

© С. Е. НАВРОЦКАЯ, Ж. И. СТОИТ

РЕГИОНАЛЬНЫЕ ОСОБЕННОСТИ ИЗМЕНЧИВОСТИ ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ У ПОБЕРЕЖЬЯ ЮГО-ВОСТОЧНОЙ БАЛТИКИ (КАЛИНИНГРАДСКАЯ ОБЛАСТЬ)

Введение. Для Калининградской области — единственной территории России в юго-восточной части Балтики (рис. 1), как и для всех прибрежных стран этого региона, актуальными являются проблемы адаптации к происходящим изменениям климата. Связанные с атмосферными осадками, ветром, уровнем моря, способствующие проявлению катастрофических явлений природы, увеличению их частоты и интенсивности, эти изменения могут затруднить условия жизни и деятельности людей. В территориальных водах соседних стран, расположенных на побережье, отмечаются повышение температуры воздуха и воды, уменьшение контраста между сезонами, значительный подъем уровня воды в море и заливах, особенно в последние десятилетия XX в. Предполагаемые причины связаны с более интенсивным движением теплых влажных воздушных масс Атлантики в холодный период, влияющих на рост температуры и влажности воздуха, а также температуры воды. В пределах Литвы, например, период 1975—1990 гг. характеризуется наиболее заметным ростом уровня воды в лагуне и море, осадков и речного стока на фоне падения атмосферного давления и уменьшения среднегодовой скорости ветра, в последующий период 1990—2005 гг. количество осадков и речного стока заметно уменьшается и рост уровня несколько замедляется [13]. В конце прошлого столетия и начале настоящего, несмотря на уменьшение средней годовой скорости ветра, частота циклонов в Балтийском регионе растет, максимальные уровни, вызванные сильными юго-западными штормами (более 25 м/с), у побережья Литвы, Эстонии становятся выше и наблюдаются чаще [13, 18]. У калининградского побережья, по данным за 1996—2010 гг., произошли изменения в параметрах барических образований, определяющих погоду, которые проявились в уменьшении их мощности (глубины) и смещении центров на юго-восток (циклоны вдвое быстрее антициклонов), что могло быть причиной некоторых местных климатических изменений [1, 4]. 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 [15]. Средняя годовая температура поверхности Балтийского моря, по оценкам [16], с 1982 по 2006 г. увеличилась на 1.35 °C, декадный рост составил 0.3—0.8 °C, а в северных районах превысил 1 °C [11, 20]. Температура воды в Куршском заливе повысилась за 1977—2002 гг. на 1.3 °C (Нида) и 1.0 °C (Клайпеда) [12].

Долгопериодные колебания за последние 100—150 лет среднего годового уровня в Вислинском (Калининградском) заливе и на прилегающей акватории Балтийского моря, как показывают расчеты, характеризуются устойчивым ростом со скоростью 1.7—1.9 мм/год, что совпадает с общей тенденцией для Мирового океана за этот период [7, 12]. Начиная со второй половины XX в., величины скорости роста среднего уровня в заливах становятся несколь-

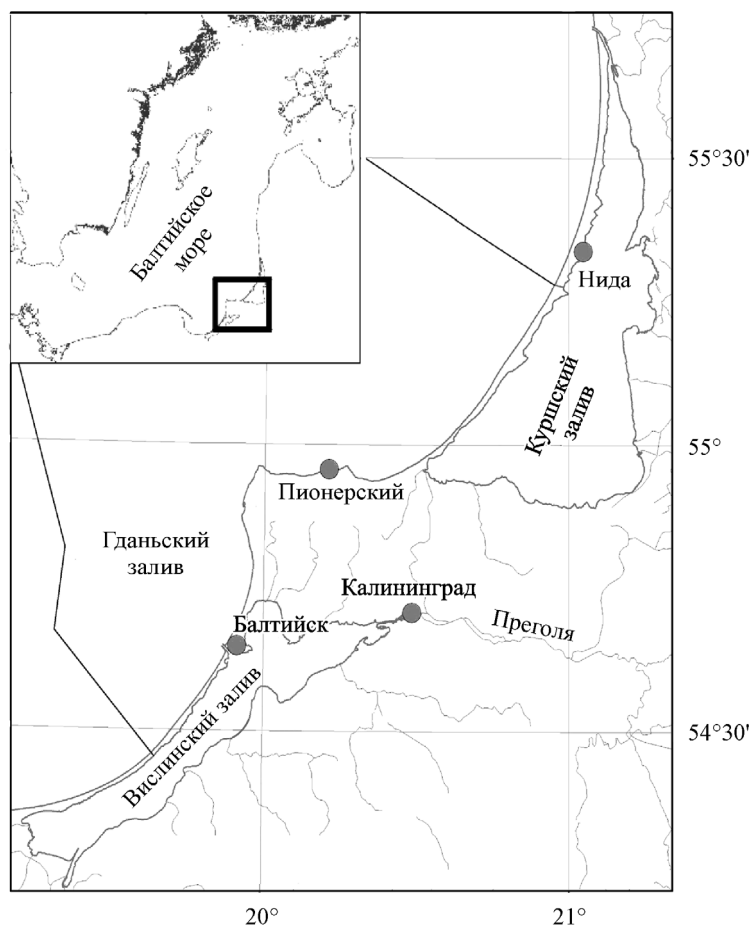


Рис. 1. Географическое положение района исследований.

