

УДК 551.583

М.В. Ушаков
**СОВРЕМЕННЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ ТЕРМИЧЕСКОГО РЕЖИМА ВЕГЕТАЦИОННОГО
И ЗИМНЕГО ПЕРИОДОВ НА ЧУКОТКЕ**

*Северо-Восточный комплексный научно-исследовательский институт им. Н.А. Шило
Дальневосточного отделения Российской академии наук, г. Магадан*

Климат и его изменчивость оказывают значительное влияние на социально-экономическое развитие регионов. Особенно подвержен отрицательному влиянию погодных условий Чукотский автономный округ (Чукотка), расположенный в арктической и субарктической зонах Северо-Востока России. Как известно, во второй половине XX в. на планете начался процесс глобального потепления, в том числе и в Северо-Восточной Азии. В работе проанализированы происходящие на территории Чукотки изменения некоторых климатических характеристик: средние температуры воздуха вегетационного, зимнего периодов и продолжительности этих периодов. Используются данные наблюдений за температурой воздуха в пунктах Анадырь, Мыс Шмидта, Марково, Островное. Метеорологические станции для анализа выбирались из следующих соображений: пункты должны располагаться в районах с различным типом климата и иметь минимальное количество пропусков в электронных массивах данных о температуре воздуха; длина непрерывного ряда должна быть не менее 60 лет. Анализ скользящих 30-летних средних рассматриваемых характеристик показал, что к 2010 г. на Чукотке нормы температур воздуха за вегетационный период повысились не намного, на 0,2–0,5°C, а за зимний сезон температуры выросли ощутимо – на 0,7–1,6°C. Соответственно, увеличилась и длительность вегетационного периода на 6–8 сут., а зимний период сократился на 6–10 дней. Получены формулы, позволяющие подсчитать нормы рассмотренных климатических характеристик при различных сценариях повышения среднегодовой температуры воздуха. Современные изменения климата должны благоприятно сказаться на социально-экономическом развитии Чукотки.

Ключевые слова: изменения климата, температура воздуха, вегетационный период, зимний сезон.

M.V. Ushakov
**MODERN CHANGES OF THERMAL REGIME OF THE VEGETATION AND WINTER PERIODS
IN CHUKOTKA**

*North-East Interdisciplinary Scientific Research Institute
n.a. N. A. Shilo, Far East Branch, Russian Academy of Sciences, Magadan*

Climate and its variability have a significant impact on the socio-economic development of regions. The Chukotka Autonomous Area (Chukotka), located in the arctic and subarctic zones of the North-East of Russia, is especially susceptible to the negative influence of weather conditions. As it is known, in the second half of the 20th century the process of global warming started in the world, including in Northeast Asia. The aim of the paper was to analyze the current changes of climatic characteristics in Chukotka: the average temperature of the vegetation and winter periods, and the duration of these periods. Observational data on air temperature in Anadyr, Cape Schmidt, Markovo, and Ostrovnoe stations were used. Meteorological stations were chosen for analysis on the following considerations: the points had to be placed in areas with different types of climate and have a minimum number of gaps in the electronic air temperature data arrays, and the length of a continuous series had to be at least 60 years. Analysis of the 30-year sliding averages of the considered characteristics has shown that by the year 2010, in Chukotka normal air temperatures during the vegetation period had not increased much - by 0.2–0.5°C, while in the winter season temperatures had increased significantly - by 0.7–1.6°C. Accordingly, the duration of the vegetation period had increased by 6–8 days, and the winter season had shortened by 6–10 days. Formulae which can be used to calculate the norms of the considered climatic characteristics under different scenarios of mean annual air

temperature increase have been obtained. Modern climate change shall have a positive impact on the socio-economic development of Chukotka.

Key words: climate change, air temperature, vegetation period, winter season.

doi 10.17072/2079-7877-2017-2-81-91

Введение

На социально-экономическое развитие регионов значительное влияние оказывают климат и его изменчивость. Особенно подвержен отрицательному влиянию погодных условий Чукотский автономный округ (Чукотка), расположенный в арктической и субарктической зонах Северо-Востока России. Здесь отмечаются дискомфортные условия труда и проживания, трудности ведения сельского хозяйства, большие затраты на обогрев помещений и промышленного оборудования, ограниченные сроки морской и речной навигации и пр.

