



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
филиал ФГБОУ ВО «РГГМУ» в г. Туапсе

Кафедра «Метеорологии экологии и природопользования»

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА
(бакалаврская работа)
по направлению подготовки 05.03.05 Прикладная гидрометеорология
(квалификация – бакалавр)

На тему «Особенности наблюдений за параметрами солнечной радиации на МС Сочи»

Исполнитель: Терещенко Татьяна Владимировна

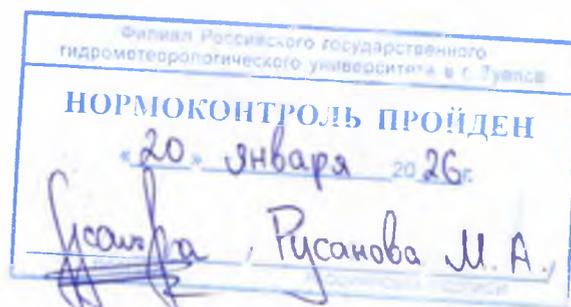
Руководитель: к.ф.-м.н., доцент Величко Виталий Андреевич

«К защите допускаю»
Заведующий кафедрой _____

Цай

кандидат сельскохозяйственных наук, доцент
Цай Светлана Николаевна

«20» января 2026 г.



Туапсе
2026

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение	3
1 Основные особенности солнечной радиации и методы ее исследования	5
1.1 Общая характеристика солнечной радиации	5
1.2 Методы и средства исследования солнечной радиации	14
2 Исследование особенностей наблюдений за параметрами солнечной радиации на МС Сочи.....	19
2.1 Общая физико-географическая характеристика Сочи	19
2.2 Особенности актинометрических наблюдений на МС Сочи	25
3 Исследование характеристик солнечной радиации на МС Сочи	31
Заключение	57
Список литературы	59

Введение

Солнечная радиация – основной источник энергии почти всех природных процессов в атмосфере и на поверхности Земли, один из главных климатообразующих факторов.

Солнечная радиация неравномерно нагревает сушу и океаны, вызывает перемещение воздушных масс, перемешивание воздуха, что определяет постоянство газового состава атмосферы.

Исследование в области наблюдений за параметрами солнечной радиации в Сочи актуально, так как солнечная радиация – важный фактор формирования климата курорта. Она обуславливает тепло- и влагообмен, суточный и годовой ход метеорологических элементов, определяет общий приход тепла к земной поверхности.

С точки зрения изучения солнечной радиации Сочи хорошо подходит для этих исследований, так как благодаря выгодному географическому положению курорта высота солнца над линией горизонта достигает 70° в июле и 23° в декабре, а количество тепла, получаемого землей, находится в прямо пропорциональной зависимости от высоты солнца.

Рельеф Сочи – это горные отроги и террасы, ярусами спускающиеся к морю. Неравномерное распределение солнечной радиации в условиях сложного рельефа приводит к большим микроклиматическим различиям в радиационном нагреве различных участков рельефа, что, в частности, сказывается на продолжительности залегания снежного покрова.

Исследования в области солнечной радиации – одного из основных показателей метеорологических условий помогают оценить влияние погодных условий на здоровье человека.

Количество солнечных дней в Сочи, которых более 300 в году, и мягкость климата позволяют исследовать солнечную радиацию на предмет использования в солнечной энергетике.

Результаты исследования могут быть полезны для организации

курортного дела, для сельского хозяйства, для развития солнечной электроэнергетики.

Объектом исследования данной работы является солнечная радиация на МС Сочи.

Предметом работы являются особенности наблюдений за параметрами солнечной радиации на МС Сочи.

Цель работы – проведение исследования в области наблюдений за параметрами солнечной радиации на МС Сочи.

Задачи исследования определены целью и темой квалификационной работы и включают в себя разработку следующих вопросов:

- охарактеризовать основные понятия солнечной радиации, факторы ее определяющие, суточный и годовой ход, рассмотреть методы и средства изучения солнечной радиации;

- дать физико-географическую характеристику МС Сочи;

- определить особенности актинометрических наблюдений на МС Сочи;

- провести анализ характеристик солнечной радиации на МС Сочи и выявить основные факторы, которые на нее влияют;

- сформировать основные выводы работы.