ко выше, чем в Мировом океане, интенсификация этого процесса особенно заметна с 1970-х гг. и может быть объяснена изменениями в ветровой нагрузке и осадках в водосборном бассейне.

Цель настоящей работы — определить тенденции и темпы изменчивости, периодичность и взаимосвязь изменений гидрометеорологических параметров в Калининградском регионе за последние 30—35 лет, охватывающих конец прошедшего и начало настоящего века.

Материалы и результаты. Для оценки изменчивости метеорологических и гидрологических параметров в последние десятилетия на территории Калининградской области рассматриваются данные наблюдений за период с 1975 по 2010 г. Используется архив метеоданных в Калининграде — метеостанция 26 702 (УМКК), широта $54^{\circ}42' \text{ N}$, долгота $20^{\circ}37' \text{ E}$, высота над ур. моря 21 м [19]. Наблюдения за уровнем воды (в см Балтийской системы отсчета — относительно нуля Кронштадтского футштока) взяты для Калининграда — гидропост внутри залива, в устье р. Преголя [2, 3, 8]. Рассматриваются данные как в целом за 1975—2010 гг., так и за отдельно выделенные внутри его интерва-

лы. Межгодовая динамика изменений гидрометеорологических элементов анализировалась с помощью метода линейной регрессии. При этом следует иметь в виду, что приращения регрессионной модели, рассчитанные за отдельные выделенные внутри периода короткие интервалы или сезоны, не являются аддитивными при сравнении с трендовым изменением, вычисленным по всему массиву данных за период или год.

Температура воздуха. Изменения температуры воздуха (среднегодовой, среднемесячной максимальной и минимальной) в Калининградском регионе в 1975—2010 гг. характеризуются положительными линейными трендами 0.01—0.05 °C/год и соответственно приращениями 0.4—1.8 °C · период⁻¹ (см. таблицу). Увеличение среднемесячных значений максимальной температуры происходило в несколько (~5) раз быстрее роста среднемесячной мини-

Линейные тренды и приращения (в соответствии с трендом) средних годовых, экстремальных значений гидрометеопараметров в Калининграде (УМКК 26 702) в разные периоды с 1975 по 2010 г.

Годы	Параметр	Приращение	Тренд	R ² *
1975—2010	Температура воздуха, °C	°C/период	°C/год	
	Среднее	1.4	0.04	0.16
	Максимум	1.8	0.05	0.25
	Минимум	0.4	0.01	0.02
1975—1985	Среднее	–0.2	–0.02	0.01
1986—1995	»	0.9	0.09	0.07
1996—2010	»	0.3	0.02	0.02
1975—2010	Температура воды, °C			
	Среднее	1.4	0.04	0.40
	»	0.4	0.04	0.05
	»	0.4	0.05	0.05
	»	1.0	0.07	0.35
1981—2010	Атмосферное давление, гПа	гПа/период	гПа/год	R ²
	Среднее	–0.4	–0.01	0.01
	»	1.0	0.07	0.06
	»	–1.5	–0.10	0.09
1975—2010	Осадки, мм	мм/период	мм/год	R ²
	Среднее	94	2.6	0.03
	»	155	15.5	0.08
	»	49	4.9	0.02
	»	26	1.7	0.01
1975—2010	Скорость ветра, м · с ⁻¹	м · с ⁻¹ /период	м · с ⁻¹ /год	R ²
	Среднее	0.4	0.01	0.08
	»	–0.2	–0.02	0.22
	»	–0.6	–0.06	0.78
	»	1.6	0.11	0.38

Годы	Параметр	Приращение	Тренд	R ² *
	Температура воздуха, °C	°C/период	°C/год	
1975—2010	Максимальная	5.0	0.4	0.08
1975—1985	»	14.0	1.4	0.54
1986—1995	»	–2.7	–0.27	0.07
1996—2010	»	4.4	0.29	0.07
	Количество дней (N) со скоростью ветра $\geq 10 \text{ м} \cdot \text{с}^{-1}$	N/период	N/год	R ²
1981—2010	N	21	0.7	0.06
1981—1995	»	16	–1.1	0.05
1996—2010	»	62	4.1	0.50
	Уровень моря, см БС	см/период	мм/год	R ²
1975—2010	Средний	15	4.2	0.31
1975—1985	»	12	11.4	0.36
1986—1995	»	–1	–1.2	0.00
1996—2010	»	12	7.8	0.21
1975—2010	Максимальный	–4	–1.0	0.00
1975—1985	»	2	1.4	0.00
1986—1995	»	3	2.8	0.00
1996—2010	»	18	12.1	0.00
1975—2010	Минимальный	17	4.7	0.12
1975—1985	»	40	36.2	0.40
1986—1995	»	0	–0.2	0.00
1996—2010	»	–3	–2.0	0.01

Примечание. * R² — коэффициент детерминации, характеризующий линейную регрессию.

