

- [11] Рожков В. А., Трапезников Ю. А. Вероятностные модели океанологических процессов. Л.: Гимиз, 1990. 272 с.
[12] Себер Дж. Линейный регрессионный анализ. М.: Мир, 1980. 456 с.
[13] Шеффе Г. Дисперсионный анализ. М.: Наука, 1980. 512 с.

Санкт-Петербург
koldunovvv@gmail.com

Поступило в редакцию
6 сентября 2011 г.

Изв. РГО. 2012. Т. 144. Вып. 1

© Ж. И. СТОИТ, О. А. ГУЩИН, В. Ф. ДУБРАВИН

ШТОРМОВЫЕ ВЕТРА ЮГО-ВОСТОЧНОЙ БАЛТИКИ ПО ДАННЫМ АВТОМАТИЧЕСКОЙ МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКОЙ СТАНЦИИ В 2004—2010 гг.

Краткая характеристика ветрового режима. Ветер в значительной степени формирует берега, прибрежные течения и определяет распространение продуктов загрязнения в поверхностном слое моря. Основными факторами, определяющими режим юго-восточной части Балтийского моря, являются радиационный баланс и атмосферная циркуляция. Особенность региона — это открытость для проникновения транзитных воздушных масс, причем центральная ветвь западного переноса, как отмечено в [2], меняет свое направление на 90° с зонального (западно-восточного) на меридиональное (с юга на север), следуя генеральному простиранию берега.

Ветровой режим над Юго-Восточной Балтикой обусловлен сезонной динамикой барических центров, которые формируются над континентом Евразии и Северной Атлантикой. В холодный период над ЕТР активизируется Сибирский антициклон, в районе Исландии развита циклоническая деятельность. При выносе с Атлантического океана на Балтийское море морского воздуха умеренных широт зимой и осенью преобладают ветры от SW (повторяемость до 25 %, Балтийск) [14], порывистые со скоростью 8—12 м/с (5—6 баллов), нередко наблюдается усиление до 18—20 м/с. Весной ветры ослабевают и повторяемость штормов уменьшается. В теплый период с развитием процессов летней трансформации активность циркуляции заметно ослабляется. Над Европой образуется обширная область термической депрессии, в то же время ослабевает деятельность Исландского минимума и активизируется Азорский максимум. Увеличивается повторяемость северо-западных и северных ветров. Осенью вновь наблюдается усиление штормовых ветров западных направлений.

Среднегодовая скорость ветра колеблется от 5 до 7 м/с, увеличиваясь от побережья к открытым частям моря. Среднемесячные скорости ветра возрастают от лета к зиме, и на акватории Балтики составляют: в теплое полугодие 4—6 м/с, в холодное — 6—9 м/с.

Данные наблюдений. Раннее оценка ветра в акватории юго-восточной части Балтики производилась по попутным судовым наблюдениям и станциям, расположенным на побережье, но этот район лежит вне путей интенсивного су-

