

В. П. Бобыкина, Ж. И. Стонт, А. В. Килесо

**ДЕФОРМАЦИИ МОРСКОГО БЕРЕГА КУРШСКОЙ КОСЫ
(ЮГО-ВОСТОЧНАЯ БАЛТИКА) ПОД ВОЗДЕЙСТВИЕМ ШТОРМОВ
ОСЕННЕ-ЗИМНЕГО СЕЗОНА 2018 – 2019 ГОДОВ**

Поступила в редакцию 19.03.2021 г.

Рецензия от 11.04.2021 г.

73

Шторм от северных румбов со скоростью ветра до 23 м/с, продолжительностью 10 ч, с высотой волн 7–8 м, сопровождавшийся подъемом уровня моря на 0,7 м, обрушился на побережье юго-восточной Балтики в январе 2019 г. Связанный с ним размыв берега российской части Куршской косы носил избирательный характер. Наиболее значительный отмечен на приграничном отрезке берега (авандюна отступила от 1 до 4,7 м), а также на прикорневом участке, где произошел прорыв авандюны с затоплением прилегающей территории. Зона между этими участками на протяжении 20 км оказалась относительно стабильна. Была выявлена корреляция между величинами штормовой деформации берега и морфометрическими характеристиками пляжа. Наибольший размыв сопряжен с участками с минимальными высотой и шириной пляжа: 0,3–1 м высоты и 3–17 м ширины на прикорневом участке и 1,6 м и 15–19 м соответственно – на приграничном с Литвой. На стабильном берегу в средней части обследованного участка косы пляж наиболее высокий (2–2,5 м) и широкий (до 60 м). Шторм 2019 г. и его последствия весьма схожи со штормом в январе 2012 г.

A northern storm with a wind speed of up to 23 m/s, lasting 10 hours, with a wave height of 7–8 m, accompanied by a rise in sea level by 0.7 m, hit the coast of the Southeastern Baltic Sea in January 2019. The coast of the Russian part of the Curonian Spit was selectively eroded. The most significant erosion was recorded in the near border part of the coast (the foredune retreated from 1 to 4.7 m), as well as in the root section, where the foredune broke through and the adjacent territory was flooded. The zone between these parts of the spit proved to be relatively stable for 20 km. The values of the storm deformation of the coast and the morphometric characteristics of the beach were found to correlate. The largest erosion is seen with areas with the minimum height and width of the beach: 0.3–1 m in height and 3–17 m in width at the root site and 1.6 m and 15–19 m, respectively, at the border with Lithuania. The beach is the highest (2–2.5 m) and widest (up to 60 m) on stable coastal areas in the middle of the surveyed section of the spit. The storm of 2019 and its aftermath are very similar to the storm in January 2012.

Ключевые слова: Балтийское море, Куршская коса, шторм, динамика берегов, береговая дюна, песчаный аккумулятивный берег

Keywords: the Baltic Sea, Curonian Spit, storm, coastal dynamics, coastal dune, sandy accumulative shore



Введение

Песчаная Куршская коса — пересыпь длиной 98 км (российская часть — 49 км) и шириной от 350 м до 4 км отделяет от Балтийского моря одноименный залив, соединяющийся через пролив с морем у г. Клайпеда. Коса обеспечивает более плавное сочленение зонального и меридионального простиранья берега юго-восточной части Балтики. В прикорневой части морской берег косы имеет северную экспозицию, а в центральной и восточной части — северо-западную. Характерным элементом рельефа морского берега является наличие защитного берегового донного вала (авандюны), к подножью которого примыкает тыльная часть пляжа.

74

В осенне-зимний период над Балтийским морем активизируется циклоническая деятельность. На южные, юго-восточные берега Балтики обрушиваются штормы, во время которых интенсивность литодинамических процессов достигает максимума. За относительно короткий промежуток времени в буферной зоне между сушей и морем происходит активная переработка берегов, особенно донных, что отмечается многими исследователями [1–12].

