



## **ГЕОГРАФИЯ БЕЗ ГРАНИЦ** Межрегиональный конкурс сетевых исследовательских работ школьников

### **ОЦЕНКА КЛИМАТИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ ТЕПЛОВОГО РЕЖИМА И УВЛАЖНЕНИЯ ИССЛЕДУЕМОЙ МЕСТНОСТИ**

*Научный протокол (методика) проведения учащимися 8-11 классов  
региональных исследований по гидрометеорологии*

Автор-составитель: А.Л. Ветров, доцент кафедры метеорологии и охраны  
атмосферы географического факультета ПГНИУ, к.г.н.

Пермь, 2023

## *Характеристика исследуемого компонента*

Метеорология – наука о физических и химических процессах и явлениях происходящих в атмосфере Земли в их взаимодействии с подстилающей земной поверхностью и космическим пространством.

Гидрология – это наука, изучающая гидросферу земного шара. Гидросфера включает в себя океаны, моря, реки, озера, болота, ручьи, водохранилища, атмосферные и подземные воды.

Атмосфера – газовая оболочка планеты. Вся жизнедеятельность человека происходит в атмосфере и ее состояние существенным образом влияет на жизнь, здоровье и производительность труда человека.

Погода – физическое состояние атмосферы у земной поверхности в данный момент времени. Погода характеризуется метеорологическими величинами (температура, давление, влажность воздуха, ветер, облачность, атмосферные осадки) и атмосферными явлениями (гроза, туман, пыльная буря, метель и др.). Изменения погоды у земной поверхности оказывают влияние на многие области хозяйственной деятельности человека и особенно на сельское хозяйство.

В любом месте Земли погода в разные годы меняется по-разному. Однако при всех различиях отдельных дней, месяцев и лет каждую местность можно характеризовать вполне определенным климатом. Локальный климат это совокупность атмосферных условий за многолетний период, присущая данной местности в зависимости от ее географической обстановки. Под географической обстановкой подразумевается не только положение местности, т.е. широта, долгота и высота над уровнем моря, но и характер земной поверхности, рельеф и его расположение, почвенный покров и др. Атмосферные условия, определяющие климат каждого места, испытывают периодические изменения в годовом ходе — от зимы к лету и от лета к зиме. Кроме периодических изменений совокупность

атмосферных условий несколько изменяется от года к году. Это так называемая межгодовая изменчивость атмосферных условий.

С поверхности океанов и морей, а также других водоемов, с влажной почвы и растительности в атмосферу испаряется вода. На испарение затрачивается большое количество тепла из почвы и верхних слоев воды. Водяной пар — вода в газообразном состоянии — важная составная часть атмосферного воздуха. При существующих в атмосфере условиях водяной пар может испытывать и обратное преобразование: он конденсируется (сгущается) и превращается в капельки воды или кристаллики льда, вследствие чего возникают облака и туманы. Из облаков при определенных условиях выпадают осадки. Возвращающиеся на земную поверхность осадки в целом уравнивают испарение. Количество выпадающих осадков и их распределение по сезонам влияют на растительный покров и земледелие. От распределения и колебания количества осадков зависят также условия стока, режим рек, уровень озер и другие гидрологические явления. Большая или меньшая высота снежного покрова определяет промерзание почвы и режим многолетней мерзлоты.

От погодных условий зависит продуктивность сельского хозяйства и экономическая продуктивность некоторых важных отраслей народного хозяйства. Отдых, культурный и образовательный досуг на открытом воздухе не исключение. Человеку будет сложно или невозможно прогуляться по открытому воздуху при суровых погодных условиях. Изучение таких условий может быть важным фактором функционирования объектов отдыха и досуга на открытом воздухе

Человек как биологическая система неплохо приспособился к усредненным погодным условиям. Кроме того, человек способен локально изменять параметры окружающей среды: создавать теплые, удобные и красивые жилища, создавать и правильно использовать одежду. Эти способности позволили человеку расселиться на значительно большей площади, первоначально занятой человеческой популяцией. Одежда и дома,

как правило, спроектированы и созданы также для усредненных состояний атмосферы в данной местности (такие усредненные состояния называют в метеорологии климатом). Поскольку атмосферные процессы изменчивы и динамичны в пространстве и времени, человек иногда может столкнуться с экстремальными состояниями атмосферы и быть не готов к их воздействиям.

Как бы не была интересна и познавательна природная территория, но в суровую или просто не комфортную погоду люди не будут ее посещать. Оценка длительности комфортных и не комфортных погодных условий позволит оценить периоды и интенсивность антропогенной (произведенной человеком) нагрузки на природную среду изучаемой территории.

