



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Кафедра метеорологических прогнозов

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА
(бакалаврская работа)

На тему: «Особенности метеорологического режима Томской области.

Климат региона»

Исполнитель Тодитов Евгений Николаевич
(фамилия, имя, отчество)

Руководитель доцент, кандидат физико-математических наук
(ученая степень, ученое звание)
Головина Елена Георгиевна
(фамилия, имя, отчество)

«К защите допускаю»
И.о. заведующий кафедрой
(подпись)

кандидат физико-математических наук, доцент
(ученая степень, ученое звание)
Сероухова Ольга Станиславовна
(фамилия, имя, отчество)

« 19 » июня 2023 г.

Санкт-Петербург
2023

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	3
1. ОСОБЕННОСТИ МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКОГО РЕЖИМА АТМОСФЕРЫ ТОМСКОЙ ОБЛАСТИ.	5
1.1 Физико-географическое положение района исследования	5
1.2 Особенности атмосферной циркуляции.....	12
1.2.1 Температура.	12
1.2.2 Облачность.....	13
1.2.3 Осадки.....	14
1.2.4 Солнечная активность.....	15
1.2.5 Влажность.....	17
1.2.6 Направление и скорость ветра.	17
2. МЕТОДЫ ОЦЕНКИ МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКОГО РЕЖИМА АТМОСФЕРЫ.	20
2.1 Методы оценки теплового воздействия на атмосфору	20
2.1.1 Понятия климатические и метеорологические индексы.....	20
2.1.2 Температурно-влажностные индексы	22
2.1.3 Температурно-ветровые индексы	25
2.1.4 Индексы патогенности и изменчивости климата.....	29
2.1.5 Индексы континентальности климата.....	36
2.1.6 Индексы, характеризующие состояние атмосферы.....	37
3. КЛИМАТ РЕГИОНА.....	40
3.1 Климатический режим атмосферы Томской области	40
3.2 Биометеорологический режим атмосферы.....	50
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	54
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ	56

ВВЕДЕНИЕ

Погодные условия являются неотъемлемой частью нашей жизнедеятельности в различных отраслях и имеют влияние на экономическую, хозяйственную, производственную, строительную, транспортную и другие сферы деятельности.

Метеорологические условия являются неотъемлемой частью нашей жизнедеятельности в различных отраслях и имеют влияние на экономическую, хозяйственную, производственную, строительную, транспортную и другие сферы деятельности.

Многие факторы могут быть как благоприятными, так и опасными для региона – Томск и Томская область. Наиболее значительное влияние оказывают такие измеряемые и наблюдаемые явления как: осадки – их интенсивность и количество, температурные градации в летний и зимний период, а также движение воздушных масс и, как следствие, интенсивность ветра, режим атмосферы региона в целом.

В данной выпускной квалификационной работе рассмотрим понимание того, что такое атмосфера, климат, метеорологический режим, дадим терминологию и характеристики. Особенности метеорологического режима атмосферы данного района. Основные влияющие факторы на режим. А также, сделаем анализ и отбор типовых метеорологических ситуаций.

Цель работы:

- исследовать метеорологический режим Томской области. Климат региона.

Задачи выпускной квалификационной работы:

- изучить основные характеристики климата Томской области;
- проанализировать особенности метеорологического режима атмосферы;
- проанализировать изменение эффективной температуры в изучаемом районе.

В качестве исходных данных использовались наблюдения метеостанций Томской области.

В первом разделе описывается физико-географическое положение региона и особенности атмосферной циркуляции.

Во втором разделе приводится терминология, а так же методы оценки метеорологического режима. Подробнее рассмотрены понятия метеорологических индексов, температурно-влажностные показатели, температурно-ветровые индексы, а так же индексы, характеризующие состояние атмосферы.

Третий раздел посвящен климатическому режиму атмосферы Томской области.

Томская область расположена в Западной Сибири и занимает юго-восточную часть Западно-Сибирской равнины, в среднем течении Оби. Томская область на севере граничит с Тюменской областью и Ханты-Мансийским автономным округом, на юге – с Кемеровской и Новосибирской областями, на западе – с Омской областью, на востоке с Красноярским краем. Протяженность области с севера на юг около 600 км, с запада на восток – 780 км.

Рельеф отличается исключительной равнинностью. Диапазон высот в Томской области: от +274 м до +34 м над уровнем Балтийского моря. Преобладают плоские, сильно заболоченные территории с высотой не более 200 м (на юго-востоке заходят северные отроги Кузнецкого Алатау высотой до 211 м). Центральная часть занята широкой долиной Оби, которая делит территорию области на две почти равные части: левобережье, включающее обширную болотистую низменность — Васюганье с высотой до 166 м в верховьях реки Бакчар, и более возвышенное правобережье с высотой до 193 м, заболоченное меньше и более лесистое. Основная река — Обь. Область расположена в зонах средней и южной тайги и частично смешанных лесов. Лесистость — 59,4 %. Входит в Сибирский Федеральный Округ. Граничит с Кемеровской, Новосибирской, Омской, Тюменской областями и Красноярским краем. Территория — 316,9 тыс. кв.км, численность населения 1036,6 тыс. чел., национальный состав: русские, украинцы, татары, немцы, белорусы, чувашаи, народы Севера, в том числе селькупы, ханты и др.; городских жителей — 65,7 %. Включает 16 административных районов, 6 городов, 14 посёлков городского типа. Крупные города — Томск, Северск, Стрежевой, Асино. Административный центр — Томск. Расположен в 3500 км к востоку от Москвы, на правом берегу реки Томь, в 60 км от её впадения в Обь, и на берегах реки Ушайка. [1].

Продолжительность солнечного сияния в Томске за год составляет 2048 часов/год, что составляет 47 % возможной продолжительности солнечного

сияния. В описании климата Томска, изданного в 1982 г. приводится гораздо меньшая средняя величина – 1733 часа солнечного сияния в год. Для сравнения, в Омске регистрируется 2223 часов солнечного сияния в год, а в Барнауле – 2180 часов в год. По климатическим данным самым солнечным городов в России является Улан- Удэ, там солнце светит 2797 часов в году. Зато по показателю число дней без солнца в год Томск (92 дня) «опережает» Барнаул, где этот показатель составляет 130 дней. В Томске максимум средней освещенности приходится на июль, когда отмечается малооблачная погода, а минимум – на декабрь.

Для Томска среднегодовая температура составляет $+0,9$ °С. По данным монографии, изданной коллективом научных работников Томского государственного университета и института Госкомгидромета [2], за период с 1837 по 1978 гг. указывается среднегодовая температура $+0,6$ °С. Эта величина в Томске меньше, чем, например, в Новосибирске $+1,8$ °С. При этом зарегистрированный минимум температуры воздуха в Томске бьет рекорды по сравнению с сопредельными территориями. Самая низкая температура, зарегистрированная 6 января 1931 г. на метеорологической станции Томск, составляла -55 °С. Для сравнения, в Кемерово температура воздуха за весь период наблюдений зимой достигала минимального значения $-48,4$ °С, Барнауле $-48,2$ °С, Новосибирске $-46,3$ °С, Омске $-45,5$ °С. Для Томска продолжительность периода с температурой выше 0°C составляет 185 дней за год, что отличается от значения 114 дней безморозные период [2]. Летом и осенью в Томске возможны заморозки – понижения температуры воздуха ниже 0 °С на общем фоне положительных температур. Только в июле заморозков в Томске не бывает.

Одной из особенностей термического режима города Томска является большая межсуточная и внутрисуточная изменчивость температуры воздуха. Зимой температура может измениться в течение суток на 25 °С, что

безусловно, необходимо учитывать туристам, собирающимся посетить Томск.

За год в Томске бывает около 190 дней с осадками. Причем в большинстве случаев это дни с снегом в холодный период года. В Томске среднегодовое значение осадков составляет 568 мм/год. При этом гостям Томска необходимо знать, что за одни сутки может выпасть седьмая часть от этой величины. Такой интенсивный дождь в количестве 80,5 мм/сутки выпал 15 августа 1994 г. [3]. В теплый период года в Томске до 50 дней отмечаются ливни (кратковременный дождь большой интенсивности), а в холодный период идут преимущественно обложные осадки (продолжительные, мало- и среднеинтенсивные). Средняя продолжительность дождей в городе в летние месяцы составляет 4–5 часов. Но были зарегистрированы случаи, когда непрерывный дождь продолжался 21 час, а снег выпадал в течение 90 часов или почти 4 суток. Рекордный продолжительный дождь произошёл 7 мая 1966 г., а продолжительный снегопад был зарегистрирован в декабре 1965 г.

Анализируя динамику относительной влажности воздуха за год в Томске, можно отметить, максимум относительной влажности (81–84 %) в октябрь-ноябре, а минимум в апреле-мае (62– 66 %). Май можно назвать самым сухим месяцем в Томске. В мае вероятны дни с относительной влажностью ниже 30%.

В Томске преобладающими являются южные ветры, как зимой, так и летом. Наибольшие средние скорости ветра отмечаются в декабре и марте, наименьшие в июле и августе. Отметим, что при слабых ветрах наблюдается загрязнение воздуха и ухудшается видимость. Ветер со скоростью более 30 м/с (или 108 км/ч) возможен один раз в 5 лет во все сезоны года, кроме лета. Летом такие скорости возможны только один раз в 20 лет. Сильный ветер может вызывать бурю. Зимой средняя продолжительность бурь достигает 9 часов, а летом – до 5 часов.

В Томске в среднем за год отмечается 28 дней с туманами (табл. 8), причем самым «туманным» месяцем в году с пятью туманными днями является август. Но следует помнить, что в отдельные годы число дней с туманами может составлять от рекордного максимального значения в 80 дней в 1931 г. до минимального – 12 дней в 1953 г. [4].

Таблица 1. – Климатические данные по атмосферным явлениям в Томске

Атмосферное явление	Число дней с атмосферным явлением за год (среднее/максимальное)	Месяцы наибольшей повторяемости явления
Метель	51/83	Декабрь-январь
Туман	28/80	Август- сентябрь
Гроза	26/42	Май-сентябрь с максимумом в июле
Гололёд	2/7	Октябрь-май с наибольшим числом в ноябре, декабре
Изморозь	34/69	Октябрь-май с наибольшим числом в декабре и январе

Летом во время лесных пожаров вокруг Томска, путешественник может оказаться во мгле. Мгла проявляется в помутнении атмосферы за счёт частиц горения. Дальность видимости может значительно снизиться до нескольких сотен метров. Мгла может продолжаться несколько дней.

Метели в Томске характерны для октября- апреля, и сопровождаются сильным ветром и ухудшением видимости. Снег заносит дороги, поэтому могут быть отменены междугородние автобусные рейсы. Это необходимо учитывать путешественникам, если они собираются посетить на автобусе соседний Новосибирск или Барнаул. В среднем в Томске за год отмечается 51 день с метелью.

Грозовая активность характеризуется числом дней с грозой и продолжительностью гроз в часах. Для Томска грозы характерны для периода с мая по сентябрь и составляют около 26 дней за год со средней продолжительностью 50 часов за год. Причем в отдельные годы, например, в 1941 г., было зарегистрировано рекордное число дней с грозой – 42, а в 1943 г. была зафиксирована рекордная продолжительность, которая составила 138 часов за год. В суточном ходе максимум гроз приходится на 15–18 часов и продолжаются грозы не более 2 часов. Туристам не стоит опасаться града в Томске. Град выпадает в среднем только 2 дня в году.

Гололёдно-изморозевые отложения в Томске возможны с октября по май. Наибольшую опасность представляет обледенение и обрыв проводов, а также обледенение частей самолета. В то же время изморозь на ветках деревьях – это незабываемое зрелище, которое стремятся запечатлеть на фотографиях. Изморозь – это рыхлые кристаллы в виде гирлянд с великолепным блеском граней на ветках деревьев и проводах. Изморозь бывает в Томске в среднем до 34 дней за холодный период года (табл.1).

В Томске можно наблюдать различные оптические атмосферные явления. Причем в зимний морозный день можно увидеть гало, венцы, касательные дуги и вертикальные столбы, ложные солнца, глории.