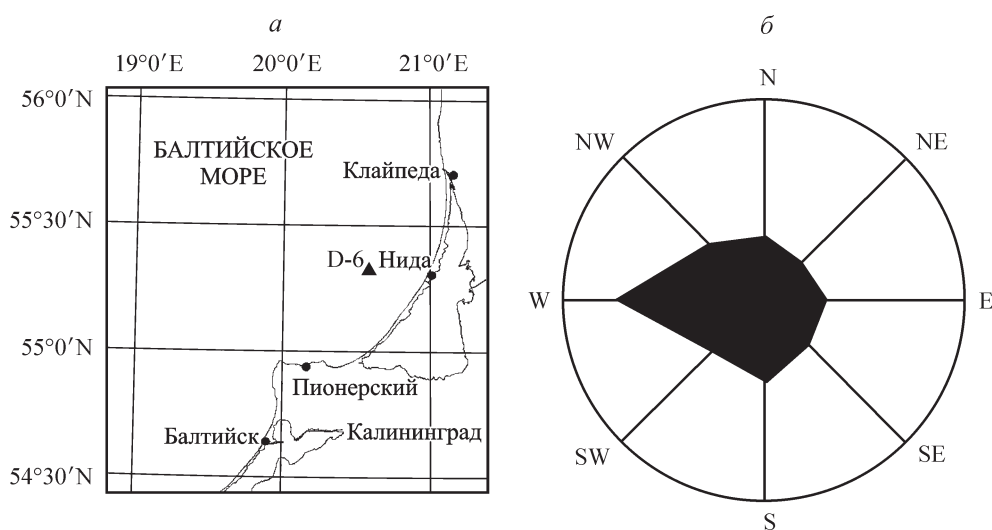


Рис. 1. Местоположение МЛСП D-6 (а) и роза ветров (б) за 2004—2010 гг.

доходства, активный рыболовный промысел не ведется. Установленная в 2004 г. на морской ледостойкой стационарной платформе (МЛСП D-6) ООО «ЛУКОЙЛ—Калининградморнефть» (рис. 1, а) автоматическая гидрометеорологическая станция (АГМС) МиниКРАМС-4 осуществляет сбор метеорологической информации и передачу по Интернет-каналу в реальном времени [1,7].

Объектом нашего исследования стали крепкие ветра, в том числе и шторма, которые нередко причиняют вред хозяйственной деятельности человека и наносят ущерб природным комплексам. Термобарические условия возникновения штормовых ветров в южной части Балтийского моря исследовались в [6,17].

Для характеристики ветрового режима с крепкими ветрами использованы наблюдения за период 2004—2010 гг. Для анализа данных по ветру необходимы репрезентативные наблюдения. Важно учитывать физико-географические условия местности с точки зрения защищенности места измерения, влияния шероховатости подстилающей поверхности и высоты измерения [8,11].¹ К штормам мы относили ветра скоростью ≥ 15 м/с на уровне измерения (27 м).¹ Строго говоря, в соответствии со Шкалой силы ветра Бофорта [2] штормовым называется ветер 9 баллов и более (скорость ветра ≥ 18.3 м/с), но часто штормом называют и ветер силой 7—8 баллов [5]. Критерий 12 м/с позволяет учесть производственную деятельность, так как при ветре более 12 м/с вводится ограничение на судоходство и эксплуатацию портовых механизмов. Иногда [4] в качестве индикатора штормовой активности берут более низкий предел (11 м/с) и соответствующее число сроков наблюдений и штормовых дней.

Ветровые условия на МЛСП D-6 можно считать достаточно репрезентативными, так как платформа открыта ветрам: все румбы, исключая преобладающий западный, равновероятны (рис. 1, б). В течение года преобладают ветры южных и западных направлений (SE, S, SW и W). Наряду с преобладающими ветрами наблюдаются и ветры северных направлений (NW, N, NE).

¹ Это соответствует скорости > 12 м/с на стандартном уровне 10 м. Зависимость скорости ветра от высоты выражается формулой Хельмана: $V_h = V_{10} \cdot [0.233 + 0.656 \log_{10}(h + 4.75)]$, где V_h — скорость ветра на высоте h , V_{10} — скорость ветра на высоте 10 м над ур. м. [13].