мальной температуры. Для всего Северо-Западного региона в 1961—1993 гг. минимальная температура росла быстрее максимальной (0.5 и 0.2 °C/десятилетие соответственно [5]). Это свидетельствует о том, что в Калининграде в последние десятилетия наблюдалась противоположная тенденция по сравнению с климатической нормой для Северо-Запада России в целом. Ход среднегодовой температуры воздуха характеризуется значительными межгодовыми колебаниями (рис. 2, а). Выделяются временные интервалы, в пределах которых температура показывает схожие особенности в своих изменениях — устойчивые тенденции роста или понижения (см. таблицу): 1975—1985 гг. — хорошо выраженное похолодание ($-0.02 \text{ °C} \cdot \text{год}^{-1}$), 1986—1995 гг. — значительный рост температуры ($0.09 \text{ °C} \cdot \text{год}^{-1}$) и 1996—2010 гг. — замедление роста по сравнению с предыдущим периодом ($0.02 \text{ °C} \cdot \text{год}^{-1}$).

В рамках всего 36-летнего периода среднегодовая температура достигала минимума в 1987 г. -5.6 °C , снижение от нормы на 22.7 %; абсолютный максимум (9.3 °C) наблюдался в 1990 и 2000 гг., повышение составило 29 % от нормы. Распределение аномалий среднегодовой температуры (рис. 2, б), рассчитанных как отклонение от средней за нормативный климатический период