1 Основные особенности солнечной радиации и методы ее исследования

1.1 Общая характеристика солнечной радиации

Солнечная радиация – совокупность солнечного излучения, приходящего на земную поверхность. Она включает в себя видимый солнечный свет и невидимое ультрафиолетовое и инфракрасное излучение[9].

Количественной мерой солнечной радиации, поступающей на некоторую поверхность, служит энергетическая освещенность, или плотность потока радиации, т.е. количество лучистой энергии, падающей на единицу площади в единицу времени. Энергетическая освещенность измеряется в Вт/м².

Различают прямую, рассеянную и суммарную радиации (рисунок 1.1).

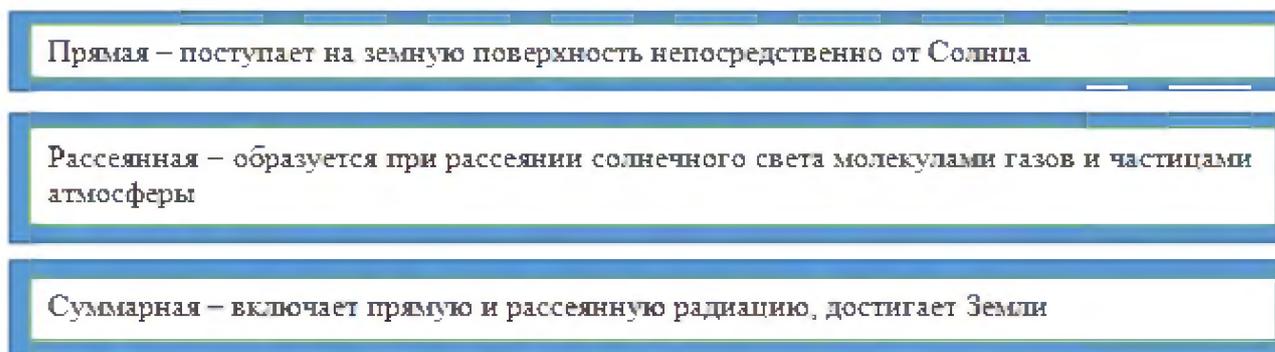


Рисунок 1.1 – Виды солнечной радиации

Распространение прямой солнечной радиации от Солнца на Землю происходит по всем направлениям в виде пучков параллельных лучей, следовательно, если они будут поступать перпендикулярно на единицу площади поверхности Земли, то ее количество будет больше[11].

Не рассеянная и не поглощенная в атмосфере прямая солнечная радиация достигает земной поверхности. Значительная часть радиации поглощается земной поверхностью, поэтому она нагревается. А незначительная часть радиации отражается от земли.

Рассеянная солнечная радиация тоже может достигать поверхности земли, при этом она будет и поглощаться, и отражаться от земли уходя обратно в космическое пространство.

Из всей солнечной радиации, которая поступает на Землю 26% превращается в атмосфере в рассеянную радиацию, и эта радиация формируется уже не от Солнца, а от всего небесного свода. По спектральному составу она отличается от прямой радиации.

Спектральный состав солнечной радиации включает ультрафиолетовый, видимый и инфракрасный диапазоны (таблица 1.1) [3].

