

ИЗМЕНЕНИЯ КЛИМАТА В ХОЛОДНОЕ ВРЕМЯ ГОДА В МАГАДАНСКОЙ ОБЛАСТИ

*М.В. Ушаков**

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

Холодный климат Магаданской области, расположенной на Северо-Востоке России, оказывает негативное влияние на социально-экономическое развитие региона. Регион характеризуется тяжелыми условиями труда и проживания, большими трудностями ведения сельского хозяйства, ограниченными сроками морской и речной навигации, значительными затратами на обогрев помещений и промышленного оборудования и пр. Цель работы – анализ изменений некоторых климатических характеристик на территории Магаданской области в холодное время года: продолжительности зимнего периода (сезон, когда среднесуточные температуры воздуха стабильно ниже 0 °С) и отопительного периода (часть года со среднесуточной температурой воздуха ниже 8 °С), индекса жесткости погоды Сайпла–Пассела в январе, который учитывает не только температуру воздуха, но и скорость ветра. В работе использованы данные наблюдений за температурой воздуха и скоростью ветра в четырех пунктах с различными типами климата: резко континентальным и морским. Были рассчитаны ежегодные продолжительности отопительного и зимнего периодов 1951–2010 годов. По полученным рядам вычислены скользящие 30-летние средние, которые были названы условными нормами. Ежегодные значения индекса Сайпла–Пассела рассчитывались с 1961 года, т. к. с этого года имеются данные о скорости ветра. Поэтому ряды условных норм индекса начинаются с 1990 года. Исследование показало, что в рассматриваемой области продолжительности зимнего и отопительного периодов уменьшились на 5–8 дней, значения январского индекса жесткости погоды Сайпла–Пассела заметно снизились, следовательно, смягчились погодные условия для работы и отдыха человека на открытом воздухе. Получены формулы, по которым можно подсчитать условные нормы рассматриваемых климатических характеристик при различных сценариях повышения среднегодовой температуры воздуха в XXI веке. Современные изменения климата в холодное время года должны благоприятно сказаться на общем развитии Магаданской области.

Ключевые слова: изменения климата, отопительный период, зимний период, индекс жесткости погоды Сайпла–Пассела.

Контактное лицо: Ушаков Михаил Вилорьевич, адрес: 685000, г. Магадан, ул. Портовая, д. 16;
e-mail: mvilorich@narod.ru

На социально-экономическое развитие регионов значительное влияние оказывает климат и его изменчивость. Отрицательному влиянию холода особенно подвержена Магаданская область, расположенная на Северо-Востоке России, где отмечаются дискомфортные условия труда и проживания, трудности ведения сельского хозяйства, большие затраты на обогрев помещений и промышленного оборудования, ограниченные сроки морской и речной навигации.

Термические условия зимы в Магаданской области характеризуются прежде всего длительными периодами низких температур [1]. Антициклонический тип погоды обуславливает зимой низкие температуры не только на севере, но и на юге области. Для исследуемой территории характерно широкое распространение многолетней мерзлоты [2].

Как известно, во второй половине XX века на планете начался процесс глобального потепления¹ [3], в т. ч. и на большей части Северо-Восточной Азии [4]. Авторами ставится цель проанализировать происходящие на территории Магаданской области в холодное время года изменения некоторых климатических характеристик, а именно продолжительности отопительного и зимнего периодов, январского индекса жесткости погоды Сайпла–Пассела. Данная работа является продолжением исследований, опубликованных в сборниках [5, 6]. Ранее исследований климатических изменений холодного сезона на территории Магаданской области не проводилось.

Материалы и методы. В работе использованы данные наблюдений Колымского управления по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды (КУГМС) за температурой воздуха и скоростью ветра в пунктах Магадан, Шелехова (морской климат), Сусуман, Усть-Среднекан (резко континентальный климат). По многолетним массивам температур воздуха на рассматриваемых метеостанциях были рас-

считаны ежегодные длительности периодов со среднесуточной температурой воздуха ниже 8 °С за 1951–2010 годы, т. е. продолжительности отопительного периода (ДНР). По этим рядам были получены скользящие 30-летние средние, назовем их условными нормами. Аналогичным образом были рассчитаны условные нормы продолжительности зимнего периода (DWP), когда среднесуточные температуры воздуха устанавливаются ниже 0 °С.

По мнению некоторых авторов [7, 8], для мониторинга защищенности объектов инфраструктуры, а также для оценки влияния погодных условий на человека в холодный период года, когда имеется риск переохлаждения и обморожения открытых участков кожи, наиболее показательным является индекс жесткости погоды Сайпла–Пассела (ISP) [9]. Он рассчитывается по формуле

$$I = (10,45 + 10\sqrt{v} - v)(33 - t),$$

где v – скорость ветра за определенный холодный период, м/с; t – температура воздуха, °С.

