

УДК 551.524(261.24)

Ж.И. Стонт¹, А.Н. Демидов²**СОВРЕМЕННЫЕ ТЕНДЕНЦИИ ИЗМЕНЧИВОСТИ ТЕМПЕРАТУРЫ ВОЗДУХА НАД АКВАТОРИЕЙ ЮГО-ВОСТОЧНОЙ БАЛТИКИ³**

На основании ежечасных наблюдений, получаемых в рамках экологического мониторинга с морской ледостойкой стационарной платформы (МЛСП D-6), расположенной примерно в 20 км от берега, исследована изменчивость температуры воздуха за последние 10 лет. По сравнению со второй половиной XX в. повысилась среднегодовая температура воздуха и среднемесячная температура самого теплого месяца (август). Минимум в годовом ходе температуры сместился на февраль. Среднемесячная температура воздуха наиболее изменчива зимой и наименее изменчива в августе. Проанализированы особенности суточного хода. Выявлены как общие закономерности многолетней изменчивости средних значений температуры воздуха, так и региональные различия. Показано, что положительное приращение средней температуры воздуха наблюдалось только летом. Отрицательное приращение наибольшее в зимний период; осенний и весенний тренды слабоотрицательны.

Ключевые слова: Юго-Восточная Балтика, температура воздуха, межгодовая изменчивость, тренд.

Введение. В Балтийском регионе, как и в других регионах Европы, в последние годы очевидна климатическая изменчивость гидрометеорологических условий. Изменения климата в большинстве исследований связывают с антропогенным потеплением [IPCC..., 2008]. Однако высказывались и определенные сомнения в правильности таких утверждений [Кондратьев, 2004]. Инструментальные данные наблюдений свидетельствуют о наличии некоторой тенденции к росту и падению температуры приземного воздуха в умеренных широтах с цикличностью несколько десятков лет [Алексеев и др., 2010; Котляков, 2010; Панин, 2010]. По мнению ряда авторов [Алексеев и др., 2010; Фролов и др., 2010], наблюдаемое потепление обусловлено естественными факторами, имеющими изменчивость с временным масштабом десятки—сотни лет, а не антропогенным влиянием. Несмотря на региональные различия, в прибрежных районах Балтийского моря отмечаются общие закономерности многолетней изменчивости средних значений температуры воздуха [Chubarenko et al., 2002]. В статье [Avotniēse et al., 2010] показано, что из-за высокой летней температуры увеличилась продолжительность вегетационного и безморозного периода, последнее связано с уменьшением экстремальных значений температуры в зимний период. Для последнего десятилетия XX в. и первого десятилетия XXI в. были характерны не только отдельные чрез-

вычайно жаркие месяцы, но и весь летний сезон [Twardosz et al., 2013].

Изменчивость минимальной и максимальной температуры и дневного диапазона температуры в Польше проанализирована на основе данных 9 станций с разным периодом измерений (самый длинный ряд — 98 лет) [Wibig et al., 2002]. Увеличение минимальной температуры сопровождалось небольшим повышением максимальной температуры и уменьшением дневного диапазона. Установлено, что эти изменения хорошо коррелируют с облачностью, и сильные колебания температуры связаны с интенсивностью Северо-Атлантического колебания, особенно зимой и весной. В странах Прибалтики региональные средние аномалии годовой температуры воздуха в 1991—2007 гг. составили 0,8–0,9 °C относительно показателей принятого за норму климатического периода 1961—1990 гг.; наблюдалось также увеличение осадков на 1–6%, особенно зимних [Kriaučiūniene et al., 2012]. За период 1966—2009 гг. коэффициент линейного тренда температуры воздуха для всего Балтийского побережья Польши составил 0,3 °C/10 лет [Tylkowski, 2013]. Но имеются региональные различия. Так, по данным работы [Michalska, 2011], максимальный рост температуры воздуха (0,32 °C/10 лет) относится к области Щецинского Приморья, которое расположено в западной части польского побережья Балтийского моря, тогда как в восточной части —

¹ Институт океанологии имени П.П. Ширшова РАН, Атлантическое отделение, лаборатория геоэкологии, ст. науч. сотр., канд. геогр. н.; e-mail: ocean_stont@mail.ru

² Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, географический факультет, кафедра океанологии, ст. науч. сотр., канд. геогр. н.; e-mail: alik1@mail.ru

³ Работа выполнена в рамках федеральной целевой программы “Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технологического комплекса России на 2014—2020 годы” Минобрнауки России (уникальный идентификатор RFMEFI57414X0091) и при финансовой поддержке Всероссийской общественной организации “Русское географическое общество” (грант № 13-05-41374 РГО_а). Аналитическая работа выполнена при финансовой поддержке Российского научного фонда (грант №14-37-00047).

Гданьское Приморье — тренд составил $0,28\text{ }^{\circ}\text{C}/10\text{ лет}$. При анализе данных за 1950–2009 гг. в районе Щецина получены линейные тренды по сезонам: весна $0,0296$, зима $0,032\text{ }^{\circ}\text{C}/\text{год}$ (приращение 1,8 и $1,9\text{ }^{\circ}\text{C}/60\text{ лет}$ соответственно) [Kirschenstein, 2011].

На акватории Юго-Восточной Балтики суммарная солнечная радиация составляет $360,0\text{--}376,8\text{ кДж}/\text{см}^2$ в год [Гидрометеорологические..., 1992; Климатический..., 1957; Померанец, 1964]. На поступление радиации существенно влияет распределение облачности и прозрачности атмосферы. Больше 45% годового количества поглощенной радиации Юго-Восточная Балтика получает летом, немногим меньше (~35%) — весной, на пасмурный осенне-зимний сезон приходится 20%. В течение 4–5 месяцев (с октября—ноября по февраль—март) радиационный баланс в этом регионе отрицательный с минимумом в декабре; максимальные величины отмечены в июне [Гидрометеорологические..., 1992; Дубравин, Стонт, 2012].