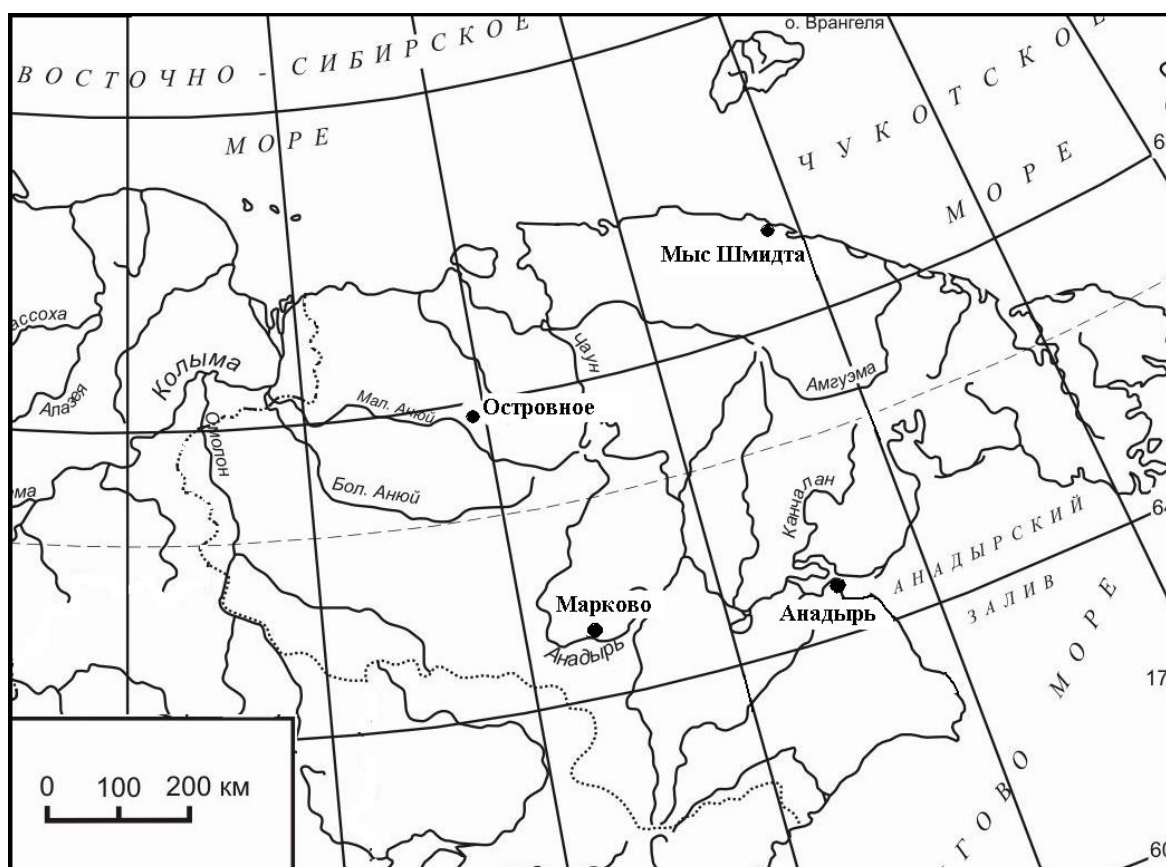


Рис. 1. Схема расположения метеорологических станций

Чукотка омывается тремя морями (рис. 1). Термические условия зимы характеризуются, прежде всего, длительными периодами низких температур [13]. Для прибрежных районов Берингова моря характерен субарктический морской климат. Зимой средние месячные температуры воздуха опускаются до $-14...-20^{\circ}\text{C}$, а в июле среднемесячные температуры поднимаются до $8-9^{\circ}\text{C}$ [10]. Наименьшее количество осадков выпадает в мае, а наибольшее в январе. Тут отмечаются сильные ветры, нередко метели продолжаются много дней подряд. Для арктического побережья Чукотки свойственен арктический морской климат, где зимой среднемесячные температуры воздуха в феврале опускаются до $-26...-28^{\circ}\text{C}$, а в июле среднемесячные температуры воздуха лежат в пределах $4-9^{\circ}\text{C}$. Наименьшее количество осадков выпадает в апреле, а наибольшее в августе. Во внутренних районах Чукотки господствует субарктический континентальный климат с относительно теплым летом (среднемесячные температуры в июле составляют $12-14^{\circ}\text{C}$) и очень холодной зимой (средние температуры января $-25...-36^{\circ}\text{C}$). Здесь температуры воздуха могут опускаться до $-58...-61^{\circ}\text{C}$ [10]. Август является наиболее увлажненным месяцем, а апрель – наиболее сухим.

Многолетняя мерзлота залегает повсеместно и начинается неглубоко от поверхности [3; 8].

Как известно, во второй половине XX в. на планете начался процесс глобального потепления [6], в том числе в Арктике и Северо-Восточной Азии [9; 11; 12; 14; 16; 18]. В Оценочном докладе

Росгидромета [10] говорится, что в течении XXI в. средняя температура воздуха будет продолжать повышаться, наибольшего потепления следует ожидать в Сибири и в северных регионах России. Однако в работах [4; 7; 17] показано, что значительные тренды потепления существуют для всех сезонов, кроме зимы, когда в отдельных регионах Северной Евразии проявляются обширные зоны с замедлением роста температур воздуха и даже с тенденцией похолодания. В 2015 г. глобальное потепление достигло рекордных уровней в результате длительного повышения глобальных температур [5].

В данной работе проанализированы происходящие на территории Чукотки изменения некоторых климатических характеристик: средних температур воздуха вегетационного, зимнего сезонов и продолжительностей этих периодов.

Актуальность и практическая значимость настоящего исследования обусловлены необходимостью учета современных и будущих изменений термического режима при развитии и долгосрочном планировании деятельности различных отраслей экономики Чукотского автономного округа, которые прямо или косвенно зависят от состояния окружающей среды.

Материалы и методы исследования

В работе использованы данные наблюдений подразделений Росгидромета за температурой воздуха в пунктах с различным типом климата Анадырь, Мыс Шмидта, Марково, Островное (табл. 1, рис. 1). Данные находятся в свободном доступе на сайте Всероссийского научно-исследовательского института гидрометеорологической информации Мирового центра данных (ВНИИГМИ-МЦД). Метеорологические станции для анализа выбирали по следующим условиям: пункты должны располагаться в районах с различным типом климата и иметь минимальное количество пропусков в электронных массивах данных о температуре воздуха, длина непрерывного ряда должна быть не менее 60 лет.

Таблица 1

Сведения о метеорологических станциях

№ п/п	Станция	Координаты станции		Высота метеорологической площадки, м	Тип климата
		Широта	Долгота		
1	Анадырь	64° 47'	177° 34'	64	СМ
2	Марково	64° 41'	170° 25'	25	СК
3	Островное	68° 07'	164° 10'	98	СК
4	Мыс Шмидта	68° 54'	180° 38'	2	АМ

Примечание: СМ — субарктический морской; СК — субарктический континентальный; АМ — арктический морской.