Большинство траекторий штормовых циклонов, проходящих над юго-восточной частью Балтийского моря, ориентированы с юго-запада на северо-восток и располагаются в пределах 50–60° с.ш. Особо опасными являются циклонические вихри с большими барическими градиентами, которые перемещаются со скоростью до 100 км/ч. При этом скорость ветров западных румбов достигает 25–28 м/с, в порывах до 40 м/с. При прохождении циклонов возможен подъем уровня моря у Калининградского побережья до опасных отметок 150 см БС. При этом наблюдается сильное волнение: высота волн в прибрежных районах составляет не менее 4 м, в открытом море — не менее 6 м [13]. Эти критерии определяют характеристики опасных явлений для морского побережья Калининградской области. Главенствующая роль в штормовых размывах берегов отводится максимальному поднятию уровня моря, энергия волнения играет второстепенную роль [8; 10; 14; 15].

В последние годы участились «ныряющие» циклоны, для которых характерна высокая скорость перемещения и особенная траектория, как правило, с севера на юг: от Норвежского моря через Ботнический залив, побережье стран Балтии, Калининградскую область и далее на Беларусь [8; 16]. Исходя из особенностей конфигурации Балтийского моря, ветры северных румбов, имеющие максимальный разгон (около 1000 км), вызывают волнение с наибольшим энергетическим потенциалом, что способствует их разрушительному воздействию на берега северной экспозиции Калининградской области. Так, в январе 2019 г. на юго-восточное побережье Балтийского моря обрушился мощный шторм, который вызвал деформацию донного берега и воздействовал на инфраструктуру курортных городов, расположенных на северном берегу Самбийского полуострова, а также прорвал и затопил прикорневую часть Куршской косы [16].

Цель работы — проанализировать штормовые условия осенне-зимнего сезона 2018–2019 гг. и выявить последствия для берегов на примере легко поддающегося размыву песчаного берега Куршской косы.

Материалы и методы

При анализе воздействия на побережье штормов осенне-зимнего сезона 2018–2019 гг., из которых самым разрушительным был «ныряющий» циклон в январе 2019 г., использованы среднечасовые данные по скорости и направлению ветра, полученные с автоматической гидрометеостанции (АГМС), установленной на нефтяной платформе в 22 км от морского побережья Куршской косы. Динамика уровня моря отслеживалась по данным автоматического самописца-мареографа, установленного на побережье в г. Светлогорске (рис. 1). Детальность записей позволяет поминутно отслеживать изменения уровня. Сопоставление с метеорологическими данными дает возможность комплексного анализа опасных ситуаций. Для анализа синоптической ситуации в юго-восточной части Балтийского моря использовались карты приземного атмосферного давления метеоцентра Бракнелл [17]. Траектория экстремального циклона восстановлена по модели расчета траекторий HYSPLIT [18]. Высота волн определялась по прогнозам Варшавского центра [19].

75



Рис. 1. Район исследования. Расположение гидрометеостанции и уровнемера показано треугольниками;

1mk – 10mk – положение стационарных береговых поперечников

Данные по динамике морского берега Куршской косы получены по материалам наземного мониторинга оставшихся 12 (из 13) стационарных береговых поперечников, привязанных к реперам, заложенным в 2003 г. АО ИО РАН (рис. 1). Выбор мест для закладки реперов осуществлялся по принципу равномерного охвата наиболее характерных морфодинамических участков. В рамках наземного мониторинга берегов АО ИО РАН выполняются ежегодные тригонометрические нивелировки с помощью тахеометра. Для получения количественной характеристики динамики размываемого берега косы в шторм в январе 2019 г. бралась разница в расстоянии (горизонтальное проложение) от репера до маркера – бровки уступа размыва авантюны – на нивелирных профилях съемок в августе 2018 г. (до шторма), а также в марте 2019 г. (после шторма). На стабильных или аккумулятивных участках берега с

этой целью бралась разница в расстоянии от репера до маркера — хорошо выраженного перегиба верхней части склона основной или молодой авандюны [20].