Гало – белое свечение вокруг Солнца или Луны, которые возникают за счёт преломления и отражения света в кристаллических перисто-слоистых облаках. Гало иногда называют «бриллиантовой пылью». Ложные солнца или на греческом языке паргелий – световые пятна на одном уровне с солнцем. Это явление можно наблюдать в тихую безветренную погоду при низком положении Солнца, когда большинство ледяных призм располагаются в воздухе вертикально и за счёт преломления света наблюдатель видит касательные радужные дуги в по обе стороны от Солнца. Эти дуги похожи на «ушки Солнца». Вертикальные неокрашенные столбы

проходят через солнечный диск. Если Солнце закрывают высоко-кучевые облака, то за счет дифракции, можно наблюдать венцы. Радужные венцы возникают и вокруг городских фонарей. Глории возникают в точке небосвода, которая противоположна светилу.

В теплое время года после дождя радуга в Томске обычное явление. Радугу в древности именовали «небесным знамением». Радугу можно наблюдать в стороне противоположной Солнцу на фоне облаков или дождя. Это радужное явление происходит из-за дисперсии света. Причем часто отмечается дополнительная радуга, а ночью можно наблюдать и лунную радугу в оттенках серого цвета.

Мираж также относится к оптическим явлениям. Мираж возникает из-за преломления потоков света на границе слоев воздуха с разной плотностью и, следовательно, разной температурой. Мираж можно наблюдать в жаркий безветренный день над перегретой асфальтированной дорогой. Иногда можно наблюдать отражение отдаленного объекта в атмосфере.

Географическая широта города Томска $56^{\circ}29'$ с. ш. позволяет в летние месяцы наблюдать серебристые облака, которые располагаются в мезосфере на высотах около 80 км. В отличие от обычных тропосферных облаков, простирающихся до высот 10–12 км, серебристые облака как бы светятся на фоне зари в сумерках. Поэтому их еще называют «ночные светящиеся облака». Тропосферные облака выглядят в глубоких сумерках на фоне зари тёмными, чем и отличаются от серебристых облаков.

1.2 Особенности атмосферной циркуляции

1.2.1 Температура.

Одним из самых явных факторов является температура воздуха. Изменение теплового режима атмосферы вызывает соответствующие изменения теплообмена человека с окружающей средой, напрямую влияет на наше самочувствие, жизнедеятельность, определяет нашу деятельность на протяжении всего времени. Большое воздействие на человека оказывает не только температура воздуха, но и ее межсуточная изменчивость. Изменение среднесуточной температуры воздуха на 1 - 2°C считается слабым, на 3 - 4 °C - умеренным, более чем на 4°C - резким. Таким образом, если колебания температуры в суточном ходе достаточно резкие, то это вызывает дополнительные трудности в работе авиации, судоходства, транспортного снабжения (в особенности в зимний и осенне-весенний период), в конечном счёте – прямое влияние на самочувствие человека.

Что касается Томска напрямую, так это продолжительность сезонов. Теплый сезон длится 3,6 месяца, с 18 мая по 5 сентября, с максимальной среднесуточной температурой выше +16°C. Самый жаркий месяц в году в Томск - июль, со средним температурным максимумом +24°C и минимумом +14 °C.

Холодный сезон длится 3,6 месяца, с 18 ноября по 6 марта, с минимальной среднесуточной температурой ниже -6°C. Самый холодный месяц в году в Томск - январь, со средним температурным максимумом -21°C и минимумом -13°C (график. 1.1).

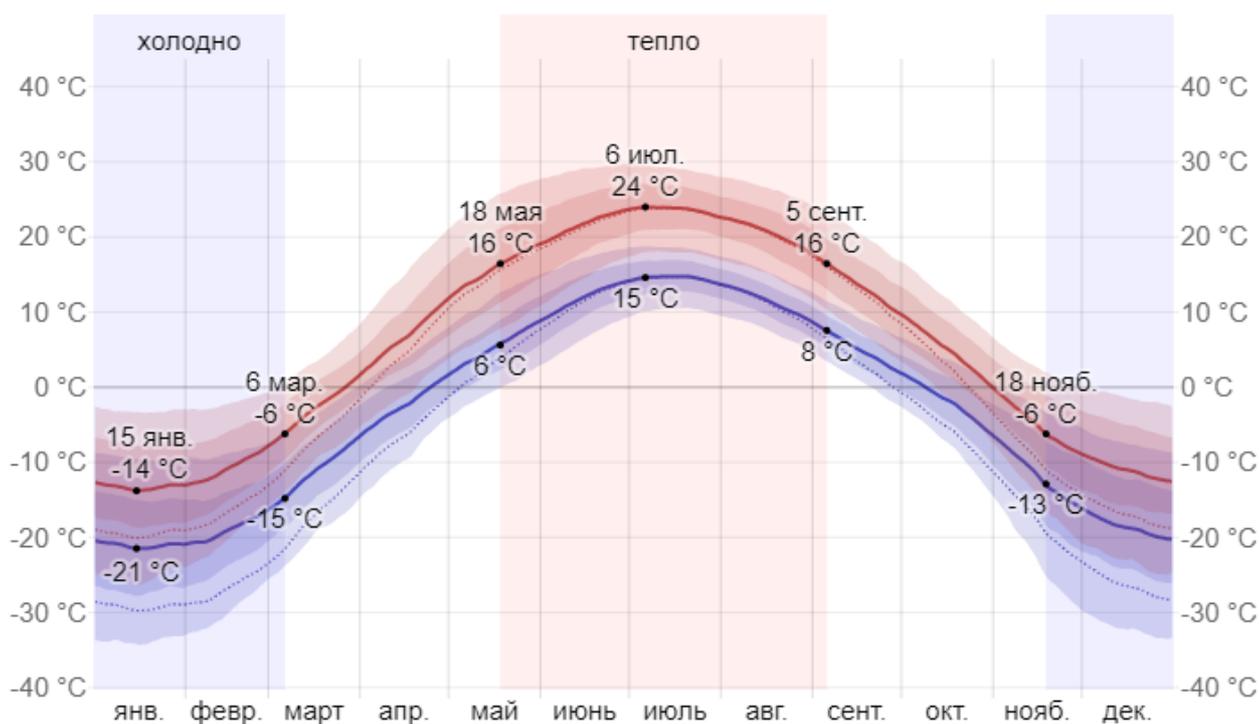


График 1.1 – Средняя максимальная и минимальная температура в Томске

1.2.2 Облачность

В Томск средний процент неба, покрытого облаками, испытывает значительные сезонные колебания в течение года. Более ясная часть года в Томск начинается примерно 21 апреля и длится 5,4 месяца, заканчиваясь примерно 1 октября. Самый ясный месяц в году в Томск - июль, во время которого небо в среднем ясное, преимущественно ясное или имеет переменную облачность 56% времени. Более облачная часть года начинается примерно 1 октября и длится 6,7 месяца, заканчиваясь примерно 21 апреля. Самый пасмурный месяц в году в Томск - декабрь, во время которого небо в среднем пасмурное или преимущественно облачное 87% времени (график 1.2).

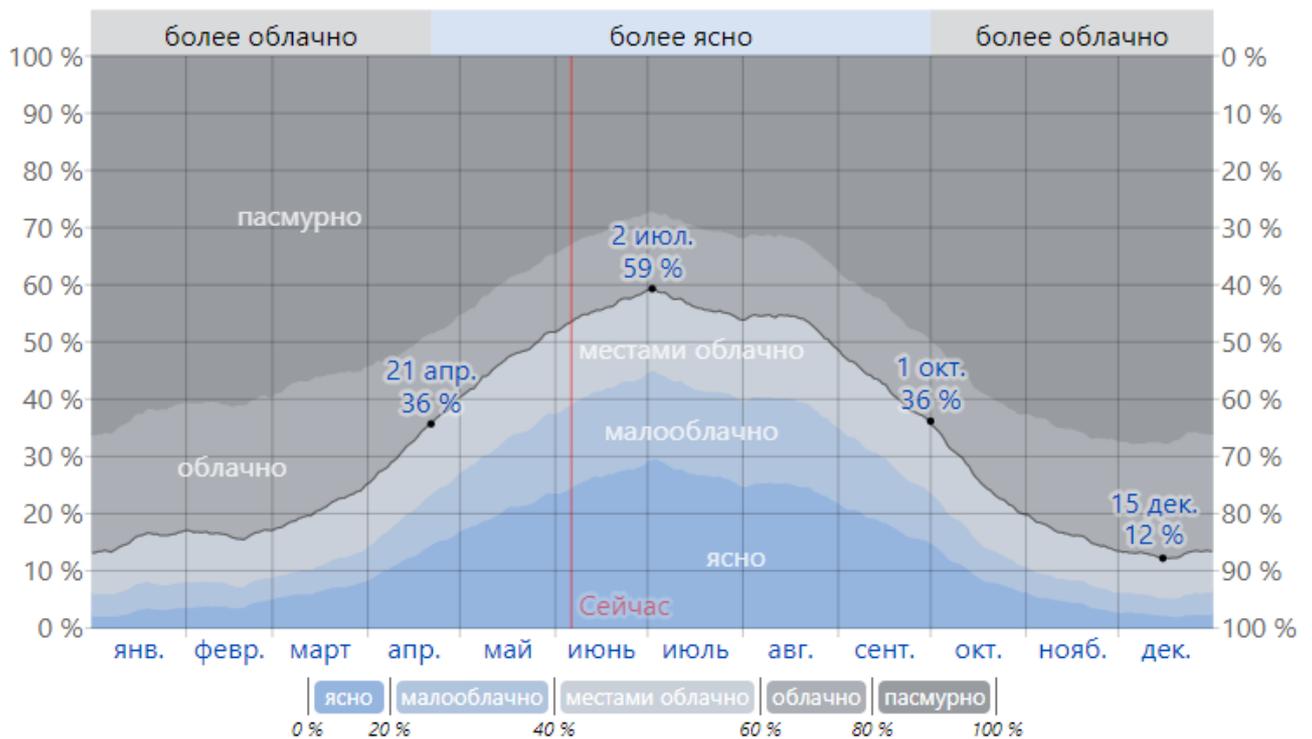


График 1.2 – Категории облачности в Томске

1.2.3 Осадки

Влажный день - это день, когда выпадает не менее 1 миллиметра жидких осадков или осадков в жидком эквиваленте. Вероятность влажных дней в Томск колеблется в течение года. Более влажный сезон длится 8,0 месяца с 10 апреля по 10 декабря, с более чем 17% вероятностью того, что заданный день окажется влажным. Месяц с наибольшим количеством дождливых дней в Томск - июль, когда в среднем на протяжении 8,1 дня выпадает не менее 1 миллиметра осадков. Более сухой сезон длится 4,0 месяца с 10 декабря по 10 апреля. Месяц с наименьшим количеством дождливых дней в Томск – февраль, когда в среднем на протяжении 2,3 дня выпадает не менее 1 миллиметра осадков. Среди влажных дней мы различаем те, в которые бывает только дождь, только снег, или и то, и другое. Исходя из этой классификации, наиболее распространенная форма осадков в Томск меняется в течение года. Только дождь является наиболее типичным видом осадков на

протяжении 7,3 месяца, с 26 марта по 4 ноября. Месяц с максимальным количеством дней, когда выпадает только дождь, в Томск - июль со средним количеством в 8,1 дня. Только снег является наиболее типичным видом осадков на протяжении 4,7 месяца, с 4 ноября по 26 марта. Месяц с максимальным количеством дней, когда выпадает только снег, в Томск - декабрь со средним количеством в 4,2 дня (график 1.3).

