

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

Кафедра метеорологии и климатологии

**Расчет биоклиматических индексов по метеорологическим
станциям Европейской России**

АВТОРЕФЕРАТ БАКАЛАВРСКОЙ РАБОТЫ

студентки 4 курса 411 группы

направления 05.03.05 Прикладная гидрометеорология

географического факультета

Хурасевой Анастасии Михайловны

Научный руководитель,

доцент к.г.н

Семенова Н.В

Зав.кафедрой,

к.г.н., доцент

М.Ю.Червяков

Саратов 2021

Введение. Климат является важным составляющим природно-биологической среды.

Изучение влияния метеорологических элементов на состояние человека является важным научным направлением. Имея информацию о продолжительности периодов люди могут проживать на разных территориях с учётом влияния климата. Таким образом, правильно планировать время работы и отпуска, выбирать оптимальные теплозащитные свойства строений и одежды.

Проблемы влияния изменения окружающей среды на здоровье человека рассматривает Всемирная метеорологическая организация, которая разработала Всемирную климатическую программу (ВКП). Также проходит изучение изменения климата в крупных городах и промышленных районах. Это изучение необходимо для понимания как эти изменения могут повлиять на здоровье человека.

В последние годы всё большее количество людей становятся метеочувствительными. К таким последствиям приводят множество разных факторов. Это может быть незакаленность, нетренированность, неправильное питание и режим сна и другие индивидуальные факторы. Но все эти причины носят временный характер.

Для того чтобы корректно оценить влияние климатических факторов были разработаны биоклиматические индексы. Для изучения индексов и их влияния было выбрано 8 городов. Выбор городов был осуществлён с учётом их расположения возле водных объектов, расположение по климатическим районам, как по широте, так и по долготе. Эти города: Безенчук, Казань, Волгоград, Инза, Элиста, Астрахань, Пенза и Саратов.

Цель данной работы:

- Расчет и анализ биоклиматических индексов
- Провести сравнение биоклиматических индексов и сделать вывод, где более комфортный климат для человека.

Основное содержание работы. Рельеф, географическое положение и климатические условия Поволжья. Территория Поволжья разместилась в юго-восточной европейской части Российской Федерации. Экономический район считается одним из крупнейших в стране и занимает площадь больше 500 тысяч километров квадратных. В его состав вошли две республики и шесть областей.

Основная особенность географического положения Поволжья – это размещение района по обоим берегам вдоль устья реки Волга. Поволжский регион хоть и имеет доступ к Каспийскому морю в южной стороне, все равно считается регионом внутриконтинентального географического положения.

Состав Поволжья: Астраханская, Волгоградская, Пензенская, Самарская, Саратовская, Ульяновская области, Республика Татарстан, Республика Кал-мыкия-Хальмг-Тангч.

Поволжский район протянулся почти на 1,5 тыс.км вдоль великой русской реки Волги, от впадения в нее Камы до Каспийского моря. Территория — 536 тыс.км².



Рисунок 1 – Состав Поволжья [3]

Биоклиматические индексы в физическом отношении характеризуют особенности тепловой структуры среды и являются косвенным индикатором состояния теплового поля, окружающего человека.

Одни и те же погодные условия по-разному влияют на людей в зависимости от возраста, пола, состояния здоровья и многих других факторов. Таким образом, для оценки климата необходимо использовать различные комплексные метеорологические показатели (индексы), отражающие теплоощущения человека, определяющие зоны комфорта и дискомфорта. Под зонами комфорта понимают такие пределы метеорологических условий, при которых большинство людей отмечают комфорт теплоощущений, то есть окружающая среда не требует напряжения адаптационных механизмов человека.

Наиболее важными индексами являются комплексные показатели, в которых учитывается влияние двух и более метеорологических элементов. В зависимости от сочетания элементов входящие в биоклиматические индексы, их можно разделить на температурно-влажностные, температурно-ветровые, температурно-влажностно-ветровые и так далее. Данные индексы, которые будут рассматриваться далее, рассчитываются для «среднего» человека, то есть не учитываются индивидуальные теплоощущения людей.