Существует мнение [Pinker et al., 2005; Wild et al., 2005], что количество солнечной радиации, достигающей поверхности Земли, увеличилось по сравнению с 1990 г., это одна из причин повыше-

ния температуры воздуха и поверхности воды. Тенденция к увеличению суммарной солнечной радиации с середины 1980-х гг. выявлена и для Московского региона [Чубарова и др., 2014]. В работе [Смирнова и др., 1988] отмечено, что рост температуры воздуха в разных районах побережий Белого и Балтийского морей наблюдается с начала или середины 1980-х гг., предполагается, что, несмотря на глобальное потепление, примерно в 2016 г. ожидается минимум векового цикла солнечной активности.

Цель работы — выявить изменчивость температуры воздуха в российском секторе Юго-Восточной Балтики, оценить изменения статистических характеристик температуры, сравнить приращение температуры воздуха над морской поверхностью в 22 км от берега и по береговым станциям в прибрежной полосе (Польша, Литва, Калининградская область).

Материалы и методы исследований. Работа выполнена на основе изучения 10-летнего ряда наблюдений в открытой части моря, где исключено влияние суши (рис. 1). Гидрометеорологические наблюдения в этой части юго-востока Балтики в по-

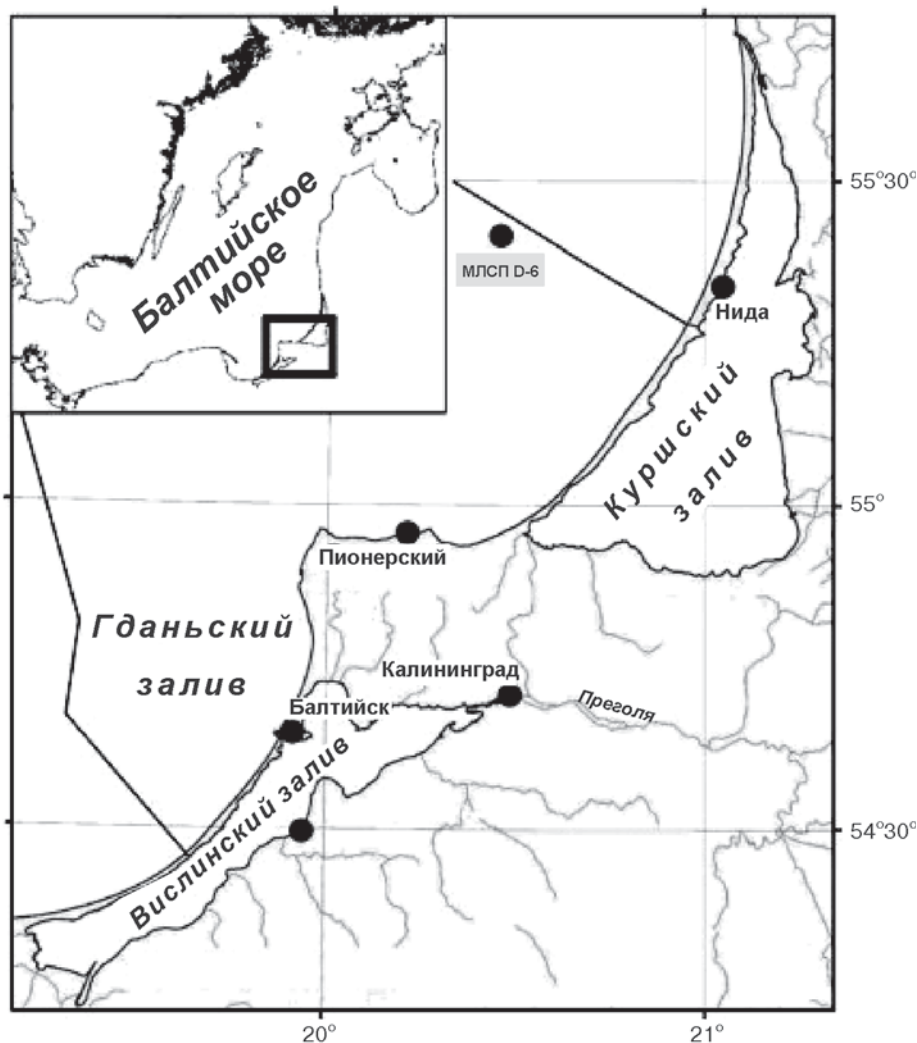


Рис. 1. Карта побережья Юго-Восточной Балтики

следние годы практически не проводятся. Район исследования лежит вне путей активного судоходства, т.е. нет попутных наблюдений транспортными и рыболовными судами, научные экспедиции не организуются.

Для анализа изменчивости температуры воздуха использованы данные производственного экологического мониторинга Кравцовского месторождения (D-6), который с 2004 г. проводит ООО «ЛУКОЙЛ-КМН». Морская ледостойкая стационарная платформа (МЛСП, D-6) расположена приблизительно в 20 км от берега (рис. 1). На МЛСП D-6 на высоте 27 м над уровнем моря установлена автоматическая гидрометеорологическая станция (АГМС) «Миникрамс-4», которая ведет непрерывные измерения. Дискретность записей с датчиков в файлах, поступающих на обработку, составляет ~30 с. Программное обеспечение АГМС предоставляет возможность кодировать метеопараметры по международному коду КН 01 и передавать телеграммы по интернет-каналу, что позволяет в оперативном режиме обрабатывать данные наблюдений. Мы анализировали ежечасные данные о температуре воздуха, которые представляют собой непрерывный ряд длительностью 10 лет. Приведение температуры к стандартному уровню 2 м не проводилось, так как сложно учитывать фактор стратификации атмосферы.

Межгодовая изменчивость температуры исследована с помощью дисперсионного, гармонического и спектрального анализа [Брукс, Карузерс, 1963; Козубская, Коняев, 1977; Рожков, 2008]. Для расчета долгосрочных трендов использована линейная аппроксимация временных рядов методом наименьших квадратов. Оценка значимости коэффициентов линейной зависимости, а также достоверности полученных результатов осуществлялась с помощью t-критерия Стьюдента [Fisher, Yates, 1975]. Предусматривалась возможность выборки по сезонам и месяцам для исследования изменчивости параметров линейной модели. Дополнительно проводилась сплайновая интерполяция данных для получения рядов с равномерным временным шагом и последующим выявлением долгопериодных колебаний. Статистики по сезонам и общий тренд (весь ряд) неаддитивны.