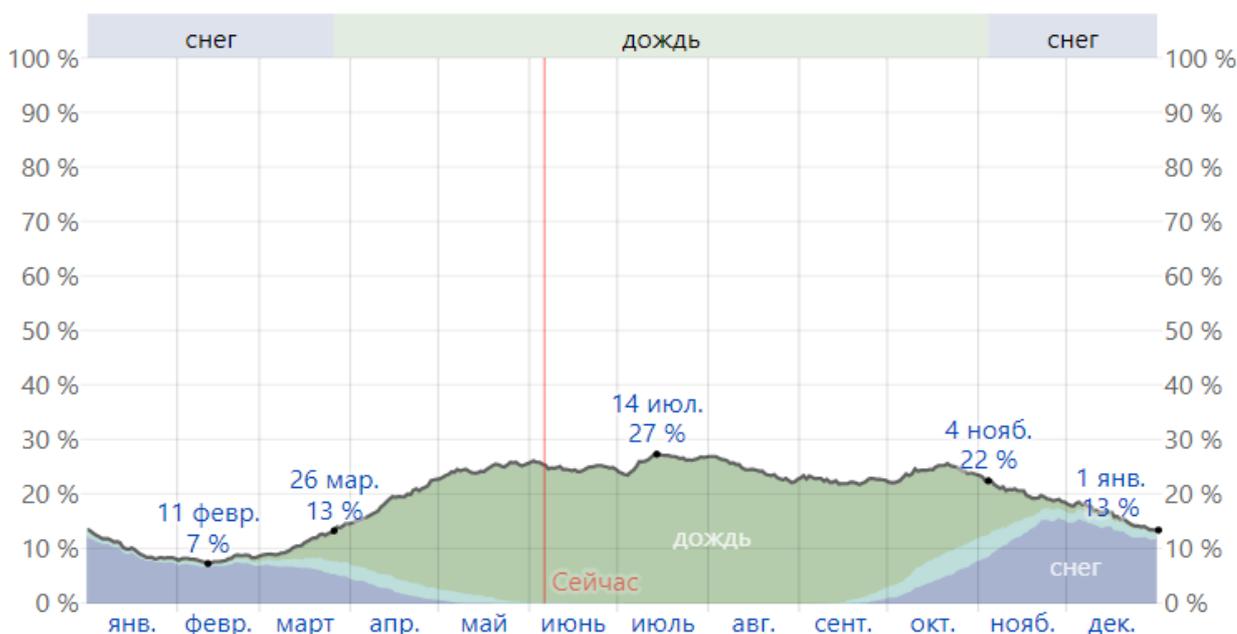


График 1.3 – Суточная вероятность осадков в Томске

1.2.4 Солнечная активность

Продолжительность дня в Томск очень сильно меняется в течение года. В 2023 самый короткий день месяца - 22 декабря, когда светлое время суток составляет 6 часов 50 минут, а самый длинный - 21 июня со светлым временем суток 17 часов 45 минут. В этом разделе описывается общая дневная падающая коротковолновая солнечная энергия, достигающая поверхности земли на большой площади, с полным учетом сезонных колебаний продолжительности дня, высоты Солнца над горизонтом и

поглощения облаками и других составляющих атмосферы. Коротковолновое излучение включает видимый свет и ультрафиолетовое излучение.

Среднесуточная падающая коротковолновая солнечная энергия испытывает экстремальные сезонные колебания в течение года.

Более яркий период года длится 2,9 месяца, с 11 мая по 8 августа, со среднесуточной падающей коротковолновой энергией на квадратный метр выше 5,2 кВт·ч. Самый яркий месяц в Томск - июнь со средним значением 6,3 кВт·ч.

Более темный период года длится 4,2 месяца, с 16 октября по 22 февраля, со среднесуточной падающей коротковолновой энергией на квадратный метр ниже 1,6 кВт·ч. Самый темный месяц в Томск - декабрь со средним значением 0,4 кВт·ч (график 1.4).

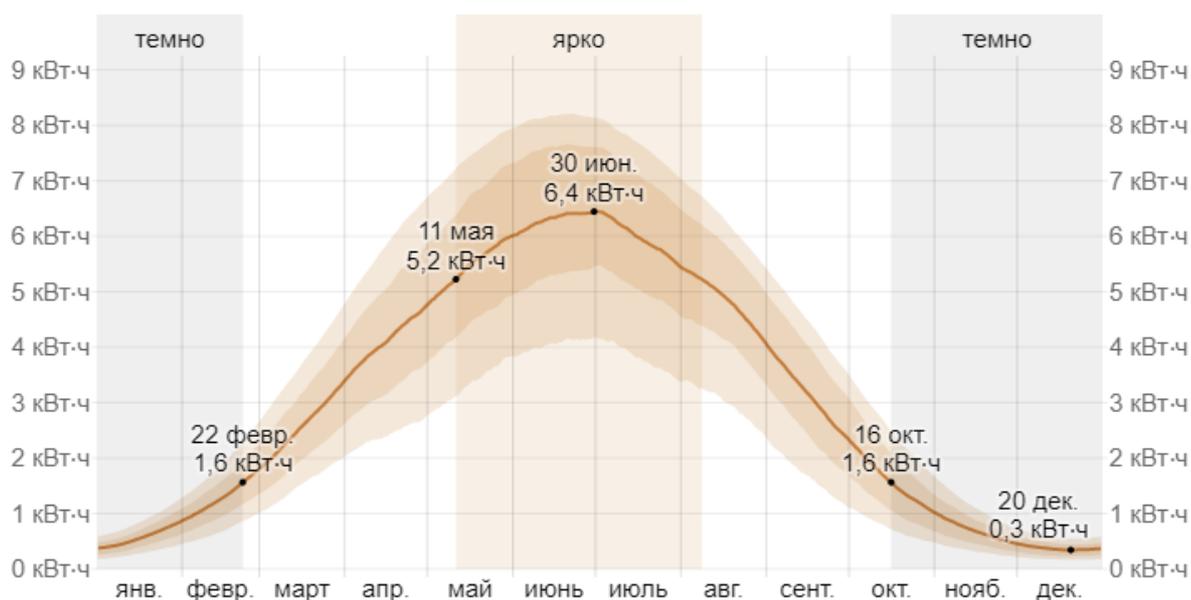


График 1.4 – Среднесуточная падающая коротковолновая солнечная энергия в Томске

1.2.5 Влажность

Обоснуем уровень комфорта влажности на точке росы, поскольку она определяет, будет ли с кожи испаряться пот, охлаждая тело, общий комфорт самочувствия. Более низкая точка росы создает ощущение сухости, а более высокая - влажности. В отличие от температуры, которая обычно значительно варьируется между днем и ночью, точка росы имеет тенденцию меняться медленнее, поэтому, хоть ночью температура может снижаться, сырой день обычно сменяется сырой ночью. Воспринимаемый уровень влажности в Томске, измеряемый как процент времени, в течение которого уровень влажностного комфорта характеризуется как сыро, душно или тяжело, существенно не меняется в течение года, все время оставаясь в пределах значений точки росы 4 % (график 1.5).

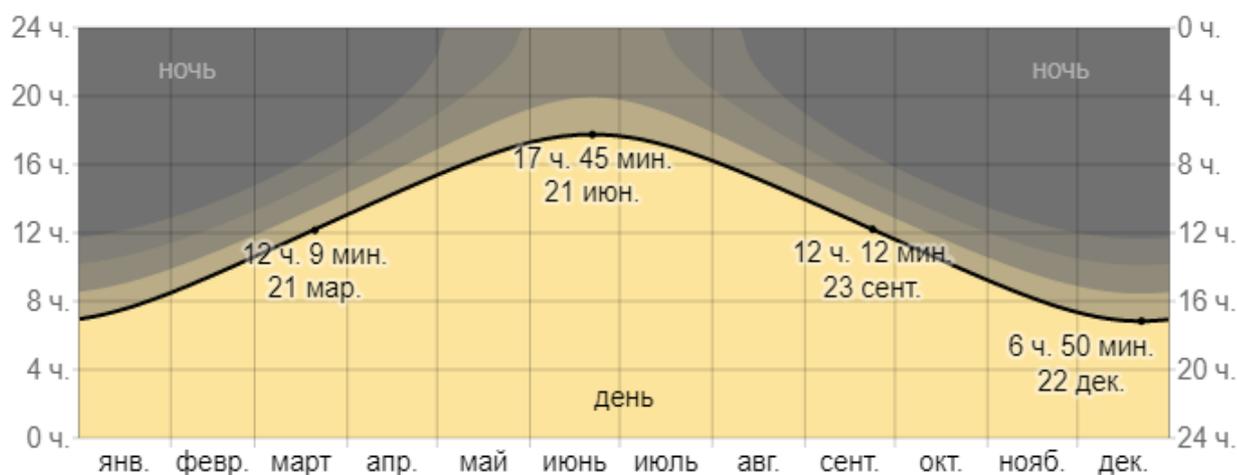


График 1.5 – Уровни влажностного комфорта в Томске

1.2.6 Направление и скорость ветра.

В этом разделе описывается средний почасовой вектор ветра (скорость и направление) на большой площади на высоте 10 метров над землей. Ветер, испытываемый в любом конкретном месте, в значительной степени зависит от местной топографии и других факторов, а мгновенная скорость и

направление ветра различаются в более широких пределах, чем среднечасовые значения. В Томске средняя почасовая скорость ветра испытывает значительные сезонные колебания в течение года.

Более ветреная часть года длится 7,4 месяца, с 9 октября по 20 мая, со средней скоростью ветра более 10,9 километра в час. Самый ветренный месяц в году в Томске - декабрь со среднечасовой скоростью ветра 13,7 километра в час. Более спокойное время года длится 4,6 месяца, с 20 мая по 9 октября. Самый спокойный месяц в году в Томск - июль со среднечасовой скоростью ветра 8,0 километра в час (график 1.6).

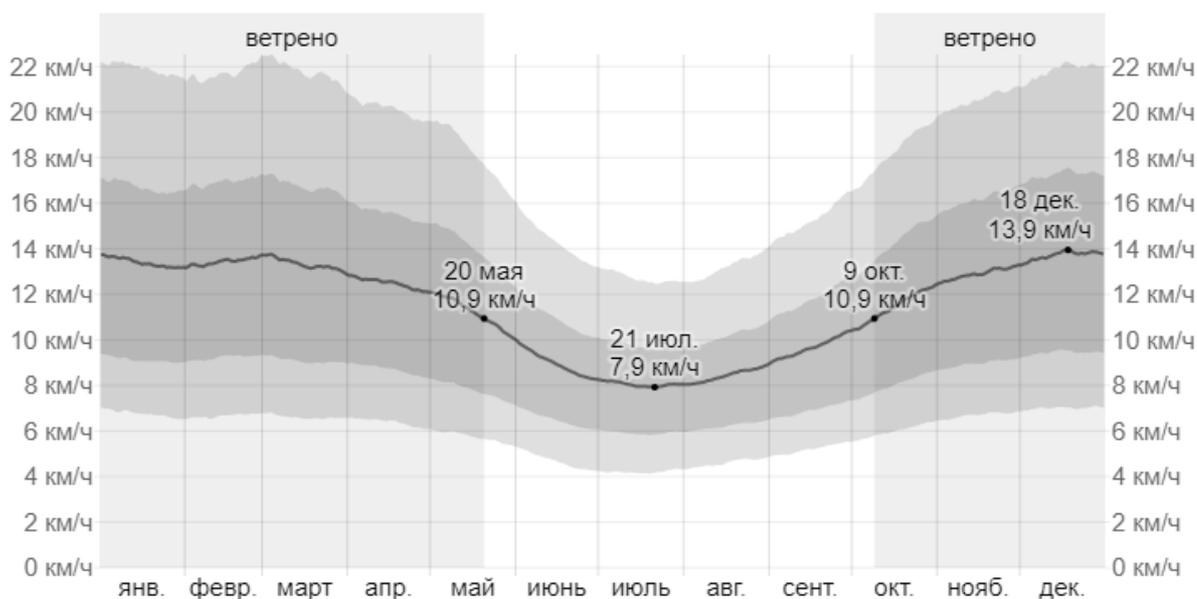


График 1.6 – Средняя скорость ветра в Томске

Ветер чаще всего имеет направление с запада 2,4 месяца, с 8 апреля по 20 июня; 2,3 недели, с 7 августа по 23 августа и 2,0 дня, с 10 сентября по 12 сентября, при этом максимальный процент 36 % приходится на 12 мая. Восточное направление наблюдается на протяжении 3,6 недели, с 3 июля по 28 июля, при этом максимальный процент 30 % приходится на 25 июля. Южное направление фиксируется на протяжении 2,6 недели, с 23 августа по

10 сентября и 6,9 месяца, с 12 сентября по 8 апреля, при этом максимальный процент 31% приходится на 9 сентября (график 1.7). [5].

