

ОЦЕНКА РИСКА ЗДОРОВЬЮ ПО ВЕТРО-ХОЛОДОВОМУ ИНДЕКСУ НА ТЕРРИТОРИИ КРАСНОЯРСКОГО КРАЯ

Р. С. Рахманов¹✉, Е. С. Богомолова¹, Д. А. Нарутдинов², Т. В. Бадеева¹¹ Приволжский исследовательский медицинский университет, Нижний Новгород, Россия² Медико-санитарная часть войсковой части 73633, Красноярск, Россия

Ветер влияет на функциональное состояние, здоровье человека. При холодном ветре активность смягчает риск гипотермии, но не дискомфорт, возникает угроза охлаждения организма и обморожений. Целью работы было оценить риск здоровью человека, возникающий при проживании в различных климатических зонах региона России по ветро-холодovому индексу. Расчет проводили по среднемесячным значениям суточной температуры и скорости ветра, минимальной температуры и максимального ветра в субарктическом и континентальном климате в периодах определения климатических норм: 1961–1990 гг. (второй период) и 1991–2020 гг. (третий период). В третьем периоде установлено достоверное снижение силы ветра в субарктическом (8 месяцев) и умеренном континентальном (9 месяцев) климате. Среднемесячные температуры увеличивались в апреле на 3,5 °C ($p = 0,006$), апрель–июне на 4,05 °C ($p = 0,001$) и 3,9 °C ($p = 0,001$). Максимальный ветер в субарктическом климате не изменился, в умеренном снизился в течение 9 месяцев; минимальная температура возросла в течение 4 и 1 месяца. По средним значениям температуры и ветра в субарктическом поясе 6 месяцев (против 7) возникали дискомфортные ощущения, в том числе 1 месяц как «чрезвычайно холодно»; уменьшился риск холодovого воздействия за счет «очень холодно»; в умеренном поясе риск дискомфортных ощущений был зарегистрирован 4 месяца (против 6). При максимальном ветре и минимальной температуре жесткость погоды в субарктическом климате в каждом периоде сохранялась 8 месяцев в году («дискомфорт, прохлада» — 2, «холодно, переохлаждение поверхности кожи» — 1, «чрезвычайно холодно, обнаженные части тела могут переохлаждаться за 10 мин» — 5); в умеренном 5 месяцев («дискомфорт, прохлада» — 2, «очень холодно, переохлаждение поверхности кожи» — 3).

Ключевые слова: ветро-холодovый индекс, субарктический климат, континентальный климат, Красноярский край, риск здоровью

Вклад авторов: Р. С. Рахманов — концепция и дизайн исследования, написание текста, редактирование; Е. С. Богомолова — сбор данных литературы, редактирование статьи; Д. А. Нарутдинов — сбор и систематизирование материала; Т. В. Бадеева — обработка материала, участие в интерпретации результатов, подготовке текста статьи. Все соавторы согласовали и утвердили окончательный вариант статьи.

✉ Для корреспонденции: Рoфaиль Сaльxoвич Рaхмaнoв
пл. Минина и Пoжaрскoгo, д. 10/1, г. Нижнй Нoвгoрoд, 603005; raf53@mail.ru

Статья получена: 23.12.2020 **Статья принята к печати:** 19.01.2021 **Опубликована онлайн:** 01.02.2021

DOI: 10.47183/mes.2021.002

ASSESSMENT OF HEALTH RISK BY WIND CHILL FACTOR IN THE KRASNOYARSK KRAI

Rakhmanov RS¹✉, Bogomolova ES¹, Narutdinov DA², Badeeva TV¹¹ Department of Hygiene Volga Research Medical University, Nizhny Novgorod, Russia² Medical unit of military unit 73633, Krasnoyarsk, Russia

Wind affects functional state and health of human beings. Physical activity mitigates the risk of hypothermia, but not the discomfort felt in cold winds. Moreover, there appears a risk of body cooling and frostbite. This study aimed to assess the risk to health of a human being associated with the wind chill factor index in the various climatic zones of a Russian region. The calculation relied on the mean monthly daily temperature and wind speed values, minimum temperature and maximum wind values registered in the subarctic and continental climate zones during the two climatological normals determination observation periods, 1961–1990 (second period) and 1991–2020 (third period). In the third period, a significant decrease in wind strength was registered in the subarctic (8 months) and temperate continental (9 months) climates. The mean monthly temperatures increased in April by 3.5 °C ($p = 0.006$), April–June by 4.05 °C ($p = 0.001$) and 3.9 °C ($p = 0.001$). The maximum wind in the subarctic climate did not change, in the temperate continental zone it decreased within 9 months; the minimum temperature increased in 4 and 1 months. In the subarctic zone, the mean temperature and wind values made the ambient conditions uncomfortable for 6 months (versus 7), with one characterized as "extremely cold"; the cold exposure risk decreased during the "very cold" period; in the temperate climate zone, the potentially uncomfortable conditions period lasted for 4 months (versus 6). With wind at the maximum and temperature at the minimum, in the subarctic climate, the weather remained severe for 8 months a year in each of the determination periods ("uncomfortable, chilly" — 2 months, "cold, skin surface hypothermia" — 1 month, "extremely cold, possible hypothermia of the exposed parts of the body in 10 minutes" — 5 months); in the temperate continental climate zone, it was severe for 5 months of each year ("uncomfortable, chilly" — 2 months, "cold, skin surface hypothermia" — 3 month).

Keywords: wind chill factor; subarctic, continental climate; Krasnoyarsk Krai, health risk

Author contribution: Rakhmanov RS — study conceptualization and design, report authoring, editing; Bogomolova ES — literature data collection, report editing; Narutdinov DA — material collection and systematization; Badeeva TV — material processing, participation in the processing of the results, report text preparation. All co-authors agreed and approved the final version of the report.

✉ **Correspondence should be addressed:** Rofail S. Rakhmanov
ploschad Minina i Pozharskogo, 10/1, Nizhny Novgorod, 603005; raf53@mail.ru

Received: 23.12.2020 **Accepted:** 19.01.2021 **Published online:** 01.02.2021

DOI: 10.47183/mes.2021.002

При нахождении на открытой территории человек подвергается непосредственному воздействию погодных условий, которое сказывается, прежде всего, на его тепловом состоянии. Наше теплоощущение зависит от комплексного влияния погодных факторов окружающей среды: температуры, скорости движения воздуха, его влажности, давления, электрического состояния

атмосферы, радиационной температуры и др. Температура окружающей среды под влиянием ветра не изменяется, но ветер отводит тепло от тела человека. Холодный ветер меняет восприятие внешней температуры: чем быстрее тепло отводится от тела, тем больше ощущается холод [1, 2].

