

УДК 551.435.727 (470.26)

КОТЛОВИНЫ ВЫДУВАНИЯ НА МОРСКОМ БЕРЕГУ КУРШСКОЙ И ВИСЛИНСКОЙ КОС (НА РОССИЙСКОЙ ТЕРРИТОРИИ)

© 2021 г. К. В. Карманов^{1,*}, Е. М. Бурнашов^{1,**}

¹ Государственное бюджетное учреждение Калининградской области “Балтберегозащита”, Светлогорск, Россия

*E-mail: konstantin.karmanoff@yandex.ru

**E-mail: burnashov_neo@mail.ru

Поступила в редакцию 23.12.2019 г.

После доработки 06.03.2020 г.

Принята к публикации 06.10.2020 г.

Куршская и Вислинская косы (Балтийское море, Калининградская область) образовались и развивались в схожих природно-климатических условиях, но дефляционные процессы на их морских берегах идут с разной интенсивностью, а формы дефляционного рельефа, совпадая по типам, различаются по количественным показателям. С целью определения и сравнения количественных и качественных характеристик дефляционных котловин на морских береговых дюнах Куршской и Вислинской кос (геоморфологически схожих, но имеющих разный природоохранный статус) были выполнены полевые работы. В 2019 г. на 25 км российской части Вислинской косы зафиксировано 330 котловин, что составляет в среднем 13.8 на 1 км; на дюнах Куршской косы в 2016 г. — 333 котловины на 49 км или в среднем 7.1 на 1 км. Двукратное преобладание на Вислинской косе связано с отсутствием регулирования туристической деятельности, в отличие от Куршской косы, имеющей статус особо охраняемой природной территории. Сравнительный анализ котловин Куршской и Вислинской кос показал, что тенденция развития дефляционных процессов определяется природно-климатическими условиями, а антропогенная деятельность влияет на интенсивность протекания дефляции.

Ключевые слова: береговые дюны, дефляция, дефляционные котловины, Балтийское море

DOI: 10.31857/S0435428121010053

ВВЕДЕНИЕ

Самыми крупными береговыми аккумулятивными формами на побережье Балтийского моря являются Куршская и Вислинская косы с образованиями типа пересыпей, которые сформировались во время литориновой трансгрессии [1].

Протяженность Куршской косы составляет 98 км, в пределах Калининградской области — 49 км, в том числе в границах Национального парка “Куршская коса” — 47 км. Протяженность Вислинской косы составляет 60 км. Северо-восточная часть косы протяженностью 25 км расположена в пределах Калининградской области и носит название Балтийская коса [2–4].

На каждой из кос за морским пляжем располагаются береговые дюны. Береговые дюны могут быть представлены авандюной, приуроченной к зоне современной эоловой аккумуляции и формируемой из песка, сдуваемого с пляжа, и дюнным валом — мощной песчаной грядой, сформированной на Куршской косе большей частью искусственно, а на Вислинской косе за счет эолово-дефляционных факторов, либо только дюнным

валом на участках берега с дефицитом песчаных наносов [1, 5–7]. В настоящее время дюнный вал уже не является сплошным, он изрезан дефляционными котловинами.

Изучение дефляционных процессов на песчаных берегах имеет важное значение для определения образуемых ими форм рельефа и причин их возникновения. В научной литературе упоминается лишь 2–4 типа дефляционных котловин [8–11]. Однако многообразие их форм и типов на Куршской и Вислинской косах намного больше. Изучение котловин и сравнительный анализ на обеих косах позволит определить закономерности их формирования (размеров и других параметров), а также выработать рекомендации по восстановлению береговых дюн.

Обе косы развивались на протяжении нескольких тысячелетий в схожих климатических условиях. Это позволяет ожидать, что дефляционные формы рельефа на поверхности морских береговых дюн будут иметь схожие очертания и параметры для той части дефляционных форм, которые независимо от причины возникновения

(нарушения, внесенные человеком) развивались естественным путем [10, 12]. Поскольку для обеих кос действует различный режим туристического посещения, безусловно, ожидается разница, связанная именно с рекреационной составляющей.