По многолетним массивам температур воздуха на рассматриваемых метеостанциях были рассчитаны ежегодные за 1951–2013 гг. среднегодовые температуры воздуха, средние температуры воздуха вегетационного периода (ТВП), когда среднесуточные температуры устойчиво стоят выше 5°C, средние температуры воздуха зимнего периода (ТЗП), когда среднесуточные температуры стабильно стоят ниже 0°C, а также продолжительности вегетационного (ПВП) и зимнего (ПЗП) периодов. По этим рядам были рассчитаны статистические параметры полученных рядов (табл. 2), а также скользящие 30-летние средние, назовем их «условными нормами». Характерные даты перехода температуры воздуха через 0 и 5°C приведены в табл. 3.

Таблица 2

Статистические параметры рядов ТВП, ТЗП, ПВП, ПЗП за 1951–2013 гг.

Станция	Среднее	Среднее квадратичное	Отношение коэффициента
Средняя температура воздуха вегетационного периода, °C			
Анадырь	8,85	0,72	3,13
Марково	10,9	0,76	3,36
Островное	10,5	1,05	6,79
Мыс Шмидта	5,86	0,76	14
Средняя продолжительность вегетационного периода, сут.			
Анадырь	90,7	10,0	0
Марково	105	8,7	0

Окончание табл. 2

Станция	Среднее	Среднее квадратичное	Отношение коэффициента
Островное	102	11,2	0,47
Мыс Шмидта	16,1	18,8	1,5
Средняя температура воздуха зимнего периода, °С			
Анадырь	-9,47	1,14	1,42
Марково	-11,2	1,34	0,82
Островное	-13,1	1,57	0
Мыс Шмидта	-10,7	1,18	2,18
Средняя продолжительность зимнего периода, сут.			
Анадырь	237	10,0	3,12
Марково	234	9,8	3,52
Островное	235	11,8	7,21
Мыс Шмидта	266	18,6	5,62

Таблица 3

Характерные даты перехода температуры воздуха через 0 и 5°С

Станция	Дата перехода температуры воздуха		
	Средняя	Ранняя	Поздняя
через 0°С весной			
Анадырь	23.V	12.V	02.VI
Марково	16.V	07.V	01.VI
Островное	12.V	01.V	29.V
Мыс Шмидта	06.VI	20.V	20.VI
через 5°С весной (летом)			
Анадырь	11.VI	06.VI	01.VII
Марково	29.V	18.V	12.VI
Островное	25.V	09.V	19.VI
Мыс Шмидта	07.VII	15.VI	14.VII
через 5°С осенью (летом)			
Анадырь	10.IX	27.VIII	22.IX
Марково	09.IX	29.VIII	19.IX
Островное	03.IX	17.VIII	20.IX
Мыс Шмидта	04.VIII	16.VII	17.IX
через 0°С осенью			
Анадырь	28.IX	17.VIII	08.X
Марково	25.IX	14.IX	05.X
Островное	20.IX	06.IX	01.X
Мыс Шмидта	16.IX	17.VIII	10.X

Скользкие 30-летние ТВП, ТЗП, ПВП и ПЗП представлены в отклонениях от условных норм, рассчитанных за 1981–2010 гг. (рис. 2, 3):

$$\Delta \tilde{T}_i^V = \tilde{T}_i^V - \tilde{T}_{2010}^V, \quad (1)$$

$$\Delta \tilde{T}_i^W = \tilde{T}_i^W - \tilde{T}_{2010}^W, \quad (2)$$

$$\Delta \tilde{V}_i = \tilde{V}_i - \tilde{V}_{2010}, \quad (3)$$

$$\Delta \tilde{W}_i = \tilde{W}_i - \tilde{W}_{2010}, \quad (4)$$

где i – годы; \tilde{T}_i^V , \tilde{T}_i^W , \tilde{V}_i , \tilde{W}_i – условные нормы средней температуры вегетационного и зимнего сезонов, °С; длительности вегетационного и зимнего периодов по состоянию на i -й год, сут.; \tilde{T}_{2010}^V , \tilde{T}_{2010}^W , \tilde{V}_{2010} , \tilde{W}_{2010} – условные нормы средней температуры вегетационного и зимнего периодов, °С;

продолжительности вегетационного и зимнего сезонов на 2010 г. (рассчитанные за 1981–2010 гг.), сут.

Статистическая значимость изменений условных норм климатических характеристик проверялась с помощью критерия Стьюдента при уровне значимости 5%.