Ветер может оказывать как саногенное, так и негативное влияние на все стороны жизнедеятельности

и здоровье человека. Обеспечиваемый им режим в значительной степени определяет степень нашего комфорта при нахождении на открытой территории; он перераспределяет влагу на Земле, выравнивает температуру, очищает воздух. Сильный ветер оказывает давление на поверхностные ткани организма, вызывает утомление, головные боли, беспокойство, бессонницу, препятствует правильному дыханию, способствует одышке, оказывает угнетающее действие на психику человека. Такой ветер способствует пылеобразованию, переноса пыли на значительные расстояния. Поднятые в воздух капельки воды с поверхности морей и озер способствуют распространению инфекционных заболеваний [3]. Ветер следует принимать во внимание как решающий фактор в передаче различных заболеваний, а не только тех, которые передаются по воздуху, поскольку он может модулировать динамику различных переносчиков и патогенов [4–7].

Прямое или косвенное влияние погода с участием ветра оказывает на функциональное состояние человека, формирует уровень здоровья населения, обуславливает региональные особенности формирования чувствительных к климатическим факторам заболеваний [8–11]. В ряду многочисленных биоклиматических показателей выделяют индексы «холодового стресса» как факторы, ограничивающие пребывание человека на открытом воздухе в зимний период [12, 13]. По некоторым данным, для оценки влияния холода предпочтительно использовать ветро-холодовой индекс (ВХИ) Сайпла [14, 15]. Определение ВХИ позволяет установить возможные риски для здоровья, связанные с низкой температурой и холодным ветром [16–19].

Цель работы — оценить риск здоровью человека, возникающий при проживании в различных климатических зонах региона Красноярского края, по ветро-холодовому индексу.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Ретроспективно по данным многолетнего наблюдения провели оценку риска воздействия холодных сред на человека в условиях субарктического и умеренного континентального климата Красноярского края по ветро-холодовому индексу (ВХИ) Сайпла [20]. Оценку риска холодового стресса проводили по критериям: от -10 до -24 °C — дискомфорт, прохлада; от -25 до -34 °C — очень холодно, переохлаждение поверхности кожи; от -35 до -59 °C — чрезвычайно холодно, обнаженные части тела человека могут переохладиться за 10 мин и от -60 °C и холоднее — экстремально холодно, обнаженные части тела человека могут переохладиться за 2 мин [21].

Таблица 1. Характеристика скорости ветра в условиях субарктического климата, м/с

Наблю- дение	Скорость ветра по месяцам года, М ± m											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Среднемесячная суточная скорость												
1	5,2 ± 0,4	5,6 ± 0,5	5,8 ± 0,3	5,7 ± 0,3	5,0 ± 0,3	5,0 ± 0,2	4,4 ± 0,2	4,3 ± 0,2	4,5 ± 0,4	5,1 ± 0,3	5,5 ± 0,4	6,1 ± 0,2
2	5,0 ± 0,3	4,6 ± 0,4	4,8 ± 0,4	4,8 ± 0,2	4,2 ± 0,1	4,2 ± 0,1	3,6 ± 0,05	3,6 ± 0,1	3,6 ± 0,2	4,3 ± 0,3	4,4 ± 0,3	5,4 ± 0,2
p	0,68	0,09	0,71	0,018	0,14	0,001	0,001	0,015	0,02	0,048	0,041	0,05
Среднемесячная максимальная скорость												
1	15,5 ± 0,6	13,9 ± 0,7	14,3 ± 1,0	14,5 ± 0,6	12,3 ± 0,9	12,8 ± 0,6	12,1 ± 0,5	10,5 ± 0,4	13,5 ± 1,1	14,3 ± 0,9	14,2 ± 0,8	16,2 ± 0,7
2	16,3 ± 0,8	14,1 ± 0,7	16,9 ± 1,0	14,0 ± 0,9	12,8 ± 0,5	12,9 ± 0,9	10,9 ± 1,0	11,2 ± 0,9	12,2 ± 1,4	13,6 ± 1,0	14,4 ± 0,9	15,4 ± 0,6
p	0,41	0,83	0,14	0,14	0,64	0,92	0,278	0,252	0,469	0,61	0,86	0,4

Всемирная метеорологическая организация (1962 г.) приняла единый 30-летний период для оценки климатических норм: первый — 1931–1960; второй — 1961–1990 и третий — 1991–2020 гг. Мы провели исследование по данным двух последних периодов определения климатических норм: 1961–1990 гг. (второй период) и 1991–2020 гг. (третий период) [22, 23]. Для этого оценили среднемесячные суточные показатели температуры на открытой территории и скорости ветра за последние десятилетия каждого периода, соответственно за 1981–1990 гг. и в третьем периоде за 2010–2019 гг. Оценивали также среднемесячные показатели минимальной температуры и максимальной скорости ветра. Метеорологические сведения были получены из Среднесибирского управления по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды, расположенного в г. Норильск (Таймырский филиал) и в г. Красноярск (Опытное поле). Силу ветра оценивали по шкале Бофорта в баллах [24].

Статистическую обработку проводили с использованием компьютерной программы Statistica 6.0 (StatSoft; США) с определением средних величин и ошибок средних ($M \pm m$), применяли параметрический t -критерий Стьюдента. Различия считали достоверными при $p < 0,05$.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

При оценке среднемесячных скоростей ветра в условиях субарктического климата обратили внимание на то, что во втором периоде (1961–1990 гг.) установления климатических норм в течение 7 месяцев в году (май–октябрь и январь) его сила была оценена в 3 балла (от слабого до умеренного): от $4,3 \pm 0,2$ до $5,1 \pm 0,2$ м/с (табл. 1). В остальные 5 месяцев она была равна 4 баллам (умеренный): от $5,5 \pm 0,4$ до $6,1 \pm 0,2$ м/с. В третьем периоде (1991–2020 гг.) силу ветра 11 месяцев в году, за исключением декабря, оценивали в 3 балла: от $3,6 \pm 0,1$ до $5,4 \pm 0,2$ м/с. Причем достоверное снижение скорости движения воздуха было отмечено в течение 8 месяцев в году (кроме зимних месяцев). Среднемесячные максимальные значения скорости ветра не изменились. Так, наименьшие ее значения зафиксированы в августе ($10,5 \pm 0,4$ и $11,2 \pm 0,9$ м/с; $p = 0,252$), наибольшие — в декабре ($16,2 \pm 0,7$ и $15,4 \pm 0,6$ м/с; $p = 0,4$) и январе ($15,5 \pm 0,6$ и $16,3 \pm 0,8$ м/с; $p = 0,41$). В июле и сентябре они были на 1,2–1,3 м/с меньше, но без достоверных различий с показателями предыдущего периода, соответственно: $10,9 \pm 1,0$ против $12,1 \pm 0,5$ м/с ($p = 0,278$) и $12,2 \pm 1,4$ м/с против $13,5 \pm 1,1$ м/с ($p = 0,469$).

