

ДИСКУССИИ

© В. Ф. ДУБРАВИН, Ж. И. СТОНТ

ИЗМЕНЧИВОСТЬ ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИХ ПОЛЕЙ НАД ЮГО-ВОСТОЧНОЙ БАЛТИКОЙ В 2004—2011 ГГ.

Введение. В работах по исследованию режима гидрометеорологических характеристик Балтики, в том числе и в ее юго-восточной части [1, 2, 8, 17], как правило, используется анализ временных рядов с вычислением основных статистических моментов (математического ожидания, дисперсии, асимметрии и т. д.), что не позволяет оценить вклад возможных скрытых периодических изменений. В [9] это частично было устранено — проведена оценка вкладов разномасштабных колебаний только долгопериодной изменчивости гидрометеорологических параметров по модели временного ряда С. С. Лаппо [13]. В дальнейших наших исследованиях была выбрана аддитивная модель процесса и сделана попытка оценки влияния ее составляющих (от мезомасштабной до межгодовой) на интервалах 2004—2008 гг. [10] и 2004—2009 гг. [11].

Материалы и методика. В настоящей работе, как и в [10, 11], временной исходный ряд (ИР) $X(t)$ складывается из короткопериодной (высокочастотной) $x(t)$ и долгопериодной (низкочастотной) $x^*(t)$ изменчивостей, которые в свою очередь состоят из нерегулярной внутрисуточной (ВСИ), регулярного суточного хода (СХ),¹ межсуточной (синоптической) (СИ) и нерегулярной внутригодовой (ВГИ), регулярного сезонного хода (СезХ) и межгодовой (МГИ) компонент:

$$X(t) = x(t) + x^*(t), \quad (1)$$

$$X(t) = \text{ВСИ} + \text{СХ} + \text{СИ} + \text{ВГИ} + \text{СезХ} + \text{МГИ}. \quad (2)$$

Технология оценки отдельных членов (2) близка по смыслу к использованной в [6, 13]. После того как ИР был сглажен скользящим месячным осреднением и получен ряд

$$x^*(t) = \text{ВГИ} + \text{СезХ} + \text{МГИ}, \quad (3)$$

¹ Следует иметь в виду, что суточный ход гидрометеорологических элементов, вызываемый суточным ходом солнечной радиации, согласно [4, 6, 13, 19], относится к синоптической изменчивости, а согласно [12, 14, 15], как и в нашем случае, — к мезомасштабной, т. е. $T = 1$ сут — для нас — граница между мезомасштабной и синоптической компонентами.

производилась оценка членов в рамках модели [13]. СезХ получается из многолетнего ряда $x^*(t)$ после осреднения значений для каждого месяца за все годы, МГИ — из многолетнего ряда после осреднения за каждый год, ВГИ — как остаточная.

Вычитание $x^*(t)$ из $X(t)$ даст короткопериодную изменчивость $x(t)$:

$$x(t) = X(t) - x^*(t), \quad (4)$$

или

$$x(t) = \text{ВСИ} + \text{СХ} + \text{СИ}. \quad (5)$$

Сглаживание $x(t)$ с периодом сутки дает возможность получить реализацию СИ [6], осреднение $x(t)$ за каждый час — СХ, после чего составляющая ВСИ получается как остаточная.

Известно [6], что анализируемые поля гидрометеорологических элементов (полученные как в результате съемок, так и по наблюдениям в отдельных точках) обладают погрешностью вследствие дискретности наблюдений во времени и в пространстве. Поэтому погрешность карт ε_f , полученных подобным образом, можно представить в виде суммы двух составляющих: погрешности временной ε_t и пространственной ε_r дискретизации, т. е.

$$\varepsilon_f = \varepsilon_t + \varepsilon_r. \quad (6)$$

Исходя из того что акватория исследуемого региона невелика, а каждый метеозлемент на каждой метеостанции рассматривался отдельно (вне связи с другими станциями), в нашем анализе имеет место только одна погрешность — временной дискретизации. Поэтому наша модель, являющаяся развитием моделей временного ряда С. С. Лаппо [13] и С. К. Гулева [6], вполне может быть использована для однофакторного дисперсионного анализа.

Для анализа временной высоко- и низкочастотной изменчивости использовались данные натуральных наблюдений температуры воздуха T_a (°C) и точки росы T_d (°C), атмосферного давления на уровне моря P_0 (гПа) и скорости ветра W (м/с), полученные с помощью автоматической гидрометеорологической станции (АГМС) МиниКРАМС-4, установленной на морской ледостойкой стационарной платформе (МЛСП) ООО «ЛУКОЙЛ—Калининградморнефть» (D-6) на высоте 27 м [7] (дискретность 30 с, данные усреднялись до среднечасовых значений за 2004—2011 гг.), а также измерений на метеостанциях Висбю, Леба, Лиепая, Калининград и Клайпеда (дискретность 3 ч; 2006—2011 гг.) [20] (рис. 1).

Исходные ряды обрабатывались с применением дисперсионного, корреляционного и гармонического анализа [3].

