

МИНОБРНАУКИ РОССИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«САРАТОВСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ Н.Г. ЧЕРНЫШЕВСКОГО»

Кафедра метеорологии и климатологии

**ОЦЕНКА СТЕПЕНИ БИОКЛИМАТИЧЕСКОЙ КОМФОРТНОСТИ И
ДИСКОМФОРТНОСТИ ТЕРРИТОРИИ САРАТОВСКОЙ ОБЛАСТИ**

АВТОРЕФЕРАТ БАКАЛАВРСКОЙ РАБОТЫ

студентки 4 курса 411 группы

направления (специальности) 05.03.05 Прикладная гидрометеорология

код и наименование направления (специальности)

географического факультета

наименование факультета, института, колледжа

Козловой Алисы Васильевны

фамилия, имя, отчество

Научный руководитель

доцент, к.г.н.

должность, уч. степень, уч. звание

подпись, дата

Н.В. Семенова

инициалы, фамилия

Зав. кафедрой

к.г.н., доцент

должность, уч. степень, уч. звание

подпись, дата

М.Ю. Червяков

инициалы, фамилия

Саратов 2025

Введение. Погодные условия оказывают непосредственное воздействие на физическое и психологическое состояние человека. В зависимости от сочетания различных метеорологических факторов окружающая среда может создавать как комфортные, так и дискомфортные условия для жизнедеятельности. Характер влияния погоды определяется комплексным взаимодействием температуры, влажности, скорости ветра, атмосферного давления и других параметров. При определенных сочетаниях этих элементов организм функционирует в оптимальном режиме, не испытывая дополнительной нагрузки. В других случаях погодные условия могут вызывать стрессовые реакции, требующие от человека адаптационных усилий.

Биоклиматическая привлекательность территории также определяет ее рекреационный потенциал. Биоклиматическими показателями территории являются средние многолетние величины температуры воздуха, суммы положительных температур, даты перехода средних суточных температур воздуха через определенные пределы, осадки, направление и скорость ветра и т.д.

В качестве рассматриваемой территории города Саратовской области. В качестве данных, были использованы метеорологические величины за период с 2011 по 2024 года по 13 метеорологическим станциям Саратовской области: Саратов, Балашов, Балаково, Маркс, Красный Кут, Новоузенск, Ртищево, Пугачёв, Калининск, Аткарск, Хвалынский, Ершов, Петровск. Метеорологические данные были заимствованы с сайтов «Погода и климат» и «ВНИИГМИ МЦД».

Целью данной работы является биоклиматическая оценка комфортности и дискомфорта территории Саратовской области.

Задачи исследования:

1. Выявление климатических особенностей Саратовской области;
2. Анализ характера погодно-климатических условий области, определяющих значения биоклиматических показателей;

3. Расчет биоклиматических индексов и определение зон комфорта и дискомфорта;

Основное содержание работы. Под эколого-географической комфортностью климата территории понимают интегральную характеристику степени благоприятности ее климатических и биоклиматических условий, состоящую из ряда наиболее информативных биоклиматических показателей. Комфортностью климатических условий считают оптимальное психофизиологическое состояние человека, которое обеспечивает его нормальную жизнедеятельность в местах постоянного или краткосрочного проживания. Понятие субкомфортности климатических условий соответствует слабораздражающим условиям природной среды, в которых механизмы адаптации человеческого организма обеспечивают близкое к оптимальному психофизиологическому состоянию человека, создавая ему условия для нормальной жизнедеятельности.

Дискомфортность климатических условий наблюдается при сильно раздражающих условиях окружающей природной среды, когда физиологические механизмы адаптации человеческого организма не обеспечивают его оптимального психофизиологического состояния и требуются дополнительные меры защиты, обеспечивающие нормальную жизнедеятельность.

Одним из индексов комфортности погодных условий, который объединяет в себе совокупное влияние температуры и влажности воздуха, является эффективная температура (ЭТ).

$$ЭТ = t - 0,4(t - 10)(1 - \frac{f}{100}), \quad (1),$$

где t – температура воздуха ($^{\circ}\text{C}$), f -относительная влажность (%).