Таблица 2. Характеристика скорости ветра в условиях умеренного континентального климата, м/с

Наблю- дение	Скорость ветра по месяцам года, М ± m											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Среднемесячная суточная скорость												
2	2,4 ± 0,1	2,3 ± 0,2	2,8 ± 0,3	2,9 ± 0,2	2,7 ± 0,2	2,2 ± 0,2	1,7 ± 0,07	1,7 ± 0,05	1,9 ± 0,1	2,6 ± 0,2	3,0 ± 0,2	2,7 ± 0,2
3	1,8 ± 0,2	1,9 ± 0,08	2,1 ± 0,1	2,3 ± 0,1	2,1 ± 0,07	1,6 ± 0,07	1,4 ± 0,05	1,5 ± 0,09	1,7 ± 0,1	2,0 ± 0,16	2,0 ± 0,13	1,9 ± 0,05
p	0,04	0,045	0,017	0,014	0,003	0,009	0,04	0,038	0,87	0,029	0,001	0,001
Среднемесячная максимальная скорость												
2	9,8 ± 0,4	8,6 ± 0,3	8,4 ± 0,4	8,3 ± 0,4	8,1 ± 0,4	6,8 ± 0,4	6,1 ± 0,3	5,4 ± 0,3	7,0 ± 0,4	8,1 ± 0,3	10,1 ± 0,1	10,0 ± 0,4
3	7,3 ± 0,6	7,3 ± 0,2	6,5 ± 0,2	6,7 ± 0,3	6,9 ± 0,7	5,1 ± 0,4	4,8 ± 0,2	5,3 ± 0,5	6,0 ± 0,4	6,9 ± 0,4	7,0 ± 0,3	7,9 ± 0,2
p	0,002	0,002	0,001	0,008	0,15	0,007	0,002	0,226	0,1	0,01	0,001	0,001

В умеренном континентальном климате во втором периоде во все месяцы года среднюю скорость ветра оценивали в 2 балла (слабый ветер): от $1,7 \pm 0,07$ м/с до $3,0 \pm 0,2$ м/с (табл. 2). В третьем периоде в июне и июле ее оценивали как очень слабую (1 балл): от $1,4 \pm 0,05$ до $1,5 \pm 0,09$ м/с. За исключением одного месяца (сентябрь), произошло достоверное снижение силы ветра. В третьем периоде было отмечено достоверное снижение максимальной скорости ветра в течение 9 месяцев, за исключением мая, августа и сентября. Это снижение достигало от 1,0 м/с в феврале и июне ($p = 0,002$) до 3,1 м/с в ноябре ($p = 0,001$) и 2,5 м/с в январе ($p = 0,002$).

Среднемесячная суточная температура воздуха в субарктическом климате во втором периоде наблюдения в летние месяцы года составляла от $11,4 \pm 1,9$ до $19,9 \pm 1,2$ °C, в зимние — от $-20,5 \pm 1,7$ до $-23,8 \pm 2,2$ °C (табл. 3). В третьем периоде наблюдения она достоверно увеличилась по сравнению с предыдущим наблюдением в апреле на $3,5$ °C ($-7,3 \pm 0,9$ против $-10,8 \pm 1,6$ °C; $p = 0,006$). В июне температура увеличилась на $3,9$ °C, но это значение достоверно от предыдущего не отличалось ($15,3 \pm 1,0$ против $11,4 \pm 1,9$ °C; $p = 0,062$). Кроме того, было отмечено увеличение среднемесячной минимальной температуры в течение четырех месяцев в марте–июне: от $-20,4 \pm 2,0$ до $-26,2 \pm 1,2$ ($p = 0,014$) и от $6,5 \pm 0,6$ до $3,3 \pm 0,8$ °C ($p = 0,007$).

В умеренном континентальном климате в третьем периоде наблюдения в апреле и июне также было отмечено увеличение среднемесячной суточной температуры воздуха, соответственно на $4,05$ °C ($4,7 \pm 0,5$ против $0,65 \pm 0,7$ °C; $p = 0,001$) и на $3,9$ °C ($18,2 \pm 0,5$ против $14,3 \pm 0,5$ °C; $p = 0,001$) (табл. 4). Достоверное повышение среднемесячной минимальной температуры было зафиксировано только в апреле ($-0,3 \pm 0,4$ против $-3,5 \pm 0,8$ °C; $p = 0,002$).

По средним показателям ВХИ в условиях субарктического климата во втором периоде наблюдения

в течение 5 месяцев в году, в третьем периоде — в течение 6 месяцев дискомфортные метеопощущения не возникали (рис. 1). Во втором периоде 2 месяца в году (октябрь и апрель) условия оценивали как «дискомфортные погодные условия», 4 месяца (ноябрь, декабрь и февраль–март) — как «очень холодно», а в январе — как «чрезвычайно холодно». В третьем периоде длительность дискомфортной погоды изменялась: на 1 месяц сократился период дискомфортных ощущений (октябрь), на 1 месяц (март) сократился период, оцениваемый как «очень холодно», ощущения стали дискомфортными; период «чрезвычайно холодно» не изменился.

В умеренном климате во втором периоде наблюдения 6 месяцев в году (октябрь–март) возникали дискомфортные ощущения, в третьем периоде — только 4 месяца (декабрь–февраль) (рис. 2).