Таблица 1
Основные характеристики штормовых ветров в 2004—2010 гг.*

Год	Характеристика	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
2004	Количество штормов	4	3	2	—	1	2	—	—	5	2	9**	8
	Продолжительность шторма, ч	37	20	17	—	6	10	—	—	15	28	38	30
	Максимальная измеренная скорость, м/с	20	18	25	—	17	21	—	—	19	20	22	23
	Всего 36 штормов												
2005	Количество штормов	8	3	—	—	—	—	—	2	—	4	2	5
	Продолжительность шторма, ч	60	27	—	—	—	—	—	26	—	13	28	21
	Максимальная измеренная скорость, м/с	28	20	—	—	—	—	—	24	—	23	22	18
	Всего 24 шторма												
2006	Количество штормов	2	3	—	—	—	—	—	1	1	3	3	5
	Продолжительность шторма, ч	13	23	—	—	—	—	—	15	12	25	29	50
	Максимальная измеренная скорость, м/с	18	18	—	—	—	—	—	18	18	23	25	23
	Максимальная скорость в порывах, м/с	20	21	—	—	—	—	—	21	21	27	26	27
	Всего 18 штормов												
2007	Количество штормов	11	2	3	2	—	1	1	1	2	2	7	3
	Продолжительность шторма, ч	45	59	22	8	—	27	7	6	11	12	24	38
	Максимальная измеренная скорость, м/с	26	20	20	16	—	21	17	18	18	22	22	23
	Максимальная скорость в порывах, м/с	32	21	25	20	—	24	20	20	24	24	26	27
	Всего 35 штормов												
2008	Количество штормов	6	6	2	—	—	—	—	1	—	5	9	3
	Продолжительность шторма, ч	92	27	19	—	—	—	—	13	—	42	30	26
	Максимальная измеренная скорость, м/с	25	23	22	—	—	—	—	22	—	22	21	22
	Максимальная скорость в порывах, м/с	26	24	28	—	—	—	—	24	—	25	23	26
	Всего 32 шторма												
2009	Количество штормов	5	1	1	—	—	1	—	—	2	5	3	2
	Продолжительность шторма, ч	62	11	27	—	—	6	—	—	8	49	81	20
	Максимальная измеренная скорость, м/с	23	18	23	—	—	19	—	—	19	25	23	18
	Максимальная скорость в порывах, м/с	29	21	23	—	—	19	—	—	20	32	25	21
	Всего 20 штормов												
2010	Количество штормов	4	4	2	—	1	1	—	—	4	5	7	7
	Продолжительность шторма, ч	36	14	13	—	11	12	—	—	32	21	45	28
	Максимальная измеренная скорость, м/с	20	18	24	—	16	15	—	—	19	20	21	21
	Максимальная скорость в порывах, м/с	23	20	29	—	19	21	—	—	21	22	25	23
	Всего 35 штормов												

Примечание. *Скорость ветра ≥ 15 м/с, продолжительность ≥ 6 ч; **жирным шрифтом выделены максимальные значения.

Штормовые условия. Штормы в открытой части моря достигают наибольшей повторяемости (5—15 %) в период с сентября по март, наименьшей (до 1—2 %) — с апреля по сентябрь. По данным [14], где использовались материалы наблюдений середины XX века, число дней с крепким ветром (≥ 15 м/с) в узкой прибрежной зоне составляет 28—38 дней за год, иногда до 60 дней; в отдельные месяцы (XI—I) бывает до половины штормовых дней. Скорость ветра достигает 32—34 м/с (табл. 1, 2). В осенне-зимний период (декабрь—январь)

Таблица 2

Наибольшие наблюдаемые скорости ветра (м/с)

Станция	Месяцы												Период наблюдения
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
Клайпеда	34*	24	25	20	24	18	20	28	28	28	28	34	1946—1958 [8]
Нида	24	20	20	16	16	18	20	20	20	28	20	20	1947—1960 [8]
Клайпеда	20	19	20	14	14	16	14	16	26	20	26	26	1977—1992 [3]
Балтийск	28	19	24	20	16	19	14	20	23	19	28	21	1977—2006 [3]
Пионерский	24	16	14	16	10	10	14	12	20	14	18	24	1977—2006 [3]
МЛСП D-6	28	20	25	16	17	21	17	24	24	25	25	28	2004—2010

Примечание. *Жирным шрифтом выделены максимальные значения.