## *Методы исследования*

Измерение осадков на метеорологических станциях производится простыми приборами — дождемерами (осадкомерами). Они собирают осадки, выпадающие на верхнюю, открытую (приемную) поверхность сосуда (ведра) определенной площади. Количество накопленных осадков измеряется особым градуированным стаканом, который показывает толщину слоя выпавших осадков в миллиметрах. В зимнее время точность показаний дождемера недостаточна. Турбулентные завихрения, образующиеся около прибора, могут препятствовать попаданию снежинок в дождемерное ведро или даже выдувать снег из него. В то же время при ветре в ведро может попадать снег, поднятый с поверхности снежного покрова. Для уменьшения выдувания осадков из дождемера применяются различные защиты, окружающие дождемерное ведро.

Существуют и самопишущие приборы — плювиографы, непрерывно регистрирующие прирост осадков, а также суммарные дождемеры, приспособленные для накопления осадков в течение длительного времени. Количество осадков, выпавших в том или ином месте за определенное время, выражается в миллиметрах слоя выпавшей воды. Утверждение, что выпало 17 мм осадков, означает, что если бы вода осадков не стекала, не испарялась и не впитывалась почвой, она покрыла бы подстилающую поверхность слоем толщиной 17 мм. Твердые осадки (снег и др.) также выражаются толщиной слоя воды, который они образовали бы, растаяв.

Один миллиметр осадков на площади  $1 \text{ м}^2$  соответствует 1 кг выпавшей воды (или  $10^3$  т на  $1 \text{ км}^2$ , или 10 т на 1 га). Для характеристики климата подсчитывают многолетние средние количества (суммы) осадков по месяцам и за год. Иногда подсчитывают осадки по десятидневкам и пятидневкам. Для выяснения суточного хода осадков определяют их средние часовые суммы по записям самописцев. По многолетним средним месячным суммам

осадков определяют их годовой ход. Большой интерес представляет изменчивость осадков. По отклонениям месячных и годовых сумм в отдельные годы от многолетних средних величин вычисляют среднеквадратические отклонения, характеризующие изменчивость осадков и крайние отклонения. В дополнение к средним суммам осадков подсчитывают еще среднее число дней с осадками за месяц и за год, среднюю месячную и годовую продолжительность осадков в часах, общую продолжительность в течение дня с осадками, а также вероятность осадков, т.е. отношение числа часов с осадками к общему числу часов в месяце или в году и вероятность осадков для различных градаций их количества. Определяют среднюю интенсивность осадков в миллиметрах за сутки с осадками, а также интенсивность осадков в миллиметрах за минуту или за час для осадков различной продолжительности. При всех подсчетах за день с осадками принимают день, когда выпало измеримое количество осадков, т.е. по крайней мере 0,1 мм. Отдельно подсчитывается число дней с осадками больше или меньше 1 мм.

Приведем основные сведения по биоклиматическим индексам:

1. Эффективная температура ( $ЭТ$ ), которая характеризует эффект воздействия на человека температуры и влажности воздуха. Опытным путем установлен ряд сочетаний температуры и влажности воздуха, при которых эффект теплоотдачи и теплоощущения будет одинаковым (табл. 1) [Исаев, 2001].

Таблица 1

**Сочетания  $T$  ( $^{\circ}C$ ) и  $f$  (%), при которых наблюдается одинаковый эффект теплоощущения в неподвижном воздухе**

$T$	17,8	18,9	20,1	20,7	21,7	22,3	23,2
$f$	100	80	60	50	40	30	20

Согласно табл. 1, неподвижный воздух с влажностью  $f = 50\%$  при температуре  $20,7^{\circ}C$  будет таким же образом влиять на теплоотдачу и

теплоощущение, как и насыщенный (при  $f = 100\%$ ) воздух с температурой  $17,8\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

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. Сопротивляемость организма окружающей среде зависит от физических особенностей человека, поэтому модель разработана для «среднего» человека, т.е. взрослого человека средней комплекции, одетого по погоде и идущего в тени. Понятие  $ЭТ$  впервые было введено А. Миссенардом и рассчитывается по следующей формуле [Missenard, 1937]:

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

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

Из формулы (1) следует, что при температуре воздуха ниже  $10\text{ }^{\circ}\text{C}$  сухой воздух кажется теплее, чем влажный, а при температуре выше  $10\text{ }^{\circ}\text{C}$ , наоборот, холоднее.