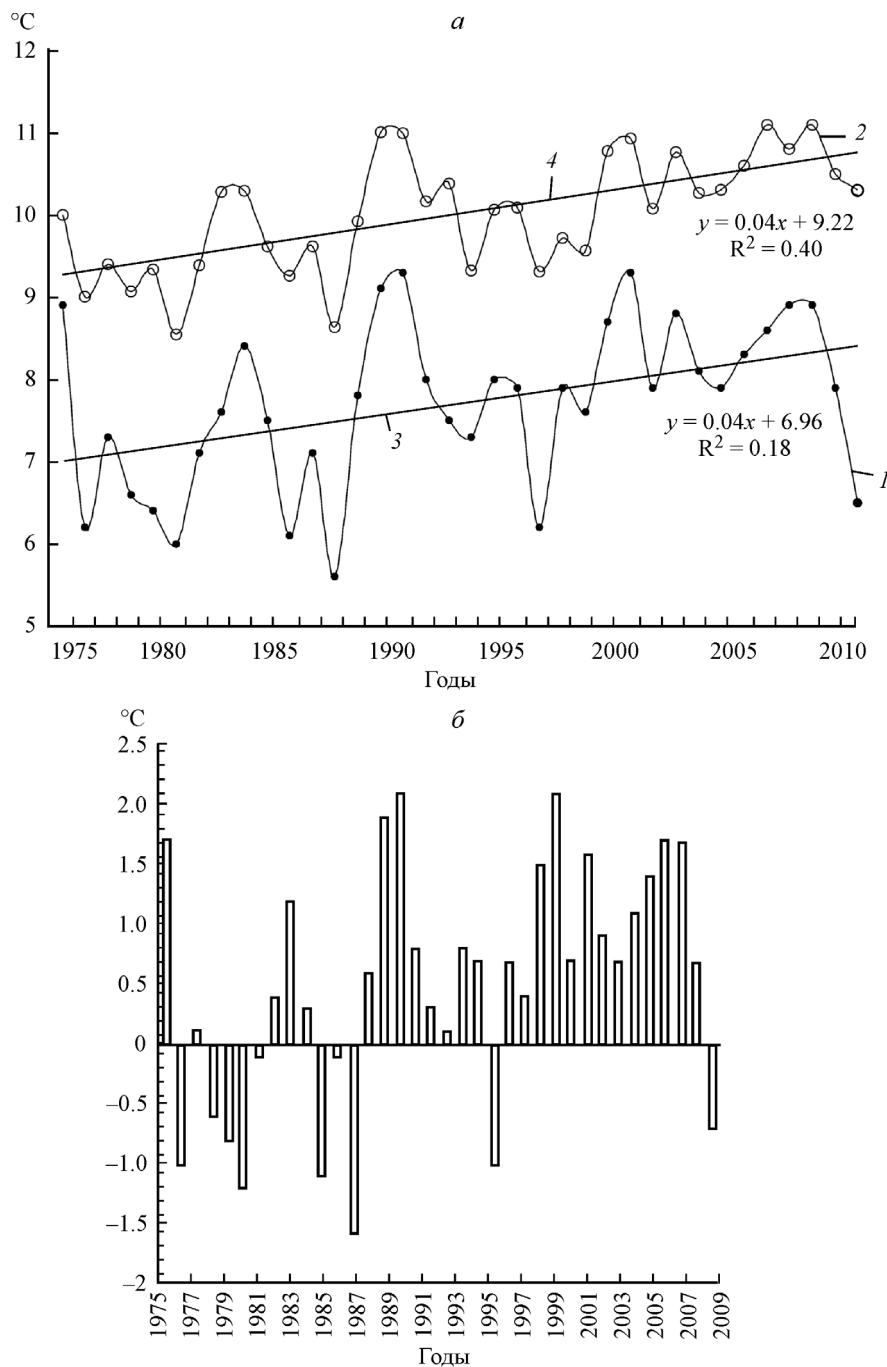


Рис. 2. Изменение среднегодовой температуры воздуха и воды в 1975—2010 гг. по периодам в Калининграде.

a — линии тренда для каждого периода, *b* — аномалии среднегодовой температуры воздуха от климатической нормы в Калининграде. 1 — T_a , 2 — T_w , 3 — тренд T_a , 4 — тренд T_w .

1961—1990 гг. (7.2 ± 0.98 °C) и составивших диапазон от -1.6 до 2.1 °C, показывает, что значительная часть отрицательных аномалий наблюдалась до 1988 г., наибольшее значение -1.6 °C, 1987 г. В последующие годы преобладали положительные аномалии (до $+2.1$ °C в 1990 и 2000 гг.), исключение составили 1996 и 2010 гг. с отрицательными аномалиями -1.0 и -0.7 °C соответственно.

Температура воды. Изменения средней температуры поверхности воды в заливе в 1975—2010 гг. характеризуются положительным линейным трендом 0.04 °C·год⁻¹ и приращением 1.4 °C·период⁻¹ (см. таблицу, рис. 2). Этот рост в 3—4 раза превышает рост средней глобальной ТПО в океане за последние десятилетия (0.01 °C·год⁻¹, или 0.13 °C·декада⁻¹) [9], но вполне совпадает с темпами роста у литовского побережья в 1977—2002 гг. в пунктах Нида (0.05 °C·год⁻¹ в Куршском заливе и 0.03 °C·год⁻¹ в море) и Клайпеда (0.04 °C·год⁻¹ в море) [12]. Выделение более коротких интервалов позволило уточнить, что значительный рост температуры воды относится к концу периода 1996—2010 гг., тренд составил 0.07 °C·год⁻¹ (см. таблицу). Линия тренда за весь период (рис. 2) уверенно демонстрирует поступательную тенденцию, и рост температуры воды, по-видимому, сохранится и в ближайшем будущем.

Атмосферное давление. Среднее атмосферное давление на уровне моря, данными о котором располагаем только с 1981 по 2010 г., близко к нормальному. Изменение среднегодовых величин (см. таблицу) в целом за весь период характеризуется ничтожно малым отрицательным линейным трендом (-0.014 гПа·год⁻¹) и соответствующим приращением -0.42 гПа·период⁻¹. В ходе межгодовых колебаний относительно короткий ряд данных позволяет выделить два интервала: с устойчивой тенденцией роста (1.0 гПа·период⁻¹, 1981—1995 гг.) и понижения (-1.5 гПа·период⁻¹, 1996—2010 гг.). Скорость падения давления превысила скорость роста в 1.5 раза.

Осадки. В межгодовом ходе сумм осадков за 1975—2010 гг. прослеживается положительный линейный тренд (2.6 мм·год⁻¹), определивший увеличение годовых сумм к концу периода почти на 94 мм. В изменении сумм осадков за весь период можно условно выделить под-периоды с разной скоростью роста (рис. 3, а): 1975—1985 гг. — тренд 15.5 мм·год⁻¹, максимальный за исследуемый период; 1986—1995 гг. — тренд 4.9 мм·год⁻¹, уменьшение в 3 раза по сравнению с предыдущими годами; 1996—2010 гг. — продолжение снижения роста до 1.7 мм·год⁻¹, при этом отдельные годы отмечались как относительно сухие (1996, 2006), так и влажные (2000 и 2007). Положительная динамика в ходе осадков в три последних десятилетия свидетельствует о региональных климатических изменениях, проявляющихся в том, что увлажненность территории повышается, хотя и с разной интенсивностью в отдельные годы. Прослеживается аналогия в режиме осадков на территории Калининградской области и соседней Литвы, где в 1976—1990 гг. также отмечался рост осадков, более значительный, чем в предшествующий и последующий 15-летние периоды (1961—1975 и 1991—2005 гг.) [13].