штормовая деятельность наибольшая — 4.8—4.9 дн/мес; весной (март) снижается до 2.5 дн/мес. Сила наблюдаемых штормов обычно составляет 7—8 баллов (12—18 м/с), изредка 9—10 баллов (18—25 м/с). Штормы чаще всего приходят от S и SW, однако не исключена возможность появления штормов от северных румбов. Продолжительность штормов обычно около 1 сут и крайне редко достигает 2—3 сут.

В 1966—1985 гг. ежегодно отмечалось в среднем 26 штормовых случаев (при скоростях ветра более 12 м/с продолжительностью не менее 6 ч). Наименьшее их количество (8—10) наблюдалось в 1979 и 1982 гг., наибольшее (66) — в 1984 г. [4].

Ежечасные данные по ветру (направление, скорость, порывы), получаемые с АГМС, установленной на D-6, в 2004—2010 гг. мы приводили к стандартной высоте 10 м (рис. 2). За период наблюдений (2004—2010 гг.) максимальное количество штормов (36) наблюдалось в 2004, 2007 гг. и в 2010 г. — 35 штормов, 2008 г. — 32 шторма. Относительно спокойными были 2006 и 2009 гг. (18 и 20 штормов соответственно) (табл. 1).

Максимальная повторяемость штормов (как и по климатическим данным [4, 14]) наблюдается в осенне-зимний период (табл. 1, рис. 2). Среднемесячное ко-

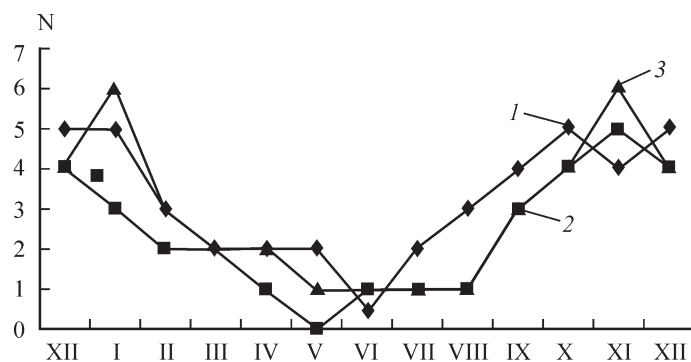


Рис. 2. Среднемесячное распределение сильных ветров.

По данным: 1 — 1946—1958 гг. [8], 2 — 1966—1985 гг. [18], 3 — 2004—2010 гг. МЛСП D-6.

Таблица 3

**Основные характеристики крепких ветров (≥ 15 м/с),
измеренных на МЛСП D-6 в 2004—2010 гг.**

Характеристика \ Сезон	Зима (<i>n</i> = 95)	Весна (<i>n</i> = 14)	Лето (<i>n</i> = 11)	Осень (<i>n</i> = 80)
Средняя измеренная скорость, м/с	21 ± 2.87	17 ± 3.81	17 ± 3.03	21 ± 2.43
Максимальная измеренная скорость, м/с	28	25	24	25
Максимальная скорость в порывах, м/с	32	28	24	32
Средняя продолжительность штормов, ч	35 ± 20	15 ± 7	14 ± 8	29 ± 17
Максимальная продолжительность штормов, ч	92	27	27	81

личество штормов плавно падает от максимума в январе до одного-двух в летние месяцы (V—VIII) и вновь возрастает к осеннему максимуму в ноябре.

Для сравнительной характеристики ветров в табл. 2 приводятся данные о максимальных скоростях ветра на прибрежных станциях в середине [8] и в последней четверти XX в. [3], а также в открытом море на расстоянии ~ 30 км от берега (МЛСП D-6) в начале XXI в.

За период наблюдений на МЛСП D-6 (2004—2010 гг.) максимальное месячное количество штормов составило в ноябре 2004 и 2008 гг. — 9 случаев, в декабре 2004 г. — 8, в январе 2007 г. — 11. В отдельные годы в декабре—январе количество дней с крепкими ветрами доходило до 14 в мес. Летом количество штормов уменьшается до 1—2 в мес., в отдельные годы (2006, 2008, 2009) крепкие ветра не наблюдались (табл. 1). В августе 2005 г. на акваторию Юго-Восточной Балтики вышел активный «южный» циклон, который вызвал усиление ветра до 24 м/с, штормовые условия отмечались в течение 26 ч.

