

Ветровой режим и жесткость погоды в Арктике

(из Атласа «Российская Арктика: Пространство. Время. Ресурсы». 2019)

Суркова Г.В.

Средние значения скорости ветра в Арктике значительно возрастают над акваториями морей по мере удаления от побережья. В холодный период скорость ветра больше, чем в теплый. В прибрежных районах многолетние среднемесячные значения повсеместно составляют в январе 5–7 м/с, в июле 4 м/с. Над морями самые большие средние значения отмечаются над Баренцевым и Чукотским морями. В январе они достигают 8–9 м/с, в июле – 5 м/с и более.

На фоне отрицательной температуры воздуха ветер усиливает дискомфорт и меняет тепловые ощущения человека. В настоящее время оценка жёсткости погоды по ветро-холодovому индексу используется для оценки допустимости проведения работ и их нормирования на открытом воздухе в условиях Крайнего Севера (см. таблицу). Ветро-холодовой индекс рассчитывается по данным о температуре и скорости ветра и выражается в градусах Цельсия (ГОСТ, 2014, 2015). В зависимости от жёсткости погоды меняется максимальная продолжительность работы. Превышение критических параметров жёсткости также используется для объявления активированных дней, когда любые работы на открытом воздухе не рекомендуются. В такие дни во избежание несчастных случаев также могут закрываться общеобразовательные (например, школы) и иные общественные учреждения.

Для оценки жесткости погоды используются данные по температуре и ветру. В таблице степень жесткости показана, как температура, соответствующая тепловым ощущениям в зависимости от скорости ветра. Согласно этим оценкам при нахождении на открытом воздухе обморожение может происходить даже при положительных значениях температуры, если они сопровождаются сильным ветром. В Арктике даже средняя суточная температура воздуха может опускаться ниже 40–50°C (см. ранее раздел Температура воздуха). При ветре же, особенно сильном, ощущение человека будет таким, как если бы температура была ниже на 20–30°C. Это приводит к высокой и крайне высокой степени риска переохлаждения и обморожения.

Ветро-холодовой индекс (Wind Chill Index, WCI)

Ветро-холодовой индекс — способ определения жёсткости погоды, то есть субъективного ощущения человека при одновременном воздействии на него мороза и ветра. Расчет базируется на предложенном индексе Сайпла-Пассела.

Siple P.A., Passel C.F. Measurements of dry atmospheric cooling in sub-freezing temp
Philos Soc 1045 V 80 P 177–100

В настоящее время формула для расчета WCI приведена к единицам температуры, т.е. выражается в градусах Цельсия, рассчитывается индекс приведенной температуры:

$$t_{WC} = 13,12 + 0,6215 \cdot t_a - 11,37 \cdot v_{10}^{0,16} + 0,39$$

где t_a – приземная температура воздуха, v_{10} – приземная скорость ветра (на стандартной высоте 10 м).

Таблица. Риск переохлаждения и обморожения в зависимости от сочетания температуры воздуха и скорости ветра – ветро-холодовой индекс (ГОСТ, 2014, 2015).

Скорость ветра			Температура воздуха (°C), измеренная в метеорологической будке												
			+10,0	+5,0	-0,0	-5,0	-10,0	-15,0	-20,0	-25,0	-30,0	-35,0	-40,0	-45,0	-50,0
км/ч	м/с	миль/ч													
0,0	0,0	0,0	+10,0	+5,0	-0,0	-5,0	-10,0	-15,0	-20,0	-25,0	-30,0	-35,0	-40,0	-45,0	-50,0
5,0	1,4	3,1	+9,8	+4,1	-1,6	-7,3	-12,9	-18,6	-24,3	-30,0	-35,6	-41,3	-47,0	-52,6	-58,3
10,0	2,8	6,2	+8,6	+2,7	-3,3	-9,3	-15,3	-21,2	-27,2	-33,2	-39,2	-45,1	-51,1	-57,1	-63,0
15,0	4,2	9,3	+7,9	+1,7	-4,4	-10,6	-16,7	-22,9	-29,1	-35,2	-41,4	-47,6	-53,7	-59,9	-66,1
20,0	5,6	12,4	+7,4	+1,1	-5,2	-11,6	-17,9	-24,2	-30,5	-36,8	-43,1	-49,4	-55,7	-62,0	-68,3
25,0	6,9	15,5	+6,9	+0,5	-5,9	-12,3	-18,8	-25,2	-31,6	-38,0	-44,5	-50,9	-57,3	-63,7	-70,2
30,0	8,3	18,6	+6,6	+0,1	-6,5	-13,0	-19,5	-26,0	-32,6	-39,1	-45,6	-52,1	-58,7	-65,2	-71,7
35,0	9,7	21,7	+6,3	-0,4	-7,0	-13,6	-20,2	-26,8	-33,4	-40,0	-46,6	-53,2	-59,8	-66,4	-73,1
40,0	11,1	24,9	+6,0	-0,7	-7,4	-14,1	-20,8	-27,4	-34,1	-40,8	-47,5	-54,2	-60,9	-67,6	-74,2
45,0	12,5	28,0	+5,7	-1,0	-7,8	-14,5	-21,3	-28,0	-34,8	-41,5	-48,3	-55,1	-61,8	-68,6	-75,3
50,0	13,9	31,1	+5,5	-1,3	-8,1	-15,0	-21,8	-28,6	-35,4	-42,2	-49,0	-55,8	-62,7	-69,5	-76,3
55,0	15,3	34,2	+5,3	-1,6	-8,5	-15,3	-22,2	-29,1	-36,0	-42,8	-49,7	-56,6	-63,4	-70,3	-77,2
60,0	16,7	37,3	+5,1	-1,8	-8,8	-15,7	-22,6	-29,5	-36,5	-43,4	-50,3	-57,2	-64,2	-71,1	-78,0
65,0	18,1	40,4	+4,9	-2,1	-9,1	-16,0	-23,0	-30,0	-36,9	-43,9	-50,9	-57,9	-64,8	-71,8	-78,8
70,0	19,4	43,5	+4,7	-2,3	-9,3	-16,3	-23,4	-30,4	-37,4	-44,4	-51,4	-58,5	-65,5	-72,5	-79,5
75,0	20,8	46,6	+4,6	-2,5	-9,6	-16,6	-23,7	-30,8	-37,8	-44,9	-51,9	-59,0	-66,1	-73,1	-80,2
80,0	22,2	49,7	+4,4	-2,7	-9,8	-16,9	-24,0	-31,1	-38,2	-45,3	-52,4	-59,5	-66,6	-73,7	-80,8
90,0	25,0	55,9	+4,1	-3,1	-10,2	-17,4	-24,6	-31,8	-39,0	-46,1	-53,3	-60,5	-67,7	-74,9	-82,0
100,0	27,8	62,1	+3,9	-3,4	-10,6	-17,9	-25,1	-32,4	-39,6	-46,9	-54,1	-61,4	-68,6	-75,9	-83,1