Результат представляется в виде шкалы теплопотерь (в кДж/ч). Величина показателя ISP разбита на градации с границами: 600 (прохладно), 1000 (очень холодно), 2500 кДж/ч (невыносимый холод).

Январь в Магаданской области является самым холодным месяцем в году. По рядам многолетних наблюдений КУГМС за температурой воздуха и скоростью ветра на четырех метеостанциях были рассчитаны погодичные среднемесячные значения индекса Сайпла–Пассела за январь. По этим рядам определены скользящие 30-летние средние (условные нормы). Поскольку мы располагаем данными о скорости ветра только с 1961 года, ряды условных норм этого индекса начинаются с 1990 года. Статистическая значимость изменений условных норм климатических характеристик проверялась с помощью критерия Стьюдента при уровне значимости 5 %.

¹Climate Change 2013: The Physical Science Basis. URL: <http://www.climatechange2013.org> (дата обращения: 04.02.2016).



Рис. 1. Изменение 30-летних условных норм продолжительности отопительного периода

Результаты и обсуждение. На рис. 1, 2 видно, что во всех рассматриваемых пунктах отмечается статистически значимый тренд сокращения DHP и DWP (уровень значимости 5 %).

Различие морского и резко континентального климата наиболее заметно на рис. 2: зимний период на побережье Охотского моря значительно короче. Если переход к положительным температурам воздуха на морском побережье и в континентальных районах происходит в одно

и то же время (во второй декаде мая), то зима на побережье из-за влияния моря наступает на две-три недели позже (в первой декаде октября), чем в глубине континента.

Сравнение условных норм, рассчитанных за 1951–1980 и 1981–2010 годы, показало, что отопительный период уменьшился на 5–7 сут., а зимний – на 5–8 сут. (табл. 1).

Согласно шкале индекса жесткости погоды Сайпла–Пассела в январе в Магаданской

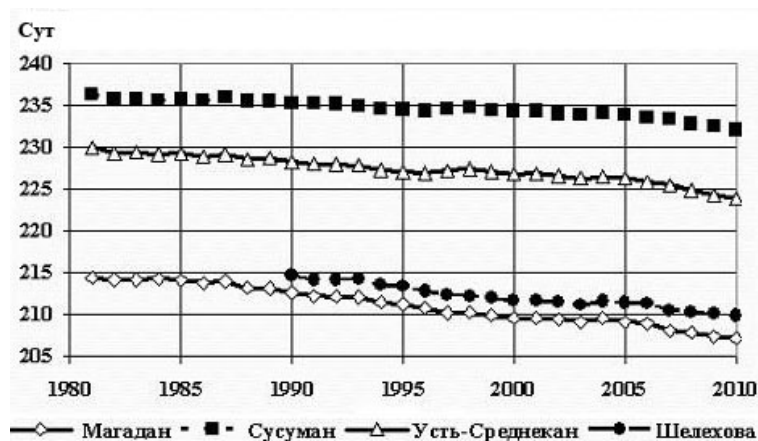


Рис. 2. Изменение 30-летних условных норм продолжительности зимнего периода

Таблица 1

СРЕДНЯЯ ПРОДОЛЖИТЕЛЬНОСТЬ ОТОПИТЕЛЬНОГО И ЗИМНЕГО СЕЗОНОВ, сут*

Пункт	Отопительный период		Зимний период	
	1951–1980 годы	1981–2010 годы	1951–1980 годы	1981–2010 годы
Магадан	285	279	215	207
Сусуман	286	280	237	232
Усть-Среднекан	273	266	230	224
Шелехова	284*	279	217*	210

Примечание: * – интервал для расчета условной нормы – 1961–1980 годы.

области очень холодно (теплопотери более 1000 кДж/ч).

Самые жесткие условия отмечаются в пункте Шелехова, главным образом из-за больших скоростей ветра в этой части Охотского побережья: среднемесячная скорость ветра в 1,5 раза больше, чем в Магадане. Как видно из рис. 3 и табл. 2, по сравнению с 60–80-ми годами XX века условные нормы ISP снизились на 46–159 кДж/ч. Понижение ISP вызвано не только повышением температуры воздуха, но и тенденцией уменьшения скорости ветра. Снижение ISP происходит интенсивнее в континентальных районах об-

ласти, и уже в начале XXI века индекс жесткости погоды стал ниже, чем в Магадане.

