительстве прерывистого волнолома (последнее, заметим, более эффективно) следует предусмотреть защиту берегов в краевых зонах берегозащитного комплекса, т. к. изъятие части рыхлого материала в результате его накопления в межбунных карманах и в заволноломном пространстве влечет за собой размыв берега на смежном, лежащем ниже по направлению движения наносов участке. Что же касается питания береговой зоны пляжеобразующим материалом (в нашем случае это среднезернистые пески) и создания искусственного пляжа на участке г. Зеленоградск – пос. Лесной, то, поскольку территория города ограждена волноотбойной стенкой с променадом, искусственная аккумулятивная форма на протяжении около 2 км от Зеленоградска будет размываться, и это потребует ее периодического пополнения рыхлым материалом.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Свиридова Е.А., Марусин К.В., Хабидов А.Ш. Смягчение негативного воздействия морских вод на берега Куршской косы // Пробл. регион. экологии. 2010. № 3. С. 216–222.
2. Sviridova E.A., Marusin K.V., Khabidov A.Sh. et al. Evaluation of sediment deficit in Curonian Spit root, south-eastern part of the Baltic Sea // Artificial beaches, artificial islands and other structures in the coastal and offshore areas. Novosibirsk: Nauka. Siberian Branch. 2011. P. 297–303.
3. Бурнашов Е.М. Современная динамика и геоэкологическое состояние морского берега Калининградской области: Дис. ... канд. геогр. наук. Барнаул: ИВЭП СО РАН, 2011. 205 с.
4. Леонтьев И.О., Кошелев К.Б., Марусин К.В., Шибких А.А. Программные продукты для математического моделирования и прогнозирования береговых процессов волновой природы // Тр. межд. конф. “Создание и использование искусственных земельных участков на берегах и акватории водоемов” (Новосибирск, 20–25 июля 2009 г.). Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2011. С. 24–31.
5. Dean R.G. Equilibrium beach profiles. Characteristics and applications // Journ. of Coastal Research. 1991. V. 7. № 1. P. 53–84.
6. Жиндарев Л.А., Хабидов А.Ш., Тризно А.К. Динамика песчаных берегов морей и внутренних водоемов. Новосибирск: Наука. Сиб. отд-ние, 1998. 271 с.
7. Гурова Е.С. Морфология и динамика морских пляжей Калининградской области // Прибрежная зона моря: морфодинамика и геоэкология. Калининград: Изд-во КГУ, 2004. С. 85–86.

ИВЭП СО РАН, Барнаул
Московский государственный университет
Географический факультет

Поступила в редакцию
21.02.2012

COASTAL DYNAMICS OF THE CURONIAN SPIT WITHIN THE RUSSIAN PART OF THE SOUTHEASTERN BALTIC

A.Sh. KHABIDOV, L.A. ZHINDAREV, K.V. MARUSIN, E.A. SVIRIDOVA,
E.A. FEDOROVA, A.A. LYGIN

Summary

The coastal dynamics of the Curonian Spit, a large accretive landform with its eroded root, is discussed. For this area, the new data on the coastal development for the last 100 years were obtained; the characteristic of current coastal state was given; mathematical simulation of the coastal processes for assessment of the sediment deficit in the near shore zone was made. Evanescence of the sediment deficit phenomenon in the area under study is demonstrated. Here, even during rather short periods of the deficit increase, the development of wave-induced destructive processes is observed; therefore three major ways to mitigate the risk of coastal erosion (i.e. the construction of impenetrable or penetrable groins, a detached breakwater and an artificial beach) are considered, including the peculiarities of the spit shores development as a result of coastal protection activities.

УДК 551.435.323:551.438.5(470.26)

© 2013 г. Т.В. ШАПЛЫГИНА, И.И. ВОЛКОВА

ПРИРОДНАЯ И АНТРОПОГЕННАЯ ТРАНСФОРМАЦИЯ ЛАНДШАФТОВ И РЕЛЬЕФА КУРШСКОЙ И ВИСЛИНСКОЙ КОС

Общие сведения

Современная трансформация ландшафтов Куршской и Вислинской кос – результат сложного взаимодействия природных процессов, протекающих в контактной зоне море–суша, и антропогенных факторов, негативно воздействующих на протяжении длительного периода. Учитывая повышенный интерес к этим объектам как к территориям с высоким полиресурсным (в т. ч. рекреационным) потенциалом, можно прогно-