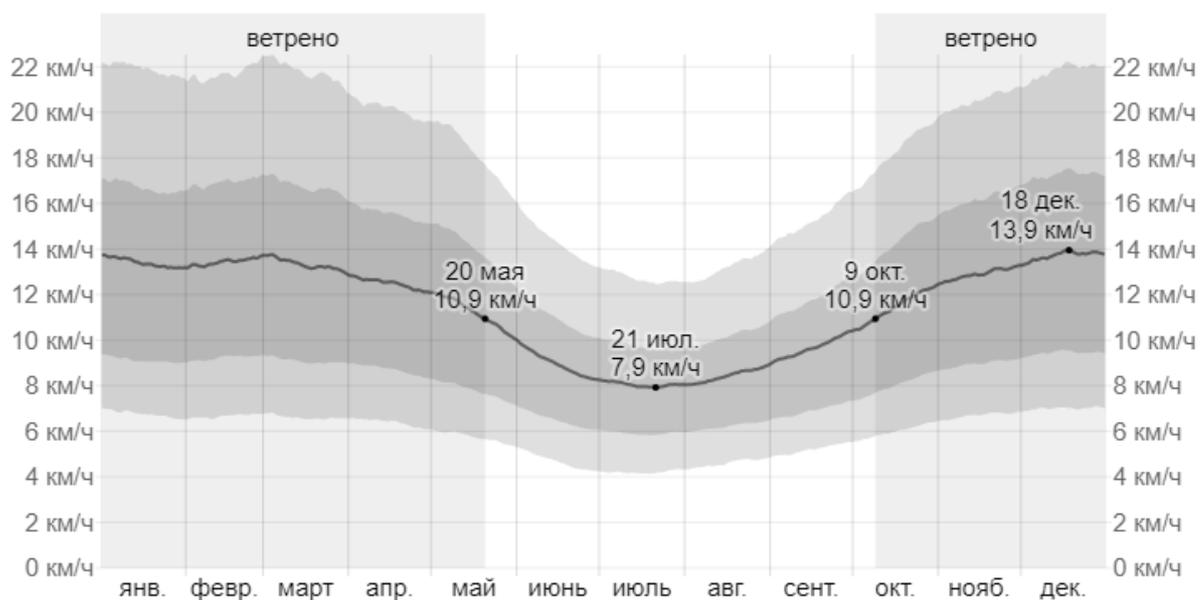


График 1.7 – Направление ветра в Томске

2. МЕТОДЫ ОЦЕНКИ МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКОГО РЕЖИМА АТМОСФЕРЫ.

2.1 Методы оценки теплового воздействия на атмосферу

Биосфера - постоянно меняющаяся и эволюционирующая часть нашей планеты. Она способна к саморегуляции и уничтожению негативных последствий каких либо катаклизмов. Биосфера - это глобальная целостная система, частью которой является человек. Существуют природные и антропогенные факторы влияния на биосферу. Биоклиматические показатели оцениваются состоянием здоровья человека, его тепловыми ощущениями, уровнем комфортности по величине параметров метеорологических характеристик и параметров электрического и электромагнитных полей, а также санитарно-гигиенической оценкой нахождения человека в естественных условиях и рекреации. Выделяются следующие биоклиматические ресурсы: – непосредственно климатические ресурсы; – санитарно-гигиенические климатические ресурсы для градостроительства; – физиолого-климатические ресурсы теплового состояния человека; – лечебно-профилактические климатические ресурсы для основных видов заболеваний (сердечно-сосудистых, органов дыхания и прочее). Для оценки теплового воздействия на биосферу используется большое количество (около 30) индексов [6].

2.1.1 Понятия климатические и метеорологические индексы

Для оценки влияния погоды на организм человека метеорологи вместе с медиками проводили натурные и в камерах искусственного климата эксперименты, позволяющие найти связь между параметрами организма человека и характеристиками состояния атмосферы, как в отдельности, так и

комплексом характеристик состояния атмосферы. Первое, что исследовали ученые, это тепловое воздействие атмосферы на тело человека. В результате, были получены биометеорологические и биоклиматические (рассчитанные по среднеклиматическим значениям метеорологических величин) параметры или индексы, так называемые эффективные температуры. Как известно, тепловое воздействие на человека оказывает не только температура, но и влажность воздуха, скорость ветра, атмосферные явления и изменчивость характеристик состояния атмосферы. Причем степень воздействия атмосферы на здоровье человека зависит от средних климатических характеристик региона, от особенностей изменчивости метеорологических величин в каждом регионе. С учетом этого, рассмотрим основные биометеорологические индексы, полученные биометеорологами в разных странах.

Все биометеорологические индексы можно разделить на группы:

- температурно-влажностные индексы или эффективные температуры
- температурно-ветровые (индексы холодного стресса)
- температурно- влажностно- ветровые (индексы теневых пространств)
- температурно-влажностно-ветровые (с учетом солнечной радиации)
- индексы патогенности и изменчивости климата
- индексы континентальности климата
- индексы, характеризующие состояние атмосферы

Рассмотрим эти индексы несколько подробнее:

2.1.2 Температурно-влажностные индексы

Влияние воздуха на тепловое состояние человека меняется в зависимости от температуры воздуха. При температуре воздуха ниже 10 С° сухой воздух кажется значительно теплее чем влажный, а при температуре выше 10 С° - наоборот. Таким образом, на тепловое ощущение человека влияет не только температура, но и влажность воздуха. При одной и той же температуре воздуха рост влажности воздуха приводит к усилению ощущения духоты в теплое время года, а при отрицательных температурах воздуха рост влажности приводит к усилению ощущения холода. При определенном сочетании температуры и влажности воздуха наступает состояние теплового равновесия между теплом, физиологическим и поступающим извне и теплом, затраченным на различные физиологические и теплофизические процессы (испарение с поверхности кожи, конвекцию и др.). В это время наступает состояние комфорта для тела человека. В таблице 1.1 представлены различные сочетания температуры и влажности воздуха, при котором человек ощущает комфортность в окружающем его воздухе [6].

Таблица 2 - Теплоощущения в неподвижном воздухе равные при сочетании температуры и относительной влажности воздуха.

T, °C	17,8	18,9	20,1	20,7	21,7	22,3	23,2
F, %	100	80	60	50	40	30	20

Эффективная температура (ЭТ) неподвижного воздуха, содержащего водяной пар, определяется по формуле А. Миссенарда:

$$ЭТ = t - 0,4(t - 10)\left(1 - \frac{f}{100}\right) \quad (1.1),$$

где t - температура сухого воздуха, $С^{\circ}$; f - относительная влажность воздуха, %.

Категории тепловых нагрузок оцениваются по значениям ЭТ для сезонов, приведенных в таблицах 2.1 и 2.2:

Таблица 2.1 Категории тепловых нагрузок по значениям ЭТ для теплого сезона

+ЭТ, °	более 30	30-24	24-18	18-12	12-6	6-0
Теплоощущение	Очень жарко	Жарко	Тепло	Умеренно тепло	Прохладно	Умеренно холодно
Нагрузка	Сильная	Умеренная	Комфортная	Комфортная	-	-

Таблица 2.2 Категории тепловых нагрузок по значениям ЭТ для холодного сезона

-ЭТ, °	от 0 до -12	от -12 до -24	от -24 до -30	Ниже - 30
теплоощущение	холодно	очень холодно	крайне холодно	крайне холодно
нагрузка	умеренная	сильная угроза обморожения	очень сильная	чрезвычайно высокая вероятность замерзания

Значения эффективной температуры (ЭТ) используются, в частности, для оценки категорий опасности при тепловом синдроме, предложенных Л. Беттеном в 1985 г. (таблица 2.3)

Таблица 2.3 Категории опасности при тепловом синдроме (Л. Беттен, 1985г.)

+ЭТ, °	Тепловой синдром и его следствия	Категория опасности
выше 54	непосредственная угроза теплового или солнечного удара	чрезвычайная опасность
54-40	вероятность солнечного удара, тепловых спазм или теплового истощения. Возможность теплового удара при длительном воздействии	опасность
40-32	возможность солнечного удара, тепловых спазм или теплового истощения при длительном воздействии и физической деятельности	чрезвычайная осторожность
32-27	возможность повышенной утомляемости при длительном воздействии и физической деятельности	осторожность

Температурно-влажностный индекс Тома, применяющийся в США и оценивающий теплоощущения в баллах, рассчитывается по формуле:

$$DI = 0,4(T_c + T_{cm}) + 15 \quad (1.2),$$

где T_c – температура сухого термометра, °С; T_{cm} – температура смоченного термометра, °С.

Нормальные теплоощущения, согласно которому, соответствуют $DI < DY \leq 70$, его рассчитывают (также в баллах) по формуле:

$$DY = 0,99 T + 0,36T_d + 41 \quad (1.3),$$

где T – температура воздуха, °C; T_d – температура точки росы, °C.

2.1.3 Температурно-ветровые индексы

Кроме того на теплоощущения человека влияет скорость и направление ветра. Для измерения жесткости погоды (одновременного воздействия и ветра, и мороза) Пол Сайпл [6] (головаина), исследователь Антарктиды, предложил «ветро- холодный индекс W (К)», определяемый по таблицам или номограмме, с использованием формулы:

$$W(K) = (\sqrt{100V} + 10.45V) * (33 - t) \quad (1.4),$$

где V – скорость ветра, м/с; t – температура воздуха, °C. Индекс « W » (ветро- холодный индекс Сайпла) позволяет оценить охлаждение организма человека под влиянием определенной скорости ветра при различных колебаниях температуры воздуха. Он применяется для оценки влияния отрицательной температуры воздуха и ветра ($V > 0$) на тепловое состояние человека. Индекс K характеризует охлаждение организма человека под влиянием скорости ветра V и температуры воздуха t и определяется по формуле:

$$K = (\sqrt{100V} + 10.45V) * (33 - t) \quad (1.5),$$

где V – скорость ветра, м/с; t – температура воздуха, °C. В зависимости от величины охлаждения K (ккал/м² ч) предложены следующие градации суровости зимы, указанные в таблице 2.4.

Таблица 2.4 – Шкала Сайпла для оценки суровости погоды

К	Степень суровости
<50	Жарко
До 1000	Очень холодно
До 2500	Невыносимо холодно

Одним из наиболее известных индексов, служащих для оценки суровости зимних условий, является индекс Бодмана (S), показывающий «жесткость» зимней погоды в условных единицах по шкале баллов «жесткости» (таблица 2.5). В основу расчетов было принято время, необходимое для охлаждения сосуда с водой, от температуры +30 °С до +20 °С. Баллы рассчитывались по формуле:

$$S = (1 - 0,04t)(1 + 0,272V) \quad (1.6)$$

где t – температура воздуха, °С; V – скорость ветра, м/с.

Таблица 2.5 - Шкала Бодмана для характеристики зимнего периода

Балл «суровости» S	Характеристика зимы
Менее 1	несуровая, мягкая
1 – 2	мало-суровая
2 – 3	умеренно – суровая
3 – 4	суровая
4 – 5	очень суровая
5 – 6	жестко суровая
Более 6	крайне суровая

Другим индексом, оценивающим влияние скорости ветра на теплоощущение, является T – коэффициент «жесткости погоды» по Арнольди. Это эмпирический показатель, в соответствии с которым увеличение скорости ветра на 1 м/с условно приравнивается к понижению температуры воздуха на 2°C и рассчитывается по формуле:

$$T = t - 2V \quad (1.7),$$

где t – температура воздуха, $^{\circ}\text{C}$; V – скорость ветра, м/с.

Степень функционального напряжения систем терморегуляции оценивается следующим образом:

- от 0° до -15° – напряжение аппарата терморегуляции слабое;
- от -16° до -29° – среднее;
- от -30° до -45° – сильное;
- от -45° и ниже – чрезмерное.

Индекс T не только отражает степень суровости зимних условий, но и позволяет определять потребности человека в одежде, обеспечивающей ему тепловой комфорт при работах на открытом воздухе.