Результаты исследования. Структура временных рядов гидрометеорологических полей. На основании предложенной нами модели временного ряда рассмотрим их структуру для T_a , T_d , W и P_0 на D-6 (дискретность один час) (табл. 1).

Вклад дисперсии короткопериодной составляющей в общую дисперсию ИР для тепло- и влагофизических параметров (T_a и T_d) на D-6 составил 16.1—25.5 %, для динамических (W и P_0) — 76.1—82.3 %. В то же время вклад долгопериодной изменчивости в общую был 74.5—83.9 % для T_d и T_a и 17.7—23.9 % для W и P_0 . При этом удельный вклад СХ как у тепло- и влагофизических, так и у динамических параметров в общую дисперсию минимален

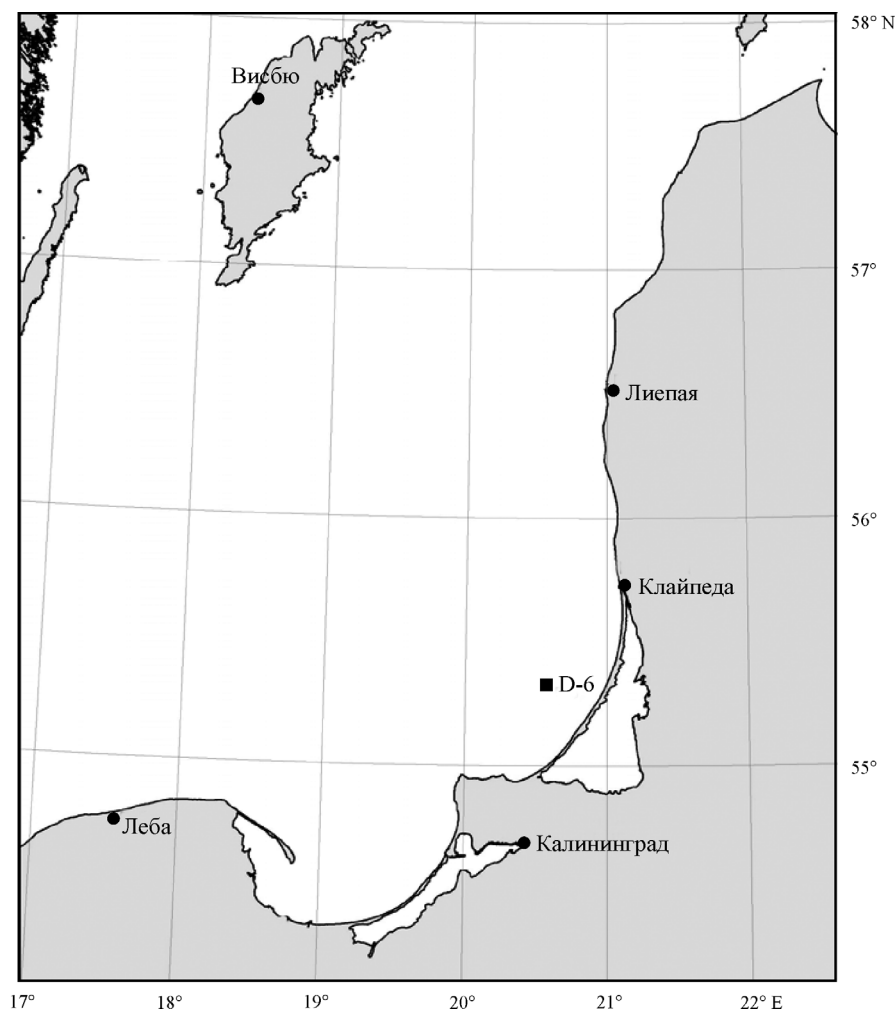


Рис. 1. Местоположение станций в Юго-Восточной Балтике.

(~ 0.003 — 0.2 %). Наибольшие вклады в дисперсию исходного ряда вносят сезонный ход T_a и T_d (78.6 и 66.9 %) и синоптическая изменчивость W и P_0 (48.8 и 69.0 %) при существенном удельном вкладе ВСИ для W (33.3 %). Следует заметить, что с увеличением длины исследуемого ряда, как правило, возрастает вклад основной для данного параметра составляющей.¹ Так, сравнение расчетов за 2004—2008 гг. [10] и за 2004—2009 гг. [11] показало увеличение основной составляющей для всех элементов от 0.7 (P_0) до 2.9 % (T_d). Расчеты за 2004—2011 гг. (табл. 1) дали рост основной составляющей еще на 1.0 (W)—

¹ После написания этой работы были обработаны более длинные ряды гидрологических (уровень моря) и метеорологических (ветер) элементов в Западной Балтике на разных временных интервалах. Их анализ показал, что возрастание доли основной составляющей с увеличением длины ряда справедливо только для первых 6—10 лет. Дальнейшее увеличение длины ряда приводит к затуханию колебаний относительно среднего значения не только для основной составляющей, но и для всех остальных компонент соответствующего гидрометеорологического элемента.