Таблица 1.1 – Характеристика спектрального состава солнечной радиации

Длина волны	Доля в общем спектре	Особенности
Ультрафиолетовый диапазон		
менее 0,4 мкм	у верхней границы атмосферы видимая часть спектра составляет 46% всей радиации, инфракрасная – 47%, ультрафиолетовая – 7%.	<ul style="list-style-type: none"> – Не все УФ-лучи, испускаемые Солнцем, достигают поверхности Земли – атмосфера поглощает значительную часть этого излучения. – До поверхности Земли доходит лишь небольшая часть более длинных ультрафиолетовых лучей (290-380 нм). – Эти лучи обладают высокой химической активностью – при большой дозе могут повреждать живые организмы. В небольших количествах, однако, они необходимы: у животных и человека длинноволновые УФ-лучи способствуют синтезу витамина D, у растений – синтезу некоторых биологически активных соединений (витаминов, пигментов).
Видимый свет		
0,4-0,76 мкм	у верхней границы атмосферы видимая часть спектра составляет 46% всей радиации	<ul style="list-style-type: none"> – Видимый свет создаёт освещённость. – При прохождении света через призму он разлагается на окрашенные лучи в порядке убывания длины волны: красного, оранжевого, жёлтого, зелёного, голубого, синего, фиолетового цвета. – Различные участки спектра видимого света действуют на организмы по-разному: красные лучи оказывают тепловое действие, синие и фиолетовые лучи изменяют скорость и направление некоторых биохимических реакций.
Инфракрасный диапазон		
более 0,76 мкм	у верхней границы атмосферы инфракрасная часть спектра составляет 47% всей радиации	<ul style="list-style-type: none"> – Инфракрасные лучи зрением не воспринимаются, производят тепловой эффект. – Эти лучи поглощаются тканями животных и растений, вследствие чего ткани нагреваются.

Озоновый слой значительно поглощает солнечную радиацию в верхних слоях атмосферы, и ультрафиолетовую и видимую солнечную радиацию, так

поглощает ее, что в солнечном спектре у земной поверхности волны короче 0,29 мкм вообще не наблюдаются. Углекислый газ тоже является поглотителем радиации в инфракрасной области спектра, но так как количество CO_2 в атмосфере незначительно, то и поглощение им прямой солнечной радиации мало.

Проходя сквозь атмосферу Земли, прямая радиация становится меньше из-за поглощения, и из-за рассеяния, причем второй процесс более значительный.

Характеристика процесса рассеивания представлена на рисунке 1.2[12].

Рассеяние – это фундаментальное физическое явление взаимодействия света с веществом. Оно может происходить на всех длинах волн электромагнитного спектра в зависимости от отношения размера рассеивающих частиц к длине волны падающего излучения. При рассеянии частица, находящаяся на пути распространения электромагнитной волны, непрерывно «извлекает» энергию из падающей волны и переизлучает ее по всем направлениям. Таким образом, частицу можно рассматривать как точечный источник рассеянной энергии

Солнечный свет, идущий от диска Солнца, проходя через атмосферу, вследствие рассеяния меняет свой цвет

Рассеяние солнечной радиации в атмосфере имеет огромное практическое значение, так как создает рассеянный свет в дневное время. В отсутствие атмосферы на Земле было бы светло только там, куда попадали бы прямые солнечные лучи или солнечные лучи, отраженные земной поверхностью и предметами на ней. Вследствие рассеянного света вся атмосфера днем служит источником освещения: днем светло также и там, куда солнечные лучи непосредственно не падают, и даже тогда, когда солнце скрыто облаками

Голубой цвет неба – это цвет самого воздуха, обусловленный рассеянием в нем солнечных лучей.

Рисунок 1.2 – Характеристика процесса рассеивания

Характеристика прямой солнечной радиации на нормальную поверхность в России представлена на рисунке 1.3[6].

Количественные показатели поступающей к земной поверхности прямой солнечной радиации (S) при безоблачном небе зависят от двух показателей:

высоты солнца и прозрачности атмосферы.

В Азиатской части России показатели прямой радиации высокие и связано это с высокой прозрачностью атмосферы в этом регионе. Также высокие показатели могут наблюдаться летом в северных районах России из-за большой продолжительности дня. Максимальный показатель прямой радиации наблюдается при наибольшей высоте солнца.