Наиболее комплексными показателями теплоощущения человека является эквивалентно-эффективная температура (ЭЭТ) Эквивалентно-эффективная температура (ЭЭТ), являясь комплексным показателем тепловой чувствительности человека (раздетого до пояса), складывается под влиянием

трех метеорологических факторов: температуры воздуха, влажности воздуха и скорости ветра, рассчитывалась по формуле А. Миссенарда:

$$\text{ЭЭТ} = 37 - \frac{37-t}{0,68-0,0014f+\frac{1}{1,76+1,4v^{0,75}}} - 0,29t \left(1 - \frac{f}{100}\right), \quad (2),$$

где: t - температура воздуха, °C, v - скорость ветра, м/с, f - относительная влажность %.

Величина ЭТ аналогична введённому на территории СНГ значению эквивалентно-эффективной температуры (ЭЭТ). Так же в формуле использовалась скорость ветра, приведённая к 2 метрам по формуле (3).

$$V_2 = \frac{V_{\text{ср}}}{1,3}, \quad (3)$$

где V_2 - скорость ветра на высоте 2 метра, м/с, $V_{\text{ср}}$ - скорость ветра на высоте 10 метров, м/с.

Нормальная эквивалентно-эффективная температура (НЭЭТ) рассчитывается для человека одетого в стандартную одежду одного типа. То есть в данной формуле учитывается влияние теплозащитных свойств одежды. В 1980 году И.В. Бутевой [9] была предложена формула нормальной эквивалентно-эффективной температуры (НЭЭТ) (4).

$$\text{НЭЭТ} = 0,8\text{ЭЭТ} + 7^\circ\text{C} \quad (4)$$

Биологически активная температура (БАТ) внешней среды определяет воздействие на организм человека температуры воздуха, влажности воздуха, скорости ветра, суммарной радиации и длинноволновой радиации подстилающей поверхности. Формулу (5) для расчёта БАТ в 1981 году предложила Г.В. Циценко.

$$\text{БАТ} = 0,8\text{НЭЭТ} + 9^\circ\text{C} \quad (5)$$

Суровость погоды рассматривают с точки зрения её влияния на охлаждение человека, ограничивающее его пребывание и на открытом воздухе и определяющее потребность в одежде.

Из наиболее известных критериев суровости зимних условий было предложено Бодманом. Он предложил метод расчёта баллов «жёсткости погоды». Расчёты производились при помощи формулы (6)

$$S=(1-0,04t)(1+0,272V) \quad (6)$$

где S-суровость зимней погоды, баллы, t - температура воздуха, °C, V- скорость ветра, м/с.

Данная формула использовалась при расчётах «жёсткости» или «суровости» и многими учёными было отмечено, что данный индекс не обоснован в физиологическом отношении.

Для того чтобы подчеркнуть важную роль ветра при отрицательных температурах воздуха и оценить их влияние на состояние человека канадский учёный Сайпл предложил «ветро-холодовый» индекс, который рассчитывается по формуле (7).

$$K=(\sqrt{100V} + 10,45V)(33 - t_{\text{в}}) \quad (7)$$

где v-скорость ветра, м/с, $t_{\text{в}}$ -температура воздуха, °C.

Эффект ветрового охлаждения зависит от количества одежды и других защитных приспособлений, равно как и от возраста, здоровья и физиологических индивидуальных параметров.

и комплекции, находящихся в состоянии относительного покоя.

Таким образом используя рассчитанные средние значения необходимых метеорологических величин и указанные формулы, в этой работе были рассчитаны индексы.



Рисунок 1 – Карта пунктов исследования биоклиматических индексов со среднемноголетними значениями температуры, давления, скорости ветра и влажности за 2011-2024 гг. (составлено автором)

Среди представленных данных можно выделить следующие экстремальные значения метеорологических показателей. Температурный максимум приходится на город Новоузенск – 7,5°С, минимум – город Ртищево 6,1°С. Наибольшая влажность воздуха зафиксирована в Аткарске и составляет 74%, тогда как самый сухой воздух наблюдается в Саратове — 67%. По скорости ветра лидирует также Аткарск с показателем 3,5 м/с. Наименьшая скорость ветра зарегистрирована в Саратове — всего 2,5 м/с. Что касается атмосферного давления, максимальные значения 1017,6 гПа отмечены одновременно в Саратове и Пугачёве. Самый низкий показатель давления наблюдается в Хвалынске — 1015,9 гПа. Температурный максимум приходится на город Новоузенск – 7,5°С, минимум – город Ртищево 6,1°С.