H – индекс ветрового (сухого) охлаждения по Хиллу. Температура ветрового охлаждения – это мера относительного дискомфорта, вызванного в совокупности холодом и ветром. Она основывается на физиологических особенностях уровня потери тепла для различных комбинаций температур окружающей среды и скоростей ветра. При больших скоростях ветра эта температура ниже температуры воздуха и характеризует растущий холодовой стресс и дискомфорт, связанные с ветром. Для расчета данного индекса используются следующие формулы:

$$H=0,0817(3,71V^{0.5}+5,81-0,25V)(T-91,4)+91,4 \quad (1.8),$$

где H – индекс ветрового охлаждения; V – скорость ветра, миль/час;
 T – температура в градусах по Фаренгейту.

$$H=0,045(5,27V^{0.5}+10,45-0,28V)(T-33)+33 \quad (1.9),$$

где H – индекс ветрового охлаждения; V – скорость ветра, миль/час;
 T – температура в градусах Цельсия.

Осенью 2001 года Национальная погодная служба США и Канады заменила формулы новыми, основанными на последних научных изысканиях и экспериментах, проводимых на добровольцах:

$$H=35,74+0,6215T-35,75V^{0,16}+0,4275TV^{0,16} \quad (1.10),$$

где H – индекс ветрового охлаждения; V – скорость ветра, миль/час;
 T – температура в градусах Цельсия.

Теплоощущения по значениям H делятся на четыре группы:

- 0,35 – жарко;
- 0,6 – 0,9 – комфортно;
- более 1,7 – холодно;
- более 2,3 – экстремально холодно.

При значениях H более 0,7 Вт/м² возможны случаи обморожения.

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

А. Бартон и О. Эдхолм ввели понятие об «эквивалентно-штилевой температуре» (ЭШТ), характеризующей теплоощущения человека в

зависимости от скорости ветра, зависящей от величины общей теплоотдачи и теплоизоляции воздуха, рассчитываемой по формуле:

$$\text{ЭШТ} = t - n\Delta t, \quad (1.11),$$

где Δt – поправка к температуре воздуха при различных скоростях ветра; n – отношение теплопродукции в покое к теплопродукции при выполнении работ.

Эквивалентно-штилевая температура учитывает степень подвижности человека:

- $n = 1$ – соответствует состоянию покоя;
- $n = 2$ – состоянию выполнения легкой работы;
- $n = 3$ – работе средней тяжести;
- $n = 4$ – тяжелой работе.

2.1.4 Индексы патогенности и изменчивости климата

Индекс патогенности метеорологической ситуации I (по В.Г. Бокша):

$$I = 10^{(f-70)/20} + 0.2v^2 + 0.06n^2 + 0.06(\Delta p)^2 + 0.3(\Delta t)^2 + i(t) \quad (1.12)$$

где $i(t) = 0.02(18-t)^2$ при $t < 18^\circ\text{C}$,

$i(t) = 0.2(t - 18)^2$ при $t > 18^\circ\text{C}$,

n - облачность по гелиографу.

Индекс патогенности I используется для определения степени раздражающего действия погодных факторов. Оптимальные значения метеорологических величин, при которых возникает минимум

метеопатических реакций: $t = 180 \text{ C}$, $f = 50\%$, V , $n = 0$, $\Delta t = 0$. В таблице 2.6 приведены степени воздействия погоды на организм человека.

Таблица 2.6 - Классификация степени воздействия погоды на организм человека

I	Степень воздействия
0...9	Оптимальные (комфортные)
10...24	Раздражающие
>24	острые

С.С. Андреев предложил уточнить данную классификацию, введя дополнительные градации для раздражающих условий: слабо раздражающие, умеренно раздражающие и сильно раздражающие, указанных в таблице 2.7, что позволяет более подробно районировать территорию. Оценивая уровень раздражения человеческого организма по индексу патогенности, следует понимать, что суммарное значение данного индекса указывает только на степень раздражающего воздействия погодных факторов на организм, но, ни в коей мере, не на характер их изменений.

Таблица 2.7 - Классификация погодных условий (по С.С. Андрееву)

I	Погодные условия
0...9,9	Оптимальные (комфортные)
10...16	Слабо раздражающие
16,1...18	Умеренно раздражающие
18,1...24	Сильно раздражающие
Более 24	Острые

Для классификации климатов с точки зрения влияния атмосферы на здоровье человека необходимо выделить наиболее важные элементы климата и определить степень их значимости. Для биоклиматологии редкое сочетание

критических значений нескольких метеоэлементов может иметь большее значение, чем постоянно встречающиеся сочетания средних значений, поэтому вводится понятие погоды момента наблюдения, т.е. комплекс метеорологических величин, наблюдавшийся в данный момент времени. В классификации погоды момента (КПМ) все многообразие метеорологических условий объединено в типы и классы погоды. Каждый тип погоды определяется строго ограниченными интервалами температуры и влажности воздуха, скорости ветра (на высоте флюгера) и нижней облачности.

Различают классы погоды для теплого и холодного периода, указанные в таблицах 2.8 и 2.9.

Таблица 2.8 - Классификация погоды момента (теплый период)

Нижняя облачность, баллы	Влажность, %	Скорость ветра, м/с	Температура воздуха, С°							
			35,0	30,0 34,9	25,0 29,9	20,0 24,9	15,0 19,9	10,0 14,9	5,0 9,9	0,0 4,9
0-5	0-59	0-1	I	I	II	III	III	IV	V	VI
		2-3	I	I	II	III	IV	V	VI	VI
		4-7	I	II	III	IV	IV	V	VI	VI
		8-15	I	II	III	IV	V	V	VI	VI
	60-79	0-1	VII	I	II	II	III	IV	V	VI
		2-3	VII	I	II	III	IV	V	VI	VI
		4-7	VII	I	III	IV	V	VI	VI	VI
		8-15	VII	II	III	IV	V	VI	VI	VI
	>80	0-1	VII	VII	VII	VII	III	IV	V	VI
		2-3	VII	VII	VII	III	IV	V	VI	VI
		4-7	VII	VII	VII	IV	V	VI	VI	VI
		8-15	VII	VII	III	IV	V	VI	VI	VI
6-10	0-29	0-1	II	II	III	IV	IV	V	V	VI
		2-3	II	III	III	IV IV	V	V	VI	VI
		4-7	II	III	IV	V	V	VI	VI	VI
		8-15	II	III	IV		V	VI	VI	VI

	30-59	0-1	I	II	III	III	IV	V	V	VI
		2-3	I	II	III	IV	V	VI	VI	VI
		4-7	II	III	IV	IV	V	VI	VI	VI
		8-15	II	III	IV	V	V	VI	VI	VI
	60-79	0-1	VII	III	II	III	IV	V	V	VI
		2-3	VII	III	III	IV	V	VI	VI	VI
		4-7	VII	III	III	IV	V	VI	VI	VI
		8-15	VII	III	IV	V	VI	VI	VI	VI
	>80	0-1	VI	VII	VII	III	IV	V	V	VI
		2-3	VI	VII	III	IV	V	VI	VI	VI
		4-7	VI	II	III	IV	V	VI	VI	VI
		8-15	VI	II	III	IV	V	VI	VI	VI

Примечание. При скорости ветра > 15 м/с и при любой положительной температуре воздуха все типы погоды относятся к XII классу.

Таблица 2.9 - Классификация погоды момента (холодный период)

Скорость ветра м/с	Температура воздуха, °С									
	-0,1	-5,0	-10,0	-15,0	-20,0	-25,0	-30,0	-35,0	-40,0	-45,0
0-1	VIII	IX	IX	X	X	X	XI	XI	XI	XII
2-3	IX	IX	X	X	X	XI	XI	XI	XII	XII
4-7	IX	X	X	X	XI	XI	XI	XII	XII	XII
8-15	X	X	X	XI	XI	XI	XII	XII	XII	XII

Примечание. Влияние облачности, относительной влажности и ветра не учитывается при отрицательной температуре воздуха и скорости ветра > 15 м/с, а также при температуре воздуха ниже -50 °С все типы погоды относятся к XII классу. При положительной температуре воздуха каждому КПМ соответствует определенная величина дефицита или избытка тепла в организме незащищенного одеждой, находящегося в покое человека

(таблицы 2.10 и 2.11). При этом интенсивность дефицита (избытка) тепла рассчитывалась по уравнению баланса человека, в зависимости от температуры, влажности воздуха и скорости ветра. А при расчете теплового баланса в ясные дни с мая по сентябрь в околополуденное время учитывалась также интенсивность суммарной солнечной радиации.

Таблица 2.10 - Характеристика классов погоды момента в теплое время года

КПМ	Q, кВт/ м ²	С, КЛО	СНСТ	Климатотерапия	Преобладающее теплоощущение
I	≥0,07	Дискомфорт в любой одежде	Сильное	Ограничена	Жарко и сухо, влажность 0 - 59 %
II	0,06 -0,03	0,0 - 0,1	Слабое и среднее	При строгом контроле	Тепло
III	-0,04 -0,21	0,1 - 0,9	Минимальное	Без ограничения	Комфортно
IV	-0,22 -0,45	1,0 - 1,9	Среднее	В сочетании с физическими упражнениями	Прохладно
V	-0,46 -0,68	2,0 - 2,9	Сильное	Длительное пребывание на воздухе	Холодно
VI	-0,69 -0,77	3,0 - 3,9	Сильное	В соответствующей одежде; подвижные виды климатолечения	Резко холодно
VII	≥0,07	Дискомфорт в любой одежде	Чрезмерное	Исключена	Жарко и влажно, влажность ≥80%
XIII	Пребывание человека на открытом воздухе исключается				

Примечание: Q - градации дефицита или избытка тепла в организме человека (сальдо); С - теплоизоляция одежды, обеспечивающая тепловой комфорт человеку в покое; СНСТ – степень напряжения систем терморегуляции: I, II, VII; КПМ – класс погоды момента.

Таблица 2.11 - Характеристика классов погоды момента в холодное время года

Показатель	Класс погоды момента				
	VIII	IX	X	XI	XII
Суровость	мягкая	умеренно суровая	суровая	очень суровая	крайне суровая
Т _у	0 -4,9	-5 -14,9	-15 -29,9	-30 -44,9	ниже -45
С	4 4,5	4,6 7,5	6 7,5	7,6 9	Комфорт в помещении
СНСТ	Слабое	Слабое	Среднее	Сильное	Чрезмерное
Климатотерапия	Длительное пребывание на воздухе, прогулки, дозированная ходьба, сон на веранде в специальной одежде, зимний спорт		Прогулки, дозированная ходьба, зимний спорт	Исключена	
Работа на открытом воздухе	Ведется без ограничения			Перерывы в работе через каждые 50 минут для обогрева	Не ведутся за исключением аварийных

При отрицательной температуре воздуха каждому КПМ соответствует определенная величина условной температуры воздуха (таблицы 2.10 и 2.11), характеризующая степень суровости погоды и возможность пребывания человека на открытом воздухе. Последняя определяется как сумма температуры воздуха и поправки на понижение температуры в зависимости

от скорости ветра. При этом каждый метр скорости ветра приравнивается к понижению температуры на 2 °С. Практическая ценность этого показателя определяется тем, что выносливость человека в условиях холода в основном определяется теми частями тела, которые обычно не защищены. Классификация погоды позволяет раскрыть метеорологическую структуру, обуславливающую КПМ. Это позволяет оценить механизм терморегуляции. Например, комфортная погода (III класс) может быть при температуре воздуха 25 – 30 °С, ветре 4 – 7 м/с и влажности до 20 %, но она возможна и при температуре воздуха 15 – 20 °С, ветре 0 – 1 м/с и влажности 30 – 59%. В первом случае комфортное тепловое состояние человека в основном поддерживается за счет охлаждения человека в результате испарения пота с поверхности тела, а во втором - за счет теплопотерь конвекцией и длинноволновым излучением. При этом, как считают физиологи, теплопотери путем испарения более тягостны, чем конвекцией и излучением. Эти различия в механизме терморегуляции следует учитывать при разработке проблем адаптации (приспособления) и при разработке мероприятий, направленных на сохранение здоровья человека. Индекс изменчивости погоды К (по В.И. Русанову) является комплексным метеорологическим показателем, отражающим влияние погоды на организм больного человека, и вычисляется по формуле:

$$K = 100 \frac{M}{N} \quad (1.13),$$

где М – число контрастных смен периодов с однотипной погодой; N – число дней в рассматриваемом периоде.

Тип погоды определяется строго ограниченными интервалами температуры, влажности воздуха, скорости ветра, облачности - показателя радиационного режима атмосферы (таблицы 2.8 и 2.9). Классы изменчивости погоды приведены в таблице 2.12.