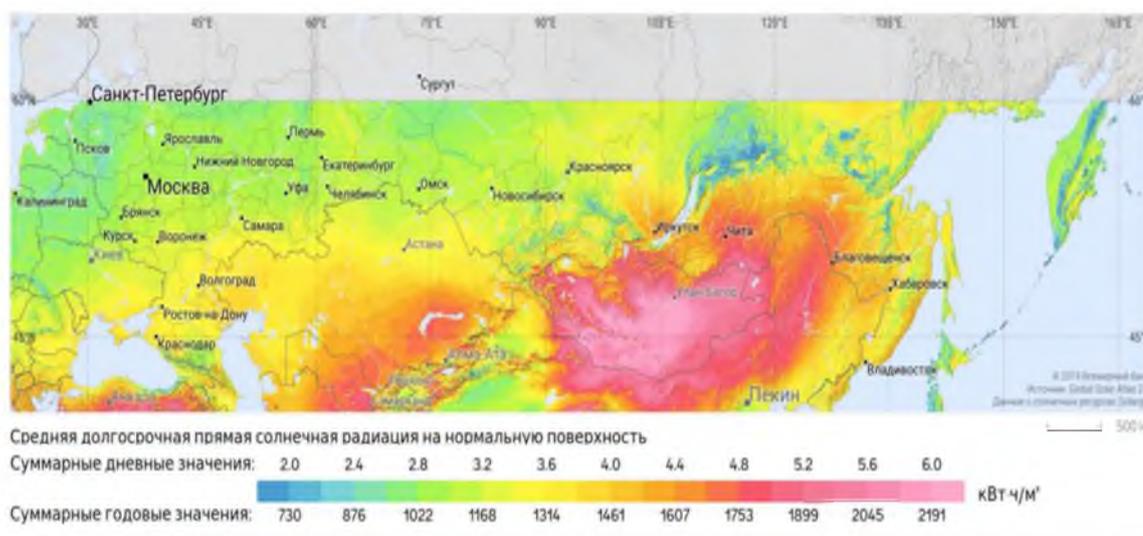


Рисунок 1.3 – Характеристика прямой солнечной радиации на нормальную поверхность в России

На распределение прямой солнечной радиации в России влияют различные факторы, которые представим в таблице 1.2.

Таблица 1.2 – Факторы, влияющие на распределение прямой радиации в России

№ п/п	Факторы
1.	Географическая широта – от неё зависит угол падения солнечных лучей. Северные территории страны получают солнечной радиации меньше, потому что угол наклона лучей небольшой.
2.	Прозрачность атмосферы – для севера страны в летний период характерна наибольшая прозрачность воздуха по сравнению с югом, где увеличивается влагосодержание и запылённость.
3.	Облачность – западные районы Арктического бассейна и Дальний Восток характеризуются большой облачностью, поэтому прямая солнечная радиация задерживается облаками и поступает только 50% от теоретически возможной.

В годовом ходе распределения прямой солнечной радиации в России:

– Максимальные значения прямой радиации наблюдаются в июне-июле.

Исключением являются районы Дальнего Востока, где максимум смещается на

май, а на юге Приморья в сентябре отмечается вторичный максимум.

– Максимальные значения месячных сумм прямой радиации составляет на территории России 45-65% от возможной при безоблачном небе, даже на юге Европейской части – 70%.

– Минимальные значения наблюдаются зимой в декабре и январе.

Особенности распределения прямой солнечной радиации представим в таблице 1.3[17].

Таблица 1.3 – Особенности распределения прямой солнечной радиации в России

№ п/п	Характеристика особенностей
1.	В большей части континентальных районов России в весенне-летние месяцы прямая радиация в дополуденные часы больше, чем в послеполуденные. Это связано с развитием конвективной облачности в послеполуденные часы и с уменьшением прозрачности атмосферы в это время суток по сравнению с утренними часами.
2.	Зимой соотношение до- и послеполуденных значений радиации обратное – дополуденные значения прямой радиации меньше из-за утреннего максимума облачности и уменьшения её во вторую половину дня.
3.	Распределение прямой радиации при средних условиях облачности по территории России в значительной степени зависит от циркуляции атмосферы, что приводит к нарушению зонального распределения радиации в отдельные месяцы. Например, в апреле отмечается два максимума – один в южных районах Забайкалья и Амурской области, второй – на северо-востоке Якутии и на Колыме.

Распределение прямой радиации в январе и июле представим на рисунках 1.4 и 1.5[14].