Таблица 1 - Классификация ЭТ и ЭЭТ для оценки тепловой чувствительности []

ЭТ (°С)	Уровень комфорта
Выше 30	Тепловая нагрузка сильная

30-24	Тепловая нагрузка умеренная
18-24	Комфортно-тепло
12-18	Комфорт (умеренно тепло)
6-12	Прохладно
0-6	Умеренно прохладно
0 – -12	Холодно
-12 – -24	Очень холодно
-24 – -30	Крайне холодно
Ниже -30	Чрезвычайно высокая вероятность замерзания

Таблица 2 - Среднегодовое значения индекса эффективных температур по городам Саратовской области осредненные за 2011-2024 гг. (составлено автором)

Город	Эффективная температура (ЭТ)											
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Аткарск	-8.1	-7.1	-1.7	8.7	14.6	18.0	19.7	19.0	13.1	6.8	-0.2	-5.1
Балаково	-8.4	-7.9	-1.8	9.1	15.4	18.9	20.7	19.7	13.8	7.5	0.5	-5.4
Балашов	-6.8	-5.8	-0.5	9.2	15.0	18.5	20.1	19.4	13.7	7.4	0.7	-3.8
Ершов	-8.6	-8.1	-2.0	9.1	15.3	19.0	20.8	19.9	14.0	7.4	-0.1	-5.9
Калининск	-7.5	-6.7	-0.1	8.9	14.7	18.4	20.1	19.2	13.3	7.1	0.4	-4.4
Красный Кут	-7.8	-7.4	-1.2	9.5	15.6	19.2	21.0	20.1	14.0	7.7	0.5	-5.0
Маркс	-7.3	-6.5	-0.5	9.7	15.8	19.4	21.3	20.3	14.4	8.0	1.1	-4.4
Новоузенск	-8.1	-7.7	-1.1	9.9	16.0	19.9	21.6	20.7	14.6	8.0	0.6	-5.2
Петровск	-8.6	-7.7	-2.3	7.9	14.1	17.4	19.1	18.2	12.4	6.3	-0.5	-5.4
Пугачёв	-8.8	-8.2	-2.0	9.0	15.2	18.8	20.6	19.5	13.6	7.3	0.1	-5.9
Ртищево	-7.9	-6.7	-1.4	8.5	14.4	17.7	19.4	18.6	12.7	6.6	-0.2	-4.8
Саратов	-6.8	-5.5	0.1	9.9	15.4	19.0	20.5	19.8	14.1	8.0	1.3	-4.2
Хвалынский	-8.0	-7.2	0.1	8.8	15.1	18.8	20.9	19.9	14.4	8.0	0.9	-5.0

Согласно таблице 2, наиболее высокая эффективная температура зафиксирована в Новоузенске в июле 21°C и июне 19°C, а также в Марксе в июле 21.3°C, все эти значения соответствует критерию «комфортно-тепло». В весенние месяцы лидирует Саратов с показателями 9.9°C (критерий «прохладно») в апреле и 15.8°C (соответствуют критерию «комфортно») в мае в городе Маркс. Осенние месяцы демонстрируют самые высокие значения в Хвалынске и Саратове до 14.4°C (критерий «комфорт») и 8.0°C (критерий «прохладно»). Самые низкие значения на зимний период и на месяц март, минимум - в Пугачёве январь -8.8°C, соответствуют критерию «холодно».

Таблица 3 - Среднемноголетние значения индекса эквивалентно-эффективных температур по городам Саратовской области осредненные за 2011-2024 гг.