Эффективная температура получила широкое распространение в практике оценок тепловых нагрузок, а также комфортности (дискомфортности) окружающей среды. Категории тепловых нагрузок и теплоощущения оцениваются по  $ЭТ$  в зависимости от сезона года [Исаев, 2001]. Для широтной зоны, в которой находятся Пермский край к градации комфорта можно определить из табл. 2–3 [Ткачук, 2012].

Таблица 2

**Категории тепловых нагрузок и теплоощущения для теплого сезона по  $ЭТ$**

Характеристика	$ЭТ, ^{\circ}\text{C}$			
	>31	25...30	18...24	0...17
Теплоощущение	Очень жарко	жарко	тепло	прохладно
Тепловая нагрузка	сильная	умеренная	комфортно	комфортно

**Категории тепловых нагрузок и теплоощущения для холодного сезона по ЭТ**

Характеристика	ЭТ, °С		
	0...-10	-20...-11	<-21,0
Теплоощущение	холодно	очень холодно	крайне холодно
Тепловая нагрузка	умеренная	сильная угроза обмороживания	очень сильная

2. Эквивалентно-эффективная температура (ЭЭТ) является более полной биоклиматической характеристикой по сравнению с ЭТ, поскольку учитывает влияние ветра. В подвижном воздухе усиливается теплоотдача с поверхности тела, поэтому изменяется и теплоощущение. При этом возможны самые разные сочетания температуры и относительной влажности воздуха, а также ветра, при которых степень теплоощущения будет одинакова и соответствовать теплоощущениям в случае насыщенного водяного пара ( $f=100\%$ ) и отсутствии ветра ( $V=0$ ).

В данной работе для расчета ЭЭТ использовалась формула А. Миссенарда [Missenard, 1937]:

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

где  $t$  – температура воздуха, °С;  $f$  – относительная влажность воздуха, %;  $V$  – скорость ветра, м/с.

Для широтной зоны, в которой находятся Пермский край градации комфорта по значениям ЭЭТ можно определить из табл. 4–5 [Ткачук, 2012].

**Категории тепловых нагрузок и теплоощущения для теплого сезона по ЭЭТ**

Характеристика	ЭЭТ, °С			
	>30	24...29	17...23	0...16

Теплоощущение	Очень жарко	жарко	тепло	прохладно
Тепловая нагрузка	сильная	умеренная	комфортно	комфортно

Таблица 5

**Категории тепловых нагрузок и теплоощущения для холодного сезона по ЭЭТ**

Характеристика	ЭЭТ, °С		
	0...-11	-21...-12	<-22,0
Теплоощущение	холодно	очень холодно	крайне холодно
Тепловая нагрузка	умеренная	сильная угроза обмороживания	очень сильная

3. Индекс жесткости погоды по Бодману, который рассчитывается по следующей формуле [Исаев, 2001]:

$$S = (1 - 0,04t)(1 + 0,27V), \quad (3)$$

где  $S$  – индекс суровости, баллы;  $t$  – температура воздуха, °С;  $V$  – скорость ветра, м/с.

Если в эффективной и эквивалентно-эффективной температуре (формулы 1–2) оценка теплового ощущения температуры наружного воздуха производится в основном за счет влажности, то в индексах холодного стресса эффект теплоощущения и дискомфорта уточняется поправкой на скорость ветра. Так, согласно И.А. Арнольди [Арнольди, 1962], каждый метр скорости ветра приравнивается к понижению температуры на 2°С.

Таблица 6

**Оценка суровости зимы**

$S$	<1	1...2	2,1...3	3,1...4	4,1...5	5,1...6	>6
Характеристика суровости зимы	несуровая, мягкая	мало суровая	умеренно суровая	суровая	очень суровая	жестко суровая	крайне суровая

Индекс Бодмана является наиболее употребительным индексом холодного стресса и используется для оценки суровости зимы (табл. 6).

Для рационального использования природных ресурсов территории России организованы и ведут непрерывное наблюдение за погодой

метеорологические станции. Карта действующих метеорологических станций находится на электронном ресурсе проекта ЕДИНАЯ ГОСУДАРСТВЕННАЯ СИСТЕМА ИНФОРМАЦИИ ОБ ОБСТАНОВКЕ В МИРОВОМ ОКЕАНЕ ([http://esimo.ru/dataview/viewresource?resourceId=RU\\_RIHMI-WDC\\_2667](http://esimo.ru/dataview/viewresource?resourceId=RU_RIHMI-WDC_2667)). Для изучения условий формирования термического режима и увлажнения местности Вам следует выбрать ближайшую к точке исследования метеорологическую станцию и воспользоваться данными наблюдения распространяемые в свободном режиме в сети Интернет. Исходные данные для расчетов можно получить с сайта <https://rp5.ru>. Обратите внимание, что метеорологические станции имеют международный индекс, используя который Вы легко найдете ее в базе данных. Например, индекс метеостанции Пермь 28224, а метеостанции Ижевск 28411.