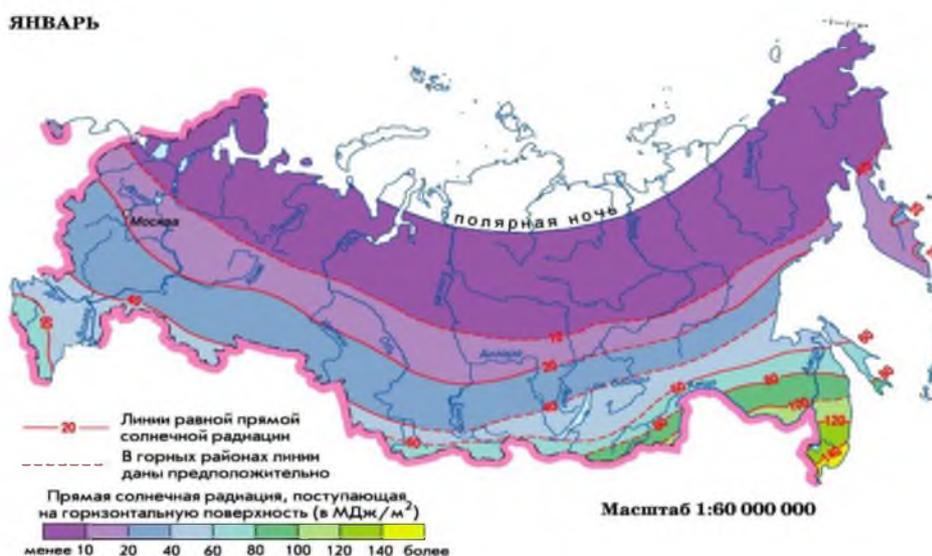


Рисунок 1.4 – Распределение прямой радиации в январе в России

В январе самые высокие показатели прямой солнечной радиации соответствуют 140 МДж/м^2 , для июля это самые низкие показатели. В июле самые высокие показатели это 440 и выше МДж/м^2 и характерны для самых южных регионов страны.

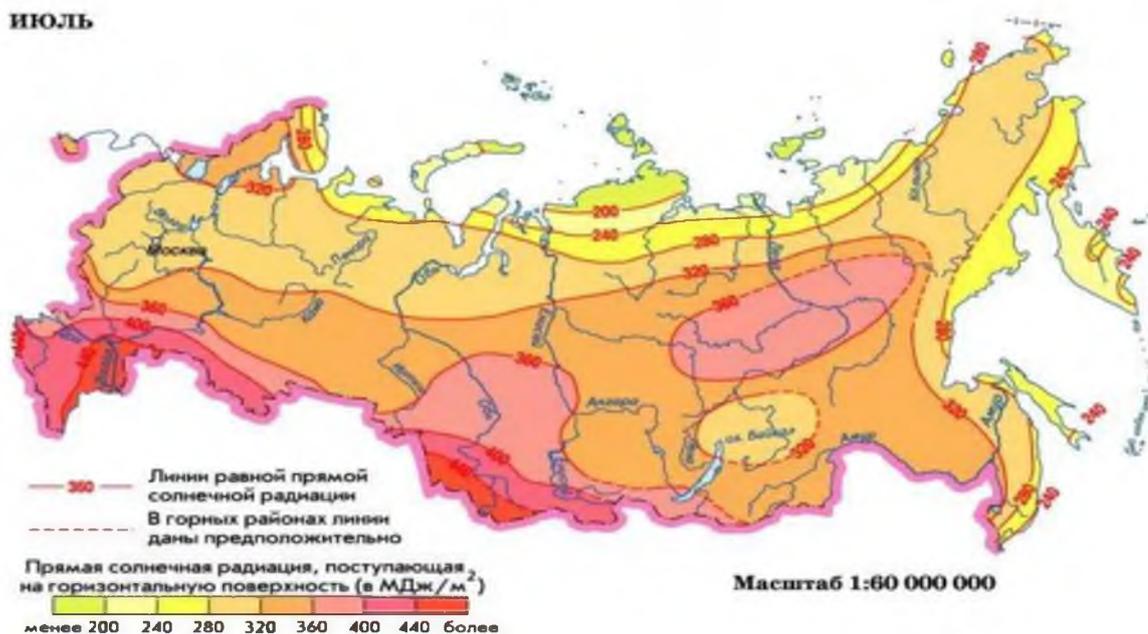


Рисунок 1.5 – Распределение прямой радиации в июле в России

Для изучения распределения прямой солнечной радиации на территории России используют:

- Справочники – содержат информацию по часовым, месячным и годовым значениям прямой, рассеянной и суммарной солнечной радиации для всех регионов России.