В январе 2007 г. отмечено 3 шторма с ветрами скоростью 24—26 м/с, в порывах 30—32 м/с (1—2, 14—15, 20—21 января). С октября 2006 г. по январь 2007 г. 16 % всех измерений ветра были штормовыми — 22 шторма. Столько же штормов было с октября 2008 г. по январь 2009 г. По 5 штормов зафиксировано в сентябре 2004 г., октябре 2008 и 2009 гг. (табл. 1). На осенне-зимний период приходится > 87 % штормов (табл. 3), наблюдаются максимальные измеренные (28 м/с и в порывах 32 м/с) скорости, что соответствует обеспеченности 1 раз в 5 лет и 1 раз в 10 лет соответственно [5]. Средняя и максимальная продолжительность штормов в 3 раза больше, чем в теплый период года.

В 2004 г. наблюдалось 13 штормов силой 9—10 баллов (≥ 18.3 м/с), из них 3 сильных шторма (≥ 21.6 м/с). В 2005 г. штормов было меньше, но по своей силе они превосходили шторма 2004 г. Зафиксировано восемь 9-балльных штормов, пять 10-балльных (два из них в августе) и один 11-балльный со скоростью ветра 27.7 м/с продолжительностью 60 ч в январе 2005 г. В 2006 г. продолжительные 10-балльные шторма были отмечены в октябре (25 ч), ноябре (29 ч) и декабре (50 ч). В осенне-зимний период 2007 г. восемь штормов были 10-балльной силы (скорость ветра ≥ 21 м/с), два из них 11-балльные (45 ч, январь; 38 ч, декабрь). В январе 2008 г. максимальная продолжительность шторма составила 92 ч при скорости ветра в порывах 26 м/с, в ноябре 2009 г. наблюдался шторм в течение 81 ч (> 3 сут).

Шторма чаще всего приходили от западных (SW, W, NW) румбов; особенно это характерно для осени и зимы. Иногда шторма наблюдаются от восточ-

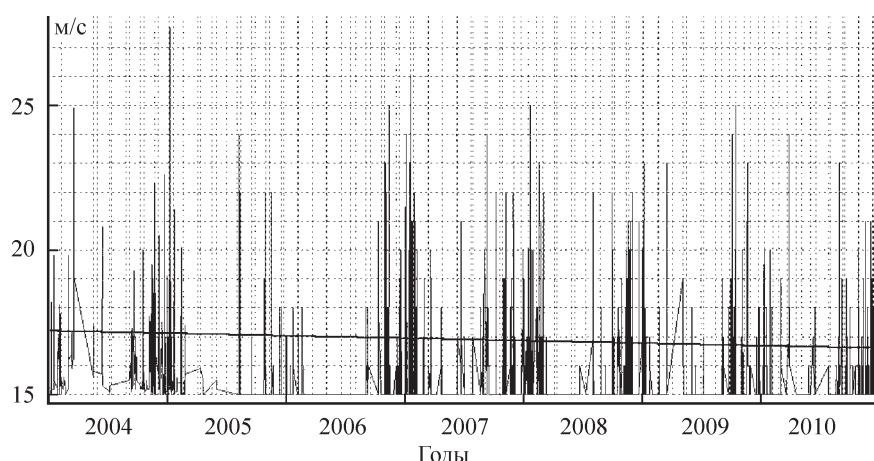


Рис. 3. Тренд ветров ≥ 15 м/с, измеренных на МЛСП D-6 в 2004—2010 гг.

ных румбов, но по силе они уступают. Особенностью 2009 г. был шторм от N-NE в октябре силой 9—10 баллов, в порывах ветер достигал 32 м/с (12 баллов), продолжительность составляла более 3 сут.