Полученные данные можно считать репрезентативными, поскольку летне-осенний период (август — сентябрь 2018 г.) характеризовался относительно спокойными гидрометеорологическими условиями. Наблюдавшиеся сильные (10–12 м/с) ветры не сопровождалось поднятием уровня моря, и результатом ветрового волнения была переработка разной интенсивности толщи песчаных наносов пляжа от уреза до вершины заплеска волн.

Результаты и обсуждение

В осенне-зимний период 2018–2019 гг. воздействие активных атлантических циклонов, определявших штормовую погоду в Юго-Восточной Балтике, началось в октябре 2018 г., когда было отмечено прохождение 4 циклонов продолжительностью более 1,5 суток, с ветрами западных румбов, скоростью до 25 м/с. Наблюдалось повышение уровня моря (максимальная отметка +64 см БС, Светлогорск). В ноябре господствовали антициклоны со сгонными ветрами восточных и южных румбов, что вызвало значительное понижение уровня моря. Минимальный уровень моря –94 см БС, Светлогорск. Последующая декабрьская серия штормовых атлантических циклонов с западными сильными ветрами вызвала нагон и поднятие уровня моря у берегов Юго-Восточной Балтики (до +19 см БС, Светлогорск).

В начале января 2019 г. на Балтийское море распространилось влияние циклона, траектория которого проходила вдоль восточного побережья: от Норвежского моря через Ботнический залив, к странам Балтии, Калининградской области и далее на Беларусь [18] (рис. 2). На побережье Калининградской области в тыловой части циклона наблюдалось усиление северного ветра до 20 м/с. Высота ветрового волнения у побережья Калининградской области составила 7–8 м от севера [19].



Рис. 2. Траектории циклона, вызвавшего разрушения на Калининградском побережье (2019.01.02) [18]



На момент начала шторма уровень моря колебался около ординара (рис. 3). С 06 ч 2 января, когда ветер усилился и зашел северным румбам ($350-10^\circ$), начался стремительный подъем уровня моря. За 12 ч уровень моря поднялся на 70 см и достиг максимума (+66 см БС).

С ослаблением скорости ветра начался спад уровня моря. Со сменой направления ветра с северного (прижимного) на восточные, южные и затем западные румбы уровень моря постепенно понизился.

Предшествующие осенние штормы 2018 г. с ветрами большей силы (скорость до 25 м/с) и продолжительностью свыше 40 ч не вызвали такого разрушения берегов. Порождаемые ими волны имели относительно небольшую длину разгона по сравнению с северными румбами. Высота ветрового волнения составила 4–6 м. При этом побережье, имеющее северную экспозицию, – Самбийский полуостров, прикорневая часть Куршской косы – оказывались в зоне ветровой и волновой тени.

77

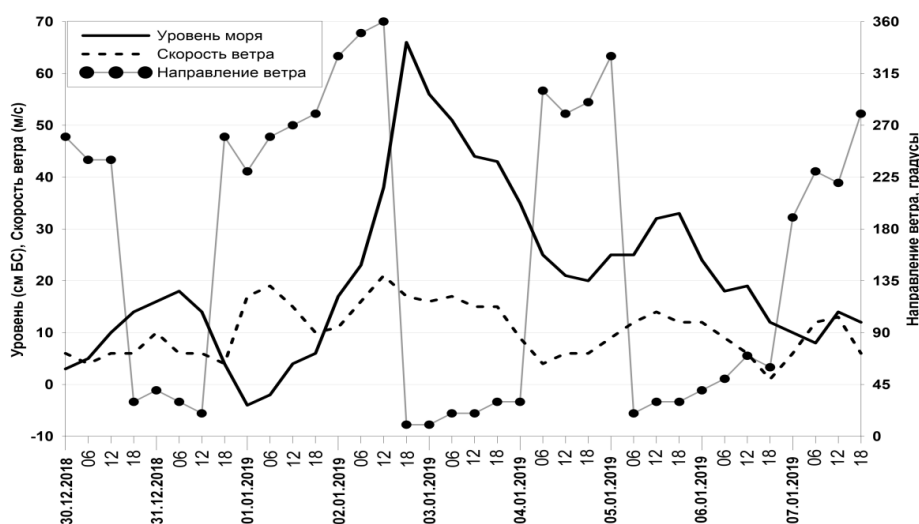


Рис. 3. Ход уровня моря, скорости и направления ветра во время январского шторма 2019 г.