Ветер. Из всех метеорологических элементов одним из важнейших является ветер, под воздействием которого в значительной степени формируются прибрежные течения, происходит размыв берега и распространение продуктов загрязнения в поверхностном слое моря. Именно ветер вызывает резкие подъемы уровня в Вислинском заливе и на прилегающем морском побережье. В устье р. Преголя, течение которой направлено навстречу западным ветрам, режим формирования уровня в значительной степени происходит под влиянием сгонно-нагонных явлений. Подпор уровня при западных ветрах мо-

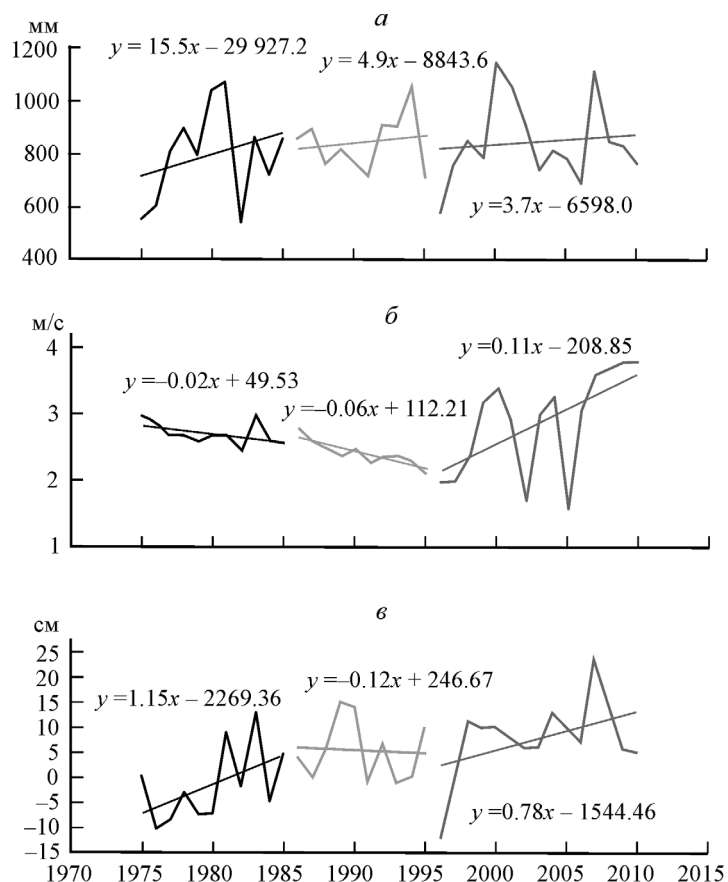


Рис. 3. Изменение и тренды средних годовых характеристик скорости ветра, уровня воды и осадков в Калининграде в 1975—2010 гг.

a — осадки, *б* — средняя скорость ветра, *в* — средний уровень воды, *г* — максимальная скорость ветра, *д* — минимальный уровень воды, *е* — максимальный уровень воды.

жет оказаться опасным и даже катастрофическим для Калининграда. Межгодовые колебания средней скорости ветра, по данным метеостанции Калининграда, в целом за 1975—2010 гг. характеризовались положительным линейным трендом $0.01 \text{ м} \cdot \text{с}^{-1}/\text{год}$ (см. таблицу). Но эта тенденция не была однозначной в течение всего периода (рис. 3, *б*): в 1975—1985 гг. и 1986—1995 гг. тренд средней скорости ветра был отрицательным (-0.02 и $-0.06 \text{ м} \cdot \text{с}^{-1}/\text{год}$ соответственно), факт уменьшения скорости ветра к концу столетия был зафиксирован на многих метеостанциях России, хотя причина этого пока неясна [5]. Начиная с 1996 г. наблюдается усиление ветра, тренд становится положительным ($0.10 \text{ м} \cdot \text{с}^{-1}/\text{год}$), по абсолютной величине в ~ 2 раза выше отрицательного за предшествующие годы. Прослеживается связь между началом увеличения скорости ветра и снижением атмосферного давления.

Наибольшее влияние на разрушительные процессы в прибрежных районах оказывают сильные ветры (скорость $\geq 10 \text{ м} \cdot \text{с}^{-1}$). Интенсивность максимальных ветров в 1975—2010 гг. менялась в зависимости от интервала: 1975—1985 гг. — заметный рост максимальной скорости ($1.4 \text{ м} \cdot \text{с}^{-1}/\text{год}$);