Эквивалентно-эффективная температура. Наиболее комплексными показателями теплоощущения человека является эквивалентно-эффективная температура (ЭЭТ). ЭЭТ–индекс для обнажённого человека. В 1937-1938 годах математические формулы были предложены А.Миссенардом, для расчётов эффективной температуры ЭТ, в которой не учитывалась скорость ветра. Затем в 1938 также Миссенардом была предложена ЕТ, показатель наиболее полно характеризующий теплоощущение человека, в нём учитывается влияние температуры

воздуха, влажности воздуха и скорости ветра. Данный параметр рассчитывается по формуле (1).

$$ET = 37 - \frac{37-t}{0,68-0,0014f+1/(1,76+1,4V^{0,75})} - 0,29t(1 - \frac{f}{100})$$

(1)

где t- температура воздуха, °С;

V - скорость ветра, м/с;

f - относительная влажность, %.

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

$$V_2 = \frac{V_{cp}}{1,3}$$

(2)

где V_2 - скорость ветра на высоте 2 метра, м/с,

V_{cp} - скорость ветра на высоте 10 метров, м/с.

Таблица 1- Классификация ET для оценки тепловой чувствительности

ET (°C)	Уровень комфорта
Выше +30,1	Тепловая нагрузка сильная
24,1...30,0	Тепловая нагрузка умеренная
18,1...24,0	Комфортно-тепло
12,1...18,0	Комфорт (умеренно тепло)
6,1...12,0	Прохладно
0,1...6,0	Умеренно прохладно
0,1...-6	Очень прохладно
-6,1...-12	Умеренно холодно
-12,1...-18,0	Холодно
-18,1...-24,0	Очень холодно

Ниже-24,1	Угроза обморожения
-----------	--------------------

Нормальная эквивалентно-эффективная температура (НЭЭТ).
 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. Бутьевой [6] была предложена формула нормальная эквивалентно-эффективной температуры (НЭЭТ) (3):

$$\text{НЭЭТ} = 0,8\text{ЭЭТ} + 7^\circ\text{C} \quad (3)$$

Но также стоит отметить, что НЭЭТ пригодна для оценки теплоощущений человека, одетого в строго определенную, «стандартную» одежду. По той причине, что при создании шкалы одежда принималась величиной постоянной, а изменялись только метеорологические условия.

Данный индекс оценивается по критериям из Таблицы 1 и Таблицы 2. Это позволяет проанализировать НЭЭТ с нескольких позиций.

Таблица 2-Пределы градусов комфорта по ЭТ, ЭЭТ, РЭЭТ для раздетого и одетого человека

Категория теплоощущения	ЭЭТ для человека	
	раздетого	одетого
Комфортно	17,3-21,7	16,7-20,6
Зона охлаждения	ниже 17,3	ниже 16,7
Зона перегрева	выше 21,7	выше 20,6

Биологически активная температура (БАТ). 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 (4) для расчёта БАТ в 1981 году предложила Г.В.Циценко.

$$\text{БАТ}=0,8\text{НЭЭТ}+9^{\circ}\text{С} \quad (4)$$

Вычисленные значения БАТ оцениваются по критерию: зона комфорта начинается с $+10^{\circ}\text{С}$ до $+20^{\circ}\text{С}$. Все, что выше $+20^{\circ}\text{С}$ зона «теплого дискомфорта», что ниже $+10^{\circ}\text{С}$ зона «холодного дискомфорта».

Сезонные индексы: Бодмана (S) и Сайпла (K). 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 «жесткости погоды». Расчёты производились при помощи формулы (5):

$$S=(1-0,04t)(1+0,272V) \quad (5)$$

где S-суровость зимней погоды, баллы;

t - температура воздуха, $^{\circ}\text{С}$;

V- скорость ветра, м/с.

Данная формула использовалась при расчётах «жесткости» или «суровости» и многими учёными было отмечено, что данный индекс не обоснован в физиологическом отношении. Оценка рассчитанных значений по формуле (5) производится при помощи шкалы представленной в таблице 3.

Таблица 3 - Шкала Бодмана для характеристики зимнего периода [6]

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

Для того чтобы подчеркнуть важную роль ветра при отрицательных температурах воздуха и оценить их влияние на состояние человека канадский учёный Сайпл предложил «ветро-холодовой» индекс, который рассчитывается по формуле (6).

$$K = (\sqrt{100V} + 10,45V)(33 - t_v)$$

(6)

где v -скорость ветра, м/с;

t_v -температура воздуха, °С.