Индекс изменчивости погоды позволяет оценить уровень неперiodических, контрастных изменений погоды в различные сезоны (месяцы) года. По данным проведенных исследований, индекс К отражает частоту появления патологических реакций у больных.

Таблица 2.12 – Классификация изменчивости погодного режима

К, %	Степень изменчивости погоды
<25	Очень устойчива
25-34	Устойчивая
35-50	Изменчивая
>50	Сильно изменчивая

2.1.5 Индексы континентальности климата

Влияние метеорологического режима атмосферы на теплоощущения человека зависят от степени континентальности района проживания. Для подробного изучения континентальности климата были предложены индексы. Индексом континентальности называют числовую характеристику климата, указывающую степень его континентальности. Все они основаны на учёте годовой амплитуды температуры, функцией которой и является индекс континентальности климата. Для этого был предложен ряд способов, с помощью которых получают различные показатели континентальности климата в зависимости от географической широты места и годовой амплитуды температуры. Особенно известен показатель Л. Горчинского:

$$R_{Гр} = 1,7A/\sin \varphi - 20,4 \quad (1.14),$$

где А - годовая амплитуда температуры; φ – географическая широта места.

Значения индекса континентальности по Горчинскому выражаются двузначными числами, возрастающими с увеличением континентальности. Они могут изменяться от нуля до бесконечности. Несколько измененный индекс континентальности предложен С. П. Хромовым:

$$K = (A - 5,4 \sin \varphi) / A \quad (1.15),$$

где K - индекс континентальности; A - годовая амплитуда температуры воздуха, °C; $5,4 \sin \varphi$ – величина амплитуды температуры на данной широте.

Этот индекс континентальности говорит о том, какая доля годовой амплитуды температуры воздуха в данном месте создается за счет наличия суши на Земном шаре, а также каков континентальный вклад в годовую амплитуду температуры. В каждой группе индексы расставлены в порядке применимости и информативности.

2.1.6 Индексы, характеризующие состояние атмосферы

В антропогенной атмосфере на уровень комфортности воздуха для проживающих в каждом регионе влияют не только метеорологические величины, но и степень загрязнения атмосферы. Поэтому в этом случае к индексу, оценивающему тепловое воздействие атмосферы, прибавляют индекс, характеризующий степень загрязнения атмосферы. К таким индексам относятся следующие:

I_i (ИЗА) – суммарный индекс загрязнения атмосферы

$$I_i = \sum_{i=1}^I \left(\frac{\bar{q}}{ПДК_{CC}} \right)_i^{C_i} \quad (1.16),$$

где \bar{q} – осредненная по времени (месяц, год) концентрация i - той примеси, рассчитанная для поста, города, региона; C_i – безразмерная константа, позволяющая привести степень вредности i - того вещества к вредности диоксида серы SO_2 ; ПДК_{СС} – предельная концентрация i - того вещества.

ПЗА – потенциал загрязнения атмосферы, под которым понимают сочетание метеорологических факторов, обуславливающих уровень загрязнения атмосферы.

В числовом выражении ПЗА (Π) показывает во сколько раз средний уровень загрязнения атмосферы в конкретном районе (\bar{q}_i), определяющийся реальной повторяемостью метеорологических условий, способствующих накоплению вредных примесей, будет выше, чем в условном (\bar{q}_o):

$$\Pi = \bar{q}_i / \bar{q}_o \quad (1.17),$$

КМ – климатический потенциал самоочищения атмосферы, используется для климатической оценки комплекса метеорологических условий, характерных конкретной местности, способствующих накоплению либо рассеиванию примесей и выбросов в атмосфере. Этот показатель рассчитывается по формуле:

$$K_M = \frac{(D_i - D_v)}{(P_\emptyset - P_\dot{o})} \quad (1.18),$$

где P_\emptyset – число дней с осадками $\geq 0,5$ мм; D_v – число дней со скоростью ветра ≥ 6 м/с; $P_\text{ш}$ – число дней со штилем, скорость ветра $V = 0 - 1$ м/с; D_i – число дней с туманами;

При $K_M \gg 1$ плохие условия для рассеивания примесей в атмосфере, потенциал – низкий. При K_M от 1 до 0,6 повторяемость процессов в атмосфере, способствующих самоочищению преобладает, потенциал –

средний. При $K_m < 0,6$ – повторяемость процессов в атмосфере, способствующих самоочищению значительно преобладает, потенциал – высокий.

3. КЛИМАТ РЕГИОНА.

3.1 Климатический режим атмосферы Томской области

Климат Томской области характеризуется как континентальный с тёплым летом и холодной зимой, равномерным увлажнением, довольно резкими изменениями элементов погоды в сравнительно короткие периоды времени (за несколько дней или даже часов). Местный климат, проявляется в виде многолетних средних состояний погоды, зависит от сложной циркуляции воздушных масс над Западно-Сибирской низменностью.

Поверхность и открытость территории Томской области со всех сторон, кроме юго-востока, облегчает проникновение сюда воздушных масс Арктики, Атлантики и Средней Азии. Поэтому в циркуляционных процессах над Западной Сибирью во все времена года участвуют арктические и умеренные воздушные массы, а летом также и тропические. Воздушные массы переносятся в системе циклонов и антициклонов, что приводит к неустойчивости погоды в пределах области и значительным колебаниям её от года к году [7]. Вторая причина большой изменчивости погоды – положение области в центре Евразийского континента, где сказывается влияние на климат как континента, так и океана. Зимой в Восточной Сибири преобладает антициклональный режим погоды, в то время как на Европейской части территории отмечается частое прохождение циклонов и вынос теплых морских воздушных масс с Атлантического океана. Увлажнение области в большой степени зависит от влаги, приносимой с Атлантики. Не в меньшей мере сказывается и влияние континента, выраженное в большой повторяемости антициклональной погоды, особенно на юге области.

Защищенность Западно-Сибирской равнины с запада и востока горными поднятиями и отсутствие защищенности с севера и юга способствуют «глубокому» проникновению циклонов арктического фронта (ныряние циклонов), слияние их с циклонами полярного фронта. Это создает условия для формирования контрастных высотных фронтальных зон (ВФЗ), а следовательно, и для интенсивного развития атмосферных процессов, с преобладанием меридиональных форм циркуляции. Последние вызывают особенно резкие повышения или понижения температуры воздуха.

Влияние Оби сказывается на увеличении скорости ветра в ее долине, некотором отепляющем воздействии, особенно в переходные сезоны, что обуславливает увеличение продолжительности безморозного периода. Огромная водная поверхность Оби летом способствует размываанию восходящих токов, поэтому количество осадков в долине несколько уменьшено по сравнению с окружающей территорией. Особенности формирования климата области в большой степени зависят от взаимодействия основных климатообразующих процессов: солнечной радиации и циркуляции атмосферы.

3.1.2 Радиационные факторы климата.

Солнечная радиация является основным источником энергии, определяющим развитие почти всех процессов в атмосфере Земли. Количество приходящей к Земле солнечной радиации обусловлено широтой места, высотой солнца, облачностью и прозрачностью атмосферы. От количества поступающей солнечной радиации зависят многие погодообразующие процессы, в первую очередь циркуляция атмосферы.

Продолжительность дня и высота солнца над горизонтом обуславливают годовое распределение суммарной солнечной радиации. В декабре, когда эти показатели минимальны, отмечается незначительный

приток солнечной радиации: 0,6 ккал/см²— в Александровске (на севере области) и 1,2 ккал/см² — в Томске. Характерно, что количество ее на юге области в 2 раза больше, чем на севере. Наиболее интенсивный прирост солнечной , радиации отмечается от февраля к марту и от марта к апрелю. А изменчивость ее по территории становится меньше. Так, в апреле суммарная радиация в Александровском составляет 10,6 ккал/см², а в Томске — 11,0 ккал/см². Своего максимума суммарная солнечная радиация достигает в июне и составляет 14,8 ккал/см² как в Александровском, так и в Томске. Июльские суммы солнечной радиации мало отличаются от июньских. Всего за три летних месяца (июнь-август) поступает 41-46% всей суммарной радиации. Наиболее интенсивный спад в поступлении солнечной радиации отмечается от июля к августу и от августа к сентябрю. С ноября устанавливаются наиболее существенные территориальные различия в количестве поступающей солнечной радиации.

Облачность сильно влияет на приток солнечной радиации. Она уменьшает количество суммарной солнечной радиации на 34-33% на севере и на 31% на юге области Суммарная солнечная радиация за год составляет 83 ккал/см² в Александровском и 93 ккал/см² в Томске (66-69% от возможной при ясном небе).

В связи с большой повторяемостью пасмурных дней возрастает доля рассеянной радиации в суммарной (за год доля рассеянной радиации составляет 49-52%), Особенно велика роль рассеянной радиации в зимние месяцы (с октября по февраль). Так, в декабре в Александровском 83% суммарной радиации составляет рассеянная, а в Томске - 76% соответственно. В отдельные годы соотношение прямой и рассеянной радиации, а также общий приход суммарной радиации могут испытывать существенные отклонения от приведенных выше средних величин в зависимости от облачности. В такие годы происходит «смещение»

наибольших месячных сумм прямой и суммарной радиации с июня на июль, а иногда на май.

Повсеместно число часов солнечного сияния в области больше, чем на тех же широтах Европейской территории, что связано с меньшим количеством пасмурных дней в области. Ниже сравним годовое число часов солнечного сияния в Александровском (Томская область) и Санкт-Петербурге, Томске и Москве (расположены примерно на одних широтах). Разность составляет порядка 136-137 часов в пользу сибирского региона (Таблица 3).

Таблица 3 – сравнительные значения годового числа часов солнечного сияния в выбранных пунктах

Город	Число часов
Томск	1733
Александровское	1700
Москва	1597
Санкт-Петербург	1563

В годовом ходе наибольшее число часов солнечного сияния отмечается в июне - июле, оно более чем в 10 раз превышает таковое в декабре (когда отмечается минимум) и составляет на севере области 283-293 ч, на юго-востоке — 234-276 ч.

3.1.3 Отражательная способность – альbedo.

Альbedo — определяется свойствами подстилающей поверхности и изменяется в зависимости от времени года, широты и характера местности. Наибольшие различия в величине альbedo проявляются по временам года. Больше всего отражает солнечной радиации свежесвыпавший белый снег.

Поскольку в Томской области зимой повсеместно устанавливается устойчивый снежный покров, он обуславливает высокое альbedo: в декабре - феврале в Александровском и Колпашеве альbedo больше 80% , а в ноябре - больше 70%. В условиях Томска (грязный снег), альbedo в эти месяцы несколько меньше и составляет соответственно 76-77 и 66%.

Таким образом, снег, являясь продуктом климата, сам влияет на формирование его; создавая большое альbedo, он отражает обратно в мировое пространство большую часть приходящей к его поверхности солнечной радиации.

3.1.4 Термический режим

Температура воздуха является одним из важнейших элементов климата. Она обуславливает тепловые различия воздушных масс и связанные с ними воздушные течения, формирование облачности и осадков. От температуры воздуха зависят многие аспекты народнохозяйственной деятельности и здоровье человека. Средняя годовая температура на территории области отрицательна и изменяется от - 3 °С на северо-востоке до - 0,6°С на юге (рис, 3.1.4), что на 4- 5°С ниже, чем в тех же широтах Европейской территории.