Результаты исследований и их обсуждение. Изменения температуры воздуха (среднегодовой, среднемесячной максимальной и минимальной) в Калининградском регионе (метеостанция 26702 УМКК) в 1975–2010 гг. характеризуются положительным линейным трендом $0,01–0,05$ °С/год и соответственно приращением $0,4–1,8$ °С/период [Навроцкая, Стонт, 2014]. Увеличение среднемесячных значений максимальной температуры происходило в несколько раз быстрее, чем рост среднемесячной минимальной температуры. Ход среднегодовой температуры воздуха характеризуется значительными межгодовыми колебаниями. Выделяются временные интервалы, в пределах которых изменения

температуры схожи, — устойчивая тенденция к росту или снижению: 1975–1985 гг. — незначительное похолодание ($-0,2$ °С/10 лет), 1986–1995 гг. — потепление ($0,9$ °С/10 лет) и в 1996–2010 гг. — замедление роста по сравнению с предыдущим периодом ($0,1$ °С/10 лет) [Навроцкая, Стонт, 2014].

В районе Кравцовского нефтяного месторождения (D-6) над акваторией моря (рис. 1), согласно ежемесячным картам пространственного распределения температуры воздуха [Гидрометеорологические..., 1983], средняя годовая температура воздуха составляет $7,4$ °С, самая низкая средняя месячная температура ($-2,0$ °С) отмечена в январе. Средняя температура летних месяцев составляет $16,8$ °С в июле, а наиболее высокая — в августе ($16,9$ °С). Годовая амплитуда среднемесячной температуры $18,9$ °С [Гидрометеорологические..., 1983].

Основные характеристики межгодовой изменчивости температуры воздуха за период 2004–2013 гг. по данным МЛСП D-6 представлены в табл. 1 и на рис. 2. Средняя годовая температура воздуха выше, чем в середине прошлого столетия [Гидрометеорологические..., 1983] и составляет $8,7 \pm 0,6$ °С, а годовая амплитуда среднемесячных значений температуры равна $19,7$ °С (табл. 2). Максимальная среднегодовая температура отмечена в 2008 г. ($9,4 \pm 5,8$ °С), вариации среднемесячных значений температуры составляют от $2,4$ до $18,0$ °С. Минимальная среднегодовая температура наблюдалась в 2010 г. ($7,2 \pm 8,6$ °С), вариации среднемесячных значений температуры от $-5,4$ до $20,8$ °С. Межгодовое изменение приращения среднегодовых значений температуры в последнее десятилетие лежит в интервале от $-1,5$ до $1,7$ °С. Межгодовое приращение максимальных среднемесячных значений температуры варьирует от $-2,3$ до $2,0$ °С, а минимальных среднемесячных — от $-4,8$ до $4,5$ °С, что приблизительно в 2 раза больше, чем для наиболее теплых месяцев года. Это свидетельствует о том, что наибольший вклад в изменчивость среднегодовых значений температуры вносят вариации температуры в холодный период года. Так, в 2008 г. (самый теплый год) в зимние месяцы отмечено всего 10 дней с морозами до -10 °С. Зимой 2010 г. (самый холодный год) суммарная продолжительность морозов (до -15 °С) составила 60 дней.

Продолжительность безморозного периода на акватории Юго-Восточной Балтики составляет 272 ± 18 дней, что приблизительно на 70 дней больше, чем на побережье [Барина, 2002; Калининградская область..., 1969].

В Юго-Восточной Балтике зимой график среднемесячного хода температуры двух месяцев (январь, февраль) опускается в область отрицательных значений температуры ($-0,3$ и $-1,1$ °С соответственно, табл. 2). Минимум в годовом ходе смещается на февраль ($-1,1$ °С) против января ($-2,0$ °С) в середине прошлого столетия (табл. 2). Аналогичный результат отмечен и для береговых метеостанций Балтийска и Клайпеды. Вероятнее

Таблица 1

Характеристики межгодовой изменчивости температуры воздуха по данным МЛСП D-6 в 2004–2013 гг.

Год	Среднее $\pm\sigma$, °С	Характеристики экстремумов, °С			Продолжительность безморозного периода, дни
		Минимум	Максимум	Амплитуда	
2004	8,4 \pm 6,8	-10,6	25,9	36,5	—
2005	8,9 \pm 7,0	-9,7	24,4	34,1	293
2006	9,0 \pm 8,2	-19,3	29,8	49,1	250
2007	9,3 \pm 6,5	-12,3	26,4	38,7	274
2008	9,4 \pm 5,8	-10,3	22,9	33,2	280
2009	8,7 \pm 7,0	-10,9	26,7	37,6	288
2010	7,2 \pm 8,6	-15,3	31,1	46,4	273
2011	8,9 \pm 7,5	-13,1	28,0	41,1	245
2012	8,2 \pm 7,5	-16,4	29,4	45,8	289
2013	8,7 \pm 7,7	-10,9	30,7	41,6	255
Среднее	8,7 \pm 0,6	-12,9 \pm 3,2	27,5 \pm 2,7	40,4 \pm 5,4	272 \pm 18