«Ветро-холодовой» индекс более точно отражает «ощущение холода», которое испытывает человек. Для определения степени «ощущения холода» воспользуемся данными: оценка теплоощущения проводится по шкале: $K > 600$ – прохладно, $K > 800$ –холодно, $K > 1000$ –очень холодно, $K > 1200$ –жёстко холодно, $K > 2 500$ –невыносимо холодно. Но данный индекс не имеет серьёзного научного обоснования. Так же он не учитывает теплозащитные свойства одежды и их влияние на теплоотдачу.

Расчет и анализ биоклиматических показателей (индексов). Были рассчитаны основные биоклиматические индексы. Результаты приведены в таблицах.

Таблица 4 – Средние значения ET за 11 лет по городам (составлено автором)

Год/Месяц	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Казань	-15,3	-13,1	-4,9	7,2	20,2	25,0	28,8	26,4	17,5	6,8	-2,2	-9,9
Пенза	-13,9	-11,2	-4,3	9,7	21,5	25,9	29,0	26,9	18,1	8,0	-1,1	-7,2
Инза	-15,1	-12,4	-5,3	6,7	19,5	23,8	26,8	24,7	16,1	7,2	-2,2	-8,5
Безенчук	-14,3	-14,4	-5,4	10,1	22,1	26,8	30,2	27,8	18,9	8,8	0,1	-9,1
Саратов	-9,2	-7,6	-1,4	9,7	20,7	24,9	27,5	25,7	17,7	9,0	-0,4	-6,0
Волгоград	-9,0	-7,3	1,3	13,9	24,7	30,7	33,3	31,9	22,9	11,9	2,3	-3,6
Элиста	-6,0	-4,7	2,8	13,0	24,4	31,0	33,6	32,4	23,8	13,5	3,4	-1,6
Астрахань	-5,5	-4,3	4,2	14,7	26,7	32,9	35,3	33,6	24,9	14,7	4,7	-1,0

На основе данной таблицы была построена диаграмма.

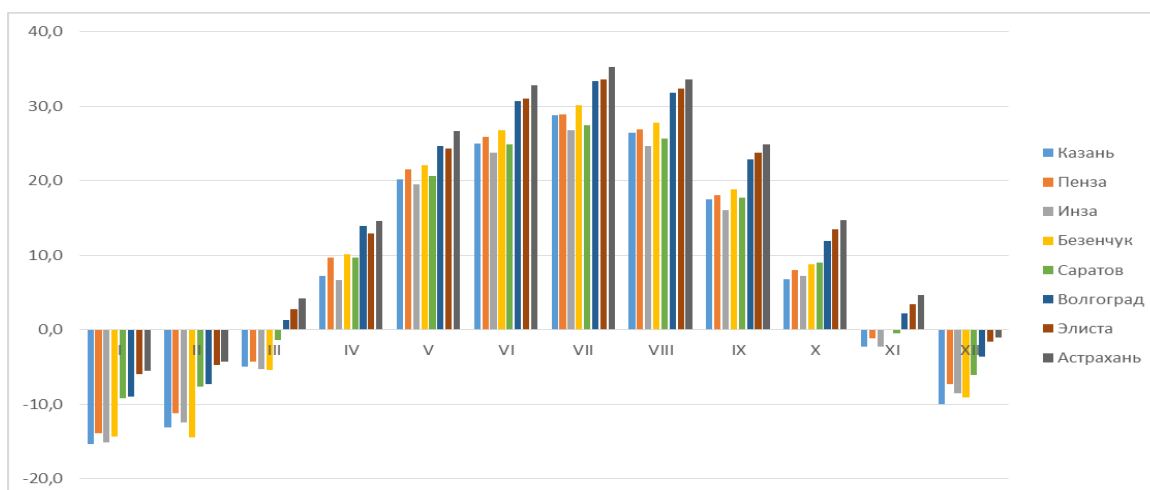


Рисунок 3- Средние значение ET за 11 лет по городам (составлено автором)

Таблица 5-Средние значения НЭЭТ за 11 лет по городам (составлено автором)