- Компьютерные базы данных – например, программа спутниковых измерений NASA SSE, которая позволяет определять значения прямой, рассеянной и суммарной радиации для всех регионов России.

Суммарная солнечная радиация – это вся солнечная радиация, дошедшая до поверхности Земли. Она включает в себя видимый солнечный свет, ультрафиолетовое и инфракрасное излучение.

Особенности суммарной радиации:

- Достигает поверхности Земли, не нагревая при этом сам воздух.
- Часть радиации отражается от поверхности (отражённая радиация) и

уходит в космос.

– Другая часть поглощается Землей (поглощенная радиация).

Показатели суммарной радиации зависят от следующих факторов, представленных в таблице 1.4[21].

Таблица 1.4 – Факторы, влияющие на распределение суммарной радиации в России

№ п/п	Факторы
1.	Угла падения солнечных лучей – чем больше угол, тем больше суммарная радиация.
2.	Продолжительности светового дня – чем он дольше, тем больше суммарная радиация.
3.	Прозрачности атмосферы – чем меньше преград встречают на своём пути солнечные лучи, тем больше суммарная радиация.
4.	Характера подстилающей поверхности – тёмные и неровные поверхности отражают меньше радиации, чем светлые и гладкие.

Суммарная радиация распределяется зонально – убывает от экватора к полюсам из-за уменьшения угла падения солнечных лучей (рисунок 1.6)[14].

В Северном полушарии суммарная радиация выше, чем в Южном – из-за большего процента суши.

В Антарктиде, несмотря на высокую прозрачность атмосферы, радиация плохо задерживается из-за высокого альбедо поверхности.

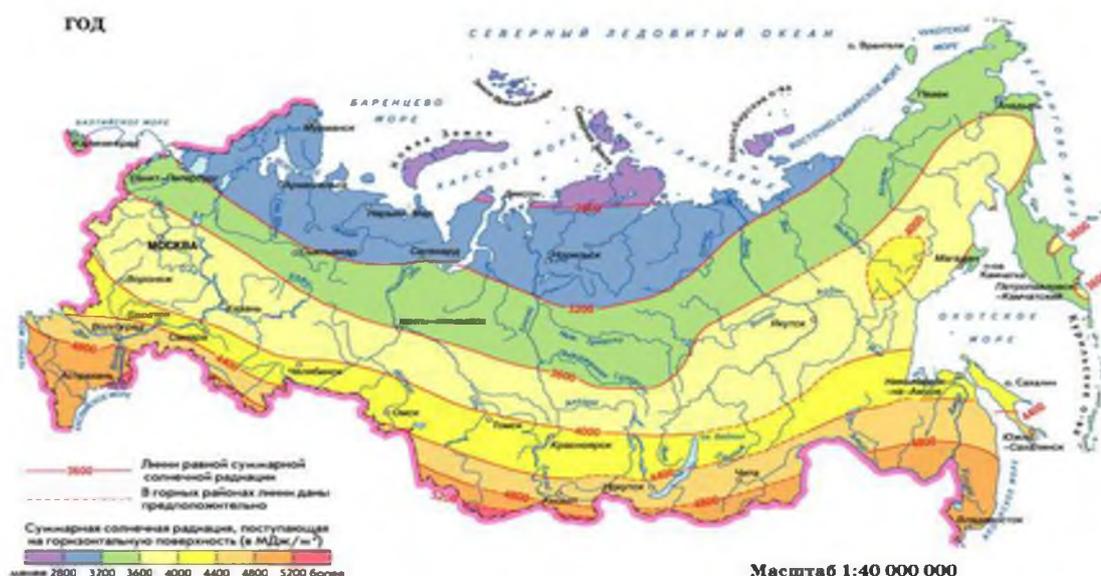


Рисунок 1.6 – Распределение суммарной солнечной радиации в течение года в России

Суммарная солнечная радиация в России распределяется по территории страны с севера на юг и ее показатели в этом направлении увеличиваются. Максимальными показателями являются 4800 МДж/м². В годовом ходе максимум суммарной радиации отмечается в июне – месяце наибольшей высоты солнца. Однако из-за влияния облачности максимальный приход радиации может наблюдаться не в июне, как это характерно для безоблачного неба, а в июле и даже в мае.