Город	Эффективная температура (ЭТ)											
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Аткарск	-23.6	-22.7	-15.0	-0.4	8.3	13.0	15.5	14.5	6.6	-2.6	-12.7	-19.8
Балаково	-22,8	-22,4	-14,7	0,5	9,5	14,3	17,1	15,6	8,0	-1,1	-10,9	-18,6
Балашов	-20,0	-18,8	-11,8	1,6	9,9	14,6	16,7	16,0	8,5	-0,4	-10,0	-16,3
Ершов	-25,3	-24,4	-15,9	0,0	9,2	14,6	17,2	15,9	7,8	-1,9	-12,6	-21,0
Калининск	-21,3	-20,0	-12,7	0,8	9,2	13,8	16,0	15,0	7,6	-1,1	-10,7	-17,5
Красный Кут	-21.8	-21.3	-13.5	1.5	10.2	15.2	17.8	16.5	8.6	-0.4	-10.5	-18.0
Маркс	-19.2	-18.5	-10.7	2.9	11.3	16.0	18.5	17.4	9.9	1.4	-8.2	-15.4
Новоузенск	-22,5	-22,2	-13,3	2,0	10,8	16,5	18,9	17,6	9,5	0,1	-10,2	-18,7
Петровск	-22,6	-22,0	-13,8	0,9	9,7	14,6	17,1	15,7	8,0	-0,9	-10,8	-18,6
Пугачёв	-23.9	-23.0	-15.2	-1.0	8.1	12.8	15.1	14.1	6.1	-3.0	-12.6	-19.6
Ртищево	-21,1	-20,2	-11,3	1,0	9,4	14,4	16,6	15,7	8,0	-0,9	-10,4	-17,3
Саратов	-18,4	-16,9	-10,1	3,0	10,7	15,3	17,2	16,4	9,1	0,6	-8,3	-15,5
Хвалынск	-20.4	-19.4	-10.5	1.2	9.8	14.6	17.5	16.2	8.9	0.0	-9.7	-17.2

Согласно таблицы 3 зимние месяцы характеризуются наиболее низкими температурами, достигая экстремальных значений до -25.3°C в Ершове (январь), соответствуют критерию «очень холодно». Летний период демонстрирует комфортные и теплые условия с максимумами до 18.9 в Новоузенске (июль) соответствуют критерию «комфортно-тепло». Весна и осень показывают значительные колебания: от -1.0°C (критерий «очень прохладно») в Петровске в апреле до 3.0°C в Саратове в апреле, совпадает с критерием «прохладно».

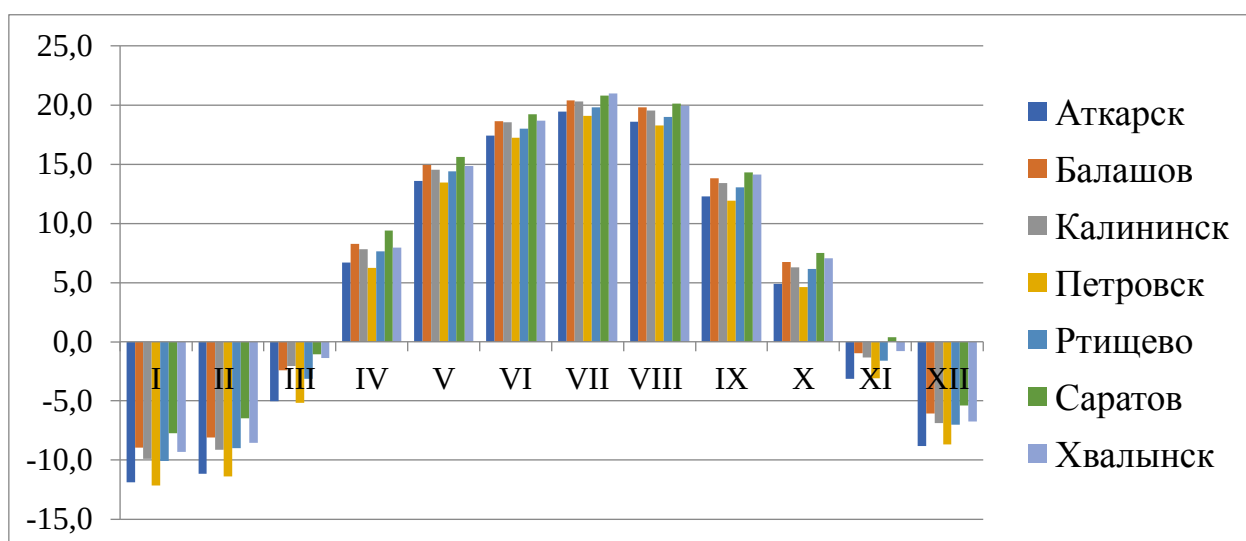


Рисунок 2 - Гистограмма средних многолетних значений нормальной эквивалентно-эффективной температуры за период 2011-2024 гг. по правобережью городам Саратовской области.