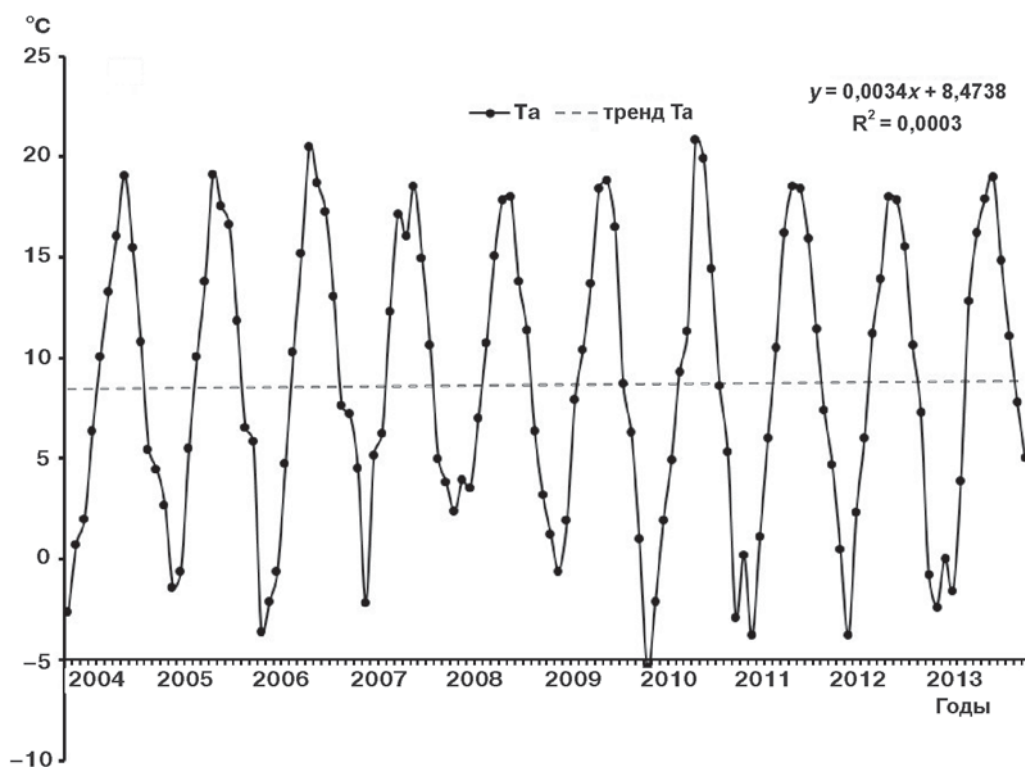


Рис. 2. Межгодовая изменчивость среднемесячной температуры воздуха по данным МЛСП D-6 за 2004–2013 гг. Показаны линейный тренд и его уравнение

всего, причиной этого явления служат циркуляционные процессы. При анализе индексов циркуляции за 2000–2013 гг. оказалось, что в зимние месяцы, особенно в феврале, наблюдается рост восточной (E) составляющей переноса при уменьшении западной (W). В эти же годы, по данным МЛСП (D-6), в феврале увеличилась повторяемость ветров восточных румбов, при которых и наблюдаются отрицательные значения температуры.

Климат Юго-Восточной Балтики стал более морским. За 2004–2013 гг. абсолютный минимум (-19,3 °С, январь) наблюдался в 2006 г., максимальная амплитуда экстремальных значений в этот год составила 49,1 °С (табл. 1). В зимние месяцы температура воздуха наиболее изменчива — в декабре $\pm\sigma = 3,2$ °С и январе $\pm\sigma = 3,1$ °С (табл. 2). Причина этого заключается в оттепелях, которые чередуются с заточками холодного воздуха.

Таблица 2

Статистические характеристики среднемесячной температуры воздуха, измеренной на МЛСП D-6 в 2004–2013 гг., и трендовые приращения по месяцам

Характеристика	Месяц											
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Среднее	–0,3	–1,1	1,5	5,8	10,8	14,6	18,3	18,6	15,5	10,8	6,5	3,1
Стандартное отклонение, $\pm\sigma$	3,1	2,3	2,0	1,2	1,1	1,7	1,6	0,7	1,1	1,3	1,0	3,2
Абсолютный максимум	10,3	7,4	15,8	21,3	26,1	29,8	31,1	29,1	24,1	18	12,8	12,3
Абсолютный минимум	–19,3	–16,4	–9,7	–1,1	2,8	7,7	12,1	11,7	7,0	1,1	–9,2	–11,5
Приращение среднемесячной температуры, °C	–2,0	–2,8	–0,4	–0,0	1,9	0,03	0,9	0,04	–1,5	–1,7	1,8	–2,4
Коэффициент Стьюдента	10,1	16,3	3,39	1,90*	12,8	0,23*	8,61	0,56*	16,3	15,4	14,4	14,3
Число членов выборки	7173	6613	7301	6918	7220	6994	7093	7244	6970	7256	6910	7173

* Незначимое распределение Стьюдента.

Повышение температуры происходит достаточно равномерно с марта по август от 1,5 (март) до 18,6 °C (август) (рис. 2; табл. 2). Среднемесячная температура самого теплого месяца (август) повысилась на 1,7 °C по сравнению со второй половиной XX в. [Дубравин, Стонт, 2012]. Наименее изменчива среднемесячная температура воздуха в августе ($\pm\sigma = 0,7$ °C). На 0,3 °C температура ниже в июле (18,3 °C), затем следуют сентябрь (15,5 °C) и июнь (14,6 °C). Температура воздуха в весенний переходный период составляет в марте 1,5, в апреле 5,8, в мае 10,8, в осенний период в сентябре 15,5, в октябре 10,8 и в ноябре 6,5 °C. Периоды повышения и понижения температуры воздуха в сезонном ходе приблизительно равны и составляют по 6 мес., т.е. сезонный ход температуры воздуха в районе платформы определяется годовой волной [Дубравин, Стонт, 2012], что хорошо видно на рис. 2.