В данной работе представлен результат сравнительного анализа дефляционных форм рельефа (котловин выдувания) морских береговых дюн Куршской и Вислинской кос в пределах Калининградской области.

МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЯ

Местоположение дефляционных котловин определялось визуально по спутниковым снимкам 2014, 2017 и 2018 г. ресурса Google Earth. Котловины маркируются тенью на дюнах и участками без растительности. Для определения точного количества дефляционных котловин в ходе полевых работ 2016 и 2019 г. на Куршской и Вислинской косах были уточнены координаты установленных котловин и определены координаты новых.

На каждой дефляционной котловине был осуществлен комплекс работ, состоящий из четырех основных этапов, а именно:

- определение географических координат котловины;
- определение положения котловины в пределах элементов береговых дюн;
- измерение морфометрических параметров котловины;
- фотографирование дефляционных котловин.

Положение дефляционной котловины определялось на таких элементах дюн как морской склон, вершина, тыльный склон. Были выделены следующие варианты расположения: только на морском склоне; только на вершине; только на тыльном склоне; на морском склоне и вершине; на вершине и тыльном склоне; в пределах всех элементов. Измерялась максимальная глубина котловины, длина (протяженность длинной оси котловины) и ширина (протяженность вдоль короткой оси котловины в нижней и верхней частях). Фотографирование выполнялось с целью создания фотоархива дефляционных котловин Куршской и Вислинской кос. Котловины, имеющие небольшой размер и занимающие один элемент береговой дюн, фотографировались с четырех сторон света в направлении к центру котловины. Котловины, расположенные на нескольких элементах, фотографировались также с пляжа, либо вдоль длинной оси вытянутых котловин [13].

Определение типов котловин выполнялось в соответствии с классификацией, представленной в табл. 1.

КЛАССИФИКАЦИЯ ДЕФЛЯЦИОННЫХ КОТЛОВИН ВИСЛИНСКОЙ КОСЫ

В ходе проведенного анализа 330 котловин, выявленных в результате полевых обследований морских береговых дюн российской части Вислинской косы в 2019 г., и распределения котловин по их типам в соответствии с авторской классификацией получены следующие результаты.

На береговых дюнах котловины выдувания чаще всего занимают вершину и фронтальный склон, образуя полусквозные формы (40.1%). На поверхности дюн располагаются 32.1% всех котловин, в пределах фронтального склона – 12.8%. Меньше всего встречается сквозных, полусквозных тыльных и тыльных, что говорит о преобладании в районе Вислинской косы ветров, дующих с моря (западных румбов) или вдоль косы (северных или южных румбов) (табл. 2).

На Вислинской косе чаще всего встречаются диагонально ориентированные относительно к береговой линии котловины (68.5%). Реже встречаются параллельные (7.6%) и округлые (9.8%) котловины; перпендикулярно вытянуты 14.1% (табл. 2). Такое распределение говорит о разнонаправленном воздействии ветров, дующих как со стороны моря, так и вдоль Куршской косы, в зависимости от сезона года. Преобладание перпендикулярных котловин над продольными почти в 2 раза имеет исключительно антропогенный характер, связанный с большим количеством выходов, протоптанных отдыхающими к морю через береговые дюны.

В пределах российской части Вислинской косы почти половина всех дефляционных котловин имеет овальную форму (46.2%). Среди остальных преобладают спрямленные (19.0%); округлых всего 9.8%, а изогнутых – 11.3% (табл. 2). Появление изогнутых обычно связано с густой кустарниковой растительностью участков, которые менее подвержены выдуванию, чем незакрепленные. Ветер в котловине огибает препятствия, формируя изгибы (крючки, полумесяцы и др.).