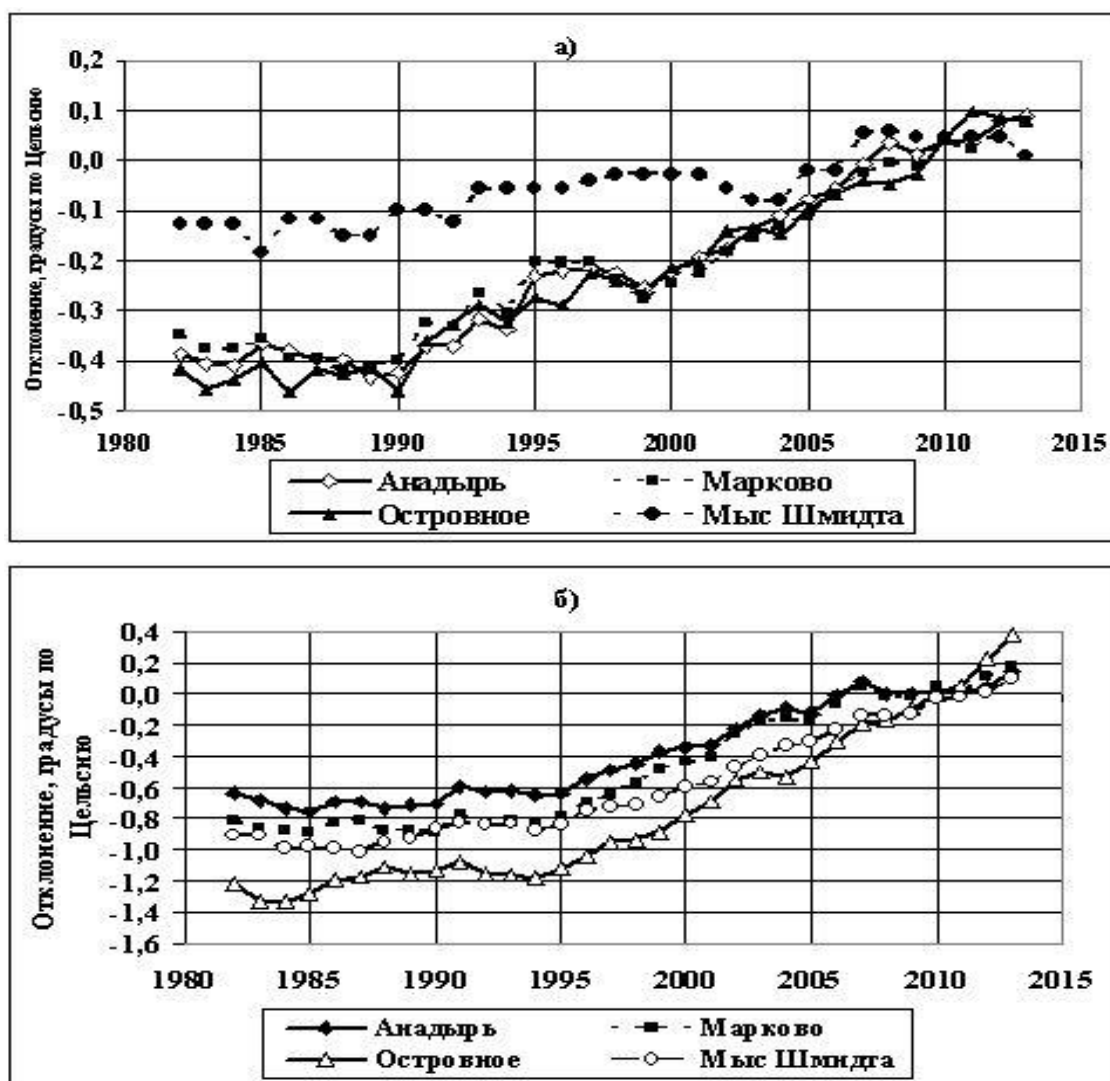


Рис. 2. Многолетняя динамика отклонений условных норм температуры воздуха: а – вегетационного; б – зимнего периодов от их условных норм на 2010 г.

Результаты и их обсуждение

На рис. 2 видно, что во всех рассматриваемых пунктах отмечаются тренды на увеличение ТВП, ТЗП. Сравнение условных норм ТВП, рассчитанных за 1951–1980 гг. и за 1981–2010 гг., показывает, что они повысились не намного – на 0,2–0,5°C, причем изменения на Мысе Шмидта статистически не значимы. В других же пунктах интенсивный рост условных ТВП прослеживается с 90-х гг. XX в. Незначительный рост температур вегетационного периода на мысе Шмидта (рис. 2,а) объясняется его очень малой длительностью. Нормы ТЗП везде изменились весьма заметно – рост на 0,7–1,6 °С (табл. 4). Причем интенсивность роста температуры в Островном больше (рис. 2,б), это, по-видимому, связано с удаленностью от Тихого океана, обладающего большой тепловой инерцией. Можно заметить, что с 2006 г. условная норма ТЗП на востоке Чукотки (г. Анадырь, п. Марково) практически не меняется. Это подтверждает вывод предыдущих исследователей [4; 7; 14; 17] о существовании на севере Евразии зон с замедлением роста температуры воздуха.