Таблица 1

**Дисперсия (верхняя строка) и относительная доля (нижняя строка)
короткопериодной и долгопериодной составляющих временной изменчивости
метеозлементов на платформе D-6 за 2004—2011 гг.**

Элемент	Дисперсия (σ^2)						
	общая	короткопериодная			долгопериодная		
	ИР	СХ	ВСИ	СИ	СезХ	ВГИ	МГИ
T_a (°C)	59.24	0.11	1.16	8.28	46.55	2.73	0.42
	100	0.18	1.95	13.97	78.58	4.60	0.72
T_d (°C)	57.23	0.002	1.65	12.95	38.28	3.68	0.67
	100	0.003	2.88	22.63	66.89	6.43	1.16
W (м/с)	16.85	0.02	5.61	8.23	2.00	0.92	0.07
	100	0.11	33.32	48.83	11.85	5.47	0.42
P_0 (гПа)	101.93	0.03	7.14	70.37	2.57	18.86	2.96
	100	0.03	7.01	69.03	2.53	18.50	2.90

2.8 % (T_a) для всех элементов, кроме атмосферного давления, для которого отмечается снижение вклада СИ на 2 %.

Такова структура временного ряда метеопараметров на D-6 при дискретности наблюдений 1 ч. Чаше наблюдения проводят через 3 ч (климатические сроки), реже через 6 ч (синоптические). Проведем оценку ошибки при наблюдениях с различной дискретностью (табл. 2). В табл. 2 приводятся расчеты дисперсии для различной дискретности и их отношение к дисперсии при ежедневных наблюдениях.

Как видим, для T_a — метеозлемента с наиболее правильным суточным ходом (рис. 2) — увеличение дискретности привело к заметному уменьшению дисперсии в диапазоне ВСИ — на 7 % и ВГИ — на 24 %. Для влажности воздуха (в том числе точки росы T_d) суточный ход более сложен, появляется полусуточная составляющая. Поэтому с увеличением дискретности уменьшается дисперсия в диапазоне СХ — на 15—24 % и ВСИ — до 10 %, а в диапазоне СИ — несколько увеличивается (на 1—2 %). Для скорости ветра W с увеличением дискретности уменьшается дисперсия в диапазоне СХ — на 11—14 %, ВСИ — на 6 и СезХ — на 1—3 % и увеличивается дисперсия в диапазоне СИ до 5 %, ВГИ — до 8 и МГИ — до 41 %. Для атмосферного давления P_0 увеличение дискретности практически не сказалось на долгопериодной части временного ряда и СИ, зато значительно и неоднозначно изменились доли ВСИ (уменьшилась в 1.3—1.5 раза) и СХ (в зависимости от выбранных сроков может уменьшиться на 49 % или увеличиваться на 30 %).

Таким образом, проведенный анализ структуры временных рядов метеозлементов на D-6 подтвердил выводы С. К. Гулева [5, 6, 13] о зависимости составляющих ИР от *временного осреднения и характера самого метеозлемента*.

Пространственная изменчивость гидрометеорологических полей. Оценив структуру временного ряда для метеозлементов на D-6, перейдем к пространственной изменчивости этих элементов (при дискретности — 3 ч для всех пунктов). В табл. 3 приведены средние для всех станций ак-

Таблица 2

Дисперсия, рассчитанная с различной дискретностью (верхняя строка), и отношение ее к ежечасной (нижняя строка) короткопериодной и долгопериодной составляющим временной изменчивости метеозаписей на платформе D-6 за 2004—2011 гг.

Элемент	Дискретность, ч	Дисперсия							
		общая	короткопериодная				долгопериодная		
			ИР	СХ	ВСИ	СИ	СезХ	ВГИ	МГИ
Т _а (°С)	1	59.24	0.11	1.16	8.28	46.55	2.73	0.42	
		100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	
	3	59.20	0.11	1.13	8.30	46.52	2.71	0.42	
		99.9	100.3	97.5	100.3	99.9	99.5	99.0	
	6 (0, 6, 12, 18)	59.22	0.10	1.11	8.29	46.57	2.73	0.43	
		100.0	99.1	95.7	100.3	100.0	100.1	100.9	
	6 (3, 9, 15, 21)	59.17	0.11	1.08	8.39	46.48	2.61	0.41	
		99.8	101.6	92.7	101.2	101.7	76.1	97.2	
	Т _д (°С)	1	57.23	0.002	1.65	12.95	38.28	3.68	0.67
			100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
		3	57.26	0.001	1.62	13.02	38.25	3.70	0.67
			100.1	83.8	98.1	100.6	99.9	100.6	100.3
6 (0, 6, 12, 18)		57.17	0.001	1.49	13.21	38.13	3.68	0.66	
		99.9	84.8	90.3	102.0	99.6	99.9	99.7	
6 (3, 9, 15, 21)		54.36	0.001	1.58	13.06	38.38	3.67	0.67	
		100.2	75.8	99.0	100.8	100.3	99.7	100.0	
W (м/с)		1	16.85	0.02	5.61	8.23	2.00	0.92	0.07
			100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
		3	16.93	0.02	5.57	8.34	1.97	0.95	0.08
			100.5	88.8	99.3	101.4	98.5	103.0	119.1
	6 (0, 6, 12, 18)	17.00	0.02	5.26	8.65	2.00	0.99	0.07	
		100.9	85.9	93.8	105.2	100.2	107.9	102.4	
	6 (3, 9, 15, 21)	16.86	0.02	5.29	8.59	1.93	0.93	0.10	
		100.1	89.9	94.3	104.4	96.8	101.4	140.6	
	Р ₀ (гПа)	1	101.93	0.03	7.14	70.37	2.57	18.86	2.96
			100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
		3	101.73	0.03	5.53	71.85	2.59	18.78	2.95
			99.8	106.8	77.4	102.1	100.4	99.6	99.8
6 (0, 6, 12, 18)		101.56	0.02	4.91	72.14	2.57	18.97	2.95	
		99.6	50.9	68.8	102.5	99.9	100.6	99.8	
6 (3, 9, 15, 21)		101.54	0.04	5.39	71.95	2.60	18.61	2.68	
		99.6	129.9	75.4	102.3	100.9	98.7	99.9	