Среднегодовая температура воздуха над акваторией Юго-Восточной Балтики понижается по направлению к берегу от 8,3–8,5 (в центре бассейна) до 7,8–7,9 °C (в Балтийске) [Дубравин, Стонт, 2012; Электронный..., 2007]. Максимум температуры в сезонном ходе на прибрежных станциях наблюдается в июле–августе, минимум — в январе–феврале (табл. 2). Над акваторией происходит смещение минимальных значений температуры на февраль, максимальных на август. Сезонный ход температуры воздуха над Юго-Восточной Балтикой полностью определяется годовой волной. В период с апреля по июль температура воздуха в центре акватории ниже, чем в прибрежной зоне (максимальный контраст в мае), а в период с августа по март, наоборот, температура в центре бассейна выше, чем в прибрежной зоне (максимальный контраст в декабре). Расчеты по данным из разных источников показывают устойчивость сезонного хода температуры воздуха в Юго-Восточной Бал-

тике в последние 140 лет [Дубравин, Стонт, 2012]. Квота годовой гармоникой температуры воздуха на побережье (Клайпеда, Балтийск, Светлогорск) не выходила за пределы интервала $q_1 = 0,995 \div 0,999$, а дата наступления ее максимума (T_{\max}) 09.07.–18.07.; на акватории исследований квота первой гармоникой лежит в пределах $q_1 = 0,990 \div 0,995$, дата наступления максимума смещается к концу июля 15.07.–28.07. [Дубравин, Стонт, 2012].

В целом за 2004–2013 гг. изменение среднегодовой температуры воздуха, по данным МЛСП D-6, характеризуется линейным трендом, составляющим +0,003 °C/мес соответственно, приращение составило +0,36 °C /10 лет (рис. 2). Но линейный тренд статистически незначим. Для Восточного Поморья Польши приращение составило +0,28 °C/10 лет (1966–2009) [Michalska, 2011], для Калининграда — +0,20 °C/10 лет (1996–2010) [Навроцкая, Стонт, 2014].

Положительное приращение средней температуры воздуха наблюдалось только летом (+0,07 °C/год), внутригодовой максимум температуры приходится на июль–август. На территории Литвы, по данным [Jurgelėnaitė et al., 2012], за 1991–2010 гг. темп роста температуры воды и воздуха составил 0,04 и 0,06 °C в теплое время года соответственно, т.е. величины тренда хорошо согласуются. Уменьшение среднемесячной температуры воздуха зимой (отрицательное приращение от –2,0 в январе до –2,8 °C/10 лет в феврале) происходило в 2,5 раза быстрее, чем увеличение значений среднемесячной температуры летом (от 0,03 в июне до 0,9 °C/10 лет в июле) (табл. 2), с чем, вероятно, и связан процесс замедления роста средней температуры воздуха на фоне ожидаемого минимума векового цикла солнечной активности в 2016 г. [Смирнова и др., 1988]. Максимальное положительное приращение в соответствии с трендом приходится на май (1,9 °C/10 лет)

и ноябрь (1,8 °С/10 лет), распределение Стьюдента значимо при уровне 0,99. В апреле, июне и августе приращение близко к 0 °С/10 лет (незначимое распределение Стьюдента).

Суточный ход среднемесячной температуры воздуха представлен на рис. 3. Хорошо видно, что суточный минимум приурочен к 6 часам (время местное), тогда как суточные максимумы тяготеют к послеполуденным часам (18 ч.).

В ноябре, декабре и январе суточный ход выражен слабо, среднеквадратическое отклонение $\pm\sigma = 0,1$ °С. В мае суточный ход наиболее выражен ($\pm\sigma = 0,6$ °С), что связано, по-видимому, с частым господством антициклональных условий и соответствующим дневным прогревом и ночным выхолаживанием. Суточный ход хорошо выражен в апреле и августе ($\pm\sigma = 0,5$ °С).

В исследуемом районе регулярный суточный ход температуры воздуха характеризуется преобладанием суточной волны с большой устойчивостью. Это подтверждается результатами гармонического анализа [Дубравин, Стонт, 2012]. Максимальный размах суточного хода температуры воздуха наблюдается в теплый период (апрель—октябрь), минимальный — в холодный (ноябрь—март) (рис. 3). Показано, что вклад регулярного суточного хода в общую дисперсию температуры воздуха невелик, и относительная доля суточного хода в дисперсии временной изменчивости температуры воздуха с

приближением к побережью возрастает в несколько раз (от 0,2% на МЛСП D-6 до 4,3% в Калининграде) [там же]. Вклад сезонного хода в общую дисперсию для температуры воздуха составил 73%, межгодовой изменчивости — 0,8% [Дубравин, Стонт, 2012].

Выводы о распределении высоко- и низкочастотной составляющих временной изменчивости метеорологических полей, в том числе температуры воздуха, полученные для Северной Атлантики [Гулев и др., 1994], справедливы и для Юго-Восточной Балтики [Дубравин, Стонт, 2012].

Для установления циркуляционных причин выявленной изменчивости температуры воздуха над акваторией Юго-Восточной Балтики вычислены значения коэффициента корреляции между температурой и индексами атмосферной циркуляции Вангенгейма—Гирса за 2004—2012 гг. (значения индекса атмосферной циркуляции предоставлены сотрудниками ААНИИ А.А. Дмитриевым и В.А. Белязо из неопубликованного “Календарного каталога атмосферных процессов по циркумполярной зоне Северного полушария и их количественных характеристик за период с 1949 по 2013 г.”). Обнаружена прямая заметная связь (по Чэддоку) с зональной (W) формой циркуляции ($r = 0,63$ при $P = 9\%$) и обратная с восточной (E) формой ($r = -0,62$ при $P = 95\%$). С меридиональной формой циркуляции связь обратная умеренная ($r = 0,40$ при $P = 95\%$).