Деформация дюнного берега по периметру во время шторма (январь 2019 г.) имела свои особенности (рис. 4). Максимальному размыву подвергся приграничный с Литвой участок косы. Здесь авандюна отступила от 1 до 4,7 м (Rp. 8mk, 9mk, 10mk), образовав уступ размыва высотой около 4 м. Размыву подвергся и прикорневой участок косы, в районе Зеленоградска. На окраине города смыло более 1 м склона авандюны, отмыв искусственную гряду из валунов в ее основании (Rp. 1mk), несмотря на то что после разрушительного шторма 2012 г. здесь в целях защиты берега в основании склона авандюны были уложены тетраподы. На пляж обрушилось несколько старых деревьев.

В 1 км восточнее Зеленоградска в шторм размывло авандюну на наиболее низком участке, разрушив слип из бетонных плит, уложенный

через авандюну, и затопив близлежащий лес и подъездную к берегу грунтовую дорогу. Вода стояла вровень с полотном единственной трассы Куршской косы.

На авандюне смыло около 3 м склона (Рр. 2mk), обнажив гряду из валунов, уложенную вдоль берега после разрушения авандюны и прорыва морских вод в январский экстремальный шторм 1983 г. и засыпанную сверху песком. Значительно уже стал пляж, сократившись с 15 до 3 м. Волногасящая конструкция из тетраподов, сооруженная вдоль берега в тыльной части пляжа, оказалась после шторма на линии уреза и сохраняла это положение спустя несколько месяцев. Прорыв штормовых волн наблюдался в этом месте и в шторм 2012 г. (несколько десятков метров восточнее). Тогда был также затоплен лес и подтоплена автотрасса [8].

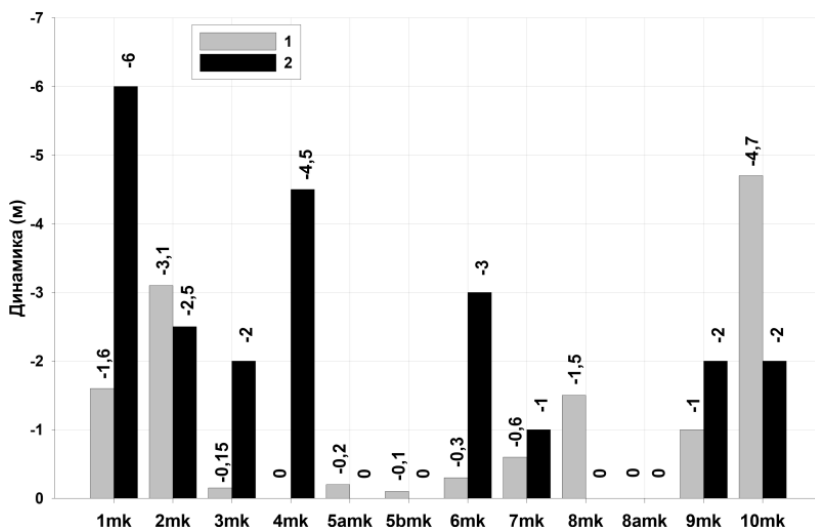


Рис. 4. Деформация по периметру морского донного берега Куршской косы: 1 – в шторм 2019 г.; 2 – в шторм 2012 г.

Средняя часть косы (Рр. 5amk, 5bmk, 6mk) на протяжении более 20 км оказалась относительно стабильна: 0 – –0,3 м.