Таблица 2

УСЛОВНЫЕ НОРМЫ ИНДЕКСА САЙПЛА–ПАССЕЛА ДЛЯ ЯНВАРЯ

Пункт	Индекс Сайпла–Пассела, кДж/ч	
	1961–1990 годы	1984–2013 годы
Магадан	1365	1316
Сусуман	1428	1289
Усть-Среднекан	1429	1270
Шелехова	1454	1408

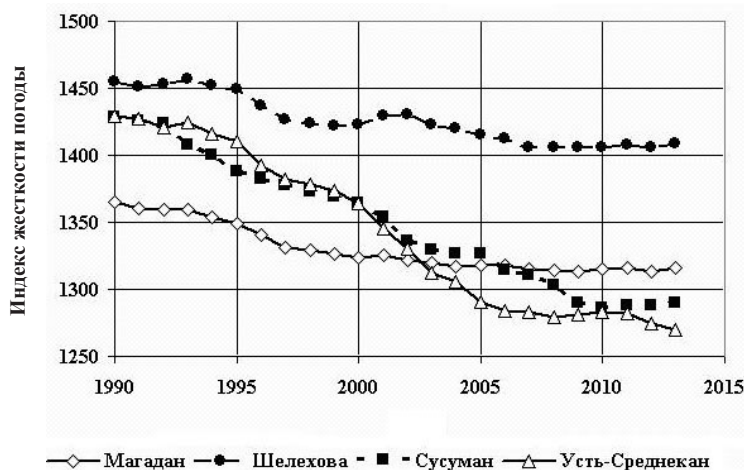


Рис. 3. Изменения условных норм январского индекса Сайпла–Пассела, рассчитанных по скользящим 30-летним периодам

Таблица 3

СВЯЗЬ УСЛОВНЫХ НОРМ ПРОДОЛЖИТЕЛЬНОСТИ ОТОПИТЕЛЬНОГО И ЗИМНЕГО ПЕРИОДОВ, ИНДЕКСА САЙПЛА–ПАССЕЛА ЗА ЯНВАРЬ С УСЛОВНЫМИ НОРМАМИ СРЕДНЕГОДОВЫХ ТЕМПЕРАТУР ВОЗДУХА

Пункт	Уравнение*	Коэффициент детерминации
<i>Продолжительность отопительного периода</i>		
Магадан	$\overline{H}_{30} = 255,6 - 8,66\overline{T}_{30}$	0,98
Сусуман	$\overline{H}_{30} = 216,0 - 5,34\overline{T}_{30}$	0,97
Усть-Среднекан	$\overline{H}_{30} = 225,5 - 5,37\overline{T}_{30}$	0,96
Шелехова	$\overline{H}_{30} = 263,8 - 5,79\overline{T}_{30}$	0,98
<i>Продолжительность зимнего периода</i>		
Магадан	$\overline{W}_{30} = 183,5 - 8,77\overline{T}_{30}$	0,98
Сусуман	$\overline{W}_{30} = 193,4 - 3,27\overline{T}_{30}$	0,94
Усть-Среднекан	$\overline{W}_{30} = 180,5 - 4,33\overline{T}_{30}$	0,96
Шелехова	$\overline{W}_{30} = 193,6 - 6,27\overline{T}_{30}$	0,92
<i>Индекс Сайпла–Пассела за январь</i>		
Магадан	$\overline{I}_{30} = 1143,9 - 63,30\overline{T}_{30}$	0,90
Сусуман	$\overline{I}_{30} = 299,7 - 134,36\overline{T}_{30}$	0,98
Усть-Среднекан	$\overline{I}_{30} = -20,4 - 130,32\overline{T}_{30}$	0,91
Шелехова	$\overline{I}_{30} = 1243,3 - 63,31\overline{T}_{30}$	0,92

Примечание: * – \overline{H}_{30} – условная норма продолжительности отопительного периода, сут; \overline{T}_{30} – условная норма среднегодовой температуры воздуха, °С; \overline{W}_{30} – условная норма продолжительности зимнего периода; \overline{I}_{30} – условная норма индекса Сайпла–Пассела за январь.

Существуют различные сценарии повышения среднегодовой температуры воздуха в XXI веке [3, 10–12]. Регрессионный анализ показал, что условные нормы продолжительности отопительного и зимнего периодов, индекса Сайпла–Пассела за январь тесно связаны с условными нормами среднегодовой температуры воздуха (табл. 3). Можно подсчитать условные

нормы DHP, DWP, ISP при различных сценариях повышения среднегодовой температуры воздуха в XXI веке.