Распределение горловинных котловин показало, что сужающихся (13.1%) намного больше, чем расширяющихся (0.6%). Так как все они встречаются в основном на морском склоне и на ее вершинах, преобладание сужающихся котловин над расширяющимися скорее всего также связано с антропогенным влиянием. Туристы, выходя по узким тропам к вершине дюн, спускаются к морю и возвращаются по фронтальному склону, провоцируя его осыпание и образуя в основании береговых дюн широкий проход, а в верхней части – узкий. По форме поперечного профиля на Вислинской косе корытообразные котловины (79.5%) преобладают над V-образными (20.5%) (табл. 2).

Таблица 1. Таблица типов дефляционных котловин

| Классификация | Тип котловины | Краткое описание типа |
|--|--------------------------------|---|
| 1. По расположению на береговых дюнах | 1.1. Фронтальные | Располагаются на морском склоне |
| | 1.2. Поверхностные | Располагаются на поверхности (вершине) |
| | 1.3. Тыльные | Располагаются со стороны тыльного склона |
| | 1.4. Полусквозные фронтальные | Располагаются на морском склоне и вершине |
| | 1.5. Полусквозные тыльные | Располагаются на вершине и тыльном склоне |
| | 1.6. Сквозные | Располагается на всех элементах |
| 2. По расположению относительно береговой линии моря | 2.1. Параллельные | Длинная ось параллельна морю |
| | 2.2. Перпендикулярные | Длинная ось перпендикулярна морю |
| | 2.3. Диагональные | Длинная ось находится под углом в пределах 10–80°, либо 100–170° к береговой линии |
| 3. По форме в плане | 2.4. Округлые | Котловина имеет округлую форму |
| | 3.1. Округлые | Длина не превышает ширину более чем на 10% |
| | 3.2. Овальные | Длина превышает ширину более чем на 10% |
| | 3.3. Горловинные расширяющиеся | Котловина расширяется в направлении от моря к суше |
| | 3.4. Горловинные сужающиеся | Котловина сужается в направлении от моря к суше |
| | 3.5. Спрявленные | Овальная котловина с одинаковой шириной по всей длине |
| 4. По форме поперечного профиля | 3.6. Изогнутые | Длинная ось котловины изогнута |
| | 4.1. V-образная | Боковые склоны котловины имеют угол $\geq 30^\circ$ при этом высота котловины больше ее ширины в нижней части |
| 5. По размеру, в зависимости от объема | 4.2. Корытообразные (пологие) | Боковые склоны котловины имеют угол $< 30^\circ$ |
| | 5.1. Малые | Объем котловины $\leq 100 \text{ м}^3$ |
| | 5.2. Средние | $100 \text{ м}^3 \leq \text{Объем котловины} \leq 1000 \text{ м}^3$ |
| | 5.3. Крупные | $1000 \text{ м}^3 \leq \text{Объем котловины} < 10000 \text{ м}^3$ |
| | 5.4. Очень крупные | Объем котловины $> 10000 \text{ м}^3$ |

Как показывают многолетние наблюдения, увеличение V-образных котловин приводит к их переформированию в корытообразные, так как высота дюн обычно ограничивается 10–15 м, а их ширина и протяженность много больше. Со временем высота котловины становится меньше ширины ее основания и приобретает форму пологого корыта.

Учитывая результаты измерений всех 330 котловин выдувания и оценки их объема установлено, что наиболее приемлемым оказалось распределение размерности (крупности) котловин по универсальной условной системе в зависимости от объема котловины с шагом, кратным 10.

Малых дефляционных котловин, объем которых не превышал 100 м^3 , встретилось больше всего – 42.5%. На втором месте котловины среднего размера (от 100 до 1000 м^3) – 34.3%. Крупные котловины объемом от 1000 до 10000 м^3 составили

21.4% на Вислинской косе, вот очень крупных котловин (более 10000 м^3) всего 1.8% (табл. 2).

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ КОТЛОВИН ВЫДУВАНИЯ КУРШСКОЙ И ВИСЛИНСКОЙ КОС

Анализ 333 котловин Куршской косы подробно изложен в статье [13].