Картина динамики берега в шторм 2019 г. в основном схожа с последствиями январского шторма 2012 г. также от северных румбов [8]. Наибольшему размыву подверглись краевые участки косы (Рр. 1–4mk и Рр. 9–10mk), а также участок турбазы «Хвойное» (Рр. 6–7mk). Выделяются два стабильных участка (Рр. 5a–5bmk). Значительные различия в штормовых размывах берега в пос. Лесной (Рр. 4mk) (–4 м в 2012 г. и 0 м в 2019 г.) обусловлены проведенными у основания склона авандюны берегозащитными работами и последующим строительством в тыльной части пляжа променада, взявшего на себя удар стихии. По сравнению с 2012 г. размыв приграничного участка берега (Рр. 9mk, 10mk) увеличился – с –2 м (2012) до –4,7 м (2019) (рис. 5).



Рис. 5. Динамика берега Куршской косы на приграничном с Литвой участке (Рр. 10mk). Бровка авандюны отступила на 4,7 м

Ширина пляжа по периметру берега в 2019 г. после шторма колебалась от 3 до 57 м (рис. 6). Минимальная — на участке штормовых прорывов в 1 км от Зеленоградска. Наибольшая (57 м) — на 30-м км (Рр. 8mk). В средней части косы ширина пляжа составляла 21–32 м (Рр. 3mk–6mk); на приграничном участке — 15–19 м.

Сравнение с параметрами пляжа в 2018 г. (до шторма) показало, что на большем протяжении берега ширина пляжа после шторма уменьшилась (рис. 6). На прикорневом участке косы — от г. Зеленоградска до пос. Лесной (Рр. 1mk–4mk) — пляж стал уже на 6–18 м; на 23–25 км косы (Рр. 5bmk, 6mk) западнее турбазы «Хвойное» — на 11–15 м; на 42–43 км косы (Рр. 9mk) — на 19–20 м. Исключение — 17–18 км косы (Рр. 5amk), где на стабильно-аккумулятивном участке пляж увеличился на 6–7 м.

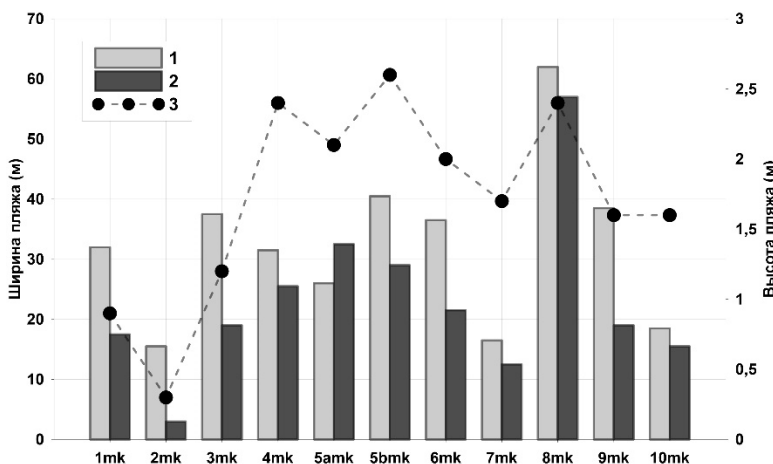


Рис. 6. Параметры пляжа морского берега Куршской косы на стационарных поперечниках:

1 — ширина пляжа в 2018 г.; 2 — ширина пляжа в 2019 г.; 3 — высота пляжа в 2019 г.



Возможность штормового размыва берега также зависит от высоты пляжа (превышение тыльной стороны пляжа над урезом), которая по периметру также колеблется. По измерениям 2019 г. самый низкий пляж у Зеленоградска, где на участке протяженностью 4 км он составляет 0,3–1 м (Rp. 1mk–4mk). В средней части косы (Rp. 4mk–8mk) она увеличивается до 2–2,5 м. На приграничном участке (Rp. 9mk–10mk), уменьшается до 1,6 м.

Такие особенности динамики берега и параметров пляжа могут быть предопределены особенностями вдольбереговых потоков наносов. Моделирование показало наличие в прикорневой части косы (Rp. 1mk–4mk) зоны дивергенции и, соответственно, оттока материала от берега на подводный склон в объеме до 40 тыс. м³/год [21]. Это отмечается также в работах [22–25]. На 18–23-м км российской части косы (Rp. 5amk–5bmk) берег устойчиво стабилен, и этот отрезок выделяется как область конвергенции вдольбереговых потоков [21].