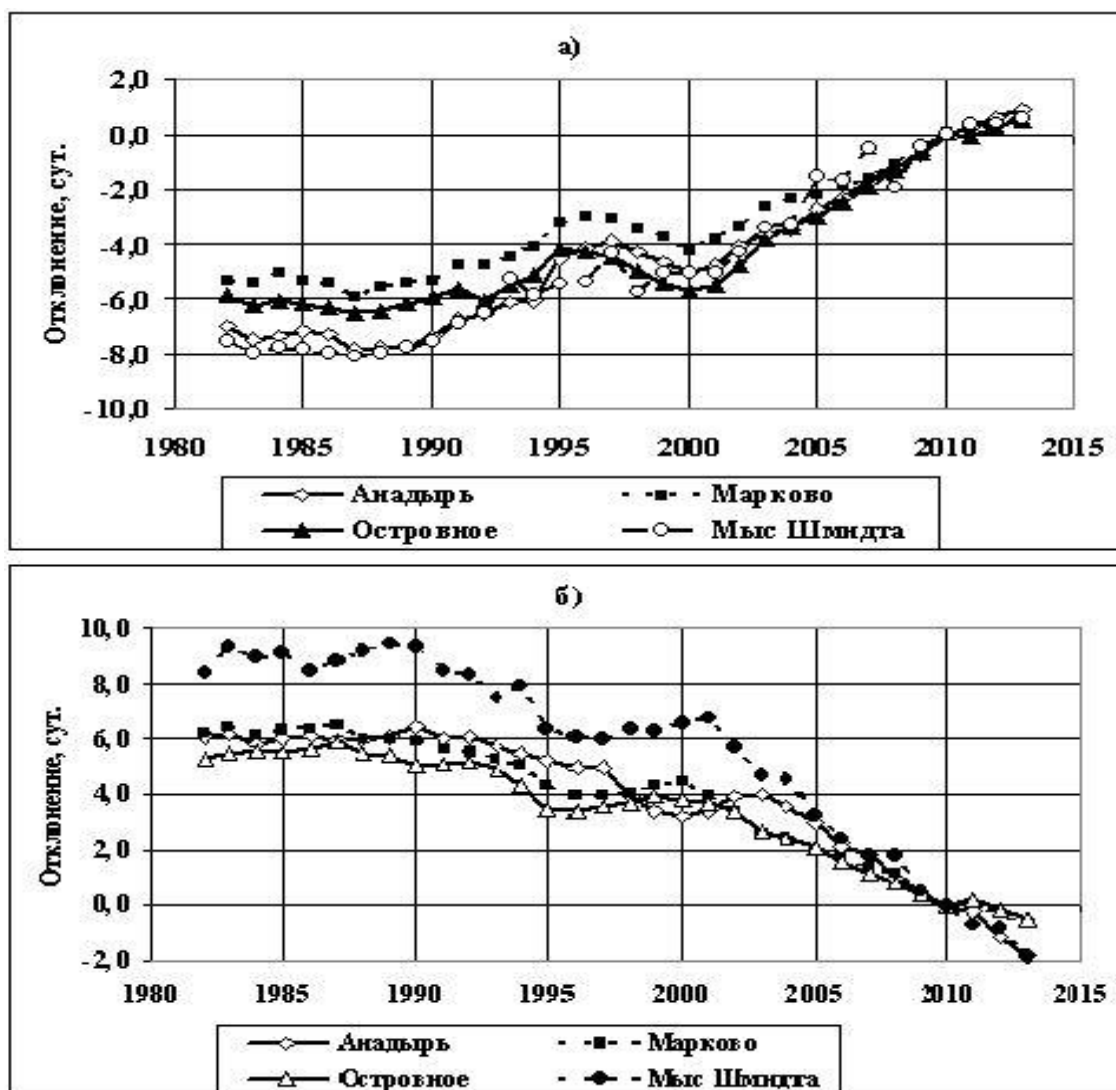


Рис. 3. Многолетняя динамика отклонений условных норм продолжительности: а – вегетационного; б – зимнего периодов от их условных норм на 2010 г.

На рис. 3 отчетливо видны тренды на увеличение ПВП и уменьшению ПЗП. Условные нормы ПВП увеличились на 6–8 сут., а нормы ПЗП сократились на 6–10 дн. (табл. 5). Причем в XXI в. рост ПВП и снижение ПЗП происходят интенсивнее, чем это происходило в 80–90-х гг. предыдущего столетия, что согласуется с планетарной тенденцией потепления [5].

В работе [14] на основе анализа многолетней динамики среднемесячных январских температур воздуха на Северо-Востоке России был сделан вывод, что для зимнего сезона характерно похолодание, однако выявленные в настоящей работе тренды на повышение температуры воздуха в зимний сезон и на сокращение продолжительности самого сезона указывают на заметное потепление.

Таблица 4

Климатические изменения температуры воздуха вегетационного и зимнего сезонов по двум 30-летним периодам

Пункт	Средняя температура вегетационного сезона, °С			Средняя температура зимнего сезона, °С		
	за 1951-1980 гг.	за 1981-2010 гг.	Изменение	за 1951-1980 гг.	за 1981-2010 гг.	Изменение
Анадырь	8,6	9,1	0,5	-9,8	-9,1	0,7
Марково	10,7	11,1	0,4	-11,7	-10,7	1
Островное	10,3	10,8	0,5	-13,8	-12,2	1,6
Мыс Шмидта	5,7	5,9	0,2	-11,3	-10,2	1,1

Таблица 5

Климатические изменения продолжительности вегетационного и зимнего сезонов по двум 30-летним периодам

Пункт	Средняя продолжительность вегетационного сезона, сут.			Средняя продолжительность зимнего сезона, сут.		
	за 1951-1980 гг.	за 1981-2010 гг.	Изменение	за 1951-1980 гг.	за 1981-2010 гг.	Изменение
Анадырь	87	95	8	242	234	-8
Марково	102	108	6	237	230	-7
Островное	98	105	7	238	232	-6
Мыс Шмидта	12	20	8	271	261	-10

Существуют различные сценарии повышения среднегодовой температуры воздуха в XXI в. [1; 2; 6; 15; 19]. Условные нормы рассматриваемых климатических характеристик довольно хорошо связаны с условными нормами среднегодовой температуры воздуха (коэффициенты детерминации лежат в пределах 0,74–0,99):

$$\text{для Анадыря: } \tilde{T}_i^V = 0,630\tilde{T}_i + 13,46, \quad (5)$$

$$\tilde{T}_i^W = 1,131\tilde{T}_i - 1,18, \quad (6)$$

$$\tilde{V}_i = 10,681\tilde{T}_i + 168,6, \quad (7)$$

$$\tilde{W}_i = -10,076\tilde{T}_i + 164,7; \quad (8)$$

$$\text{для Марково: } \tilde{T}_i^V = 0,610\tilde{T}_i + 15,86, \quad (9)$$

$$\tilde{T}_i^W = 1,473\tilde{T}_i + 0,86, \quad (10)$$

$$\tilde{V}_i = 7,483\tilde{T}_i + 166,2, \quad (11)$$

$$\tilde{W}_i = -9,004\tilde{T}_i + 159,9; \quad (12)$$

$$\text{для Островного: } \tilde{T}_i^V = 0,413\tilde{T}_i + 15,26, \quad (13)$$

$$\tilde{T}_i^W = 1,210\tilde{T}_i + 0,68, \quad (14)$$

$$\tilde{V}_i = 5,310\tilde{T}_i + 161,6, \quad (15)$$

$$\tilde{W}_i = -4,831\tilde{T}_i + 180,3; \quad (16)$$

$$\text{для Мыса Шмидта: } \tilde{T}_i^V = 0,153\tilde{T}_i + 7,61, \quad (17)$$

$$\tilde{T}_i^W = 0,910\tilde{T}_i - 0,45, \quad (18)$$

$$\tilde{V}_i = 7,432\tilde{T}_i + 100,5, \quad (19)$$

$$\tilde{W}_i = -8,946\tilde{T}_i + 165,5, \quad (20)$$

где \tilde{T}_i – условная норма среднегодовой температуры воздуха за 30 лет, °С; i – год окончания 30-летнего интервала; T_i^V – условная норма температуры вегетационного периода, °С; T_i^W – условная норма температуры зимнего сезона, °С; \tilde{V}_i – условная норма длительности вегетационного периода, сут.; \tilde{W}_i – условная норма продолжительности зимнего сезона, сут.