Год/Месяц	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Казань	-5,3	-3,5	3,0	12,8	23,2	27,0	30,1	28,2	21,0	12,4	5,2	-0,9
Пенза	-4,1	-2,0	3,6	14,8	24,2	27,7	30,2	28,5	21,5	13,4	6,1	1,2
Инза	-5,1	-2,9	2,8	12,4	22,6	26,0	28,4	26,8	19,9	12,8	5,2	0,2
Безенчук	-4,4	-4,5	2,7	15,1	24,7	28,4	31,1	29,2	22,1	14,1	7,1	-0,2
Саратов	-0,3	0,9	5,9	14,8	23,5	26,9	29,0	27,6	21,2	14,2	6,7	2,2
Волгоград	-0,2	1,2	8,1	18,1	26,7	31,5	33,7	32,5	25,3	16,5	8,8	4,1
Элиста	2,2	3,3	9,2	17,4	26,5	31,8	33,9	32,9	26,0	17,8	9,7	5,8
Астрахань	2,6	3,6	10,4	18,7	28,3	33,3	35,2	33,9	26,9	18,8	10,7	6,2

В общую итоговую таблицу 5 по НЭЭТ были сведены средние значения. По этим данным была построена общая диаграмма.

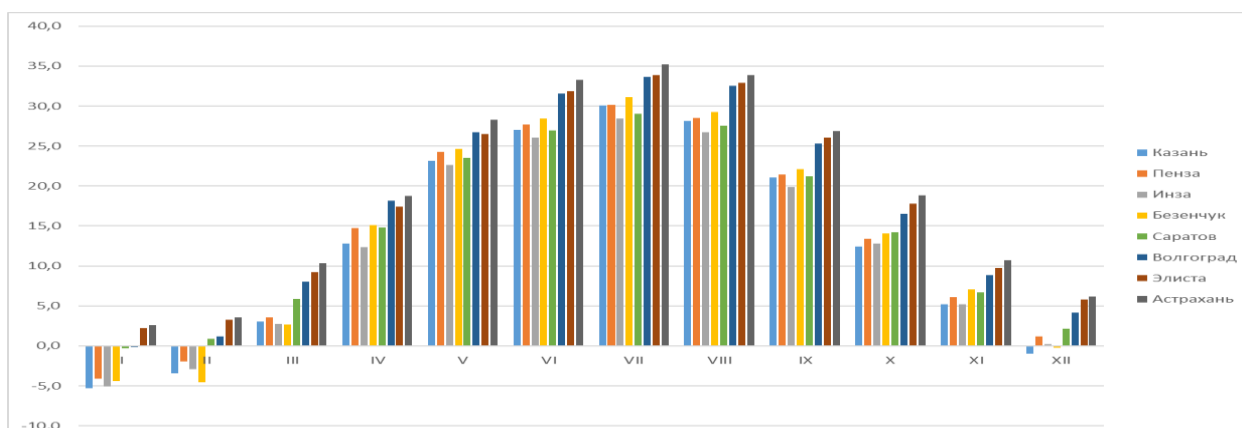


Рисунок 4- Средние значения НЭЭТ за 11 лет по городам (составлено автором)

Таблица 6 - Средние значения БАТ за 11 лет по городам (составлено автором)

Год/Месяц	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Казань	4,8	6,2	11,4	19,2	27,5	30,6	33,1	31,5	25,8	18,9	13,2	8,2
Пенза	5,7	7,4	11,9	20,8	28,4	31,2	33,1	31,8	26,2	19,7	13,9	10,0
Инза	4,9	6,7	11,2	18,9	27,1	29,8	31,7	30,4	24,9	19,2	13,2	9,2
Безенчук	5,4	5,4	11,2	21,1	28,7	31,8	33,9	32,4	26,7	20,2	14,7	8,8
Саратов	8,7	9,7	13,7	20,8	27,8	30,5	32,2	31,1	25,9	20,4	14,3	10,7
Волгоград	8,8	9,9	15,4	23,5	30,4	34,2	35,9	35,0	29,2	22,2	16,1	12,3
Элиста	10,8	11,6	16,4	22,9	30,2	34,5	36,1	35,3	29,8	23,3	16,8	13,6
Астрахань	11,1	11,9	17,3	24,0	31,7	35,6	37,2	36,1	30,5	24,0	17,6	13,9

По этим данным была построена общая диаграмма.