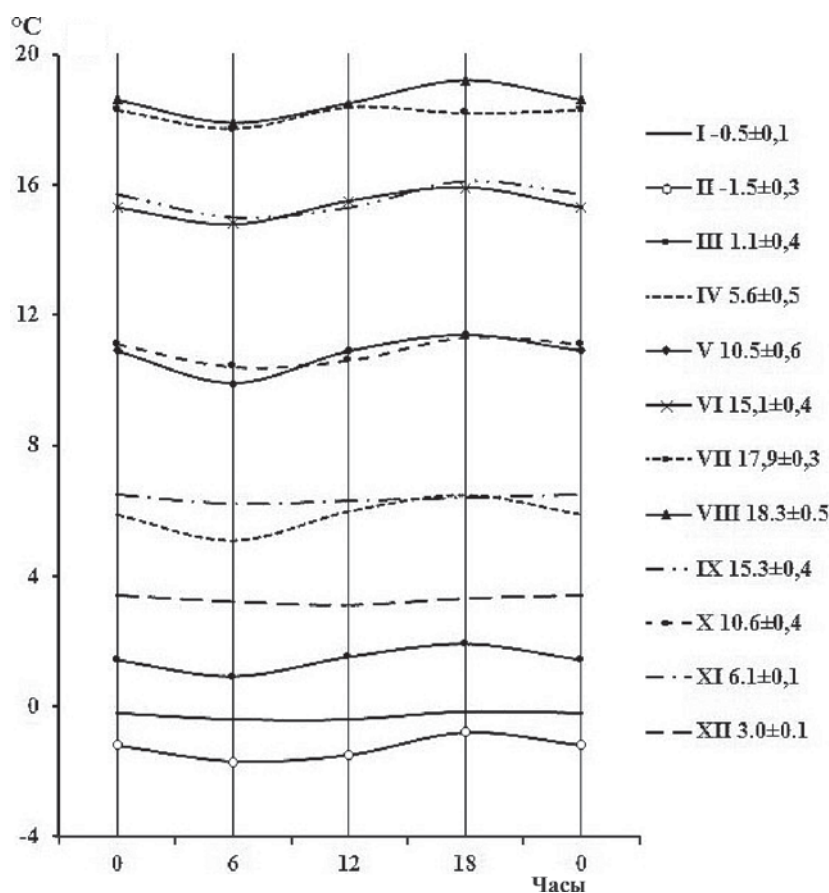


Рис. 3. Внутрисуточная изменчивость температуры воздуха, измеренной на МЛСП D-6 в 2004—2013 гг.

При определении скрытых долгопериодных колебаний применяли фильтрацию с большим периодом осреднения [Козубская, Коняев, 1977]. При этом исследованы ряды температуры воздуха с музейного научно-исследовательского судна “Витязь”, пришвартованного в центре г. Калининград, длительностью 20 лет (1995–2014). Коэффициент корреляции между температурой воздуха, измеренной на МЛСП D-6 и на судне “Витязь”, очень высокая (по Чэддоку): $r = 0,97$ при $P = 95\%$. В рядах температуры воздуха для береговых станций удалось выделить колебания с периодом 6–7 лет. Отметим, что анализ изменчивости индекса Северо-Атлантического колебания показал, что наиболее заметен на спектре максимум 7,8 года [Смирнов и др., 1998].

Выводы:

— за последнее десятилетие (2004–2013) отмечены следующие изменения в характеристиках температуры воздуха для российского сектора Юго-

Восточной Балтики по сравнению с серединой прошлого столетия: среднегодовая температура воздуха повысилась;

— минимум в годовом ходе сместился на февраль, что связано с изменчивостью циркуляционных условий и свидетельствует о том, что климат Юго-Восточной Балтики стал более морским;

— наибольший вклад в изменчивость среднегодовых значений температуры вносят вариации значений температуры в холодный период года;

— одна из причин выявленной изменчивости температуры воздуха заключается в связи с циркуляционными условиями: прямая заметная связь ($r = 0,63$ при $P = 95\%$) для зональной (W) формы циркуляции и обратная заметная ($r = -0,62$ при $P = 95\%$) для восточной (E);

— выявленные колебания с периодом 6–7 лет в рядах температуры воздуха для береговых станций также наиболее заметны на спектрах изменчивости индекса Северо-Атлантического колебания.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

REFERENCES

- Алексеев Г.В., Радионов В.Ф., Александров Е.И. и др. Климатические изменения в Арктике и Северной Полярной области // Проблемы Арктики и Антарктики. 2010. № 1 (84). С. 67–80.
- Alekseev G.V., Radionov V.F., Aleksandrov E.I. i dr. Klimaticheskie izmeneniya v Arktike i Severnoy Polyarnoy Oblasti [Climate changes in the Arctic and the North Pole zone], Problemy Arktiki i Antarktiki, 2010, no 1 (84), pp. 67–80 (in Russian).
- Барина Г.М. Калининградская область. Климат. Калининград: ФГУИПП “Янтар. Сказ”, 2002. 196 с.
- Barinova G.M. Kaliningradsкая oblast'. Klimat [Kaliningrad region. Climate], FGUIPP “Yantar. Skaz”, Kaliningrad, 2002, 196 p. (in Russian).
- Брукс К., Карузере Н. Применение статистических методов в метеорологии. Л.: Гидрометеоздат, 1963. 416 с.
- Bruks K., Karuzers N. Primenenie statisticheskikh metodov v meteorologii [Of statistical methods in meteorology], Gidrometeoizdat, Leningrad, 416 p. (in Russian).
- Гидрометеорологические условия. Проект “Моря СССР” Т. 3. Балтийское море. Вып. 1. СПб.: Гидрометеоздат, 1992. 450 с.
- Gidrometeorologicheskie usloviya. Proekt “Morya SSSR”. T. 3. Baltiyskoe more, Vyp. 1. [Hydro-meteorological conditions. The project “The Seas of the USSR”], Gidrometeoizdat, St. Peterburg, 450 p. (in Russian).
- Гидрометеорологические условия шельфовой зоны морей СССР. Т. 1. Балтийское море. Вып. 1. Балтийское море без заливов. Л.: Гидрометеоздат, 1983. 175 с.
- Gidrometeorologicheskie usloviya shel'fovoy zony morey SSSR. T. 1. Baltiyskoe more. Vyp. 1. Baltiyskoe more bez zalivov [Hydro-meteorological conditions of the USSR sea shelf. Vol. 1. Baltic Sea. Iss. 2. Baltic Sea without golfs], Gidrometeoizdat, Leningrad, 175 p. (in Russian).
- Гулев С.К., Колинко А.В., Ланно С.С. Синоптическое взаимодействие океана и атмосферы в средних широтах. СПб.: Гидрометеоздат, 1994. 320 с.
- Sinopticheskoe vzaimodeystvie okeana i atmosfery v srednih shirotah [Synoptical interaction between the ocean and the atmosphere in the middle latitude], Gidrometeoizdat, St. Peterburg, 320 p. (in Russian).
- Дубравин В.Ф., Стонт Ж.И. Гидрометеорологический режим, структура и циркуляция вод // Нефть и окружающая среда Калининградской области. Т. 2. Море / Под ред. В.В. Сивкова. Калининград: Терра Балтика, 2012. С. 69–105.
- Dubravyn V.F., Stont Zh.I. Gidrometeorologicheskii rezhim, struktura i tsirkulyatsiya vod // Neft' i okruzhayushchaya sreda Kaliningradskoy oblasti. T. 2. More / Pod red. V.V. Sivkova [Hydro-meteorological regime, structure and circulation of the waters // Oil and environment of the Kaliningrad region], Terra Baltika, Kaliningrad, pp. 69–105 (in Russian).
- Дубравин В.Ф., Стонт Ж.И. Эволюции гидрометеорологических полей над Юго-Восточной Балтикой // Изв. РГО. 2012. Т. 144, вып. 5. С. 37–48.
- Dubravyn V.F., Stont Zh.I. Evolyutsii gidrometeorologicheskikh poley nad Yugo-Vostochnoy Baltikoy [The hydro-meteorological evolution in the South East Baltics], Izvestiya RGO, 2012, T. 144, Vyp. 5, pp. 37–48 (in Russian).
- Калининградская область: Очерки природы. Калининград, 1969. 205 с.
- Kaliningradsкая oblast': Ocherki prirody [Kaliningrad region: The Nature essay], Kaliningrad, 1969, 205 p. (in Russian).
- Климатический и гидрологический атлас Балтийского моря / Ред. В.С. Самойленко. М.: Гидрометеоздат, 1957. 106 с.
- Klimaticheskii i gidrologicheskii atlas Baltiyskogo morya / Red. V.S. Samoylenko [The climatic and hydrological atlas of the Baltic Sea], Gidrometeoizdat, Moscow, 1957, 106 p. (in Russian).
- Козубская Г.И., Коняев К.В. Адаптивный спектральный анализ случайных процессов и полей // Физика атмосферы и океана. 1977. Т. 13, № 1. С. 61–71.