Примечание. Сроки наблюдений указаны по Гринвичу.

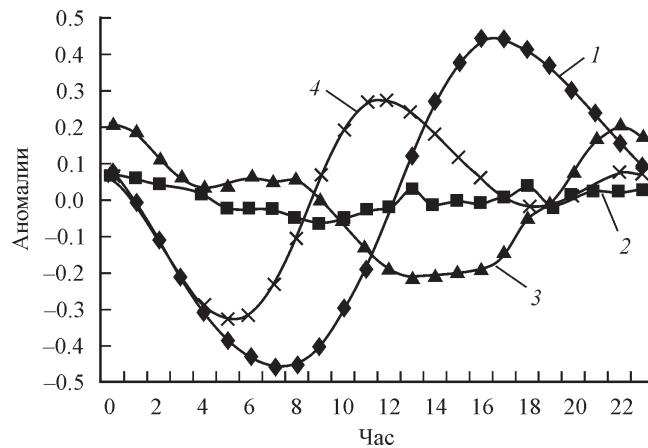


Рис. 2. Осредненные за 2004—2011 гг. аномалии суточного хода метеорологических элементов на платформе D-6.

1 — T_a , 2 — T_d , 3 — W , 4 — P_0 (пояснения обозначений — в тексте).

ватории значения дисперсии (курсив) и средние, максимальные и минимальные удельные значения вклада составляющих временного ряда в общую дисперсию для всех метеозадающих параметров. Как видим, для тепло-влажностных параметров вклад высокочастотной изменчивости в среднем для акватории составил 21—22 %, из которых 13—17 % приходится на СИ, 5 % — на ВСИ и 0.5—2.3 % — на СХ, а для динамических — 78—86 %, из которых на СИ приходится 49 (W) или 73 % (P_0), на ВСИ — 34 или 6 % и на СХ — 3.4 или 0.02 % соответственно. При этом удельный вклад суточного хода с приближением к побережью для T_a или T_d возрастает в 11—26 раз (от 0.2 на D-6 до 4.3 % в Калининграде) или в 46—69 раз (от 0.003 на D-6 до 0.19 % в Клайпеде), а для W — до 70 раз (от 0.13 на D-6 до 1.3 % в Клайпеде, до 2.9 % в Лиепае и до 8.9 % в Калининграде). Исключение составляет P_0 : очень слабый рост (от 0.035 на D-6 до 0.037 % в Клайпеде) или слабое падение (от 0.035 на D-6 до 0.016 % в Калининграде). В то же время вклад низкочастотной изменчивости в общую дисперсию составил 78—79 % для T_d и T_a и 14—22 % для W и P_0 . Для T_a и T_d наиболее значим СезХ, который в среднем для акватории составил 73 и 68 % соответственно; для W и P_0 наибольший вклад приходится на ВГИ — 7 и 17 % соответственно. Наименьшим вкладом отличается МГИ — 1 %.

Таким образом, данные табл. 1—3 указывают на единую структуру временных рядов метеозадающих элементов над акваторией Юго-Восточной Балтики. Более того, можно говорить о подобию в распределении высоко- и низкочастотной составляющих временной изменчивости метеополей, полученных в [6] для Северной Атлантики и для нашего региона, а также термических полей воды и воздуха в северо-восточной части Черного моря [18]. Кроме того, проведенные расчеты структуры временных рядов позволяют говорить о синоптической изменчивости динамических параметров как о ключевом механизме взаимодействия океана и атмосферы не только в Северной Атлантике [6], но и на Балтике [8].

Суточный ход. Регулярный СХ температуры воздуха T_a в исследуемом регионе характеризуется преобладанием суточной волны с большой устойчивостью. В СХ влажности T_d и скорости ветра W появляется полусуточная

Таблица 3

Среднее значение дисперсии (курсив) и относительная доля (удельный вклад) (средние и предельные значения) короткопериодной и долгопериодной составляющих временной изменчивости метеозадающих элементов в Юго-Восточной Балтике за 2006—2011 гг.