Заключение. К 2010 году в Магаданской области нормы продолжительности отопительного и зимнего периодов уменьшились на 5–8 сут, что позволяет не только экономить топливо для обогрева помещений и промышленного оборудова-

ния, но и сокращать выбросы в атмосферу ТЭЦ, котельными загрязняющих веществ, в т. ч. и парниковых газов, таким образом уменьшая антропогенную нагрузку на окружающую среду.

Заметно понизились значения индекса жесткости погоды в январе, а значит погодные условия стали более мягкими и оптимальными для работы и отдыха человека на открытом воздухе.

Список литературы

1. Север Дальнего Востока / под ред. Н.А. Шило. М., 1970. 487 с.
2. Геокриология СССР. Восточная Сибирь и Дальний Восток / под ред. Э.Д. Ершова. М., 1989. 515 с.
3. 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.
4. 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.
5. Ushakov M.V. Climate Change Duration of the Heating Period in the Administrative Centers Far East Federal District of Russia // Ecological and Hydrometeorological Problems of the Large Cities and Industrial Areas, ECOHYDROMET – 2012 (St.-Petersburg, 2–4 July, 2012): Collection of Articles VI International Conference. Saint-Petersburg, 2013. P. 273–274.
6. Ушаков М.В. Современные изменения термического режима холодного сезона на российском Дальнем Востоке // Экологические проблемы северных регионов и пути их решения: материалы V Всерос. науч. конф. с междунар. участием. Ч. 3. Апатиты, 2014. С. 209–211.
7. Григорьева Е.А. Комплексные методы биоклиматической оценки территории в зимний период // Экологическое образование на современном этапе для устойчивого развития: материалы межрегион. науч.-практ. конф. Т. 2. Благовещенск, 2013. С. 21–26.
8. Романова Е.Н., Горбатова Е.О., Жильцова Е.Л. Методы использования систематизированной климатической и микроклиматической информации при развитии и совершенствовании градостроительных концепций. СПб., 2000. 160 с.
9. Siple P.A., Passel C.F. Measurements of Dry Atmospheric Cooling in Sub-freezing Temperatures // Proc. Amer. Philos. Soc. 1945. Vol. 89. P. 177–199.
10. Бортковский П.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 XXI веке // Изв. РАН. 2007. Т. 43, № 3. С. 313–318.
11. Булгаков К.Ю., Мелешко В.П., Шнееров Б.Е. О чувствительности климата к удвоению концентрации CO₂ в атмосфере // Тр. ГГО. 2007. Вып. 556. С. 2–28.
12. 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.

References

1. Sever Dal'nego Vostoka [North of the Far East]. Ed. by N.A. Shilo. Moscow, 1970. 487 p.
2. Geokriologiya SSSR. Vostochnaya Sibir' i Dal'niy Vostok [Geocryology of the USSR. Eastern Siberia and the Far East]. Ed. by E.D. Ershov. Moscow, 1989. 515 p.
3. Izrael' Yu.A., Gruza G.V., Kattsov V.M., Meleshko V.P. Izmenenie global'nogo klimata. Rol' antropogennykh vozdeystviy [Global Climate Change. The Role of Anthropogenic Impacts]. *Meteorologiya i gidrologiya* [Russian Meteorology and Hydrology], 2001, no. 5, pp. 5–22.

4. Ponomarev V.I., Kaplunenko D.D., Krokhin V.V. Tendentsii izmeneniy klimata vo vtoroy polovine XX veka v Severo-Vostochnoy Azii, na Alyaske i severo-zapade Tikhogo okeana [Trends in Climate Change in the Second Half of the XX Century in the North-East Asia, Alaska and the Northwest of the Pacific Ocean]. *Meteorologiya i gidrologiya* [Russian Meteorology and Hydrology], 2005, no. 2, pp. 15–26.

5. Ushakov M.V. Climate Change Duration of the Heating Period in the Administrative Centers of the Far East Federal District of Russia. *Ecological and Hydrometeorological Problems of the Large Cities and Industrial Areas, ECOHYDROMET–2012 (St. Petersburg, 2–4 July, 2012): Collection of Articles of the VI Int. Conf.* 2013. St. Petersburg, pp. 273–274.

6. Ushakov M.V. Sovremennye izmeneniya termicheskogo rezhima kholodnogo sezona na rossiyskom Dal'nem Vostoke [Recent Changes in the Thermal Regime of the Cold Season in the Russian Far East]. *Ekologicheskie problemy severnykh regionov i puti ikh resheniya: materialy V Vseros. nauch. konf. s mezhdunar. uchastiem. Ch. 3. Institut problem promyshlennoy ekologii Severa KNTs RAN* [Ecological Problems of the Northern Regions and Their Solutions: Proc. V All-Russ. Sci. Conf. with Int. Part. Part 3.]. Apatity, 2014, pp. 209–211.