Kozubskaya G.I., Konyaev K.V. Adaptivnyj spektral'nyj analiz sluchaynyh protsessov i polej [The spectral analyses of the processes and areas], *Fizika atmosfery i okeana*, 1977, Vol. 13, no 1, pp. 61–71 (in Russian).

Кондратьев К.Я. Изменения глобального климата: нерешенные проблемы // *Метеорология и гидрология*. 2004. № 6. С. 118–127.

Kondrat'ev K.Ya. Izmeneniya global'nogo klimata: nereshennye problemy [Global climate change: reality, hypothesis and fantasies], *Meteorologiya i gidrologiya*, 2004, no 6, pp. 118–127 (in Russian).

Котляков В.М. Криосфера и климат // *Экология и жизнь*. 2010. № 11. С. 51–60.

Kotlyakov V.M. Kriosfera i klimat [The cryosphere and climate], *Ekologiya i zhizn'*, 2010, no 11, pp. 51–60 (in Russian).

Навроцкая С.Е., Стонт Ж.И. Региональные особенности изменчивости гидрометеорологических условий у побережья Юго-Восточной Балтики (Калининградская область) // *Изв. РГО*. 2014. Т. 146, № 3. С. 54–64.

Navrotskaya S.E., Stont Zh.I. Regional'nye osobennosti izmenchivosti gidrometeoro-logicheskikh usloviy u poberezh'ya Yugo-Vostochnoy Baltiki (Kaliningradskaya oblast') [The hydro-meteorological changes of the South East coast of the Baltic sea (Kaliningrad region)], *Izv. RGO*, 2014, Vol. 146, no 3, pp. 54–64 (in Russian).

Панин Г.Н. Об изменении климата в полярных зонах Земли // *Докл. РАН*. 2010. Т. 427, № 3. С. 397–402.

Panin G.N. Ob izmenenii klimata v polyarnykh zonah Zemli [Climatical changes in the polar areas of the Earth], *Doklady Akademii Nauk*, 2010, T. 427, no 3, pp. 397–402 (in Russian).

Померанец К.С. Тепловой баланс Балтийского моря // *Тр. ГОИН*. 1964. Вып. 82. С. 87–109.

Pomeranets K.S. Teplovoy balans Baltiyskogo moray [The thermal balance of the Baltic Sea], *Trudy GOIN*, 1964, V. 82, pp. 87–109 (in Russian).

Рожков В.А. Методы статистической гидрометеорологии. Географические и геоэкологические аспекты развития природы и общества / Ред. Н.В. Каледин. СПб., 2008. С. 121–132.

Rozhkov V.A. Metody statisticheskoy gidrometeorologii. Geograficheskie i geoekologicheskie aspekty razvitiya prirody i obschestva [The methods of the statical hydro-meteorology. Geographical and ecological development of the nature and the society], red. N.V. Kaledin, St. Peterburg, 2008, pp. 121–132 (in Russian).

Смирнов Н.П., Воробьев В.Н., Кочанов С.Ю. Северо-Атлантическое колебание и климат. СПб.: Изд-во РГГМУ, 1998. 122 с.

Smirnov N.P., Vorob'ev V.N., Kochanov S.Yu. Severo-Atlanticheskoe kolebanie i klimat [North-Atlantic Oscillation and climate], *Izd. RGGMU*, St. Peterburg, 1998. 122 p. (in Russian).

Смирнова А.И., Минина Н.И., Яковлева Н.П. Вероятностный анализ годового хода и межгодовой изменчивости чисел Вольфа, форм атмосферной циркуляции, водообмена Балтийского моря с Северным и его составляющих // *Режимобразующие факторы, гидрометеорологические и гидрохимические процессы в морях СССР*. Л., 1988. С. 5–15.