Сравнительный анализ котловин выдувания на обеих косах заключается в сопоставлении общего количества всех котловин и в их распределении в соответствии с классификацией (табл. 1). Несмотря на сходство строения и происхождения, у каждой косы есть свои особенности, которые в современных условиях приводят к возникновению различий в дефляционных формах на поверхности морских береговых дюн. Прежде всего очевидно, что котловины выдувания на

Таблица 2. Распределение дефляционных котловин по типам

| Вид котловины | % от общего количества |
|---|------------------------|
| по расположению на береговых дюнах | |
| Полусквозная фронтальная | 40.1 |
| Поверхностная | 32.1 |
| Фронтальная | 12.8 |
| Сквозная | 8.6 |
| Тыльная | 4.0 |
| Полусквозная тыльная | 2.4 |
| по расположению относительно береговой линии | |
| Диагональная | 68.5 |
| Перпендикулярная | 14.1 |
| Округлая | 9.8 |
| Параллельная | 7.6 |
| по форме в плане | |
| Овальная | 46.2 |
| Спрямоугольная | 19.0 |
| Горловинная сужающаяся | 13.1 |
| Изогнутая | 11.3 |
| Округлая | 9.8 |
| Горловинная расширяющаяся | 0.6 |
| по форме поперечного профиля | |
| Корытообразная | 79.5 |
| V-образная | 20.5 |
| по размеру | |
| Малая | 42.5 |
| Средняя | 34.3 |
| Крупная | 21.4 |
| Очень крупная | 1.8 |

Таблица 3. Сравнение количества котловин на Куршской и Вислинской косах

| Параметр | Куршская коса | Вислинская коса |
|------------------------------------|---------------|-----------------|
| Протяженность, км | 47 | 24 |
| Количество котловин | 333 | 330 |
| Количество котловин на 1 км берега | 7.1 | 13.8 |

Вислинской косе встречаются почти в 2 раза чаще, чем на Куршской (табл. 3).

Наибольшая плотность котловин приходится на 10-километровый отрезок северной части Вислинской косы, что связано с интенсивной антропогенной нагрузкой в виде так называемого “дикого” отдыха туристов. В сторону польской границы плотность котловин уменьшается.

Такого различия в плотности котловин связано с разным уровнем и статусом регулирования антропогенной деятельности на косах. Куршская коса является особо охраняемой природной территорией и имеет федеральный статус национального парка Российской Федерации, а Вислинская коса такого статуса не имеет и деятельность на ее территории регулируется только деятельностью военных и муниципальной власти.

Что касается сравнительного анализа форм дефляционных котловин, их месторасположения и размеров, то на обеих косах встречаются все типы котловин авторской классификации. Это позволило произвести детальный анализ, результаты которого изложены ниже.

Среди котловин выдувания на Куршской и Вислинской косах преобладают поверхностные и полусквозные фронтальные. Однако преобладание сквозных и полусквозных фронтальных на Вислинской косе говорит о большем, чем на Куршской косе, негативном воздействии (рис. 1, а).

По расположению относительно береговой линии на косах больше всего встречается диагональных котловин. Такое сходство говорит об одинаковом воздействии ветров, дующих как со стороны моря, так и вдоль берега (рис. 1, б). Различия сводятся только к тому, что диагональных котловин больше на Вислинской косе, а другие формы чаще встречаются на Куршской косе.

На береговых дюнах обеих кос распределение котловин по форме практически идентично (рис. 1, в). Таким образом, дефляционные формы рельефа везде развиваются под действием одинаковых природных факторов, и иные факторы, в том числе и антропогенные, не оказывают существенного влияния на форму котловин. Исключение составляют только котловины горловинных форм, которые напрямую зависят от антропогенного воздействия. При этом общее их количество почти совпадает. По форме поперечного профиля котловины обеих кос тоже имеют схожую тенденцию – преобладание корытообразных над V-образными (рис. 1, г).