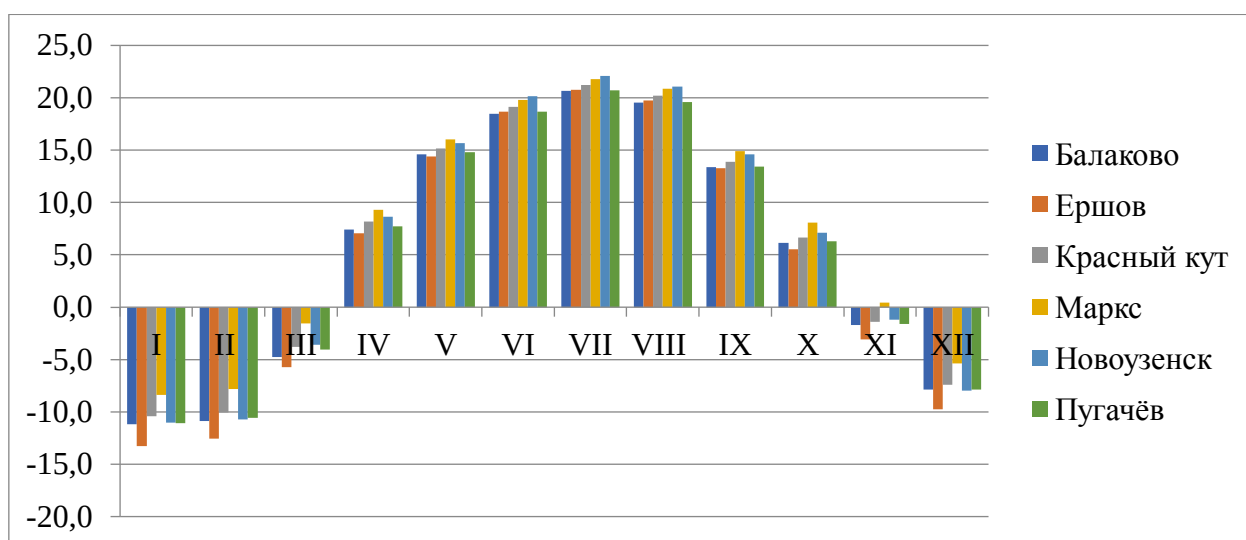


Рисунок 3 - Гистограмма средних многолетних значений нормальной эквивалентно-эффективной температуры за период 2011-2024 гг. по левобережью городам Саратовской области.

На рисунке 2 зимние минимумы менее экстремальны до $-12,1^{\circ}\text{C}$ в январе в городе Петровск. Летние максимумы достигают 21°C в июле в Хвалынске. Также на гистограмме видны более плавные переходы между сезонами. Рисунок 3 показывает, что на левобережье фиксируются более низкие зимние температуры до $-13,3^{\circ}\text{C}$ в январе в городе Ершов, летние показатели выше до $22,1^{\circ}\text{C}$ в июле и августе в городе Новоузенске. В отличии от городов правобережья заметны резкие сезонные перепады.

Таблица 4 - Шкала Бодмана для характеристики зимнего периода []

Балл «суровости»	Характеристика зимы
Менее 1	Несуровая, мягкая.
1,1 - 2,0	Малосуровая
2,1 - 3,0	Умеренно - суровая
3,1 - 4,0	Суровая
4,1 - 5	Очень суровая
5,1 - 6	Жестко - суровая
Более 6,1	Крайне - суровая

Таблица 5 - Шкала ветро-холодового индекса Сайпла для характеристики зимнего периода []

К	Оценка теплоощущения
$K > 600$	Прохладно
$K > 800$	Холодно
$K > 1000$	Очень холодно
$K > 1200$	Жестко холодно
$K > 2500$	Невыносимо холодно

На данной таблице 6 видно, что минимальные значения индекса приходятся на такие месяцы как октябрь, 1,2 в городах Балашов, Ртищево, Хвалынский и апрель, 1,1 приходится на город Саратов, характеризуется как «мало суровая». Максимум приходится на январь и февраль, Максимальные значения индекса Бодмана фиксируются в Ершове 3,1-3,0 в январе и феврале, характеризуется как «суровая».