Метеорологические наблюдения проводятся 8 раз в сутки. Для исследования потребуется температура воздуха в срок наблюдения. Наблюдения за осадками проводится дважды в сутки, в сроки ближайšie к 8 и 20 ч местного времени.

Для оценки термических условий местности следует применить следующую последовательность действий:

1. Скачать данные о погоде на метеостанции за максимально возможный период. Данные на сайте <https://rp5.ru> представлены с 2005 г. Для части станций более длинные ряды можно найти на сайте Всероссийский научно-исследовательский институт гидрометеорологической информации — Мировой центр данных <http://aisori-m.meteo.ru/waisori>.

2. Сформировать в электронной таблице любой офисной программы ряд температуры воздуха.

3. Найти среднее значение температуры за каждые сутки. Среднесуточные значения получаются путем суммирования 8 срочных значений и делением числа на 8. Такое средние называется среднеарифметическое.

4. Найти среднее месячное значение за каждый год. Среднее за месяц значение находят путем суммирования среднесуточных значений и деления суммы на число дней в месяце.

5. Средние за месяц значения температуры суммируют и делят на число лет. Так если имеются наблюдения за 10 лет число средних за месяц значений температуры будет десять. Выбирается и суммируются все средние январские значения и делятся на 10: получается климатическая оценка температуры для января. Со всеми оставшимися месяцами поступают также.

Для оценки условий увлажнения местности действуем по следующему плану:

1. Скачать данные об осадках на метеостанции за максимально возможный период. (сайт тоже <https://rp5.ru>).

2. Сформировать в электронной таблице любой офисной программы ряд осадков.

3. Найти сумму осадков за каждые сутки (путем сложения сумм осадков за ночь и день), затем суммировать суточные значения и получить суммы осадков за каждый месяц.

4. Суммы осадков за месяцы нескольких лет суммируются и делятся на число лет. Например, выбираются и суммируются все январские суммы осадков и делятся на число лет: получается климатическая оценка (норма) сумм осадков для января. Со всеми оставшимися месяцами поступают также.

Для исследования условий комфортности потребуется температура воздуха в срок наблюдения, относительная влажность воздуха в срок наблюдения и средняя скорость ветра в срок наблюдения.

Следует применить следующую последовательность действий:

1. Скачать данные о погоде на метеостанции.

2. Сформировать в электронной таблице любой офисной программы три ряда метеорологических величин (температура, относительная влажность и скорость ветра)

3. Получить ряд значений эффективной температуры используя формулы табличного редактора.

4. Найти среднее значение эффективной температуры за каждые сутки. Среднесуточные значения получаются путем суммирования 8 срочных значений и делением числа на 8. Такое средние называется среднеарифметическое.

5. Найти среднее месячное значение за каждый год. Среднее за месяц значение находят путем суммирования среднесуточных значений и деления суммы на число дней в месяце.

6. Средние за месяц значения суммируют и делят на число лет. Так если имеются наблюдения за 10 лет число средних за месяц значений эффективной температуры будет десять. Выбирается и суммируются все средние январские значения и делятся на 10: получается климатическая оценка эффективной температуры для января. Это значение можно сравнить с категорией тепловых нагрузок и теплоощущения. Со всеми оставшимися месяцами поступают также.

7. Вышеизложенный порядок действий применяем для расчета эквивалентно-эффективной температуры. Пункты 2 — 6.

8. Для расчета индекса Бодмана можно применять предварительное осреднение температуры воздуха и скорости ветра, а потом рассчитывать индекс. Использование порядка по пунктам 2 — 6 даст аналогичный результат.

## Результаты исследования

**Конечная цель:** оценить климатические условия теплового режима и увлажнения исследуемой местности.

Рассчитайте среднее многолетнее значение температуры воздуха за год (норму) путем суммирования среднемесячных температур воздуха (норм отдельного месяца) и деления на 12. Полученная величина может быть полезна для расчета, например, условий туристско-рекреационного потенциала исследуемой местности. Рассчитайте среднемноголетнюю годовую сумму осадков (годовая норма осадков) путем суммирования средних сумм осадков за каждый месяц. Заполните приведенные ниже таблицы.