7. Grigor'eva E.A. Kompleksnye metody bioklimaticheskoy otsenki territorii v zimniy period [Complex Methods of Bioclimatic Assessment of the Territory in Winter]. *Ekologicheskoe obrazovanie na sovremennoy etape dlya ustoychivogo razvitiya: materialy mezhhregion. nauch.-prakt. konf. T. 2.* [Environmental Education at the Present Stage for the Sustainable Development: Proc. Interreg. Sci. Pract. Conf. Vol. 2]. Blagoveshchensk, 2013, pp. 21–26.

8. Romanova E.N., Gorbatova E.O., Zhil'tsova E.L. *Metody ispol'zovaniya sistemizirovannoy klimaticheskoy i mikroklimaticheskoy informatsii pri razvitii i sovershenstvovanii gradostroitel'nykh kontseptsiy* [Methods of Using a Systematic Climate and Micro-Climate Information in the Development and Improvement of Urban Planning Concepts]. St. Petersburg, 2000. 160 p.

9. Siple P.A., Passel C.F. Measurements of Dry Atmospheric Cooling in Sub-Freezing Temperatures. *Proc. Amer. Philos. Soc.*, 1945, v. 89, pp. 177–199.

10. Bortkovskiy R.S., Egorov B.N., Kattsov V.M., Pavlova T.V. Model'nye otsenki srednego gazoobmena mezhdru okeanom i atmosferoy v usloviyakh sovremennogo klimata i pri ego izmeneniyakh, ozhidaemykh v XXI veke [Model Estimates of the Average Gas Exchange between the Ocean and the Atmosphere in Today's Climate and Its Changes, Expected in the 21st Century]. *Izvestiya RAN*, 2007, vol. 43, no. 3, pp. 313–318.

11. Bulgakov K.Yu., Meleshko V.P., Shpeerov B.E. O chuvstvitel'nosti klimata k udvoeniyu kontsentratsii CO₂ v atmosfere [On the Climate Sensitivity to a CO₂ Concentration Doubling in the Atmosphere]. *Trudy GGO* [Proceedings of Voeikov Main Geophysical Observatory], 2007, no. 556, pp. 2–28.

12. Fokin S.A., Kattsov V.M. Model' obshchey tsirkulyatsii okeana kak komponent ob"edinennoy global'noy klimaticheskoy modeli GGO [Ocean General Circulation Model as a Component of Integrated Global Climate Model of the Main State Hydrometeorological Observatory]. *Meteorologiya i gidrologiya* [Russian Meteorology and Hydrology], 2001 no. 3, pp. 5–18.

doi: 10.17238/issn 2227-6572.2016.2.24

M.V. Ushakov*

*North-East Interdisciplinary Scientific Research Institute named after N.A. Shilo, Far Eastern Branch of the Russian Academy of Sciences (Magadan, Russian Federation)

CLIMATE CHANGE IN A COLD SEASON IN MAGADAN REGION

The cold climate of Magadan region, situated in the North-East of Russia, has a negative impact on the socio-economic development of the region. The region is characterized by heavy working and living conditions, great difficulties of farming, limited duration of marine and river shipping seasons, high cost of space heating and industrial equipment. The work objective was the

Corresponding author: Mikhail Ushakov, *address:* Portovaya str., 16, Magadan, 685000, Russian Federation; *e-mail:* mviloric@narod.ru

analysis of changes of climatic characteristics in Magadan region in the cold season: the duration of the winter season (the season with the average daily temperature of below 0 °C) and the heating season duration (the period with the average daily air temperature of below 8 °C), Siple and Passel wind chill index in January which took into account not only the air temperature, but also the wind speed. We used the observational data of the air temperature and wind speed in four locations with different climate types: sharply continental and maritime. The annual duration of heating and winter periods of 1951–2010 years were calculated. By the obtained series the 30-year moving averages were calculated, which were called “conventional standards”. The annual value of the Siple and Passel index have been calculated since 1961, from the period of the wind speed data obtaining. Therefore, the series of the conventional standards of the index started from 1990. The duration of the winter and heating seasons decreased by 5–8 days, the value of the January Siple and Passel index declined markedly, and the weather conditions for outdoor work and leisure softened. The formulas to calculate the conventional standards of the considered climatic characteristics under different variants of the mean annual air temperature in the 21st century were obtained. Modern climate change during the cold season should be a positive impact on the overall development of Magadan Region.

Keywords: *climate change, heating season, winter season, Siple and Passel wind chill index.*

Received on February 16, 2016