Таблица 6 - Средние многолетние значений индекса Бодмана по городам Саратовской области. Период осреднения 2011-2024 гг. (составлено автором)

Город	Индекс Бодмана							
	X	XI	XII	I	II	III	IV	Зима
Аткарск	1,5	2,1	2,6	2,8	2,8	2,3	1,4	2,7
Балаково	1,3	1,9	2,4	2,6	2,7	2,3	1,3	2,6
Балашов	1,2	1,8	2,2	2,4	2,4	2,0	1,2	2,3
Ершов	1,4	2,1	2,7	3,1	3,0	2,4	1,4	2,9
Калининск	1,3	1,8	2,3	2,5	2,4	2,0	1,2	2,4
Красный Кут	1,3	1,9	2,3	2,5	2,5	2,1	1,2	2,5
Маркс	1,1	1,6	2,0	2,3	2,3	1,8	1,1	2,2
Новоузенск	1,8	2,4	1,3	2,6	2,6	2,1	1,2	2,6
Петровск	1,5	2,1	2,5	2,8	2,8	2,3	1,4	2,7
Пугачёв	1,3	1,9	2,3	2,6	2,6	2,1	1,3	2,5
Ртищево	1,2	1,8	2,2	2,4	2,4	2,0	1,2	2,4
Саратов	1,2	1,7	2,2	2,3	2,2	1,9	1,1	2,2
Хвалынский	1,2	1,8	2,2	2,3	2,3	1,9	1,2	2,3

Таблица 7 - Средние многолетние значений индекса Сайпла по городам Саратовской области. Период осреднения 2011-2024 гг. (составлено автором)

Город	Индекс Сайпла							
	X	XI	XII	I	II	III	IV	Зима
Аткарск	683,2	879,1	1020,5	1098,9	1095,7	946,4	654,9	1078,4
Балаково	650,8	843,5	991,8	1080,5	1081,3	935,3	631,4	1050,4
Балашов	623,2	812,8	936,7	1008,4	997,7	864,2	600,9	987,3
Ершов	674,7	886,5	1057,5	1156,5	1140,9	968,4	648,6	1125,8
Калининск	634,5	819,9	960,9	1035,3	1024,0	855,8	611,1	1008,4
Красный Кут	632,1	828,5	974,6	1051,3	1048,9	900,9	605,7	1040,2
Маркс	583,5	772,2	912,4	991,3	984,9	836,0	566,6	969,8
Новоузенск	621,7	824,6	993,3	1071,7	1070,2	895,7	594,4	1050,7
Петровск	687,5	876,7	1018,1	1110,9	1103,6	945,5	663,0	1076,3
Пугачёв	641,7	835,4	986,6	1073,6	1067,2	907,1	618,7	1073,6
Ртищево	630,4	817,8	953,4	1030,1	1014,3	875,0	613,9	998,8
Саратов	612,2	791,7	935,1	996,7	970,4	844,2	569,5	966,3
Хвалынский	623,6	815,4	953,3	1012,8	1001,8	839,9	610,1	987,2

В таблице 7 показано, что минимальные значения приходятся на октябрь 566,6 и апрель 583,5 в городе Маркс, соответствуют теплоощущению «прохладно», промежуточное положение занимают месяцы ноябрь, март и частично декабрь значения в промежутке от 772 до 946 (соответствуют критериям «прохладно» и «холодно») и максимальные значения приходятся на январь и февраль 1156,5 и 1140 в городе Ершов – «очень холодно». По значениям представленными в таблице самым суровым городом является Ершов, а самым благоприятным – Маркс и Саратов.

Заключение. По проведенным исследованиям эффективной температуры (ЭТ) были выделены случаи дискомфортных и комфортных условий. По значениям эквивалентно-эффективной температуры (ЭЭТ) и

нормальной эквивалентно-эффективной температуры (НЭЭТ) - наибольший дискомфорт наблюдается в Ершове (левобережье) и Аткарске (правобережье), наиболее комфортные условия – Саратов(правобережье). По индексам Сайпла и Бодмана видно что самые дискомфортные значения за зимний период наблюдаются в Ершове, Пугачеве, Новоузенске. А наиболее благоприятные условия наблюдаются в Марксе, Балашове и в Саратове. Индекс патогенности показывает, что наибольший «раздражающий» эффект погоды отмечается в зимние месяцы. Оценка погодных условий как комфортных или дискомфортных зависит от совокупности метеорологических факторов (температуры, влажности, скорости ветра, солнечной радиации) и индивидуального восприятия человека.

Комфортные условия способствуют хорошему самочувствию, высокой работоспособности и активному отдыху. Они обычно соответствуют оптимальным для человека температурно-влажностным режимам и умеренной ветровой нагрузке.

Дискомфортные условия (экстремальная жара, холод, высокая влажность, сильный ветер) оказывают негативное влияние на здоровье, снижают продуктивность и ограничивают деятельность.