Распределение котловин по размеру имеет сходство только в количестве малых котловин (рис. 1, д). Малые котловины являются молодыми. Они либо перерастают в средние, либо зарастают и исчезают. Это также показывает, что эоловые процессы на обеих косах протекают с одинаковой интенсивностью.

Различия в распределении дефляционных котловин Куршской и Вислинской кос по крупности показывают разницу в результатах регулирования антропогенной деятельности на схожих природных объектах.

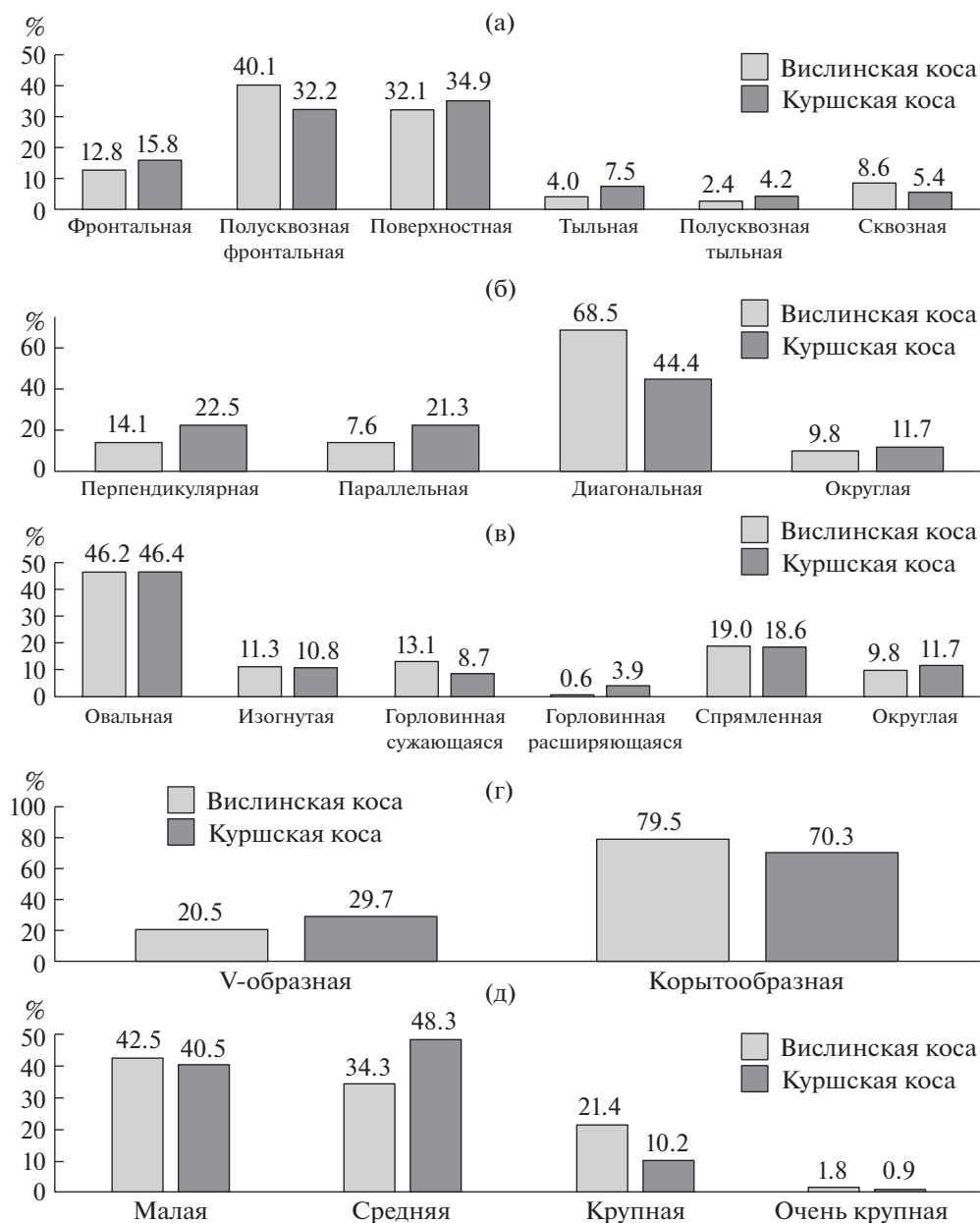


Рис. 1. Диаграмма распределения дефляционных котловин:

(а) – по расположению на береговых дюнах, %; (б) – по расположению относительно береговой линии; (в) – по форме в плане, %; (г) – по форме поперечного профиля, %; (д) – по размеру, %.

Большее количество крупных и очень крупных котловин на Вислинской косе говорит о плохом, по сравнению с Куршской косой, регулировании антропогенной нагрузки. А преобладание на Куршской косе котловин средних размеров показывает, что административное управление национального парка косы, хоть и принимает регулярные меры по обустройству переходов через береговые дюны, по стабилизации и заделки десятков котловин, но в условиях увеличения потока туристов этих мер не достаточно.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Сравнительный анализ котловин выдувания в пределах морских береговых дюн Вислинской и Куршской кос показал практически полное совпадение зафиксированных классов котловин. Для обеих кос характерно, что на береговых дюнах наиболее часто встречаются котловины, классифицируемые как полусквозные фронтальные или поверхностные, малого или среднего размера, расположенные по диагонали к береговой ли-

нии моря, имеющие овальную форму в плане и корытообразную форму поперечного профиля.

Для Вислинской косы по сравнению с Куршской косой характерны большая плотность котловин, большее количество крупных и очень крупных котловин и большее количество сквозных и полусквозных котловин. Эти особенности указывают на то, что дефляционные процессы на Вислинской косе протекают значительно интенсивнее, чем на Куршской.

Обе косы находятся в одинаковых природно-климатических условиях, которые определяют тенденцию развития дефляционных форм рельефа. Причиной развития на Вислинской косе дефляционных процессов опережающими темпами служит отсутствие регулирования антропогенной (а именно туристической) деятельности. Вислинскую косу ежегодно посещает в 3 раза меньше туристов, чем Куршскую косу. В то же время из-за отсутствия регулирования туристической деятельности туристы на Вислинской косе оказывают большее, чем на Куршской косе, негативное воздействие на береговые дюны (например, передвигаются по дюнам на внедорожниках и квадроциклах). На Куршской косе интенсивность развития дефляционных процессов значительно снижена (благодаря статусу Национального парка и объекта всемирного наследия ЮНЕСКО) за счет административного регулирования антропогенной деятельности и своевременного принятия необходимых практических мер по защите и восстановлению морских береговых дюн.

Опробованная на морских берегах Куршской и Вислинской косах классификация дефляционных котловин универсальна для всех типов береговых дюн. Классификация пригодна для любых аккумулятивных береговых форм (кос, пересыпей, баров, стрел и др.), сложенных из песчаных рыхлых материалов и имеющих в тыльной части пляжа авандюну и дюнный вал.