Максимальный ветер и минимальная температура создавали менее комфортные условия: показатели ВХИ увеличивались и возникали более негативные метеопощущения (табл. 5). При этом в субарктическом поясе в каждом периоде наблюдения в течение 8 месяцев в году жесткость погоды не менялась. В октябре и мае ВХИ оценивали как «дискомфорт, прохлада», в апреле — «очень холодно, переохлаждение поверхности кожи», в ноябре–марте — «чрезвычайно холодно, обнаженные части тела могут переохладиться за 10 мин».

В умеренном климате во втором периоде 6 месяцев в году метеопощущения были негативными; из них 3 месяца оценивались как «дискомфорт, прохлада» и 3 — как «очень холодно, переохлаждение поверхности кожи». Дискомфортные ощущения могли возникать и в октябре. В третьем периоде установления климатических норм жесткость погоды уменьшилась до 5 месяцев в году: 2 месяца — «дискомфорт, прохлада» и 3 месяца — «очень холодно, переохлаждение поверхности кожи». Следует отметить, что в январе ВХИ практически достигал значения «чрезвычайно холодно, обнаженные части тела человека могут переохладиться за 10 мин».

Таблица 3. Характеристика температуры окружающей среды в условиях субарктического климата, °C

Наблю- дение	Температура окружающей среды по месяцам года, М ± m											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Среднемесячная суточная температура												
2	-23,8 ± 2,2	-21,8 ± 1,7	-16,3 ± 1,0	-10,8 ± 1,6	0,2 ± 0,3	11,4 ± 1,9	19,9 ± 1,2	15,6 ± 0,6	7,6 ± 0,8	-4,6 ± 0,6	-18,0 ± 2,1	-20,5 ± 1,7
3	-23,3 ± 1,5	-21,5 ± 1,7	-16,5 ± 1,7	-7,3 ± 0,9	1,6 ± 1,0	15,3 ± 1,0	19,9 ± 0,9	15,2 ± 0,8	8,2 ± 0,9	-3,6 ± 0,9	-17,8 ± 1,2	-18,0 ± 1,4
p	0,83	0,905	0,119	0,006	0,31	0,062	0,962	0,707	0,649	0,464	0,926	0,29
Среднемесячная минимальная температура												
2	-30,2 ± 2,1	-29,0 ± 1,2	-26,2 ± 1,2	-19,2 ± 1,5	-7,8 ± 0,5	3,3 ± 0,8	10,3 ± 0,7	7,8 ± 0,7	1,0 ± 0,5	-11,5 ± 1,2	-24,9 ± 1,7	-27,8 ± 1,4
3	-30,5 ± 1,6	-30,5 ± 1,7	-20,4 ± 2,0	-13,5 ± 0,9	-5,4 ± 0,8	6,5 ± 0,6	11,2 ± 0,6	7,8 ± 0,6	2,2 ± 0,6	-8,9 ± 1,2	-24,8 ± 1,1	-25,3 ± 1,5
p	0,92	0,86	0,014	0,005	0,024	0,007	0,36	0,98	0,366	0,146	0,92	0,24

Таблица 4. Характеристика температуры окружающей среды в условиях умеренного континентального климата, °C

Наблю- дение	Температура воздуха по месяцам года, М ± m											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Среднемесячная суточная температура												
2	-15,3 ± 0,9	-15,3 ± 1,7	-5,6 ± 1,3	0,65 ± 0,7	9,8 ± 0,7	14,3 ± 0,5	18,1 ± 0,5	15,7 ± 0,3	9,2 ± 0,3	1,7 ± 0,8	-7,7 ± 1,3	-13,7 ± 1,4
3	-17,3 ± 1,6	-13,9 ± 1,4	-3,9 ± 0,9	4,7 ± 0,5	9,4 ± 0,5	18,2 ± 0,5	18,8 ± 0,3	16,5 ± 0,3	9,4 ± 0,5	2,4 ± 0,9	-7,5 ± 0,9	-12,6 ± 2,0
p	0,354	0,536	0,261	0,001	0,629	0,001	0,241	0,113	0,869	0,592	0,92	0,676
Среднемесячная минимальная температура												
2	-19,3 ± 1,0	-18,2 ± 1,3	-9,8 ± 1,2	-3,5 ± 0,8	4,4 ± 0,5	9,4 ± 0,3	12,7 ± 0,3	10,7 ± 0,3	4,6 ± 0,3	-2,3 ± 0,7	-10,6 ± 0,7	-16,2 ± 1,2
3	-20,9 ± 1,5	-20,8 ± 1,3	-8,8 ± 0,8	-0,3 ± 0,4	4,0 ± 0,4	11,7 ± 0,3	13,6 ± 0,3	11,5 ± 0,3	4,7 ± 0,5	-1,1 ± 0,9	-13,5 ± 1,2	-16,0 ± 0,2
p	0,39	0,85	0,39	0,002	0,51	0,39	0,055	0,054	0,65	0,297	0,79	0,933

ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

Скорость ветра учитывают при определении режима работ в холодный период года на открытой местности и в неотапливаемых помещениях, поскольку возможность должной защиты человека от охлаждения с использованием средств индивидуальной защиты, например в суровых климатических условиях (пояса «особый», IV, III), ограничены главным образом по причине малой эффективности утепления стоп и кистей, а также в связи с охлаждением лица и органов дыхания [18, 25, 26]. Определение ВХИ проводят для сохранения здоровья туристов и спортсменов, занимающихся зимними видами спорта, особенно в северных широтах России. При этом отмечается, что тип активности может смягчить риск гипотермии, но не дискомфорт, вызванный воздействием холодного ветра, что потенциально угрожает людям охлаждением организма и обморожением [27, 28]. ВХИ используют для оценки комфортности погодноклиматических условий конкретного региона проживания [29], высокие скорости ветра делают небезопасными прогулки на открытой местности без использования специальной зимней одежды [30]. Жесткость зимы имеет тесную корреляцию с силой ветра [30, 31].

ВХИ соответствует температуре воздуха на открытой территории, которая при скорости ветра 4,2 км/ч вызывает такой же охлаждающий эффект, как фактические условия окружающей среды [21]. Он характеризует степень охлаждения ветром — эквивалентную температуру воздуха, равную температуре воздуха, которая оказывает охлаждающий эффект при отсутствии ветра в тени без учета испарения. Точнее, это не температура, а индекс,

который помогает связать охлаждающее действие ветра с температурой воздуха в спокойных условиях. Ветер не заставляет открытый объект становиться холоднее, чем окружающий воздух. Более высокая его скорость приведет только к охлаждению до температуры окружающей среды в более короткое время [32]. Скорость охлаждения вычисляют с учетом средневзвешенной температуры кожи, равной 33 °C. При полном безветрии и относительной влажности 100% тепловые ощущения человека зависят только от температуры окружающего воздуха. При одной и той же температуре, но при усилении ветра и уменьшении влажности, потери тепла возрастают, и человек чувствует себя так, как если бы происходило понижение температуры воздуха. Обратный эффект имеет место при ослаблении ветра и увеличении влажности [33].