Выводы

Штормы осенне-зимнего сезона 2018–2019 гг. вызвали деформации морского берега российского участка Куршской косы. В январский шторм 2019 г., продолжительностью 10 ч, волны высотой 7–8 м приходили от северных румбов, имели максимальную для Балтийского моря длину разгона и, соответственно, обладали высокой потенциальной энергией. Шторм сопровождался быстрым подъемом уровня на 70 см. Динамика берега в этот шторм носила неоднородный характер. Наибольшие разрушения наблюдались на краевых участках. На приграничном с Литвой участке размыв составил до 4,7 м. У Зеленоградска произошел прорыв авантюны, размыв до 1 м ее морского склона. Средняя часть косы на протяжении около 20 км осталась преимущественно относительно стабильной (0 – -0,3 м).

Прослеживается корреляция между динамикой и параметрами пляжа берега. Так, на краевых частях косы, подвергшихся наибольшему штормовому разрушению, пляжи более узкие и менее высокие. На прикорневом 4-километровом участке ширина пляжа от 3 до 20 м, высота – 0,3–1 м. Именно к этому месту приурочен прорыв авантюны и затопление близлежащего леса. После шторма здесь построена экспериментальная берегозащитная стенка типа «Elastocoast». Аварийное состояние участка связано с его положением в области дивергенции и общим дефицитом наносов [21; 26]. Этому способствует и геологическое строение юго-западного крыла косы [27–29]. На восточном приграничном участке, начиная от пос. Морского, ширина пляжа составляла 15–20 м, а высота – 1,5 м.

В средней части косы, где пляж отличается большей шириной, достигая 57 м и высоты до 2,5 м, берег остался стабильным или испытал слабый размыв. Это связано вероятнее всего с положением в области конвергенции вдольберегового потока наносов [21].

Увеличение количества штормов в Юго-Восточной Балтике (+2 шторма/период, 2005–2019 гг.) [30], положительный тренд штормовых на-



гонов, отмеченный для Южной Балтики [31] и рост уровня у Калининградского побережья Балтийского моря со скоростью, которая в последние годы стала особенно значительной (до 4,5 мм/год за период 1961–2018 гг.) [32], позволяют прогнозировать активизацию динамики берегов, в том числе и Куршской косы. На прикорневом участке косы при аналогичных штормовых условиях можно ожидать дальнейших повторений чрезвычайной ситуации.

Авторы выражают благодарность ООО «ЛУКОЙЛ-КМН» за предоставление методических данных и Лаборатории воздушных ресурсов NOAA (ARL) за возможность использования модели расчета траекторий HYSPLIT.

Анализ и интерпретация данных выполнены в рамках госзадания ИО РАН (тема № 0128-2021-0015), сбор и обработка гидрометеорологических материалов – при финансовой поддержке гранта РФФИ № 19-45-390012. Береговой мониторинг проведен при поддержке гранта РФФИ № 18-05-01145.