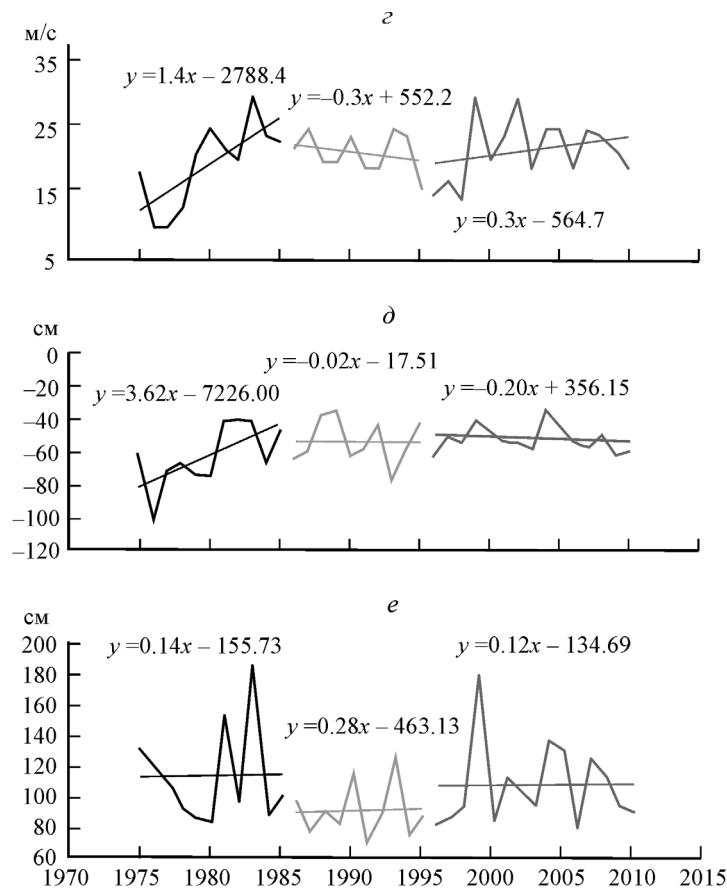


Рис. 3 (продолжение).

1986—1995 гг. — слабый рост ($0.3 \text{ м} \cdot \text{с}^{-1}/\text{год}$) и сокращение числа дней с сильным ветром (тренд -1.1 дн./год); 1996—2010 гг. — при слабом росте скорости ($0.3 \text{ м} \cdot \text{с}^{-1}/\text{год}$) увеличение количества дней с сильными ветрами (до 4.1 дн./год) (рис. 3, а). В целом за период тенденция изменения максимальной скорости положительна ($0.14 \text{ м} \cdot \text{с}^{-1}/\text{год}$), при этом количество дней с сильными ветрами (N) увеличилось за 1981—2010 гг. на 21 день (0.7 дн./год).

Уровень залива. Многолетний ход среднего годового уровня в Калининградском заливе по вековым наблюдениям в целом имеет поступательный характер с чередующимися периодами подъема и спада, причем наиболее заметный рост обозначился во второй половине XX в., особенно с 1975 г., что вполне совпадает с началом интенсивного повышения температуры поверхности Балтийского моря, так же как и Мирового океана вслед за глобальным увеличением температуры воздуха [6, 7]. Расчет линейных трендов для средних, максимальных и минимальных уровней за 1975—2010 гг. (см. таблицу) показал, что ход среднего и минимального уровней характеризуется положительной тенденцией и близкими величинами трендов (4.2 и 4.7 мм/год), а максимального — небольшой отрицательной (тренд -1.0 мм/год). Значительный рост минимальных уровней, несколько больший, чем рост средних, может быть показателем усиления влияния таких режимобразующих факторов,

как осадки и сток с водосборного бассейна рек Калининградской области. Изменение годовых сумм осадков в Калининграде за этот период действительно характеризуется увеличением, особенно выделяется интервал 1975—1985 гг., когда скорость роста среднего и особенно минимального уровня, а также осадков была наибольшей (11.4, 36.2 и 15.5 мм/год соответственно). В эти же годы наблюдается и значительное увеличение скорости максимального ветра ($1.4 \text{ м} \cdot \text{с}^{-1}/\text{год}$), вызывающего резкий подъем нагонного уровня в заливе и р. Преголя. В целом в Прибалтике 1977—1989 гг. отмечены возрастанием речного стока [4]. Рост в 1996—2010 гг. среднего и максимального уровней (7.8 и 12.1 мм/год) также происходил на фоне роста осадков (1.7 мм/год) и максимальной скорости ветра ($0.3 \text{ м} \cdot \text{с}^{-1}/\text{год}$).

Оценки динамики среднего годового уровня по данным за последние десятилетия в заливе у Калининграда вполне совпадают с аналогичными оценками в Куршском заливе у Клайпеды (3.9 мм/год, 1976—2005 гг.) [14] и в Гданьской бухте у Гданьска (3.9 мм/год, 1986—2000 гг.) [17]. Это подтверждает заметный рост уровня в заливах юго-восточной Балтики в последние десятилетия по сравнению с прошлым веком в целом (1.3—1.8 мм/год, 1901—2000 гг.) [7].