В динамике наблюдения нами было отмечено снижение силы ветра в условиях как субарктического, так и умеренного континентального климатов. Эти данные подтверждают результаты других авторов, отмечавших ослабление зональной компоненты скорости ветра [11]. Авторы указали также на возрастание летних температур. В нашем наблюдении тоже отмечен достоверный рост температур в обеих климатических зонах, но только в апреле (субарктический пояс), апреле и июне (умеренный пояс). Снижение силы ветра и повышение температуры воздуха привели к снижению риска холодного влияния на организм как по длительности периодов, так и по степени их выраженности. В последнее десятилетие периода определения климатических норм (1990–2020 гг.) риск холодного воздействия уменьшился, что, вероятно, отражается и на состоянии здоровья населения в каждой климатической зоне края.

ВХИ, ед. (средние Т)

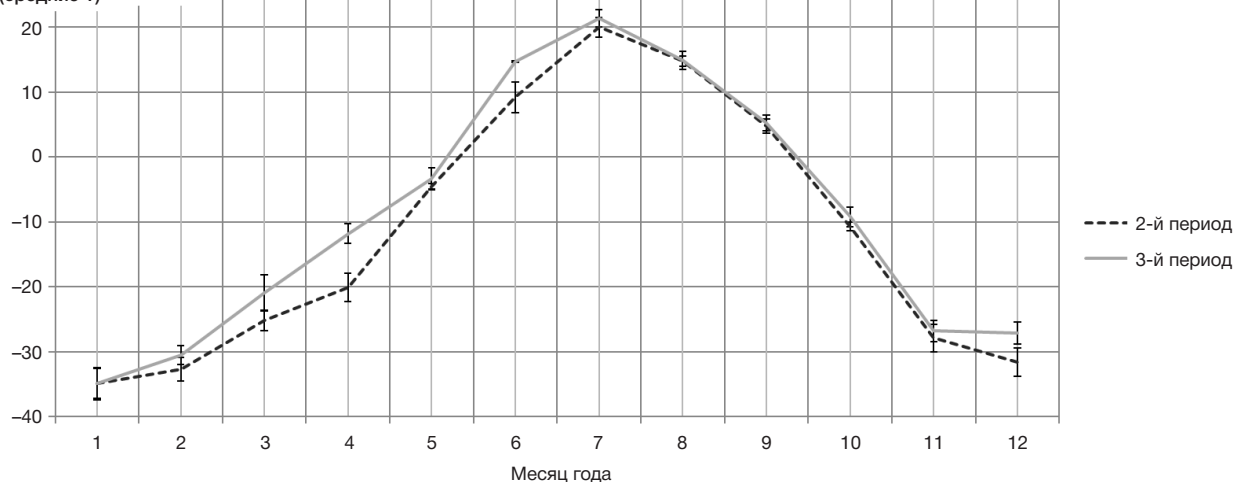


Рис. 1. Характеристика ветро-холодового индекса по среднемесячным суточным показателям температуры окружающей среды и скорости ветра в условиях субарктического климата, М ± m, ед

ВХИ, ед. (средние Т)

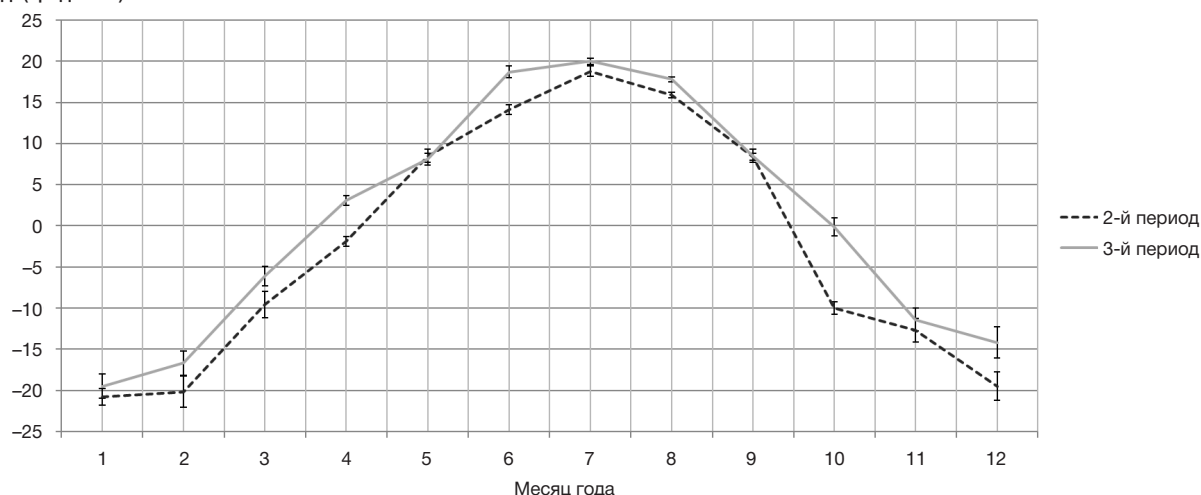


Рис. 2. Характеристика ВХИ по среднемесячным суточным показателям температуры окружающей среды и скорости ветра в условиях умеренного континентального климата, $M \pm m$, ед

Таблица 5. Характеристика ВХИ при сочетании минимальной температуры и максимальной силы ветра в условиях различных климатических зон, °C