Список литературы

1. Болдырев В.Л., Лащенко В.М., Рябкова О.И. Штормовая переработка берегов Калининградского побережья Балтийского моря // Вопросы динамики и палеогеографии Балтийского моря. Т. 1, ч. 1. Вильнюс, 1990. С. 97–127.
2. Кирлис В. Й. Воздействие ураганных (экстремальных) штормов на отмельные песчаные берега юго-восточной части Балтийского моря // Вопросы динамики и палеогеографии Балтийского моря. Т. 1, ч. 1. Вильнюс, 1990. С. 83–96.
3. Болдырев В.Л., Бобыкина В.П., Бурнашев Е.М. Состояние берегов Куршской косы после зимнего штормового периода // Проблемы изучения и охраны природного и культурного наследия национального парка «Куршская коса»: сб. науч. ст. / сост. И.П. Жуковская. Калининград, 2008. Вып. 6. С. 105–114.
4. Łabuz T.A., Grunewald R., Bobykina V. et al. Coastal dunes of the Baltic Sea shores: a review // Quaestiones Geographicae. 2018. №37 (1). P. 47–71.
5. Jarmalavičius D., Žilinskas G., Pupienis D. Stipraus štormo "Feliksas" // Geologija. Geografija. 2015. Т. 1, №1. P. 11–21.
6. Jarmalavičius D., Šmatas V., Stankūnavičius G. et al. Factors controlling coastal erosion during storm events // Journal of Coastal Research. 2016. №75 (Si). P. 1112–1116.
7. Бобыкина В.П., Стонт Ж.И. Сравнение воздействия на берега Куршской косы сильных штормов 2007 и 2012 годов // Проблемы изучения и охраны природного и культурного наследия национального парка «Куршская коса»: сб. науч. ст. / сост. И.П. Жуковская. Калининград, 2014. Вып. 10. С. 173–181.
8. Бобыкина В.П., Стонт Ж.И. О зимней штормовой активности 2011–2012 гг. и ее последствиях для побережья Юго-Восточной Балтики // Водные ресурсы. 2015. Т. 42, №3. С. 322–328.
9. Бобыкина В.П., Стонт Ж.И., Карманов К.В. Особенности динамики морского берега Куршской косы в зимний период 2013–2014 годов // Проблемы изучения и охраны природного и культурного наследия национального парка «Куршская коса»: сб. науч. ст. / сост. И.П. Жуковская. Калининград, 2015. Вып. 11. С. 69–78.
10. Tyllkowski J. The temporal and spatial variability of coastal dune erosion in the Polish Baltic coastal zone // Baltica. 2017. Vol. 30 (2). P. 97–106.
11. Ryabchuk D., Sergeev A., Burnashev E. et al. Coastal processes of the Russian Baltic (eastern Gulf of Finland and Kaliningrad area) // Quarterly Journal of Engineering Geology and Hydrogeology. 2020. №54 (1). doi: <https://doi.org/10.1144/qjegh2020-036>.



12. Бобыкина В.П., Чубаренко Б.В. Роль штормов в динамике берегов Юго-Восточной Балтики (на примере Куршской косы) / Закономерности формирования и воздействия морских, атмосферных опасных явлений и катастроф на прибрежную зону РФ в условиях глобальных климатических и промышленных вызовов («Опасные явления»): матер. Междунар. науч. конф. (г. Ростов-на-Дону, 13–23 июня 2019 г.). Ростов н/Д, 2019. С. 16–18.

13. Морские гидрометеорологические явления. URL: <http://meteo39.ru/kriterii-oua.html> (дата обращения: 03.03.2021).

14. Баюкова Е.Н., Соловьева Г.Д. Прибрежные эоловые формы и колебания уровня моря // Океанология. 2015. Т. 55, №1. С. 139–146.

15. Héquetto A., Ruz M.-N., Zemmour A. et al. Alongshore variability in coastal dune erosion and post-storm recovery, Northern Coast of France // Journal of Coastal Research. 2019. №88 (Si). P. 25–45.

16. Стонт Ж.И., Ульянова М.О., Крек Е.В. и др. Штормовая активность в осенне-зимний период 2018–2019 гг. в юго-восточной части Балтийского моря // Известия Калининградского государственного технического университета. 2019. №53. С. 61–72.

17. Карты приземного атмосферного давления. URL: www.metoffice.gov.uk (дата обращения: 25.11.2020).

18. Модель расчета траекторий HYSPLIT. URL: https://ready.arl.noaa.gov/HYSPLIT_traj.php (дата обращения: 29.11.2020).

19. Прогноз волнения Балтийского моря. URL: www.meteo.pl/wamcoamps/ (дата обращения: 01.01.2019).

20. Бобыкина В.П. К методике наземного мониторинга берегов // Вестник Балтийского федерального университета им. И. Канта. Сер.: Естественные и медицинские науки. 2018. №4. С. 87–93.

21. Леонтьев И.О., Акивис Е.М. Моделирование вдольбереговых потоков наносов у юго-восточного побережья Балтийского моря // Береговая зона – взгляд в будущее: матер. XXV междунар. конф. М., 2014. Т. 1. С. 81–84.