Номер месяца	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Температура												
Осадки												

Климатический параметр	Годовая норма (указать годы)
Температура	
Осадки	

По итогам работы заполните для каждого показателя комфортности следующую таблицу. Сформулируйте обобщения об условиях комфортности на территории исследования.

Номер месяца	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Показатель комфортности												
Категория комфортности												

Для оценки адекватности полученных данных можно провести

проверку путем прогулки по исследуемой территории при известных метеорологических условиях и определения собственного самочувствия. В выбранный день после прогулки отметьте свои ощущения в дневнике. Затем воспользуйтесь данными из ежедневного архива и рассчитайте значения эффективной и эффективно-эквивалентной температуре для той же даты и времени. Сопоставьте ощущаемые и расчетные значения. Для большей объективности привлечите добровольцев и выполните эту процедуру совместно. Постарайтесь выбирать дни с максимально различными погодными условиями: слабые и сильные скорости ветра, высокие и низкие температура и влажность. За предполагаемым ходом метеорологических условий можно следить с помощью среднесрочного прогноза погоды с Интернет ресурса Гидрометцентра РФ (<https://meteoinfo.ru>) или Пермского центра по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды (<https://meteo.perm.ru/>).

## Литература

**Андреев С.С.** Человек и окружающая среда. Ростов-на-Дону: Изд-во СКНЦ ВШ АПСН, 2005. 272 с.

**Андрюшин И.Б., Вальцева Е.А., Мешков Н.А.** Оценка общей комфортности климата на территории Поволжья, республики Алтай и республики Хакасии // Гигиена и санитария. 2019. Т. 98, № 11. С. 1212–1215.

**Арнольди И.А.** Акклиматизация человека на Севере и Юге. М.: Медгиз, 1962. 71 с.

**Бокша В.Г., Богуцкий Б.В.** Медицинская климатология и климатотерапия. Киев: Здоровья, 1980. 262 с.

**Виноградова В.В., Золотокрылин А.Н., Кренке А.Н.** Районирование территории Российской федерации по природно-климатическим условиям // Известия РАН. Серия географическая. 2008. № 5. С. 106–117.

**Виноградова В.В.** Воздействие климатических условий на человека в засушливых землях Европейской России // Известия РАН. Серия географическая. 2012. № 2. С. 68–81.

**Головина Е.Г., Трубина М.А.** Методика расчетов биометеорологических параметров (индексов). СПб., 1997. 110 с.

**Емелина С.В., Константинов П.Н., Малинина Е.П., Рубинштейн К.Г.** Оценка информативности некоторых биометеорологических индексов для разных районов России // Метеорология и гидрология. 2014. № 7. С. 25–37.

**Ермакова Л.Н., Ермакова Е.С.** Влияние метеорологических условий на самочувствие человека // Географический вестник. 2012. № 2 (21). С. 45–52.

**Ермакова Л.Н., Шкляев В.А., Филиппова А.П., Шкляева Л.С.** Биоклиматическая оценка ландшафтных областей Пермского края и условий формирования микроклиматических особенностей // Географический вестник. 2016. № 4 (39). С. 70–83.

**Исаев А.А.** Экологическая климатология. М.: Научный мир, 2001. 458 с.

**Исаева М.В., Переведенцев Ю.П.** Особенности биоклиматических условий Приволжского федерального округа // Географический вестник. 2010. № 2 (13). С. 29–37.

**Русанов В.И.** Комплексные метеорологические показатели и методы оценки климата для медицинских целей. Томск: Изд-во Том. ун-та, 1981. 86 с.

**Ткачук С.В.** Обзор индексов степени комфортности погодных условий и их связь с показателями смертности // Труды ГМЦ РФ. Гидрометеорологические прогнозы. 2012. Вып. 347. С. 223–245.

**Худалова Ф.К.** Оценка биоклиматических индексов и их связь с кардиоваскулярной патологией // Кубанский научный медицинский вестник. 2014. № 1. С. 173–176.

**Шартова Н.В., Шапошников Д.А., Константинов П.И., Ревич Б.А.** Биоклиматический подход к оценке смертности населения во время аномальной жары на примере юга России // Вестник Московского университета. Серия 5. География. 2018. № 6. С. 47–55.

**Шкляев В.А., Ермакова Л.Н., Шкляева Л.С.** Исследование микроклимата города с целью оценки биометеорологических показателей селитебной территории // Географический вестник. 2010. № 3 (14). С. 52–59.

**АISORI-M.METEO.RU** – профессиональный интернет-портал метеорологических данных [Электронный ресурс]. URL: <http://aisori-m.meteo.ru/waisori/>