По полученным формулам можно подсчитать условные нормы ТВП, ТЗП, ПВП, ВЗП при различных сценариях повышения среднегодовой температуры воздуха (табл. 6, 7). Так, например, если к 2100 г. норма среднегодовой температуры воздуха в Анадыре повысится на 1°С по сравнению с нормой, рассчитанной за 1981–2010 гг., то в соответствии с формулами (7), (8) продолжительность вегетационного периода увеличится на 11 дней, а зима станет короче на 10 сут. (табл. 7).

Таблица 6

Климатические изменения ТВП, ТЗП при различных сценариях потепления климата к 2100 г.

Пункт	Средняя температура вегетационного периода, °С.			Средняя температура зимнего периода, °С		
	за 1981-2010 гг.	за 2071-2100 гг.	Изменение	за 1951-1980 гг.	за 2071-2100 гг.	Изменение
При увеличении среднегодовой температуры воздуха на 1°С						
Анадырь	9,1	9,7	0,6	-9,1	-7,9	1,2
Марково	11,1	11,7	0,6	-10,7	-9,3	1,4
Островное	10,8	11,2	0,4	-12,2	-11,3	0,9
Мыс Шмидта	5,9	6,1	0,2	-10,2	-9,4	0,8
При увеличении среднегодовой температуры воздуха на 1,5°С						
Анадырь	9,1	10,1	1	-9,1	-7,3	1,8
Марково	11,1	12,0	0,9	-10,7	-8,6	2,1
Островное	10,8	11,4	0,6	-12,2	-10,7	1,5
Мыс Шмидта	5,9	6,2	0,3	-10,2	-8,9	1,3
При увеличении среднегодовой температуры воздуха на 2°С						
Анадырь	9,1	10,4	1,3	-9,1	-6,7	2,4
Марково	11,1	12,3	1,2	-10,7	-7,8	2,9
Островное	10,8	11,6	0,8	-12,2	-10,1	2,1
Мыс Шмидта	5,9	6,3	0,4	-10,2	-8,5	1,7

Таблица 7

Климатические изменения ПВП, ПЗП при различных сценариях потепления климата к 2100 г.

Пункт	Средняя продолжительность вегетационного периода, сут..			Средняя продолжительность зимнего периода, сут..		
	за 1981-2010 гг.	за 2071-2100 гг.	Изменение	за 1951-1980 гг.	за 2071-2100 гг.	Изменение
При увеличении среднегодовой температуры воздуха на 1°С						
Анадырь	95	106	11	234	224	-10
Марково	108	115	7	230	222	-8
Островное	105	109	4	232	228	-4
Мыс Шмидта	20	28	8	261	253	-8
При увеличении среднегодовой температуры воздуха на 1,5°С						
Анадырь	95	111	16	234	219	-15
Марково	108	118	10	230	218	-12
Островное	105	112	7	232	226	-6
Мыс Шмидта	20	31	11	261	249	-12
При увеличении среднегодовой температуры воздуха на 2°С						
Анадырь	95	116	21	234	214	-20
Марково	108	122	14	230	213	-17
Островное	105	114	9	232	223	-9
Мыс Шмидта	20	35	15	261	244	-17

Заключение

Анализ показал, что к 2100 г. на Чукотке нормы температур воздуха за вегетационный период повысились не намного на 0,2–0,5 °С, а за зимний сезон температуры выросли ощутимо на 0,7–1,6 °С. Соответственно, увеличилась и длительность вегетационного периода на 6-8 сут., а зимний сезон сократился на 6-10 дн.

Получены формулы, позволяющие подсчитать условные нормы рассмотренных климатических характеристик при различных сценариях повышения среднегодовой температуры воздуха.

Происходящие изменения термического режима дают возможность не только экономить топливо для обогрева помещений и промышленного оборудования, но и сокращать выбросы ТЭЦ и котельными в атмосферу загрязняющих веществ, в том числе и парниковых газов, что уменьшает

антропогенную нагрузку на окружающую среду. Климатические условия Чукотки для человека в обозримом будущем останутся суровыми, однако эти условия постепенно смягчаются. Удлинение вегетационного периода благоприятно скажется на выращивании сельскохозяйственных культур (картофель, капуста, морковь, редис) в субарктической зоне Чукотки.

Учет происходящих и будущих изменений термического режима позволит более взвешенно подходить к перспективному планированию работы отраслей экономики Чукотки, повысить качество строительного проектирования, что особенно актуально в районах распространения многолетней мерзлоты.