БЛАГОДАРНОСТИ

Исследование выполнено при поддержке РФФИ, проект № 18-05-01145. Авторы благодарят Б.В. Чубаренко за высказанные замечания.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бадюкова Е.Н., Жиндарев Л.А., Лукьянова С.А., Соловьева Г.Д. Развитие барьерно-лагунных систем юго-восточной Балтики // *Океанология*. 2008. Т. 48. № 4. С. 641–647.
2. Болдырев В.Л., Бобыкина В.П. Общие черты морфологии и динамики Вислинской косы // *Экологические проблемы Калининградской области и Балтийского региона*. Калининград: Изд. КГУ, 2001. С. 88–92.
3. Бадюкова Е.Н., Варущенко А.Н., Соловьева Г.Д. История развития Вислинской косы в голоцене // *Океанология*. 1996. Т. 36. № 5. С. 769–773.
4. Шаплыгина Т.В. Геоэкологическая оценка состояния природных комплексов Куршской и Вислинской кос. Дис. ... канд. геогр. наук. Калининград: РГУ им. И. Канта, 2010. 197 с.
5. Гозберидзе Г.Г., Жамойда В.А., Нестерова Е.Н., Рябчук Д.В., Спиридонов М.А. Глоссарий по кадастру береговой (прибрежной) зоны. СПб.: Изд. РГГМУ, 2008. 61 с.
6. Бадюкова Е.Н., Жиндарев Л.А., Лукьянова С.А., Соловьева Г.Д. Геолого-геоморфологическое строение Балтийской (Вислинской) косы // *Океанология*. 2011. Т. 51. № 4. С. 657–682.
7. Бадюкова Е.Н., Жиндарев Л.А., Лукьянова С.А., Соловьева Г.Д. Эоловый морфогенез в береговой зоне юго-восточного побережья Балтийского моря // *Геоморфология*. 2012. № 4. С. 33–40.
8. Выхованец Г.В. Эоловый процесс на морском берегу. Одесса: Астропринт, 2003. 368 с.
9. Abhara K.C., Walkera I.J., Hesp P.A., and Garese P.A. Spatial-temporal evolution of aeolian blowout dunes at Cape Cod. *Geomorphology*. May 2015. Vol. 236. P. 148–162.
10. Hesp P.A. Foredunes and blowouts: initiation, geomorphology and dynamics. *Geomorphology*. 2002. Vol. 48. P. 245–268.
11. Česnulevičius A., Izmaiłow B., and Morkūnaitė R. Dynamics of deflation hollows of the main ridge in the Curonian Spit. *Geografija*. 2006. Vol. 42. No. 2. P. 21–28.
12. Jarmalavičius D. Field investigation of dune ridge reinforcement in the Curonian Spit. *Baltica*. 2005. Vol. 18 (2). P. 49–55.
13. Бурнашов Е.М., Карманов К.В. Дефляционные процессы на морском побережье Куршской косы // *Ученые записки Российского государственного гидрометеорологического университета*. № 45. Научно-теоретический журнал. СПб.: РГГМУ, 2016. С. 180–191.

Blowouts on the seashore of the Curonian and Vistula Spits (in Russian territory)

K. V. Karmanov^{a, #} and E. M. Burnashov^{a, ##}

^a State Governmental institutions of Kaliningrad Oblast “Baltberegozashchita”, Svetlogorsk, Russia

[#] E-mail: konstantin.karmanoff@yandex.ru

^{##} E-mail: burnashov_neo@mail.ru

The Curonian and Vistula spit (the Baltic Sea, Kaliningrad Oblast) were formed and developed in similar climatic conditions, but the deflation processes on the spits seashores occur with different intensity, and the

forms of the deflation relief differ based on quantitative parameters while coincide in terms of typology. During 2019 field study, 330 blowouts per 25 km were recorded on the surface of the marine foredune of the Russian part of the Vistula spit, i.e. 13.8 blowouts per 1 km on average. In opposite, 333 blowouts per 49 km or 7.1 blowouts per 1 km were recorded on the foredune of the Curonian Spit in 2016. The double prevalence of the number of blowouts per 1 km of the Vistula Spit shore is due to the lack of regulation of tourist activities, in contrast to the Curonian Spit, which has the status of a specially protected natural area. A comparative analysis of the blowouts of the Curonian and Vistula spits showed that a trend in the development of deflation processes is determined by natural and climatic conditions, but an anthropogenic activity affects the intensity of the deflation.

Keywords: coastal dunes, deflation, blowouts, Baltic Sea

ACKNOWLEDGMENTS

The study was funded by the Russian Foundation of Basic Research, No. 18-05-01145. The authors thank B.V. Chubarrenko for their comments.