№ п/п	Объект наблюдения	Месяц года, $M \pm m$							
		1	2	3	4	5	10	11	12
1	Субарктический климат								
	2-й период	$-50,1 \pm 2,8$	$-37,9 \pm 9,9$	$-44,0 \pm 1,2$	$-33,9 \pm 2,0$	$-18,2 \pm 0,6$	$-20,9 \pm 3,3$	$-42,1 \pm 2,4$	$-42,7 \pm 1,9$
	3-й период	$-50,8 \pm 2,2$	$-48,1 \pm 2,2$	$-36,9 \pm 2,6$	$-26,4 \pm 1,2$	$-15,2 \pm 1,0$	$-20,1 \pm 1,5$	$-41,9 \pm 1,3$	$-43,2 \pm 2,1$
	p	0,845	0,321	0,002	0,004	0,02	0,829	0,38	0,195
2	Умеренный континентальный климат								
	2-й период	$-32,5 \pm 1,4$	$-30,3 \pm 1,8$	$-19,2 \pm 1,5$	$-11,0 \pm 1,0$	$-0,7 \pm 0,6$	$-9,3 \pm 0,9$	$-21,2 \pm 1,7$	$-28,5 \pm 1,6$
	3-й период	$33,9 \pm 2,0$	$-29,0 \pm 1,8$	$-16,6 \pm 1,2$	$-6,1 \pm 0,5$	$-0,6 \pm 0,6$	$-7,2 \pm 1,0$	$-20,1 \pm 1,2$	$-27,1 \pm 2,7$
	p	0,577	0,621	0,152	0,001	0,953	0,142	0,61	0,66

Оценка влияния погодных-климатических условий по показателям температуры и силы ветра показала значимость этих показателей при определении риска здоровью не только в субарктической зоне, но и в умеренном климате, что подтверждают результаты других авторов [8, 9, 16–18, 33]. Определение ВХИ в мае–сентябре в нашем исследовании не установило наличие риска здоровью, а в других исследованиях (например, при высокой температуре воздуха) отмечено, что сила ветра оказывает позитивное влияние на самочувствие человека, создавая ощущение комфорта [29, 30]. В отличие от исследований других авторов, нами оценен ВХИ при сочетании крайних значений этих метеофакторов: минимальной температуры и максимального ветра, что дает основание для установления большей длительности сезонов негативного влияния условий окружающей среды на человека.

Кроме того, в нашем исследовании выбор показателя ВХИ был обусловлен его приоритетностью при оценке безопасности обеспечения работ на открытой местности.

Выводы

Определение ВХИ позволяет выявить риск здоровью. Вместе с тем, при низких температурах метеощущения усугубляются действием как сильного ветра, так и высокой влажности, что обуславливает проведение расширенного исследования по оценке риска в холодной среде обитания. Полученные результаты свидетельствуют об улучшении экологии обитания населения, но показывают, что эти изменения могут иметь последствия, которые предстоит изучать. Данную методологию можно использовать для оценки риска здоровью населения в других климатических регионах страны.

Литература

- de Freitas CR, Grigorieva EA. A comprehensive catalogue and classification of human thermal climate indice. Int J Biometeorol. 2015; 59: 109–20. DOI: 10.1007/s00484-014-0819-3.
- de Freitas CR, Grigorieva EA. A comparison and appraisal of a comprehensive range of human thermal climate indices. Int J Biometeorol. 2017; 61: 487–512. DOI 10.1007/s00484-016-1228-6.
- Говорушко С. М. Влияние погодных-климатических условий на биосферный процесс. Геофизические процессы и биосфера. 2012; 11 (11): 5–24.
- Дубровская С. В. Метеочувствительность и здоровье. М.: РИПОЛ Классик, 2011; 180 с.
- Ohashi Y, Katsuta T, Tani H, Miyashita R. Human cold stress of strong local-wind “Hijikawa-arashi” in Japan, based on the UTCI index and thermo-physiological responses. J Biometeorol. 2018; 62 (7): 1241–50. DOI: 10.1007/s00484-018-1529-z. Epub 2018 Mar 30.
- Chiu CH, Vagi SJ, Wolkin AF, Martin JP, Noe RS. Evaluation of the National Weather Service Extreme Cold Warning Experiment in North Dakota. Weather, Climate, and Society (Print), 07 Jan 2014, 6: 22–31. DOI: 10.1175/wcas-d-13-00023.1.