Библиографический список

1. Бортковский Р.С., Егоров Б.Н., Катцов В.М., Павлова Т.В. Модельные оценки среднего газообмена между океаном и атмосферой в условиях современного климата и при его изменениях, ожидаемых в 21 веке // Известия РАН. 2007. Т. 43. № 3. С. 313–318.
2. Булгаков К.Ю., Мелешко В.П., Шпееров Б.Е. О чувствительности климата к удвоению концентрации CO₂ в атмосфере // Труды ГГО. 2007. Вып. 556. С. 2–28.
3. *Геокриология СССР*. Восточная Сибирь и Дальний Восток / под ред. Э.Д. Ершова. М.: Недра, 1989. 515 с.
4. Доклад об особенностях климата на территории Российской Федерации за 2011 год. М.: Росгидромет, 2012. 83 с.
5. Заявление ВМО о состоянии глобального климата в 2015 году. ВМО-№ 1167. Женева: Publications Board World Meteorological Organization, 2016. 26 с.
6. Израэль Ю.А., Груза Г.В., Катцов В.М., Мелешко В.П. Изменение глобального климата. Роль антропогенных воздействий // Метеорология и гидрология. 2001. № 5. С. 5–22.
7. Ипполитов И.И., Логинов С.В., Харюткина Е.В., Морару Е.И. Изменчивость климата Азиатской территории России в 1975–2012 годах // География и природные ресурсы. 2014. № 4. С. 16–21.
8. Калабин А.И. Вечная мерзлота и гидрогеология Северо-Востока СССР // Труды ВНИИ-1. Т. 18. Магадан, 1960. 469 с.
9. Катцов В.М., Порфирьев Б.Н. Климатические изменения в Арктике: последствия для окружающей среды и экономики // Арктика: экология и экономика. 2012. №2 (6). С. 66–79.
10. Научно-прикладной справочник по климату СССР. Сер.3. Ч. 1–6. Вып. 33. Л.: Гидрометеиздат, 1990. 566 с.
11. *Оценочный доклад* об изменениях климата и их последствиях на территории Российской Федерации. Т. 1: Изменение климата. М.: Росгидромет, 2008. 277 с.
12. Пономарев В.И., Каплуненко Д.Д., Крохин В.В. Тенденции изменений климата во второй половине XX века в Северо-Восточной Азии, на Аляске и северо-западе Тихого океана // Метеорология и гидрология. 2005. № 2. С. 15–26.
13. Север Дальнего Востока / под ред. Н.А. Шило. М.: Наука, 1970. 487 с.
14. Стоцкоте Ю.В., Василевская Л.Н. Многолетние изменения температуры воздуха и почвы на крайнем северо-востоке России // Географический вестник. 2016. № 2(37). С. 84–96.
15. Фокин С.А., Катцов В.М. Модель общей циркуляции океана как компонент объединенной глобальной климатической модели ГГО // Метеорология и гидрология. 2001. № 3. С. 5–18.
16. Цатуров Ю.С., Клепиков А.В. Современное изменение климата Арктики: результаты нового оценочного доклада Арктического совета // Арктика: экология и экономика. 2012. № 4(8). С. 76–81.
17. Шерстюков Б.Г. Сезонные особенности изменений современного климата за 1976–2011 годы // Труды ФГБУ «ВНИИГМИ-МЦД». 2012. Вып. 176. С. 3–12
18. Bekryaev R.V., Polyakov I.V., Alexeev V.A. Role of Polar Amplification in Long-Term Surface Air Temperature Variations and Modern Arctic Warming. *Journal of Climate*. 2010. №23. Pp. 3888–3906.
19. Dodd E.M., Merchant C.J., Rayner N.A., Morice C.P. An investigation into the impact of using various techniques to estimate Arctic surface air temperature anomalies// *Journal of Climate*. 2015. №28(5). Pp. 1743–1763.

References

1. Bortkovskij, R. S., Egorov, B. N., Katcov, V. M. and Pavlova, T. V. (2007), “Model estimates the average gas exchange between the ocean and the atmosphere in today's climate and its changes, expected in the 21st century”, *Izvestija RAN*, vol. 43, no. 3, pp. 313–318.
2. Bulgakov, K.Ju., Meleshko, V.P. and Shpeerov, B.E. (2007), “About the climate sensitivity to a doubling of CO₂ concentration in the atmosphere”, *Trudy GGO*, Ser. 556, pp. 2–28.

3. Ershov, Je.D. (ed.) (1989), *Geokriologija SSSR. Vostochnaja Sibir' i Dal'nij Vostok* [Geocryology USSR. Eastern Siberia and the Far East], Nedra, Moscow, Russia.
4. *Doklad ob osobennostjah klimata na territorii Rossijskoj Federacii za 2011 god* [Report on climate features in the Russian Federation for 2011] (2012), Rosgidromet, Moscow, Russia.
5. *Zajavlenie WMO o sostojanii global'nogo klimata v 2015 godu*. WMO-No. 1167. (2016), Publications Board World Meteorological Organization, Geneva, Switzerland.
6. Izrajel', Ju.A., Gruza, G.V., Katcov, V.M. and Meleshko, V.P. (2001), "Global climate change. The role of anthropogenic influences". *Meteorologija i gidrologija*, No. 5, pp. 5–22.
7. Ippolitov, I. I., Loginov, S. V., Harjutkina, E. V. and Moraru, E. I. (2014), "Variability of the climate of the Asian territory of Russia in 1975–2012 years", *Geografija i prirodnye resursy*, no. 4, pp. 16–21.
8. Kalabin, A. I. (1960), "Permafrost and hydrogeology of the North-East of the USSR", *Trudy VNI-1*, vol. 18.
9. Katcov, V.M. and Porfir'ev, B.N. (2012), "Climate change in the Arctic: the consequences for the environment and the economy", *Arktika: jekologija i jekonomika*, no. 2(6), pp. 66–79.
10. *Nauchno-prikladnoj spravocnik po klimatu SSSR* [Scientific and Applied Climate Handbook] (1990), Ser.3, Sec. 1-6, vol. 33. Gidrometeoizdat, Leningrad, Russia.
11. *Ocenocnyj doklad ob izmenenijah klimata i ih posledstvijah na territorii Rossijskoj Federacii* [Assessment Report on climate change and their impact on the territory of the Russian Federation.] (2008), vol. 1: Climate change. Rosgidromet, Moscow, Russia.
12. Ponomarev, V.I., Kaplunenko, D.D. and Krohin, V.V. (2005), "Trends in climate change in the second half of the XX century in the North-East Asia, Alaska and the northwest Pacific" *Meteorologija i gidrologija*, no. 2, pp. 15–26.
13. Shilo, N. A. (ed.) (1970), *Sever Dal'nego Vostoka* [North of Far East], Nauka, Moscow, Russia.
14. Stochkute, Ju.V., Vasilevskaja L.N. "Long-term changes in air and soil temperatures in the far northeast of Russia". (2016), *Geograficeskij vestnik*, no. 2(37), pp. 84–96.
15. Fokin, S.A. and Katcov, V. M. (2001), "Ocean general circulation model as a component of integrated global climate model GGO", *Meteorologija i gidrologija*, no 3, pp. 5–18.
16. Caturov, Ju.S. and Klepikov A.V. (2012), "Modern climate change in the Arctic: results of a new assessment report of the Arctic Council" *Arktika: jekologija i jekonomika*, no 4(8), pp. 76–81.
17. Sherstjukov, B.G. (2012), *Sezonnye osobennosti izmenenij sovremennogo klimata za 1976–2011 gody*. *Trudy FGBU «VNIIGMI-MCD»*, Ser. 176, pp. 3–12.
18. Bekryaev, R.V., Polyakov, I.V. and Alexeev, V.A. (2010), "Seasonal features of current climate change for the years 1976–2011", *Journal of Climate*, no 23, pp. 3888–3906.
19. Dodd, E. M., Merchant, C. J., Rayner, N. A. and Morice, C. P. (2015), "An investigation into the impact of using various techniques to estimate Arctic surface air temperature anomalies", *Journal of Climate*, no 28 (5), pp. 1743–1763.