22. Жиндарев Л.А., Хабидов А.Ш., Тризно А.К. Динамика песчаных берегов морей и внутренних водоемов. Новосибирск, 1998.

23. Бабаков А.Н. Пространственно-временная структура течений и миграций наносов в береговой зоне юго-восточной Балтики (Самбийский полуостров и Куршская коса): дис. ... канд. геогр. наук. Калининград, 2003.

24. Сергеев А.Ю. История геологического развития Куршской косы в голоцене и современные литодинамические процессы в береговой зоне: автореф. дис. ... канд. геол.-минерал. наук. СПб., 2015.

25. Krek A., Stont Z., Ulyanova M. Alongshore bed load transport in the southeastern part of the Baltic Sea under changing hydrometeorological conditions: Recent decadal data // Regional Studies in Marine Science. 2016. №7. P. 81–87.

26. Жамойда В.А., Рябчук Д.В., Кропачев Ю.П. и др. Проявления современных литодинамических процессов в береговой зоне Куршской косы // Проблемы изучения и охраны природного и культурного наследия национального парка «Куршская коса»: сб. науч. ст. / сост. И.П. Жуковская. Калининград, 2008. Вып. 6. С. 149–164.

27. Харин Г.С. Геология Куршской косы // Куршская коса. Калининград, 2008. С. 101–122.

28. Harin G. S., Harin S. G. Geological structure and composition of the Curonian Spit (Baltic Sea) // Lithology and Minerals. 2006. №4. P. 354–361.

29. Badyukova E. N., Zindarev L. A., Lukyanova S. A., Solovieva G. D. Structure of the South-Western Part of the Curonian Spit // Archives of Hydro-Engineering and Environmental Mechanics. 2018. Vol. 65, №2. P. 109–122.



30. Стонт Ж.И., Буканова Т.В., Крек Е.В. Изменчивость климатических характеристик прибрежной части Юго-Восточной Балтики в начале XXI века // Вестник Балтийского федерального университета им. И. Канта. 2020. №1. С. 81–94.

31. Furmanczyk K., Dudzinska-Nowak J. Effects of extreme storms on coastline change: a southern Baltic example // Journal of Coastal Research. 2009. SI 56 : proceedings of the 10th International Coastal Symposium. P. 1637–1640.

32. Стонт Ж.И., Навроцкая С.Е., Чубаренко Б.В. Многолетние тенденции изменчивости гидрометеорологических характеристик в Калининградском регионе // Океанологические исследования. 2020. Т. 48, №1. С. 45–61.

Об авторах

Валентина Петровна Бобыкина — канд. геогр. наук, ст. науч. сотр., Институт океанологии им. П.П. Ширшова РАН, Россия.

E-mail: bobyval@mail.ru

Жанна Ивановна Стонт — канд. геогр. наук, ст. науч. сотр., Институт океанологии им. П.П. Ширшова РАН; науч. сотр., Балтийский федеральный университет им. И. Канта, Россия.

E-mail: ocean_stont@mail.ru

Александр Владимирович Килесо — ст. преп., Балтийский федеральный университет им. И. Канта; мл. науч. сотр., Институт океанологии им. П.П. Ширшова РАН, Россия.

E-mail: aleksandr.kilesogmail.com

The authors

Dr Valentina P. Bobykina, PhD, senior researcher, Shirshov Institute of Oceanology, Russian Academy of Sciences, Russia.

E-mail: bobyval@mail.ru

Dr Zhanna I. Stont, PhD, senior researcher, Shirshov Institute of Oceanology, Russian Academy of Sciences; Researcher, Immanuel Kant Baltic Federal University, Russia.

E-mail: ocean_stont@mail.ru

Alexander V. Kilesog, Senior Lecturer, Immanuel Kant Baltic Federal University; Junior Researcher, Shirshov Institute of Oceanology, Russian Academy of Sciences, Russia.

E-mail: aleksandr.kilesogmail.com