7. Ellwanger JH, Chies JAB. Wind: a neglected factor in the spread of infectious diseases. *The Lancet. Planetary Health*. 2018; 2 (11): e475. Available from: [https://doi.org/10.1016/S2542-5196\(18\)30238-9](https://doi.org/10.1016/S2542-5196(18)30238-9).
8. Григорьева Е. А. Климатические условия Дальнего Востока как фактор развития болезней органов дыхания. Региональные проблемы. 2017; 20 (4): 79–85.
9. Григорьева Е. А. Климатическая дискомфортность Дальнего Востока России и заболеваемость населения. Региональные проблемы. 2018; 21 (2): 105–12. DOI: 10.31433/1605-220X-2018-21-2-105-112.
10. Григорьева Е. А., Христофорова Н. К. Биоклимат Дальнего Востока России и здоровье населения. *Экология человека*. 2019; 5: 4–10. DOI: 10.33396 / 1728-0869-2019-5-4-10.
11. Переведенцев Ю. П., Шанталинский К. М. Мониторинг изменений температуры воздуха и скорости ветра в атмосфере Северного полушария за последние десятилетия. Глобальные и региональные изменения климата. *Российский журнал прикладной экологии*. 2015; 2: 3–8.
12. Шипко Ю. В. Специализированный климатический показатель оценки безопасности работ на открытом воздухе в жестких холодных условиях. *Гелиогеофизические исследования*. 2014; 9: 161–5.
13. Шипко Ю. В., Шувакин Е. В., Иванов А. В. Обобщенный биоклиматический показатель безопасности работ на открытом воздухе в суровых погодных условиях. *Вестник КВГУ. Серия: география. Геоэкология*. 2015; 3: 33–39.
14. Ревич Б. А., Шапошников Д. А. Особенности воздействия волн холода и жары на смертность в городах с резко-континентальным климатом. *Сибирское медицинское обозрение*. 2017; 2: 84–90. DOI: 10.20333/2500136-2017-2-84-90.
15. Ревич Б. А., Шапошников Д. А., Анисимов О. А., Белолуцкая М. А. Влияние температурных волн на здоровье населения в городах Северо-Западного региона России. *Проблемы прогнозирования*. 2019; 3: 127–34.
16. Wenz J. What is wind chill, and how does it affect the human body? *Smithsonian Magazine*. January 30, 2019. Available from: <https://www.smithsonianmag.com/science-nature/what-wind-chill-and-how-does-it-affect-human-body-180971376>.
17. Ivankov A. Explainer: what is wind chill? What are its effects? Posted on January 31, 2019. Available from: <https://www.profolus.com/topics/explainer-what-is-wind-chill-what-are-its-effects>.
18. Holmér I. Evaluation of cold workplaces: an overview of standards for assessment of cold stress. *Ind Health*. 2009; 47 (3): 228–34. DOI: 10.2486/indhealth.47.228.
19. Шипко Ю. В., Шувакин Е. В., Шуваев М. А. Регрессионные модели оценки безопасности работ персонала на открытой территории в жестких погодных условиях. *Воздушно-космические силы. Теория и практика*. 2017; 1: 131–40.
20. Siple PA, Passel CF. Measurements of dry atmospheric cooling in sub-freezing temperatures. *Proceedings of the American Philosophical Society*. 1945; 89: 177–19.
21. ГОСТ Р ИСО 15743-2012. Практические аспекты менеджмента риска. Менеджмент и оценка риска для холодных сред. Доступно по ссылке: <http://docs.cntd.ru/document/1200096448>.
22. Груза Г. В., Ранькова Э. Я. Динамические климатические нормы температуры воздуха. *Метеорология и гидрология*. 2012; 12: 5–18.
23. Груза Г. В. Наблюдаемые и ожидаемые изменения климата России: температура воздуха. М.: ИГКЭ Росгидромета и РАН, 2012; 193 с.
24. Monmonier M. Defining the Wind: The beaufort scale, and how a 19th century admiral turned science into poetry. Published online: 29 Feb 2008. Pages 474–475. Available from: https://doi.org/10.1111/j.0033-0124.2005.493_1.x.
25. Режимы труда и отдыха работающих в холодное время на открытой территории или в неотапливаемых помещениях. МР 2.2.7.2129-06.
26. Мострюков С. И., Червякова И. В. Обзор современных отечественных и зарубежных методов оценки ветрового охлаждения человека. *Навигация и гидрография*. 2014; 38: 83–90.
27. Roshan G, Mirkatouli G, Shakoob A, Mohammad-Nejad V. Studying Wind Chill Index as a Climatic Index Effective on the Health of Athletes and Tourists Interested in Winter Sports. *Asian J Sports Med*. 2010; 1 (2): 108–16. DOI: 10.5812/asjms.34861.
28. Morris DM, Pilcher JJ, Powell RB. Task-dependent cold stress during expeditions in Antarctic environments. *Int J Circumpolar Health*. 2017; 76 (1): 1379306. Available from: <http://dx.doi.org/10.1080/22423982.2017.1379306>.
29. Аминёва А. А., Ильбулова Г. Р., Ягафарова Г. А., Кукина Г. Ш. Оценка комфортности погодных-климатических условий Республики Башкортостан по ветро-холодовому индексу. *Доклады Башкирского университета*. 2017; 2 (3): 391–6.
30. Синицын И. С., Георгица И. М., Иванова Т. Г. Биоклиматическая характеристика территории в медико-географических целях. *Ярославский педагогический вестник*. 2013; 3 (4): 279–283.
31. Кузякина М. В., Гуря Д. А. Оценка комфортности биоклиматических условий Краснодарского края с применением ГИС-технологий. *Юг России: экология, развитие*. 2020; 15 (3): 66–76. Available from: <https://doi.org/10.18470/1992-1098-2020-3-66-76>.
32. Report on Wind Chill Temperature and extreme heat indices: Evaluation and improvement projects. U.S. Department of Commerce. National Oceanic and Atmospheric Administration, Office of the Federal Coordinator for Meteorological Services and Supporting Research, FCM-R19-2003. Washington D.C; 2003. 75 p.
33. Чернова Е. В. Анализ биоклиматических условий города Ишима по ветро-холодовому индексу Сайпла-Пассела. *Материалы международной научно-практической конференции «Козыбаевские чтения — 2015: Перспективы развития науки и образования»*. 2016: 218–221. Доступно по ссылке: <http://repository.nkzu.kz/id/eprint/6391>.

References

1. de Freitas CR, Grigorieva EA. A comprehensive catalogue and classification of human thermal climate indice. *Int J Biometeorol*. 2015; 59: 109–20. DOI: 10.1007/s00484-014-0819-3.
2. de Freitas CR, Grigorieva EA. A comparison and appraisal of a comprehensive range of human thermal climate indices. *Int J Biometeorol*. 2017; 61: 487–512. DOI 10.1007/s00484-016-1228-6.
3. Govorushko SM. Vlijanie pogodno-klimaticheskikh uslovij na biosfernyj process. *Geofizicheskie processy i biosfera*. 2012; 11 (11): 5–24. Russian.
4. Dubrovskaya SV. Meteochuvstvitel'nost' i zdorov'e. M.: RIPOK Klassik, 2011; 180 s. Russian.
5. Ohashi Y, Katsuta T, Tani H, Miyashita R. Human cold stress of strong local-wind "Hijikawa-arashi" in Japan, based on the UTCI index and thermo-physiological responses. *J Biometeorol*. 2018; 62 (7): 1241–50. DOI: 10.1007/s00484-018-1529-z. Epub 2018 Mar 30.
6. Chiu CH, Vagi SJ, Wolkin AF, Martin JP, Noe RS. Evaluation of the National Weather Service Extreme Cold Warning Experiment in North Dakota. *Weather, Climate, and Society* (Print), 07 Jan 2014, 6: 22–31. DOI: 10.1175/wcas-d-13-00023.1.
7. Ellwanger JH, Chies JAB. Wind: a neglected factor in the spread of infectious diseases. *The Lancet. Planetary Health*. 2018; 2 (11): e475. Available from: [https://doi.org/10.1016/S2542-5196\(18\)30238-9](https://doi.org/10.1016/S2542-5196(18)30238-9).
8. Grigoreva EA. Klimaticheskie usloviya Dal'nego Vostoka kak faktor razvitiya boleznej organov dyhanija. *Regional'nye problemy*. 2017; 20 (4): 79–85. Russian.
9. Grigoreva EA. Klimaticheskaja diskomfortnost' Dal'nego Vostoka Rossii i zabolevaemost' naselenija. *Regional'nye problemy*. 2018; 21 (2): 105–12. DOI: 10.31433/1605-220H-2018-21-2-105-112. Russian.