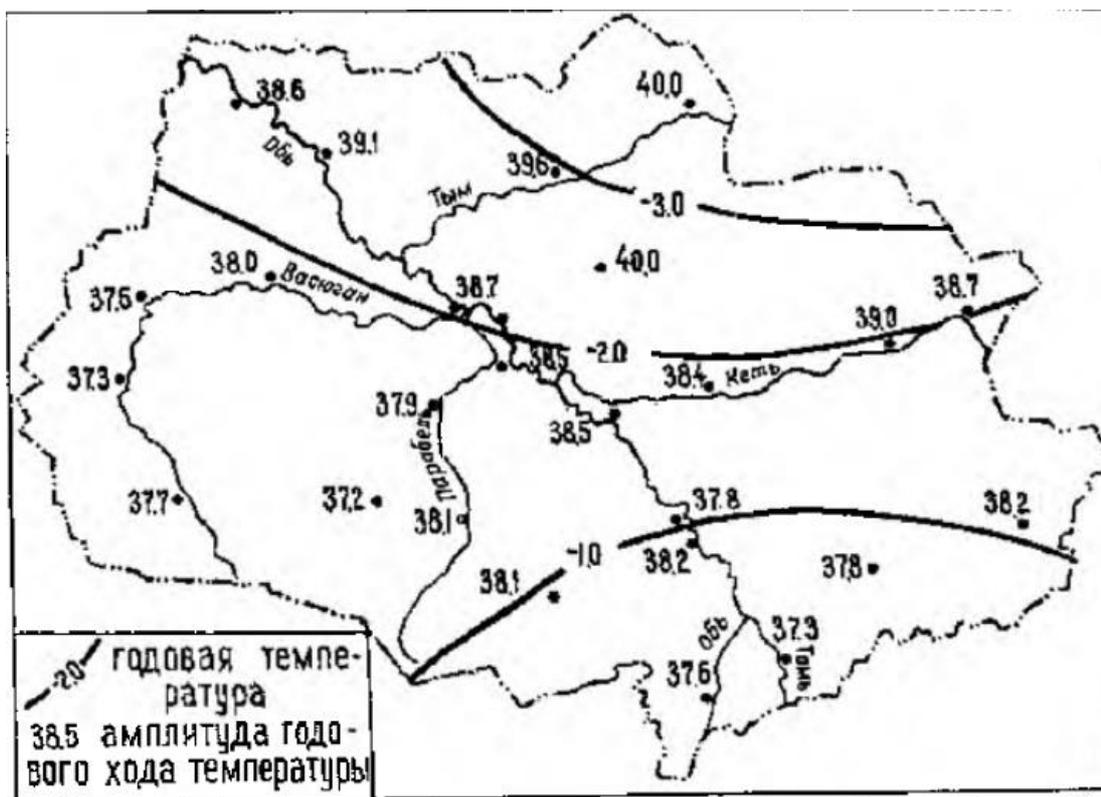


Рисунок 3.1.4 - Амплитуда годового хода температуры воздуха и средняя годовая температура.

В Томске, например, средняя годовая температура на $5,2\text{ }^{\circ}\text{C}$ ниже, чем в Москве. В отдельные годы средняя годовая температура может изменяться в больших пределах. Так, в Томске среднее квадратическое отклонение годовой температуры составляет $0,9\text{ }^{\circ}\text{C}$. Это означает, что примерно в 67% случаев средняя годовая температура в Томске будет лежать в пределах ($-0,6 \pm 0,9^{\circ}$) или изменяться от $-1,5$ до $+0,3^{\circ}$. Самая высокая средняя годовая температура в Томске отмечалась в 1932 и 1962 гг. и составила $1,6^{\circ}\text{C}$ а самая низкая ($-3,0\text{ }^{\circ}\text{C}$) - в 1841 и 1890 гг.

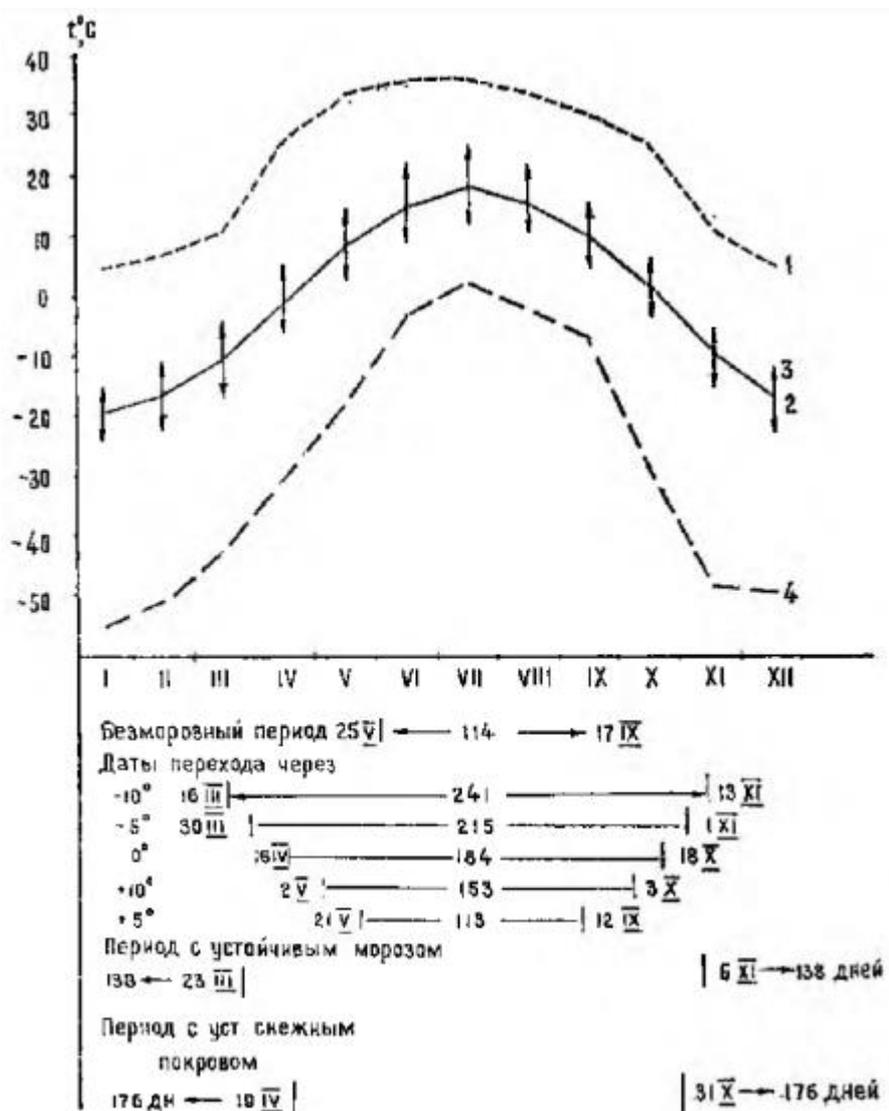


Рисунок 2 – Комплексный график температурного режима Томска:

- 1 – абсолютный максимум, 2 – средняя месячная температура воздуха, 3 – средние максимум и минимум температуры воздуха, 4 – абсолютный минимум.

В условиях континентального климата области хорошо выражен годовой ход температуры воздуха. Количественной оценкой годового хода является амплитуда, выражающая разность между самой высокой и самой низкой средней месячной температурой воздуха. На территории области амплитуда годового хода температуры воздуха растет с юга и юго-запада на северо-восток от 37,3 до 40°C. В этом же направлении увеличивается континентальность климата. Характерно, что и Московской, Ярославской,

Ленинградской областях в этих же широтах амплитуда годового хода не превышает 25-29°C, а в Якутии и возрастает до 50-59°C. Максимум температуры воздуха приходится на июль, а минимум на январь (рис. 2). Однако, январь не всегда является самым холодным месяцем, в Томске, например, всего в 51% случаев. Самыми теплыми зимой чаще всего бывают ноябрь и март, крайне редко (в 2% случаев) — декабрь и февраль.

На рис. 3 представлено распределение температуры воздуха по области в самый теплый и самый холодный месяцы. В июле температурные различия на территории невелики: от 16,8-17,0°C на северо-востоке области и заболоченных западных районах до 18,0-18,2°C на юго-востоке. При таких средних днем в июле температура повышается до 22-24°C (средний максимум), а ночью понижается до 10-13°C (средний минимум на рис. 2). В отдельные дни может отмечаться очень высокая температура воздуха (абсолютный максимум до 36-38°C повсеместно).

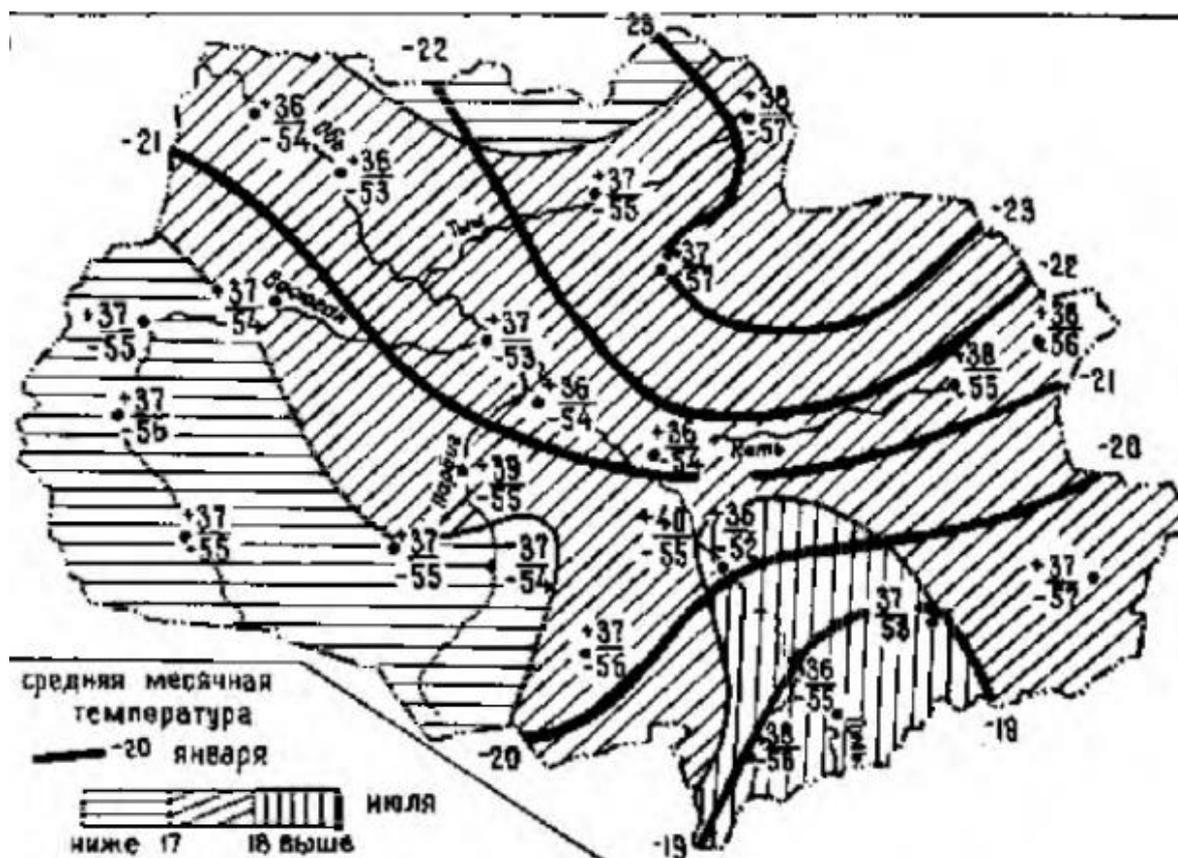


Рисунок 3 – Средние месячные и экстремальные температуры воздуха: +37°C – абсолютный максимум, - 54°C - абсолютный минимум.

3.1.5 Режим ветра

В связи с особенностями атмосферной циркуляции на юго-востоке Западной Сибири преобладают юго-западные — южные ветры, Однако повторяемость направлений ветра изменяется в разное время года и под влиянием местных условий. На рис. 4 представлены розы ветров для зимнего и летнего месяцев. На всех станциях они различны для зимы и лета.



Рисунок 4 – повторяемость направлений ветра и штилей (%): - повторяемость направлений ветра в январе, ----- повторяемость направления ветра в июле. Повторяемость штилей: числитель – январь, знаменатель – июль.

Большое значение для характеристики ветрового режима имеет скорость ветра. Слабый ветер препятствует обменным движениям в приземном слое атмосферы, способствует накоплению вредных примесей, загрязнению воздуха. Сильные ветры, напротив, хорошо проветривают территорию, но создают дополнительные динамические нагрузки на здания и сооружения. Скорость ветра более 15 м/с считается опасным явлением погоды и специально учитывается в различных отраслях народного хозяйства.

Средние годовые скорости ветра меньше 3 м/с отмечается на северо-востоке и западе области, самые большие (4 м/с) в долине Оби и Томи. В долинах крупных притоков Оби (Васюган, Кеть, Чулым) в зависимости от защищенности станций средние годовые скорости ветра изменяются от 2,5 до 4 м/с.