Межгодовая изменчивость ветра. Сравнивая среднегодовые величины модуля скорости ветра в Юго-Восточной Балтике (Балтийск или Клайпеда) по данным разных источников можно заключить, что наибольшая активность атмосферы в этом регионе приходится на середину XX в. [14]. К концу прошлого—началу нынешнего века (как и к концу XIX—началу XX в.) циркуляционные процессы постепенно ослабевают [11]. По нашим оценкам, в Балтийске в интервале 1961—1990 гг. линейный тренд модуля скорости отрицателен и составил -0.0483 м/с · год [9].

Факт уменьшения скорости ветра к концу столетия наблюдался, как отмечают ряд авторов, на многих станциях России, хотя причина этого пока не ясна [10—12, 15, 16, 18].

При анализе межгодовой изменчивости максимальных скоростей ветра на станции Балтийск в интервале 1946—1982 гг. было найдено, что наибольший вклад в штормовую активность вносит годовой ход, а из остальных видов цикличности — 22-летняя. Пик на спектре, соответствующий 22-летнему циклу, превышает все остальные пики, кроме годового. Также имеется заметный пик, соответствующий периоду 1.6 лет. В соответствии с результатами спектрального анализа с конца 40-х до конца 50-х, а также с конца 60-х до конца 70-х гг. на станциях побережья Юго-Восточной Балтики отмечается повышенная штормовая активность. Понижение штормовой деятельности в этом интервале приходится на периоды 1958 ± 2 — 1968 ± 2 и с 1977 ± 2 до 1982 г.

Данные мониторинга МЛСП D-6 в 2004—2010 гг. подтверждают вывод о продолжающемся уменьшении начиная с 80—90-х гг. XX в. как средней скорости ветра, так и ее экстремальных значений для всей Европы, в том числе для Юго-Восточной Балтики (рис. 3). Скорости сильных ≥ 15 м/с ветров показывают небольшое (-0.0876 м/с в год), но устойчивое снижение скорости при значимом (5.135) критерии Стьюдента.

Заключение. Ветровые условия на МЛСП D-6 можно считать достаточно репрезентативными. Для сравнительного анализа необходимо приводить полу-

ченные данные к стандартной высоте измерения. Особенности штормовых условий за период 2004—2010 гг.: в августе 2005 г. зафиксирован 10-балльный шторм, не характерный для летнего периода; с октября 2006 г. по январь 2007 г. отмечено 15 штормов со скоростью ветра свыше 18 м/с; в январе 2008 г. продолжительность одного из штормов была максимальной за весь период мониторинга — 92 ч (около 4 сут); одинаково мало бывает как тихих (0—1 балл), так и штормовых (10—11 баллов) ветров; основные шторма приходили от западной четверти, шторма от восточной четверти уступают им по продолжительности и силе; сильные шторма (≥ 22 м/с) наблюдались только от запада и юго-запада.

Получено подтверждение вывода о продолжающемся уменьшении экстремальных значений ветра в юго-восточной части Балтийского моря за период 2004—2010 гг.

Новые данные представляют интерес для изучения разномасштабных характеристик ветра над морем, исследовать которые ранее было недоступно. Это открывает интересные возможности для более детального изучения ветрового волнения и построения моделей миграции потенциальных нефтяных загрязнений в районе расположения МЛСП D-6. При проектировании морских сооружений одной из важнейших характеристик режима ветра является оценка максимальных значений скоростей. Для расчетов экстремальных характеристик по возможности следует использовать сведения о ветровом режиме непосредственно в районе работ.