Smirnova A.I., Minina N.I., Yakovleva N.P. Veroyatnostnyj analiz godovogo hoda i mezhgodovoy izmenchivosti chisel Vol'fa, form atmosfernoj tsirkulyatsii, vodoobmena Baltiyskogo morya s Severnym i ego sostavlyayushchih

[Probabilistic analysis of annual variations and interannual variability of Wolf numbers, the forms of atmospheric circulation, water exchange of the Baltic sea with the North sea and its components], v kn.: *Rezhimobrazuyushchie faktory, gidrometeorologicheskie i gidrohimicheskie protsessy v moryah SSSR*, Leningrad, 1988, pp. 5–15 (in Russian).

Фролов И.Е., Гудкович З.М., Карклин В.П. и др. Изменения климата Арктики и Антарктики — результат действия естественных причин // *Проблемы Арктики и Антарктики*. 2010. № 2 (85). С. 52–61.

Frolov I.E., Gudkovich Z.M., Karklin V.P. i dr. Izmeneniya klimata Arktiki i Antarktiki — rezul'tat deystviya estestvennykh prichin [Climate change in the Arctic and Antarctic — result of natural causes], *Problemy Arktiki i Antarktiki*, 2010, no 2 (85), pp. 52–61 (in Russian).

Чубарова Н.Е., Незваль Е.И., Беликов И.Б. и др. Климатические и экологические характеристики московского мегаполиса за 60 лет по данным Метеорологической обсерватории МГУ // *Метеорология и гидрология*. 2014. № 9. С. 49–64.

Chubarova N.E., Nezval' E.I., Belikov I.B. i dr. Klimaticheskie i ekologicheskie ha-rakteristiki moskovskogo megapolisa za 60 let po dannym Meteorologicheskoy observatorii MGU [Climatical and ecological characteristics of the Moscow metropolis for 60 years, according to the Meteorological Observatory of Moscow state University], *Meteorologiya i gidrologiya*, 2014, no 9, pp. 49–64 (in Russian).

Электронный атлас “Климат морей России и ключевых районов Мирового океана”. 2007. URL: http://www.esimo.ru/atlas/Balt/1_1.html (дата обращения: 20.11.2014).

Elektronnyj atlas “Klimat morey Rossii i klyuchevykh rayonov Mirovogo okeana” [“The Climate of Russian seas and the key areas of the World ocean”], 2007. URL: http://www.esimo.ru/atlas/Balt/1_1.html

Avotniece Z., Rodinov V., Lizuma L. et al. Trends in the frequency of extreme climate events in Latvia // *Baltica*. 2010. Vol. 23 (2). P. 135–148.

Chubarenko I.P., Chubarenko B.V. General water dynamics of the Vistula Lagoon // *Environm. and Chemical Physics*. 2002. Vol. 24, N 4. P. 213–217.

Fisher R.A., Yates F. Statistical tables for biological, agricultural and medical research. Edinburg: Oliver and Boyd, 1975.

IPCC Fourth Assessment Report: Climate Change. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 2008.

Jurgelėnaitė A., Kriaučiūnienė J., Šarauskiene D. Spatial and temporal variation in the water temperature of Lithuanian rivers // *Baltica*. 2012. N 25 (1). P. 65–76.

Kriaučiūnienė J., Meilutytė-Barauskiene D., Reihan A. et al. Variability in temperature, precipitation and river discharge in the Baltic States // *Boreal Env*. 2012. Vol. 17(2). P. 150–162.

Kirschenstein M. The air temperature variations in Szczecin and its dependence on the North Atlantic Oscillation (NAO) / Baltic coastal zone // *J. Ecology and Protection of the Coastline*. 2011. Vol. 15. P. 5–23.

Michalska B. Tendencje zmian temperatury powietrza w Polsce [Recent trends of air temperature in Poland] // *Prace i Studia Geograficzne*. 2011. Vol. 47. P. 67–75.

Pinker R.T., Zhang B., Dutton E.G. Do satellites detect trends in surface solar radiation? // *Science*. 2005. Vol. 308 (5723). P. 850–854.

Tylkowski J. Temporal and spatial variability of air temperature and precipitation at the Polish coastal zone of the southern Baltic Sea // *Baltica*. 2013. N 26(1). P. 83–94.

Twardosz R., Kossowska-Cezak U. Exceptionally hot summers in central and eastern Europe (1951–2010) // *Theoretical and Applied Climatology*. 2013. Vol. 112. P. 617–628.

Wibig J., Gowicki B. Trends of minimum and maximum temperature in Poland // *Climate Research*. 2002. Vol. 20. P. 123–133.

Wild M., Gilgen H., Roesch A. et al. From dimming to brightening: decadal changes in solar radiation at Earth's surface // *Science*. 2005. Vol. 308 (5723). 06. P. 847–850.

Поступила в редакцию
02.12.2014

Zh.I. Stont, A.N. Demidov

**VARIABILITY OF AIR TEMPERATURE OVER THE SOUTH-EASTERN BALTIC SEA
BY THE OIFP D-6 DATA (2004–2013)**

The recent decade variability of air temperature was studied using the hourly observation data of the OIFP D-6-based environmental monitoring. The mean annual temperature is higher now than during the second half of the 20th century. The monthly values are the most variable in winter and the least variable in August. The diurnal variations are also analyzed. Both general regularities and regional features of the long-term variability of mean annual temperature were identified.

It was found that the mean annual temperature in the Russian sector of the South-Eastern Baltic Sea is higher now than in the middle of the 20th century (8.7 °C and 7.4 °C respectively). Minimum values shifted from January (–2.0 °C) to February (–1.1 °C). Winter months are January and February with diurnal variations of temperature below zero (–0.3 °C and –1.3 °C respectively), with March values being rather close to them (1.5 °C). It was proved that the seasons tend to shift one month forward under the marine conditions.

The highest variability of monthly means is typical for August and the lowest for January and February, mainly because of often thawing and surges of the Arctic air masses.

The results are of regional importance and characterize the Russian sector of the South-Eastern Baltic Sea about 22 km from the Curonian Spitz coast.

Key words: air temperature, regional features, variability, trend, trend gain, South-Eastern Baltic Sea.