Элемент	Дисперсия						
	общая	короткопериодная			долгопериодная		
	ИР	СХ	ВСИ	СИ	СезХ	ВГИ	МГИ
T_a (°C)	<i>65.30</i>	<i>1.53</i>	<i>3.56</i>	<i>8.80</i>	<i>47.30</i>	<i>3.61</i>	<i>0.52</i>
	100	2.28	5.43	13.45	72.56	5.47	0.80
		4.26	8.82	15.84	75.78	7.03	1.45
		0.16	1.93	9.48	69.11	4.87	0.21
T_d (°C)	<i>57.82</i>	<i>0.31</i>	<i>2.59</i>	<i>9.93</i>	<i>39.27</i>	<i>5.24</i>	<i>0.49</i>
	100	0.45	4.53	17.27	67.72	9.16	0.86
		2.03	7.04	22.63	73.20	18.06	1.16
		0.003	2.88	13.81	61.55	4.96	0.46
W (м/с)	<i>7.26</i>	<i>0.15</i>	<i>2.36</i>	<i>3.65</i>	<i>0.53</i>	<i>0.49</i>	<i>0.07</i>
	100	3.44	33.77	49.15	5.90	6.59	1.14
		8.94	42.55	55.21	12.01	7.70	2.09
		0.13	30.86	37.58	1.14	4.87	0.45
P_0 (гПа)	<i>110.58</i>	<i>0.03</i>	<i>6.10</i>	<i>80.10</i>	<i>4.77</i>	<i>18.49</i>	<i>1.08</i>
	100	0.02	6.07	72.25	3.10	17.45	1.11
		0.03	7.08	75.64	4.99	19.60	2.39
		0.02	5.05	69.83	2.37	15.39	0.59

составляющая, в СХ атмосферного давления P_0 полусуточная составляющая является преобладающей (рис. 2). Сказанное выше о характере СХ метеозадающих элементов над Юго-Восточной Балтикой подтверждается и результатами гармонического анализа (табл. 4).

Следует иметь в виду, что в течение года меняются не только среднесуточные значения этих элементов, но и моменты наступления экстремумов или размах суточных колебаний [10]. Так, максимальный размах СХ T_a , T_d и W наблюдается в теплый период (апрель—октябрь), минимальный — в холодный (ноябрь—март), а для P_0 максимальный размах СХ — с января по июнь (табл. 5). Тем не менее теснота связи между удельным вкладом и размахом СХ в годовом ходе T_d , W и P_0 на платформе достаточно высока: $r = 0.78 \div 0.92$ (для T_a $r = 0.58$). При этом теснота связи между внутригодовой изменчивостью размаха СХ средней для акватории и размаха на D-6 высока для P_0 , T_a и W ($r \sim 0.86$, 0.92 , 0.97 соответственно) и заметно слабее для T_d ($r = 0.63$).

Сезонный ход. СезХ тепло-влажностных параметров в исследуемом регионе характеризуется преобладанием годовой волны с большой устойчивостью. В прибрежной зоне размах колебаний СезХ выше, чем в открытой части, так как в холодное время года вода на мелководье сильнее выхолаживается, а в теплое, наоборот, сильнее прогревается: Висбю $\Delta T_a = 19.3$ °C, $\Delta T_d = 16.8$ °C; Лиепая $\Delta T_a = 21.6$ °C, $\Delta T_d = 19.4$ °C; или D-6 $\Delta T_a = 19.9$ °C,

Таблица 4

**Гармонические постоянные суточного хода (средние и предельные значения)
метеорологических элементов на платформе D-6 за 2004—2011 гг.**

Элемент	Гармоники						Ампл. _I / ампл. _{II}
	I (суточная волна)			II (полусуточная волна)			
	ампл. _I	фаза _I	квота q _I	ампл. _{II}	фаза _{II}	квота q _{II}	
T _a (°C)	0.43	176.0	0.959	0.09	7.8	0.039	5.0
	7.90	179.9	0.982	3.28	179.8	0.806	76.7
	0.02	−179.9	0.001	0.01	−179.9	0.000	0.04
T _d (°C)	0.04	114.5	0.572	0.02	39.1	0.239	1.5
	9.04	179.8	0.965	7.73	179.9	0.757	68.1
	0.01	−180.0	0.000	0.01	−179.9	0.000	0.02
W (м/с)	0.18	72.4	0.830	0.07	172.7	0.145	2.4
	8.43	180.0	0.969	5.85	180.0	0.788	15*10 ¹³
	0.02	−179.9	0.000	0.00	−180.0	0.000	0.01
P ₀ (гПа)	0.17	−137.3	0.495	0.17	106.4	0.494	1.0
	13.48	180.0	0.990	6.49	179.9	0.829	56.8
	0.04	−179.8	0.009	0.03	−179.9	0.000	0.1

$\Delta T_d = 18.4$ °C; Калининград $\Delta T_a = 21.3$ °C; $\Delta T_d = 17.3$ °C; Клайпеда $\Delta T_a = 21.4$ °C, $\Delta T_d = 19.9$ °C. Максимальные годовые T_a и T_d наблюдаются на юге района (Леба) — 8.7 и 5.7 °C соответственно, к северу постепенно уменьшаются на несколько десятых °C (до 8.3 и 5.2 °C Клайпеда и до 7.8 и 4.4 °C Висбю). Максимальные в СезХ T_a и T_d наступают в основном в августе, минимальные — в основном в феврале.