Список литературы

- [1] Абрамов Р. В., Гуцин О. А., Стонт Ж. И. Исследования разномасштабных характеристик измеряемого ветра в новых условиях // Проблемы изучения и охраны природного и культурного наследия национального парка «Куршская коса». Вып. 4. Калининград, 2006. С. 18—28.
- [2] Абрамов Р. В., Стонт Ж. И. «Витязь» и «Балтийская коса». Погода и экологическая обстановка 1997—2002 гг. Данные Лаборатории морской метеорологии АО ИО РАН / Отв. ред. Е. В. Краснов. Калининград: Изд-во КГУ, 2004. С. 304—305.
- [3] Атлас «Климат морей России и ключевых районов Мирового океана» / Балтийское море. Обнинск, 2007. <http://data/oceanfo.ru/atlas/Balt/>
- [4] Гидрометеорологические условия. Проект «Моря СССР». Т. III. Балтийское море. Вып. 1. СПб.: Гидрометеоиздат, 1992. 450 с.
- [5] Гидрометеорологические условия шельфовой зоны морей СССР. Том I. Балтийское море. Вып. 1. Балтийское море без заливов. Л.: Гидрометеоиздат, 1983. С. 130—146.
- [6] Гидрометеорологические условия шельфовой зоны морей СССР. Том I. Балтийское море. Вып. 3. Куршский и Вислинский заливы. Л.: Гидрометеоиздат, 1985. 73 с.
- [7] Гуцин О. А., Иванов С. Н., Стонт Ж. И. Об одной интересной перспективе региональной морской метеорологии // Комплексное изучение бассейна Атлантического океана. Сб. науч. трудов под ред. В. В. Орленка. Калининград: Изд-во РГУ им. И. Канта, 2006. С. 109—115.
- [8] Дорфман Ц. Я., Укмергишкис А. Д. Ветровой режим на территории Литовской ССР и Калининградской области РСФСР. Вильнюс, 1964. 68 с.
- [9] Дубравин В. Ф., Стонт Ж. И., Гуцин О. А. Долгопериодная изменчивость гидрометеорологических полей восточной части Гданьского бассейна // Сб. тез. IX Междунар. экологического форума «День Балтийского моря». СПб.: Издательство «Диалог», 2008. С. 240—241.
- [10] Климат России / Под ред. Н. В. Кобышевой. СПб.: Гидрометиздат, 2001. С. 426.

- [11] Мещерская А. В., Гетман И. Ф., Борисенко М. М., Шевкунова Э. И. Мониторинг скорости ветра на водосборе Волги и Урала в XX веке // Метеорология и гидрология. 2004. № 3. С. 83—95.
- [12] Мещерская А. В., Еремин В. В., Баранова А. А., Майстрова В. В. Изменение скорости ветра на севере России во второй половине XX века по приземным и аэрологическим данным // Метеорология и гидрология. 2006. № 9. С. 46—58.
- [13] Руководство по метеорологическим приборам и методам наблюдений. 5-е изд. / Секретариат Всемирной метеорологической организации. Женева, Швейцария, 1983. № 8; Обнинск: ВНИИГМИ-МЦД, 1988.
- [14] Справочник по климату СССР. Вып. 6. Литовская ССР и Калининградская область РСФСР. Ч. 3. Ветер. Л., 1966. 92 с.
- [15] Стонт Ж. И. К вопросу о местном ветре // Проблемы изучения и охраны природного и культурного наследия Национального парка «Куршская коса». Вып. 3. Калининград, 2006. С. 192—210.
- [16] Стонт Ж. И., Чубаренко Б. В., Гуцин О. А. Изменчивость гидрометеорологических характеристик для побережья Юго-Восточной Балтики // Изв. РГО. 2010. Т. 142. Вып. 4. С. 48—56.
- [17] Тупикин С. Н. Сильные ветры Балтийского моря (анализ, статистика, типизация). Калининград, 1997. 96 с.
- [18] State of the Coast of the South East Baltic: an indicators-based approach to evaluating sustainable development in the coastal zone of the South East Baltic Sea / C. Gilbert (ed.). Drukarna WL, Gdańsk, 2008. 166 p.

Калининград
ocean_stont@mail.ru
v_dubravin@mail.ru

Поступило в редакцию
4 июля 2011 г.