10. Grigoreva EA, Khristoforova NK. Bioclimate of the Russian Far East and public health. *Ekologiya cheloveka. Jekologija cheloveka*. 2019; 5: 4–10. DOI: 10.33396 / 1728-0869-2019-5-4-10. Russian.
11. Perevedentsev YuP, Shantalinskiy KM. Monitoring of changes in air temperature and wind speed in the atmosphere of the northern hemisphere over the past decades. *Global and regional climate changes. Rossijskij zhurnal prikladnoj jekologii*. 2015; 2: 3–8. Russian.
12. Shipko YuV. Specializirovannyj klimaticheskij pokazatel' ocenki bezopasnosti rabot na otkrytom vozduhe v zhestkih holodnyh uslovijah. *Geliogeofizicheskie issledovaniya*. 2014; 9: 161–5. Russian.
13. Shipko YuV, Shuvakin EV, Ivanov AV. Obobshhennyj bioklimaticheskij pokazatel' bezopasnosti rabot na otkrytom vozduhe v surovyyh pogodnyh uslovijah. *Vestnik KVGU. Seriya: geografija. Geojekologija*. 2015; 3: 33–39. Russian.
14. Revich BA, Shaposhnikov DA. Osobennosti vozdejstviya voln holoda i zhary na smertnost' v gorodah s rezko-kontinental'nym klimatom. *Sibirskoe medicinskoe obozrenie*. 2017; 2: 84–90. DOI: 10.20333/2500136-2017-2-84-90. Russian.
15. Revich BA, Shaposhnikov DA, Anisimov OA, Beloluckaya MA. Vlijanie temperaturnyh voln na zdorov'e naseleniya v gorodah Severo-Zapadnogo regiona Rossii. *Problemy prognozirovaniya*. 2019; 3: 127–34. Russian.
16. Wenz J. What is wind chill, and how does it affect the human body? *Smithsonian Magazine*. January 30, 2019. Available from: <https://www.smithsonianmag.com/science-nature/what-wind-chill-and-how-does-it-affect-human-body-180971376>.
17. Ivankov A. Explainer: what is wind chill? What are its effects? Posted on January 31, 2019. Available from: <https://www.profolus.com/topics/explainer-what-is-wind-chill-what-are-its-effects>.
18. Holmér I. Evaluation of cold workplaces: an overview of standards for assessment of cold stress. *Ind Health*. 2009; 47 (3): 228–34. DOI: 10.2486/indhealth.47.228.
19. Shipko YuV, Shuvakin EV, Shuvaev MA. Regressionnye modeli ocenkebezopasnosti rabot personala na otkrytoj territorii v zhestkih pogodnyh uslovijah. *Vozdushno-kosmicheskie sily. Teorija i praktika*. 2017; 1: 131–40. Russian.
20. Siple PA, Passel CF. Measurements of dry atmospheric cooling in sub-freezing temperatures. *Proceedings of the American Philosophical Society*. 1945; 89: 177–19.
21. GOST R ISO 15743-2012. Prakticheskie aspekty menedzhmenta riska. *Menedzhment i ocenka riska dlja holodnyh sred*. Dostupno po ssylke: <http://docs.cntd.ru/document/1200096448>. Russian.
22. Gruza GV, Rankova YeYa. Dinamicheskie klimaticheskie normy temperatury vozduha. *Meteorologija i gidrologija*. 2012; 12: 5–18. Russian.
23. Gruza GV. Nabljudayemye i ozhidaemye izmeneniya klimata Rossii: temperatura vozduha. M.: IKGJe Rosgidrometa i RAN, 2012; 193 s. Russian.
24. Monmonier M. Defining the Wind: The beaufort scale, and how a 19th century admiral turned science into poetry. Published online: 29 Feb 2008. Pages 474–475. Available from: https://doi.org/10.1111/j.0033-0124.2005.493_1.x.
25. Rezhimy truda i otdyha rabotajushhih v holodnoe vremja na otkrytoj territorii ili v neotaplivaemyh pomeshhenijah. MR 2.2.7.2129-06. Russian.
26. Mastryukov SI, Chervyakova IV. Obzor sovremennyh otechestvennyh i zarubezhnyh metodov ocenki vetrovogo ohlazhdeniya cheloveka. *Navigacija i gidrografija*. 2014; 38: 83–90. Russian.
27. Roshan G, Mirkatouli G, Shakoar A, Mohammad-Nejad V. Studying Wind Chill Index as a Climatic Index Effective on the Health of Athletes and Tourists Interested in Winter Sports. *Asian J Sports Med*. 2010; 1 (2): 108–16. DOI: 10.5812/asjsm.34861.
28. Morris DM, Pilcher JJ, Powell RB. Task-dependent cold stress during expeditions in Antarctic environments. *Int J Circumpolar Health*. 2017; 76 (1): 1379306. Available from: <http://dx.doi.org/10.1080/22423982.2017.1379306>.
29. Amineva AA, Ilbulova GR, Yagafarova GA, Kuzhina GSh. Ocenka komfortnosti pogodno-klimaticheskikh uslovij Respubliki Bashkortostan po vetro-holodovomu indeksu. *Doklady Bashkirskogo universiteta*. 2017; 2 (3): 391–6. Russian.
30. Sinicyn IS, Georgica IM, Ivanova TG. Bioklimaticheskaja harakteristika territorii v mediko-geograficheskikh celjah. *Jaroslavskij pedagogicheskij vestnik*. 2013; 3 (4): 279–283. Russian.
31. Kuzyakina MV, Gura DA. Ocenka komfortnosti bioklimaticheskikh uslovij Krasnodarskogo kraja s primeneniem GIS-tehnologij. *Jug Rossii: jekologija, razvitie*. 2020; 15 (3): 66–76. Available from: <https://doi.org/10.18470/1992-1098-2020-3-66-76>. Russian.
32. Report on Wind Chill Temperature and extreme heat indices: Evaluation and improvement projects. U.S. Department of Commerce. National Oceanic and Atmospheric Administration, Office of the Federal Coordinator for Meteorological Services and Supporting Research, FCM-R19-2003. Washington D.C; 2003. 75 p.
33. Chernova EV. Analiz bioklimaticheskikh uslovij goroda Ishima po vetro-holodovomu indeksu Sajpla-Passela. *Materialy mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii «Kozybaevskie chteniya — 2015: Perspektivy razvitiya nauki i obrazovaniya»*. 2016: 218–221. Available from: <http://repository.nkzu.kz/id/eprint/6391>. Russian.