Поступила в редакцию: 12.10.2016

Сведения об авторе

Ушаков Михаил Вилорьевич

кандидат географических наук, старший научный сотрудник Северо-Восточного комплексного научно-исследовательского института им. Н.А. Шило Дальневосточного отделения Российской академии наук, СВКНИИ; 685000, Россия, Магадан, ул. Портовая, 16, e-mail: mvilorich@narod.ru

About the authors

Michael V. Ushakov

Candidate of Geographical Sciences, Senior Researcher, North-East Interdisciplinary Scientific Research Institute n.a. N.A.Shilo, Far East Branch, Russian Academy of Sciences; 16, Portovaya st., Magadan, 685000, Russia; e-mail: mvilorich@narod.ru

Просьба ссылаться на эту статью в русскоязычных источниках следующим образом:

Ушаков М.В. Современные изменения термического режима вегетационного и зимнего периодов на Чукотке // Географический вестник = Geographical bulletin. 2017. №2(41). С.81–91. doi 10.17072/2079-7877-2017-2-81-91

Please cite this article in English as:

Ushakov M.V. Modern changes of thermal regime of the vegetation and winter periods in Chukotka // Geographical bulletin. 2017. № 2(41). P. 81–91. doi 10.17072/2079-7877-2017-2-81-91

УДК 551.5:504.3.054

Т.В. Костарева

УЧЕТ ВЛИЯНИЯ МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ ПРИ РАЗРАБОТКЕ СХЕМ ПРОГНОЗА ЗАГРЯЗНЕНИЯ ВОЗДУХА В ГОРОДАХ ПЕРМСКОГО КРАЯ

*Пермский государственный национальный исследовательский университет,
г. Пермь*

В статье представлен анализ влияния метеорологических факторов на уровень загрязнения воздуха в городах Пермского края. Рассмотрены наиболее значимые метеорологические факторы: направление и скорость ветра, скорость ветра в сочетании с устойчивостью атмосферы, температура воздуха, условия застоя воздуха, осадки и инерционный фактор. В результате исследований подтвержден ряд известных связей. В то же время обнаружены новые эффекты, которые также соответствуют физическим представлениям о процессе распространения примесей в городах. Выявлено, что если штиль не сопровождается устойчивой стратификацией, то загрязнение воздуха является относительно пониженным. Показаны некоторые особенности влияния осадков на уровень загрязнения воздуха. Уточнено влияние температуры в слое 0Т500/1000 в зимний и летний периоды в городах края. Также обнаружено влияние инерционного фактора на загрязнение воздуха. Важным, с точки зрения разработки статистических схем прогноза, является учет зависимостей влияния метеорологических факторов на загрязнение воздуха в городах, полученных при анализе фактического материала наблюдений.

Ключевые слова: уровень загрязнения воздуха, метеорологический фактор, параметр Р, схемы прогноза загрязнения воздуха, предикторы.

T.V. Kostareva

THE INFLUENCE OF METEOROLOGICAL FACTORS ON FORECASTING AIR POLLUTION IN CITIES AND TOWNS OF THE PERM REGION

Perm State University, Perm

The paper analyzes the influence of meteorological factors on the air pollution level in the cities and towns of the Perm region. The most important meteorological factors are considered, including wind velocity and direction, wind velocity combined with atmospheric stability, air temperature, the facts of air stagnation, and precipitation. As a result of the study, a number of known relations have been confirmed. At the same time, some new effects have been found, which are also in accordance with physical notions concerning the process of pollution diffusion in the cities and towns of the Perm region. It has been revealed, for instance, that if calm is not combined with a stable stratification, the urban air pollution is relatively low. Some peculiarities of precipitation influence on air pollution have been obtained. The influence of temperature in the layer of 500/1000 m in the summer and winter times in the cities and towns of the Perm region has been specified. It has been found that the factor of inertia greatly affects air pollution. In terms of developing statistical forecasting procedures, it is important to take into account the dependencies showing influence of meteorological factors on air pollution that were obtained due to the analysis of the observational material.

Key words: level of air pollution, meteorological factor, parameter P, forecasting of air pollution level, predictors.

doi 10.17072/2079-7877-2017-2-91-99