	Риск обморожения или переохлаждения отсутствует
	Небольшой риск обморожения
	Небольшой риск обморожения и переохлаждения
	Средний риск переохлаждения и обморожения открытых участков кожи в течение 10—30 минут
	Высокий риск переохлаждения и обморожения открытых участков кожи в течение 5—10 минут
	Очень высокий риск переохлаждения и обморожения открытых участков кожи в течение 2—5 минут
	Опасно! Крайне высокий риск переохлаждения и обморожения открытых участков кожи менее чем в течение 2 минут

Примечание: Риск обморожения может резко возрастать при скорости ветра более 50 км/ч.

Наряду с ветро-холодовым индексом используются и другие показатели, например, эффективная температура.

Эффективная температура (ЭТ)

Эффективная температура - это один из биометеорологических индексов, характеризующий эффект воздействия на человека комплекса метеоэлементов (температуры, влажности воздуха и ветра) через единственный показатель - так называемую эффективную температуру воздуха.

Группа американских ученых провела сравнительный анализ нескольких широко используемых алгоритмов расчёта эффективной температуры воздуха и пришла к выводу, что наиболее полным является алгоритм, разработанный Стивманом.

Для разработки этой модели был использован широкий ряд биометрических измерений, производившихся во многих странах с 1940 по 1995 годы. Модель эффективной температуры объединяет физиологические факторы тела и кожного покрова, физические особенности одежды и воздушного слоя, находящегося в непосредственной близости к телу, а также метеорологические факторы окружающей среды. Сопrotивляемость организма окружающей среде зависит от физических особенностей человека. Поэтому модель разработана для "среднего" человека, т.е. взрослого человека средней комплекции, одетого по погоде, идущего в тени со скоростью 4.8 км/ч. На основе этой модели Стивманом были выведены простые формулы для расчёта эффективной температуры. В доверительном интервале 95% их ошибка не превышает 1 градус Кельвина.

$$T_{эф} = - 2.7 + 1.04 T + 2.0 e - 0.65 v,$$

где T - температура воздуха (°C), e - парциальное давление водяного пара (кПа), v - скорость ветра на 10 м над уровнем земли.

Эффективная температура объединяет в себе 2 ранее используемых индекса: температуру воздуха с учетом влияния ветра (WindChill) и температуру воздуха с учетом влажности (Heat index). Отрицательные значения эффективной температуры характеризуют вероятность обморожения, положительные - теплового удара.

Шкала эффективной температуры

- < **...-50°C** - опасно - обморожение открытых участков кожи возможно менее чем через 5 минут
- 38..-50°C** - предельно осторожно - обморожение открытых участков кожи возможно через 10 -15 минут
- 28..-38°C** - осторожно - обморожение открытых участков кожи возможно через 20-30 минут
- 28..27°C** - опасности для одетого по погоде человека нет
- 27..32°C** - осторожно - возможно утомление при длительных активных нагрузках на открытом воздухе
- 32..40°C** - предельно осторожно - возможен солнечный удар при длительных активных нагрузках на открытом воздухе
- 40..55°C** - опасно - почти наверняка можно получить солнечный удар и перегрев, возможен тепловой удар
- > 55°C** - предельно опасно - быстрый тепловой или солнечный удар

Литература

ГОСТ Р ИСО 15743-2012. Практические аспекты менеджмента риска. Менеджмент и оценка риска для холодных сред. Национальный стандарт Российской Федерации. М. Стандартиформ. 2014. 32 с.

ГОСТ Р ИСО 11079-2015 Эргономика термальной среды. Определение холодного стресса и его интерпретация на основе показателей требуемой термоизоляции одежды и локального охлаждающего воздействия. Национальный стандарт Российской Федерации. М. Стандартиформ. 2015. 39 с.

Compo G.P., J.S. Whitaker, P.D. Sardeshmukh, N. Matsui, R.J. Allan, X. Yin, B.E. Gleason, R.S. Vose, G. Rutledge, P. Bessemoulin, S. Brönnimann, M. Brunet, R.I. Crouthamel, A.N. Grant, P.Y. Groisman, P.D. Jones, M. Kruk, A.C. Kruger, G.J. Marshall, M. Maugeri, H.Y. Mok, . Nordli, T.F. Ross, R.M. Trigo, X.L. Wang, S.D. Woodruff, and S.J. Worle. The Twentieth Century Reanalysis Project. // Quarterly J. Roy. Meteorol. Soc. 2011. V.137. P. 1-28.