REFERENCES

1. Badyukova E.N., Zhindarev L.A., Lukyanova S.A., and Solovieva G.D. *Razvitiye bar'erno-lagunnykh sistem yugo-vostochnoi Baltiki*. (Barrier-lagoon systems in the south-east of the Baltic Sea). *Okeanologiya (Oceanology RAS)*. 2008. Vol. 48. No. 4. P. 641–647. (in Russ.)
2. Boldyrev V.L. and Bobykina V.P. *Obshchie cherty morfologii i dinamiki Vislinskoj kosy*. (General features of the morphology and dynamics of the Vistula spit). *Ekologicheskie problemy Kaliningradskoi oblasti i Baltiiskogo regiona*. Kaliningrad: Izd. KGU (Publ.), 2001. P. 88–92. (in Russ.)
3. Badyukova E.N., Varushchenko A.N., and Solovieva G.D. *Istoriya razvitiya Vislinskoj kosy v golotsene*. (The history of the development of the Vistula spit in the Holocene). *Okeanologiya (Oceanology RAS)*. 1996. Vol. 36. No. 5. P. 769–773. (in Russ.)
4. Shaplygina T.V. *Geoekologicheskaya otsenka sostoyaniya prirodnykh kompleksov Kurshskoi i Vislinskoj kos*. (Geoecological assessment of the state of natural complexes of the Curonian and Vistula spit). PhD thesis. Kaliningrad: Russian State Immanuel Kant University (Publ.), 2010. 197 p. (in Russ.)
5. Gogoberidze G.G., Zhamoida V.A., Nesterova E.N., Ryabchuk D.V., and Spiridonov M.A. *Glossarii po Kadastru beregovoj (pribrezhnoj) zony*. (Cadastral Glossary of the coastal zone). SPb.: Izd. RGGMU (Publ.), 2008. 61 p. (in Russ.)
6. Badyukova E.N., Zhindarev L.A., Lukyanova S.A., and Solovieva G.D. *Geologo-geomorfologicheskoe stroenie Baltiyskoj (Vislinskoj) kosy*. (The geological-geomorphological structure of the Baltic (Vistula) spit). *Okeanologiya (Oceanology RAS)*. 2011. Vol. 51. No. 4. P. 657–682. (in Russ.)
7. Badyukova E.N., Zhindarev L.A., Lukyanova S.A., and Solovieva G.D. *Eolovyi morfogenez v beregovoj zone yugo-vostochnogo poberezh'ya Baltiiskogo morya*. (Aeolian morphogenesis in coastal zone of the southeastern Baltic sea). *Geomorfologiya (Geomorphology RAS)*. 2012. No. 4. P. 33–40. (in Russ.)
8. Vykhovanets G.V. *Eolovyi protsess na morskome beregu*. (Aeolian process on the seashore). Odessa: Astroprint (Publ.), 2003. 368 p. (in Russ.)
9. Abhara K.C., Walkera I.J., Hesp P.A., and Garesc P.A. Garesc. Spatial-temporal evolution of aeolian blowout dunes at Cape Cod. *Geomorphology*. May 2015. Vol. 236. P. 148–162.
10. Hesp P.A. Foredunes and blowouts: initiation, geomorphology and dynamics. *Geomorphology*. 2002. Vol. 48. P. 245–268.
11. Česnulevičius A., Izmaiłow B., and Morkūnaitė R. Dynamics of deflation hollows of the main ridge in the Curonian Spit. *Geografiya*. 2006. Vol. 42. No. 2. P. 21–28.
12. Jarmalavičius D. Field investigation of dune ridge reinforcement in the Curonian Spit. *Baltica*. 2005. Vol. 18(2). P. 49–55.
13. Burnashov E.M. and Karmanov K.V. *Deflyatsionnye protsessy na morskome poberezh'e Kurshskoi kosy*. (Deflation processes on the sea shore of the Curonian spit). *Uchenye zapiski Rossiiskogo gosudarstvennogo gidrometeorologicheskogo universiteta. No. 45. Nauchno-teoreticheskii zhurnal*. SPb.: RGGMU (Publ.), 2016. P. 180–191. (in Russ.)