Сезонный ход скорости ветра W в исследуемом регионе также характеризуется преобладанием годовой волны с большой устойчивостью, но с обратным ходом по отношению к T_a и T_d: максимальные скорости — в ноябре—январе, минимальные — в основном в июле. Сезонный ход давления P₀ в регионе также очень сложен и в первом полугодии отмечаются двухмесячные цикличности, а во втором — трехмесячные.

Сказанное выше подтверждается результатами гармонического анализа (табл. 6). Величина квоты первой гармоники среднего для региона СезХ W, T_d, T_a q_I = 0.95 ÷ 0.99. Для СезХ P₀ вклад годовой волны q_I = 0.02, однако квоты третьей и четвертой гармоник составляют q_{III} = 0.58 и q_{IV} = 0.28.

Сравнение результатов анализа низкочастотной изменчивости T_a, T_d, W и P₀ за 2004—2011 гг. в настоящей работе с результатами анализа этих элементов в Гданьском бассейне за 1961—1990 и 1998—2006 гг. [9] не выявило заметных отличий.

Исследование пространственно-временной структуры гидрометеорологических полей над Юго-Восточной Балтикой с помощью модели временного ряда, состоящего из короткопериодной (нерегулярной внутрисуточной, регулярного суточного хода, синоптической) и долгопериодной (нерегулярной внутригодовой, регулярного сезонного хода и межгодовой) изменчивости, показало следующее.

Таблица 5

Внутригодовая изменчивость удельного вклада и размаха суточного хода метеорологических элементов в Юго-Восточной Балтике

Элемент	Месяцы											I—XII
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
D-6 — удельный вклад и размах CX (2004—2011 гг.)												
T _a (°C)	0.05 0.40	0.15 0.93	1.62 1.12	1.94 1.38	0.39 1.28	1.93 1.23	2.10 1.10	0.28 1.37	3.50 1.21	1.64 1.08	0.05 0.31	0.03 0.26
T _d (°C)	0.02 0.31	0.11 0.50	0.16 0.53	0.38 0.63	0.10 0.36	0.12 0.47	0.13 0.35	0.17 0.39	0.14 0.39	0.06 0.38	0.08 0.41	0.06 0.42
W (м/с)	0.22 0.94	0.24 0.63	0.28 0.59	1.81 1.38	0.84 1.04	0.35 0.63	0.76 0.84	0.27 0.66	0.62 1.27	0.28 0.91	0.18 0.70	0.07 0.43
P ₀ (гПа)	0.02 0.63	0.02 0.67	0.02 0.58	0.15 1.01	0.18 1.07	0.14 0.85	0.12 0.77	0.10 0.69	0.11 0.86	0.03 0.67	0.01 0.43	0.03 0.64
ЮВ Балтика — средние и предельные величины размаха CX (2006—2011 гг.)												
T _a (°C)	1.15 1.60	2.45 3.44	3.32 4.47	4.81 7.64	4.94 7.55	4.80 7.72	4.82 7.23	4.54 6.77	4.03 6.45	2.91 4.86	1.38 1.99	0.98 2.34
T _d (°C)	0.42 0.99	0.90 1.37	1.10 1.31	1.16 1.26	1.18 1.17	1.25 0.98	1.05 1.06	1.28 0.93	1.23 1.02	1.03 0.90	0.30 0.62	0.20 0.35
W (м/с)	3.27 0.23	3.88 0.49	3.34 0.48	2.33 0.63	1.86 0.35	1.37 0.47	1.60 0.35	1.31 0.33	1.45 0.39	1.21 0.22	0.81 0.30	0.57 0.27
P ₀ (гПа)	0.31 0.72	0.71 0.98	1.20 1.79	1.68 2.23	1.76 2.42	1.74 2.79	1.63 2.44	1.48 2.00	1.42 2.10	1.03 1.67	0.56 0.83	0.38 0.46
	0.12 0.73	0.60 0.57	0.99 0.80	1.30 0.69	1.26 0.85	1.31 0.64	1.14 0.55	0.87 0.49	0.99 0.62	0.63 0.58	0.36 0.46	0.29 0.55
	1.25 0.53	0.65 0.48	1.01 0.51	0.98 0.51	1.26 0.59	0.82 0.37	0.68 0.40	0.64 0.23	0.81 0.45	0.73 0.38	0.63 0.30	0.63 0.45

Таблица 6

**Гармонические постоянные сезонного хода (средние и предельные значения)
метеорологических элементов в Юго-Восточной Балтике**