Выводы

Выявлены особенности изменения гидрометеорологических условий в Калининградской области за 1975—2010 гг., определена скорость этих изменений. В целом за период увеличение температуры воздуха и воды составило 1.4°C , осадков — 94 мм, средней скорости ветра — $0.4 \text{ м} \cdot \text{с}^{-1}$, максимальной скорости ветра — $5.0 \text{ м} \cdot \text{с}^{-1}$, среднего уровня воды — 15 см. Темпы изменения как метеорологических, так и гидрологических параметров в отдельные интервалы рассматриваемого периода были разными:

1975—1985 гг. — наиболее интенсивный рост: осадков ($15.5 \text{ мм} \cdot \text{год}^{-1}$), максимальной скорости ветра ($1.4 \text{ м} \cdot \text{с}^{-1} \cdot \text{год}^{-1}$), среднего ($11 \text{ мм} \cdot \text{год}^{-1}$) и особенно минимального ($36.2 \text{ мм} \cdot \text{год}^{-1}$) уровней и температуры воды ($0.04^\circ\text{C} \cdot \text{год}^{-1}$);

1986—1995 гг. — замедленный или негативный рост: уменьшение роста температуры воды ($0.05^\circ\text{C} \cdot \text{год}^{-1}$) и воздуха ($0.09^\circ\text{C} \cdot \text{год}^{-1}$), уменьшение средней ($-0.06 \text{ м} \cdot \text{с}^{-1} \cdot \text{год}^{-1}$) и максимальной ($-0.27 \text{ м} \cdot \text{с}^{-1} \cdot \text{год}^{-1}$) скорости ветра, среднего ($-1.2 \text{ мм} \cdot \text{год}^{-1}$) и минимального ($-0.2 \text{ мм} \cdot \text{год}^{-1}$) уровней воды, замедление роста осадков ($4.9 \text{ мм} \cdot \text{год}^{-1}$);

1996—2010 гг. — активный рост: увеличение температуры воздуха ($0.02^\circ\text{C} \cdot \text{год}^{-1}$) и воды ($0.07^\circ\text{C} \cdot \text{год}^{-1}$), рост среднего ($7.8 \text{ мм} \cdot \text{год}^{-1}$) и особенно максимального ($12.1 \text{ мм} \cdot \text{год}^{-1}$) уровней воды, усиление максимальной скорости ветра ($0.29 \text{ м} \cdot \text{с}^{-1} \cdot \text{год}^{-1}$), но дальнейшее замедление роста осадков ($1.7 \text{ мм} \cdot \text{год}^{-1}$).

Подъем среднего годового уровня воды в заливе в рассматриваемый период в основном обеспечивался ростом минимальных уровней, в колебаниях которых обычно проявляются общие тенденции повышения уровня за счет климатических изменений гидрологических факторов, в то время как максимальные уровни более отражают тенденции в режиме нагонных ветров. Интенсификация изменений гидрометеорологических условий в юго-восточной Балтике в последние годы требует особого внимания к переменам климата для своевременного предотвращения негативных последствий на побережье Калининградской области.

Список литературы

- [1] *Абрамов Р. В., Гуцин О. А., Навроцкая С. Е., Стонт Ж. И.* Гидрометеорологический мониторинг побережья юго-восточной Балтики в 1996—2010 гг. // Изв. РАН. Сер. геогр. 2013. № 1. С. 54—61.
- [2] Атлас «Климат морей России и ключевых районов Мирового океана» / Балтийское море. Обнинск, 2007. URL: <http://data.oceaninfo.ru/atlas/Balt/5-1.htm>
- [3] Витязь 1996—2010: гидрометеорологические наблюдения / АО ИО РАН; Музей Мирового океана. Калининград, 1997—2011 // Фонды научной библиотеки АО ИО РАН.
- [4] *Дроздов В. В., Смирнов Н. П.* Многолетняя динамика климата и гидрологического режима в районе Балтийского моря и ее причины // Метеорология и гидрология. 2011. № 5. С. 77—87.
- [5] Климат России / Под ред. Н. В. Кобышевой. СПб.: Гидрометиздат, 2001. 655 с.
- [6] *Навроцкая С. Е., Чубаренко Б. В.* О повышении уровня в российской части Вислинского залива // Метеорология и гидрология. М.: ГУ НИЦ «Планета», 2012. № 1. С. 57—67.
- [7] *Навроцкая С. Е., Чубаренко Б. В.* Тенденции изменения уровня моря в лагунах юго-восточной Балтики // Океанология. 2013. Т. 53. № 1. С. 17—28.
- [8] Экстремальные значения уровня у побережья и в устьях рек Балтийского моря. Л.: Гидрометеиздат, 1982. 70 с.
- [9] *Amos C. L.* Sea surface temperature trends in transitional waters // Proceedings of ECSA 51st International Symposium, Klaipeda, September 23—27, 2012. P. 7—9.
- [10] BACC Author Group. Assessment of climate change for the Baltic Sea basin: Springer-Verlag, Berlin, 2008. 473 p.
- [11] Climate Change in the Baltic Sea Area. HELCOM Thematic Assessment in 2007 // Baltic Sea Environment Proceedings N 111. HELCOM, 2007. 48 p. URL: <http://www.helcom.fi/stc/files/Publications/Proceedings/bsep111.pdf>
- [12] *Dailidienė I., Baudler H., Chubarenko B., Navrotskaya S.* Long term water level and surface temperature changes in the lagoons of the South and East Baltic // Oceanologia. 2011. N 53 (1-TI). P. 293—308.
- [13] *Dailidienė I., Davulienė L., Kelpsaite B., Razinkovas A.* Analysis of the climate change in Lithuanian Coastal areas of the Baltic Sea // Journal of Coastal Research. 2012. Vol. 28. N 3. P. 557—569.
- [14] *Jarmalavicius D., Zilinskas G., Dubra V.* Pattern of long-term seasonal sea level fluctuations in the Baltic Sea near the Lithuanian coast // Baltica. 2007. Vol. 20. N 1. P. 28—34.
- [15] *Kriauciuniene J., Meilutyte-Barauskiene D., Reihsan A., Koltsova T., Lizuma L., Sarauskiene D.* Variability in temperature, precipitation and river discharge in the Baltic States // Boreal Environment research. 2012. Preprint.
- [16] *Philippart C. J. M., Anadón R., Danovaro R., Dippner J. W., Drinkwater K. F., Hawkins S. J., Oguz T., O'Sullivan G., Reid P. C.* Impacts of climate change on European marine ecosystems: Observations, expectations and indicators // Journal of Experimental Marine Biology and Ecology. 2011. N 400. P. 52—69.
- [17] *Pruszek Z., Zawadzka E.* Potential implications of sea-level rise for Poland / Journal of coastal Research, 2008. 24 (2). P. 410—422.
- [18] *Suursaar U.* Sea level variations along the Estonian coast of the Baltic Sea // Sea level rise, coastal engineering, shorelines and tides (ed. Linda L. Wright). Nova Science Publishers, 2011, ISBN: 978-1-61728-655-1. P. 105—122.
- [19] URL: <http://www.tutiempo.net/en/Climate>
- [20] *Voss R., Petereit C., Schmidt J. O., Lehmann A., Makarchouk A., Hinrichsen H. H.* The spatial dimension of climate-driven temperature change in the Baltic Sea and its