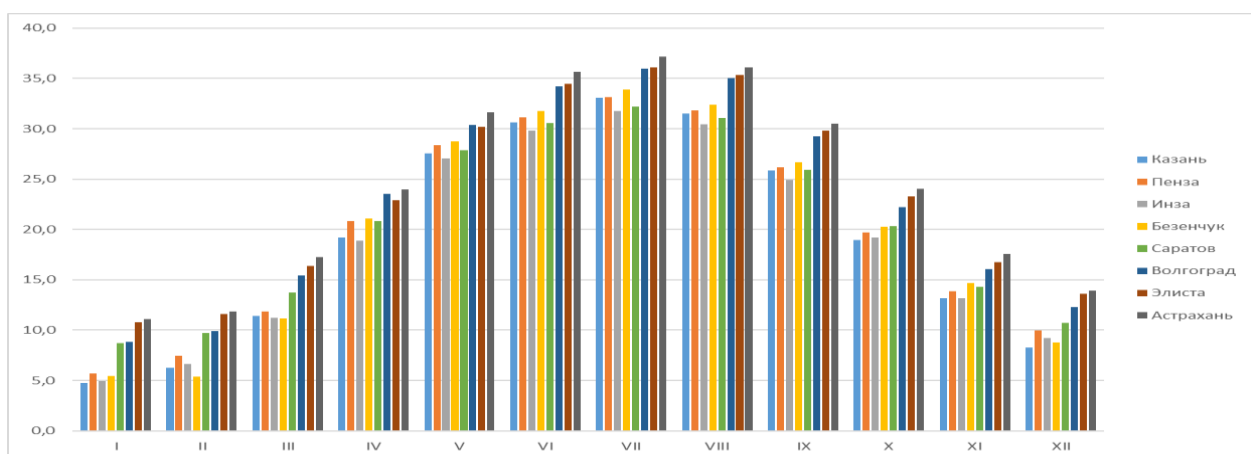


Рисунок 5- Средние значения БАТ за 11 лет по городам (составлено автором)

Таблица 7- Средние значения индекса Бодмана за 101 лет по городам (составлено автором)

Год/Месяц	Декабрь	Январь	Февраль
Казань	1,8	2,0	1,9
Пенза	1,9	2,1	2,1
Инза	1,9	2,1	2,1
Безенчук	1,9	2,1	2,1

Саратов	1,9	1,9	1,8
Волгоград	1,6	1,9	1,8
Элиста	2,1	2,3	2,3
Астрахань	1,6	1,8	1,7

Таблица 8-Средние значения индекса Сайпла за 11 лет по городам
(составлено автором)

Год/М есяц	Дек абрь	Ян варь	Фев раль
Казань	115 8	12 38	118 1
Пенза	142 9	14 31	148 1
Инза	141 3	14 10	146 7
Безенч ук	132 9	13 78	139 5
Сарат ов	141 6	12 50	126 9
Волго град	114 9	12 69	125 6
Элист а	201 3	21 55	215 5
Астра хань	122 2	12 07	142 5

Заключение. Как известно факторы внешней среды имеют отношения к здоровью и жизнедеятельности каждого человека, в том числе и метеорологические факторы. Каждый метеорологический элемент имеет своё биологическое значение и имеет влияние на человека. Реакция организма на раздражающие метеорологические факторы могут вызывать патологические реакции, называемые метеопатическими. Из-за недостаточной работоспособности адаптационного механизма и возникает метеопатическая реакция, то есть результат взаимодействия окружающей среды и организма человека.

Главными целями данной работы было проведение расчётов и анализа рассчитанных данных. А также по проведённому анализу провести

сравнительную характеристику между 8 городами. Таким образом сравнение проводилось по 5 биоклиматическим индексам (эквивалентно-эффективная температура (ЭЭТ), нормальная эквивалентно-эффективная температур (НЭЭТ), биологически активная температура (БАТ) и сезонные индексы: Бодмана (S) и Сайпла (K)).

В ходе проведения анализов по данным индексом 8 городов был установлен тот факт, что каждый город в определенный сезон может быть комфортным для проживания человека. Такое заключение было сделана вследствие проведения общих анализов по каждому указанному индексу. Если рассматривать каждый индекс по годам, сезонам и месяцам, то может быть установлен тот факт, что некоторые города холоднее или теплее в определённый сезон из-за физико-географических особенностей.

Таким образом в данной работе для «среднего» человека невозможно выделить один город, в котором в течение всего года было бы комфортно проживать в «стандартной» одежде. Если оценивать по каждому индексу выбранные города, то можно сделать заключение, что климатические и погодные условия могут практически не отличаться в один сезон, а в другие сезоны иметь существенные отличия.