В годовом ходе первый максимум скорости наблюдается в мае, второй - в октябре. Только в Томске самая большая скорость ветра отмечается в марте и декабре. Средние скорости ветра в период максимума изменяются от 2,6-3,2 м/с в восточных и западных лесных районах до 4,4- 5,1 м/с в долинах крупных рек [8].

Увеличение скорости ветра при отрицательных температурах воздуха усиливает суровость климата области. При относительно небольших средних скоростях ветра зимой в долине Оби в три центральных месяца зимы более чем в 20% случаев наблюдаются скорости ветра больше 6 м/с, а в Томске такие скорости зимой возможны в 30-36% случаев. Только на защищенных таежных станциях области (Напас) повторяемость таких скоростей ветра снижается до 8-10% (Таблица 3.1).

Таблица 3.1 - Повторяемость (%) скорости ветра при температуре воздуха ниже -20 °С за сезон

Станция	Скорость ветра м/с			
	0-3	4-7	8-11	12
Александровское	67	28	4	1
Усть-Озерное	88	11	0,8	0,2
Пудино	84	15	0,8	0,2
Томск	65	26	6	3

3.2 Биометеорологический режим атмосферы

Наиболее существенным погодным фактором, влияющим на самочувствие и объективные показатели здоровья человека, является атмосферное давление, т.е. гидростатическое давление на земную поверхность столба воздуха, измеряемое в миллиметрах ртутного столба, мм.рт.ст. или в гектопаскалях (гПа) в системе СИ. Нормальными считаются давление в 760 мм рт.ст. на уровне моря и его колебания в диапазоне 680–810 мм рт.ст. При подъеме на высоту и повышении температуры воздуха давление падает, а снижение температуры сопровождается ростом атмосферного давления. Колебание атмосферного давления на земной поверхности влияет на перемещение воздушных масс, изменение скорости и направление ветра, формирование областей высокого давления (антициклонов) и возникновение огромных вихрей (циклонов) с пониженным атмосферным давлением. Слабым изменением атмосферного давления считается его повышение или понижение в диапазоне 5 мбар, умеренным — 6-10 мбар, резким — более 10 мбар. Направление и скорость ветра выше 0,6 м/с вызываются неравномерным распределением атмосферного давления, и вследствие этого происходит перемещение воздушных потоков от области с

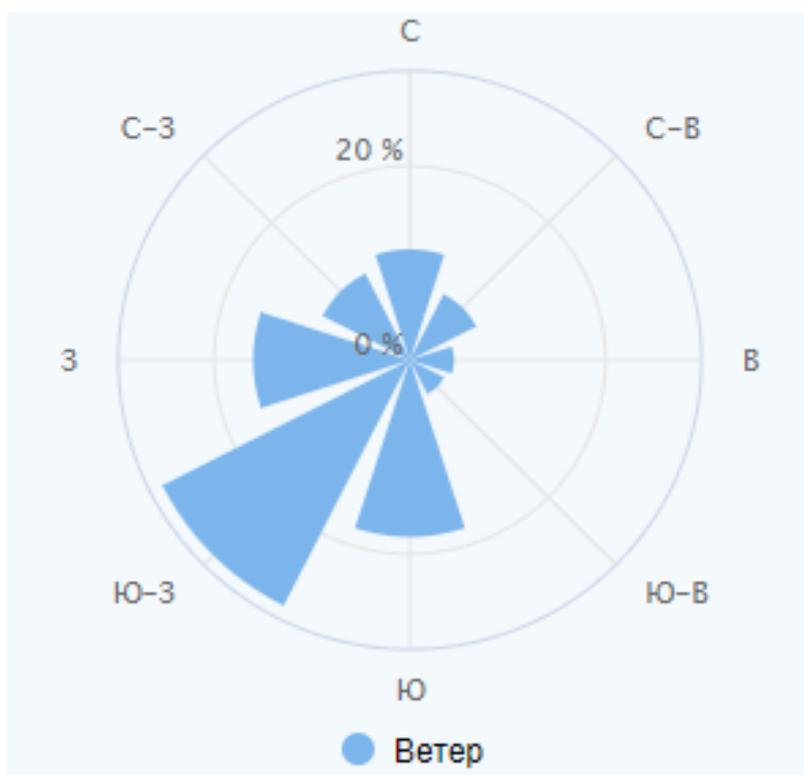
высоким давлением к областям низкого давления. Непрерывные изменения атмосферного давления вызывают постоянные колебания скорости и направления ветра. Сильные ветры могут достигать скорости более 20 м/с (шквалы, смерчи, ураганы). Для больных с артериальной гипертензией устойчивый период характеризуется перепадами температуры воздуха в пределах менее 2%, относительной влажности — не более 10 %, скорости ветра — менее 5 м/с и атмосферного давления — менее 5 мбар.

График 3.2 - среднее атмосферное давление в Томске по годам (выборка за 30 лет с 1990 по 2020 годы)



При изменении скорости и направления ветра метеозависимые люди ощущают дискомфорт в самочувствии и у них могут отмечаться резкие колебания артериального давления (График 3.2). Особо неблагоприятным является сочетание сильного ветра и низкой температуры воздуха. У больных с артериальной гипертензией в этих условиях могут возникать гипертонические кризы, зависящие от стадии заболевания, возраста и степени истощения адаптационных резервов организма.

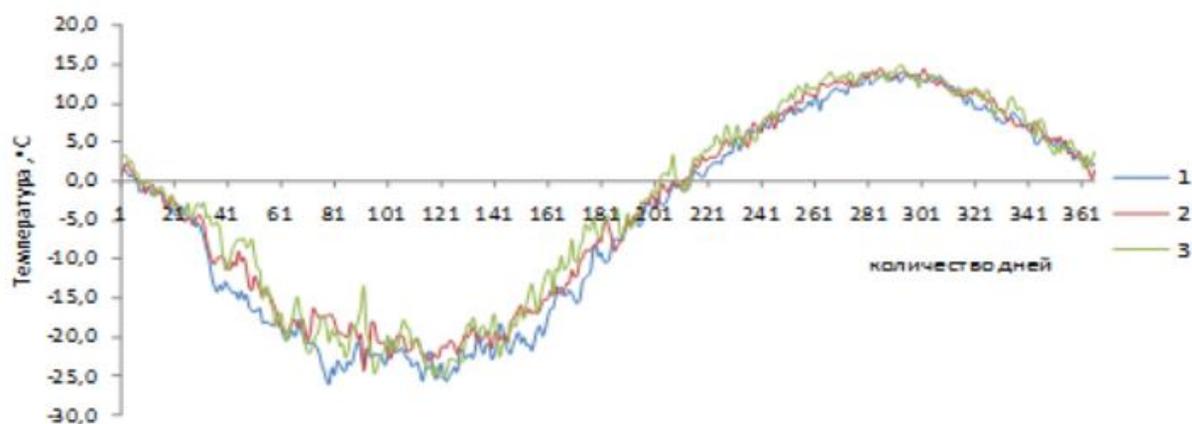
График 3.3 – Роза ветров в городе Томск с усредненными значениями за 30 лет наблюдения с 1990 по 2020 годы.



Для более детальной оценки внутригодовой динамики температуры воздуха были рассчитаны средние многолетние суточные значения среднесуточных, минимальных, максимальных температур воздуха за сравниваемые периоды по данным метеостанции Томск и построены графики их хронологического хода (График 3.4). Следует отметить, что подобные графики суточного разрешения имеют еще и прогностическое значение, так как на них видны периоды, в которые из года в год отмечаются повышения или понижения температуры воздуха, обусловленные устойчиво повторяющимися во времени циркуляционными процессами.

График 3.4 – Хронологический ход средней многолетней суточной амплитуды колебания температуры воздуха в Томске.

Период: 1 – с 1990 по 2000 г., 2 – 2001-2010 г., 3 – 2011-2020 г.



Анализ межгодовой и внутригодовой динамики термического режима на ст. Томск, а также средних многолетних среднесуточных показателей температуры воздуха показал, что в подтайге юго-восточной части ЗСР наблюдается изменение климата в сторону потепления.

Томск расположен в чувствительной к изменениям климата пограничной зоне подтайги между двумя ландшафтными провинциями (таежной и лесостепной), и результаты последнего (потепления климата) здесь прослеживаются в увеличении видового разнообразия биоты, в активизации опасных экзогенных процессов и метеорологических явлений, в большей комфортности зимних условий и многом другом.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

При выполнении работы:

Для получения результатов исследования были использованы архивные данные метеорологические параметров с сайта www.rp5.ru. Построены и проанализированы необходимые графики, а так же таблицы с выборкой за последние 30 лет, для удобства был взят интервал с 1990 по 2020 годы.

Выводы:

Низкие температуры затрудняют, а иногда делают невозможными работы на открытом воздухе, причиняют ущерб различным отраслям народного хозяйства, а поэтому требуют специального учета. В этом отношении очень важно знать продолжительность периода с низкими температурами воздуха. Число дней с температурой воздуха ниже -30°C на территории области изменяется от 14-18 дней за зиму на севере, до 8-13 на юге, с температурой -40°C в среднем бывает 1,5 - 3 дня в году, такие морозы возможны 2 раза в 10 лет.

Большая изменчивость температуры воздуха зимой — отличительная черта климата Западной Сибири. Максимальная межсуточная изменчивость температуры воздуха отмечается в декабре (в среднем $4,9-5,6^{\circ}\text{C}$), в январе она несколько меньше. Такая же большая изменчивость температур воздуха наблюдается только в центральных районах Северной Америки.

Происходящие региональные изменения температурных условий оказали влияние на естественный сезонный ход природных условий в Томске. Всё заметнее отмечаются отклонение начала и конца сезонов в сравнении с календарными ожиданиями.

Регион отличается контрастным метеорологическим режимом атмосферы, что весьма не комфортно для чувствительной части населения.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%93%D0%B5%D0%BE%D0%B3%D1%80%D0%B0%D1%84%D0%B8%D1%8F_%D0%A2%D0%BE%D0%BC%D1%81%D0%BA%D0%BE%D0%B9_%D0%BE%D0%B1%D0%BB%D0%B0%D1%81%D1%82%D0%B8.
2. Климат Томска / под. ред. С.Д. Кошинского. – Ленинград: Гидрометеиздат, 1982. – 176 с.
3. Ершова, Т.В. Опасные явления погоды летом в Томской области / Т.В. Ершова // Сбор. материалов II Международной научно-практической конференции «Научно-технический прогресс: актуальные и перспективные направления будущего», Том II. – Кемерово: ЗапСибНЦ, 2016. – С.
4. <https://tomsk-pogoda.ru/klimaticheskaya-attractivnost-tomska-dlya-turistov>
5. <https://ru.weatherspark.com/y/110997/%D0%9E%D0%B1%D1%8B%D1%87%D0%BD%D0%B0%D1%8F-%D0%BF%D0%BE%D0%B3%D0%BE%D0%B4%D0%B0-%D0%B2-%D0%A2%D0%BE%D0%BC%D1%81%D0%BA-%D0%A0%D0%BE%D1%81%D1%81%D0%B8%D1%8F-%D0%B2%D0%B5%D1%81%D1%8C-%D0%B3%D0%BE%D0%B4>
6. Головина Е.Г., Русанов В.И. «Некоторые вопросы биометеорологии». Учебное пособие СПб., издат. РГГМИ, 1993.
7. <https://ru.climate-data.org/%D0%B0%D0%B7%D0%B8%D1%8F/%D1%80%D0%BE%D1%81%D1%81%D0%B8%D0%B8%D1%81%D0%BA%D0%B0%D1%8F-%D1%84%D0%B5%D0%B4%D0%B5%D1%80%D0%B0%D1%86%D0%B8%D1%8F/%D1%82%D0%BE%D0%BC%D1%81%D0%BA%D0%B0%D1%8F->

%D0%BE%D0%B1%D0%BB%D0%B0%D1%81%D1%82%D1%8C/%
D1%82%D0%BE%D0%BC%D1%81%D0%BA-1763/

8. География Томской области - под ред. А. А. Земцова, — Томск: Изд-во Том. ун-та, 1988, — 246 с.
9. www.rp5.ru