implication for cod and sprat early life stage survival // Journal of Marine Systems. 2012. N 100—101. P. 1—8.

Калининград
navsvet@gmail.com
ocean_stont@mail.ru

Поступило в редакцию
15 декабря 2013 г.

Институт океанологии им. П. П. Ширшова РАН, Атлантическое отделение

Изв. РГО. 2014. Т. 146, вып. 3

© **Н. Г. МОСКАЛЕНКО, Т. ДЖОЕРГЕНСОН, М. З. КАНЕВСКИЙ,
Д. НОССОВ, Ю. Л. ШУР**

ВЗАИМОСВЯЗИ РАСТИТЕЛЬНОСТИ И СЕЗОННОГО ПРОТАИВАНИЯ МНОГОЛЕТНЕМЕРЗЛЫХ ПОРОД В АРКТИЧЕСКИХ ТУНДРАХ ЯМАЛА И АЛЯСКИ

Изменения арктических ландшафтов в условиях изменяющегося климата в последние десятилетия изучаются многими исследователями [5, 6, 12, 13, 15—19, 27, 30—32]. Однако взаимосвязи критических компонентов ландшафтов — растительности и многолетнемерзлых пород Арктики — исследованы пока недостаточно. Настоящее сообщение, посвященное анализу растительного покрова и многолетнемерзлых пород контрастных регионов Арктики, представляет интерес для исследователей Севера.

Изучение растительного покрова и многолетнемерзлых пород выполнялось автором в южных арктических тундрах Ямала и Аляски. Места расположения участков исследований даны на рис. 1, 2. Исследования ландшафтов на Ямале (Харасавей) проводились в августе 1978 г. и повторно в 2008 г. на 10 площадках, а на Аляске (Прудо-Бэй — 15 площадок и Барроу — 20 площадок) — в 1993 и 2012 гг. На площадках размером 100 м² регистрировали видовой состав фитоценоза, описывали его вертикальную и горизонтальную структуру, определяли обилие растений [11], их жизненное состояние [10], среднюю высоту, а также проективное покрытие [7]. Рядом с площадками бурили скважины и измеряли глубину сезонного протаивания у площадок в 100 точках. Для выявления индикаторов глубин протаивания определяли коэффициенты корреляции между встречаемостью видов растений и глубиной протаивания. При анализе видового состава разных фитоценозов использовали коэффициент флористической общности Жаккара.

В районе Харасавея, расположенном в подзоне южных арктических тундр или арктических тундр, по О. Е. Ребристой [8], рельеф представлен ступенчатой равниной. Равнина имеет абсолютную высоту от 0 до 26 м и расчленена оврагами, озерами и мелкими реками. Более высокая третья морская терраса с абсолютными отметками 25—35 м расположена в северной и восточной частях территории [3]. Средняя многолетняя температура воздуха составляет –9,8 °С.

В геологическом строении территории принимают участие средне- и верхнечетвертичные морские, аллювиально-морские, озерные, озерно-аллюви-