Элемент	Гармоники						Ампл. _I / ампл. _{II}
	I (годовая волна)			II (полугодовая волна)			
	ампл. _I	дата _I	квота q _I	ампл. _{II}	дата _{II}	квота q _{II}	
D-6 — СезX (2004—2011 гг.)							
T _a (°C)	9.55	18.07	0.995	0.32	29.06(29.12)	0.001	29.5
	11.65	27.07	0.974	1.15	15.06(15.12)	0.015	15.4
	7.79	12.07	0.894	0.59	22.01(22.07)	0.004	8.0
T _d (°C)	8.68	17.07	0.984	0.85	21.06(21.12)	0.009	10.2
	10.44	02.08	0.973	1.59	11.06(11.12)	0.030	12.0
	6.99	05.07	0.868	0.71	09.01(09.07)	0.007	5.6
W (м/с)	1.97	28.11	0.975	0.18	02.05(02.11)	0.008	11.0
	2.72	10.12	0.868	1.05	18.06(18.12)	0.181	18.0
	1.58	11.11	0.659	0.11	14.01(14.07)	0.002	1.9
P ₀ (гПа)	0.16	24.11	0.005	0.80	05.04(05.10)	0.125	0.2
	2.65	17.10	0.184	5.05	19.06(19.12)	0.438	1.3
	0.49	20.01	0.004	1.18	23.02(23.08)	0.034	0.2
ЮВ Балтика — СезX (2006—2011 гг.)							
T _a (°C)	9.78	11.07	0.993	0.41	18.06(18.12)	0.002	23.9
	12.77	27.07	0.993	2.57	25.06(25.12)	0.040	92.4
	7.46	01.07	0.894	0.11	04.01(04.07)	0.0001	4.7
T _d (°C)	8.58	18.07	0.988	0.70	24.06(24.12)	0.007	12.3
	12.45	02.08	0.978	1.72	30.06(30.12)	0.066	25.3
	6.21	05.07	0.868	0.49	04.01(04.07)	0.002	3.7
W (м/с)	0.80	05.12	0.955	0.11	12.05(12.11)	0.018	7.2
	2.76	25.12	0.780	1.04	28.06(28.12)	0.378	20.0
	0.23	03.01	0.110	0.04	02.01(02.07)	0.002	0.6
P ₀ (гПа)	0.38	18.03	0.025	0.51	01.04(01.10)	0.046	0.7
	4.75	07.11	0.514	5.06	26.06(26.12)	0.419	2.4
	0.38	01.01	0.004	0.67	06.01(06.07)	0.015	0.1

1. Наибольшие вклады в дисперсию исходного ряда вносят сезонный ход T_a и T_d (средний для акватории удельный вклад 73 и 68 %) и синоптическая изменчивость W и P₀ (49 и 73 %).

2. Минимальные вклады в общую изменчивость приходятся на суточный ход (T_d и P₀ — <0.5 % и T_a и W — 2.3—3.4 %) и межгодовую изменчивость (0.8—0.9 % — T_d и T_a и 1.1 % — W и P₀).

3. Суточный ход T_a характеризуется преобладанием суточной волны с большой устойчивостью. В СХ T_d и W появляется полусуточная составляющая, которая для P₀ является преобладающей. Следует иметь в виду, что в течение года меняются не только среднесуточные значения этих элементов, но и моменты

наступления экстремумов и размах суточных колебаний. Максимальный размах суточных колебаний T_a , T_d и W наблюдается в теплый период (апрель—октябрь), минимальный — в холодный (ноябрь—март), а для P_0 максимальный размах суточных колебаний — с января по июнь. Выявлена связь между удельным вкладом и размахом СХ в годовом ходе метеоэлементов на платформе: для W , T_d и P_0 — $r = 0.78 \div 0.92$, а для T_a — $r = 0.58$. При этом теснота связи между внутригодовой изменчивостью размаха СХ средней для акватории и размаха на D-6 высока для P_0 , T_a и W ($r = 0.86 \div 0.97$) и заметно слабее для T_d ($r = 0.63$).

4. Регулярный сезонный ход T_a , T_d , W характеризуется преобладанием годовой волны с большой устойчивостью, величина квоты первой гармоники $q_I = 0.95 \div 0.99$. СезХ P_0 отличается наименьшей устойчивостью — вклад годовой волны $q_I = 0.02$, однако квоты третьей и четвертой гармоник составляют $q_{III} = 0.58$ и $q_{IV} = 0.28$.

Таким образом, проведенный анализ указывает на единство структур временных рядов метеоэлементов над акваторией Юго-Восточной Балтики. При этом выводы о распределении высоко- и низкочастотной составляющих временной изменчивости метеополей, полученные в [6] для Северной Атлантики, справедливы и для нашего региона, а также термических полей воды и воздуха в северо-восточной части Черного моря [18]. Кроме того, проведенные расчеты структуры временных рядов позволяют говорить о синоптической изменчивости динамических параметров как о ключевом механизме взаимодействия океана и атмосферы не только в Северной Атлантике [6], но и на Балтике [8].

Авторы выражают благодарность ООО «Лукойл-Калининградморнефть» за предоставление данных мониторинга для настоящего исследования.

Список литературы

- [1] *Абрамов Р. В., Стонт Ж. И.* «Витязь» и «Балтийская коса». Погода и экологическая обстановка 1997—2002 гг. Данные Лаборатории морской метеорологии АОИОРАН. Калининград: Изд-во КГУ, 2004. 307 с.
- [2] *Барина Г. М.* Калининградская область. Климат. Калининград: ФГУИПП «Янтарный сказ», 2002. 196 с.
- [3] *Брукс К., Карузерс Н.* Применение статистических методов в метеорологии. Л.: Гидрометеиздат, 1963. 416 с.
- [4] *Груза Г. В., Ранькова Э. Я.* Структура и изменчивость наблюдаемого климата. Температура воздуха Северного полушария. Л.: Гидрометеиздат, 1980. 72 с.
- [5] *Гулев С. К., Украинский В. В.* Роль различных временных масштабов в процессах энергообмена океана и атмосферы // Изв. АН СССР. ФАО. 1989. Т. 25. № 7. С. 675—687.
- [6] *Гулев С. К., Колинко А. В., Лаппо С. С.* Синоптическое взаимодействие океана и атмосферы в средних широтах. СПб.: Гидрометеиздат, 1994. 320 с.
- [7] *Гуцин О. А., Стонт Ж. И.* Ветровые условия в прибрежной зоне Куршской косы (2004—2007 гг.) // Проблемы изучения и охраны природного и культурного наследия национального парка «Куршская коса». Вып. 6. Калининград: Изд-во РГУ им. И. Канта, 2008. С. 133—143.
- [8] Динамика вод Балтийского моря в синоптическом диапазоне пространственно-временных масштабов / Под ред. Е.А. Захарчука. СПб.: Гидрометеиздат, 2007. 354 с.
- [9] *Дубравин В. Ф., Стонт Ж. И., Гуцин О. А.* Долгопериодная изменчивость потоков тепла, влаги и импульса российского сектора Юго-Восточной Балтики // Наука и образование в России: история и современное состояние. СПб.: ВВМ, 2010. С. 794—801.
- [10] *Дубравин В. Ф., Стонт Ж. И., Гуцин О. А.* Эволюции суточного хода гидрометеорологических элементов над Юго-Восточной Балтикой // Изв. КГТУ. № 17. Калининград: Изд-во КГТУ, 2010. С. 20—24.

- [11] Дубравин В. Ф., Стонт Ж. И., Маслянкин Г. Е. Пространственно-временная структура гидрометеорологических полей над Юго-Восточной Балтикой // XIV съезд РГО. СПб., 2010. Сб. науч. работ. Кн. 4. Ч. 1. С. 71—75.
- [12] Каменкович В. М., Кошляков М. Н., Монин А. С. Синоптические вихри в океане. Л.: Гидрометеиздат, 1982. 264 с.
- [13] Лаппо С. С., Гулев С. К., Рождественский А. Е. Крупномасштабное тепловое взаимодействие в системе океан—атмосфера и энергоактивные области Мирового океана. Л.: Гидрометеиздат, 1990. 336 с.
- [14] Монин А. С. Прогноз погоды как задача физики. М.: Наука, 1969. 184 с.
- [15] Монин А. С., Каменкович В. М., Корт В. Г. Изменчивость Мирового океана. Л.: Гидрометеиздат, 1974. 262 с.
- [16] Озмидов Р. В. О некоторых особенностях энергетического спектра океанической турбулентности // ДАН СССР. 1965. Т. 2161. № 4. С. 828—832.
- [17] Проект «Моря СССР» Т. III. Балтийское море. Вып. 1. Гидрометеорологические условия. СПб.: Гидрометеиздат, 1992. 450 с.
- [18] Титов В. Б. Оценка вкладов разномасштабной временной изменчивости температуры воды и воздуха в северо-восточной части Черного моря // Метеорология и гидрология. 2009. № 5. С. 79—85.
- [19] Woods J. D. Do waves limit turbulent diffusion in the ocean? // Nature. 1980. Vol. 288. N 5788. P. 219—224.
- [20] www.rp5.ru

Калининград
 v_dubravin@mail.ru
 stont@atlas.baltnet.ru
 Атлантическое отделение учреждения РАН
 Института океанологии им. П. П. Ширшова

Поступило в редакцию
 22 марта 2012 г.

От редакции

В коллективной монографии «Методы и средства статистической обработки и анализа информации об обстановке в Мировом океане на примере гидрометеорологии». Обнинск: ВНИИГМИ—МЦД, 2009, написанной по итогам работ по программе «Мировой океан» в разделе «Единая система информации о Мировом океане» (ЕСИМО), принята альтернативная модель, базирующаяся на представлении временных рядов гидрометеорологических процессов, обладающих суточной и годовой ритмикой как реализации биопериодически-коррелированных случайных процессов и оказывающих мультипликативное воздействие низкочастотных диапазонов изменчивости на высокочастотные в виде модуляции (амплитудной, частотной, фазовой) колебаний.

В частности, размах суточных колебаний температуры воздуха зависит от сезона и синоптической обстановки (модуляция), скорость ветра зависит от сезона (модуляция), межгодовая изменчивость температуры воздуха и скорости ветра имеет как аддитивную составляющую (последовательность среднегодовых значений), так и модуляционную составляющую (дисперсия среднемесячных значений).

Таким образом, используемая авторами дискутируемой статьи аддитивная модель оставляет вне поля зрения взаимодействие диапазонов изменчивости гидрометеорологических процессов и полей. Кроме того, поскольку скорость ветра — вектор, какой смысл его обеднять в таблицах только модулем; дисперсия вектора — тензор.