С огромной протяженностью территории России с севера на юг связаны различия в количестве суммарной радиации в разных районах страны. Например, в арктическом поясе – суммарная годовая радиация составляет 2000 МДж/м² и менее, в субарктическом поясе – суммарная солнечная радиация увеличивается до 3000 МДж/м² в умеренном поясе – величина суммарной солнечной радиации изменяется от 3200 МДж/м² на севере до 4000 МДж/м² на юге.

Распределение суммарной радиации в январе и июле представим на рисунках 1.7 и 1.8[14].

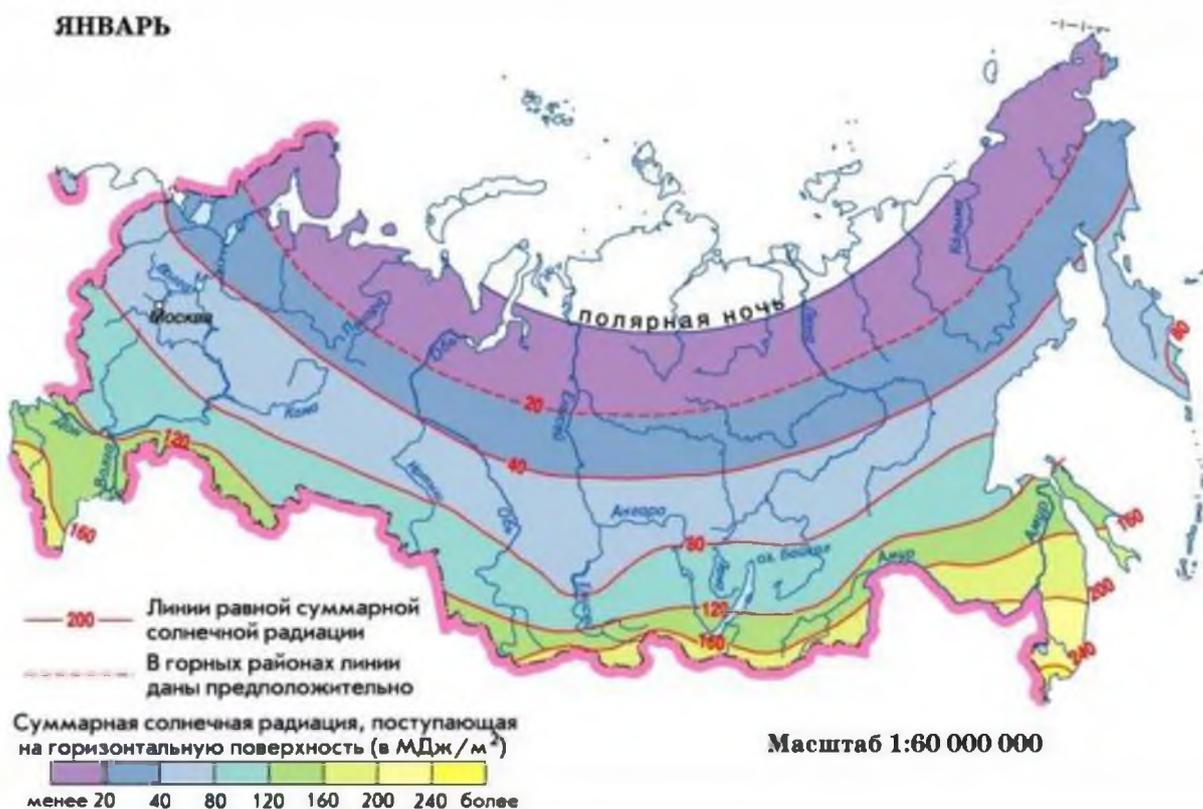


Рисунок 1.7 – Распределение суммарной радиации в январе в России

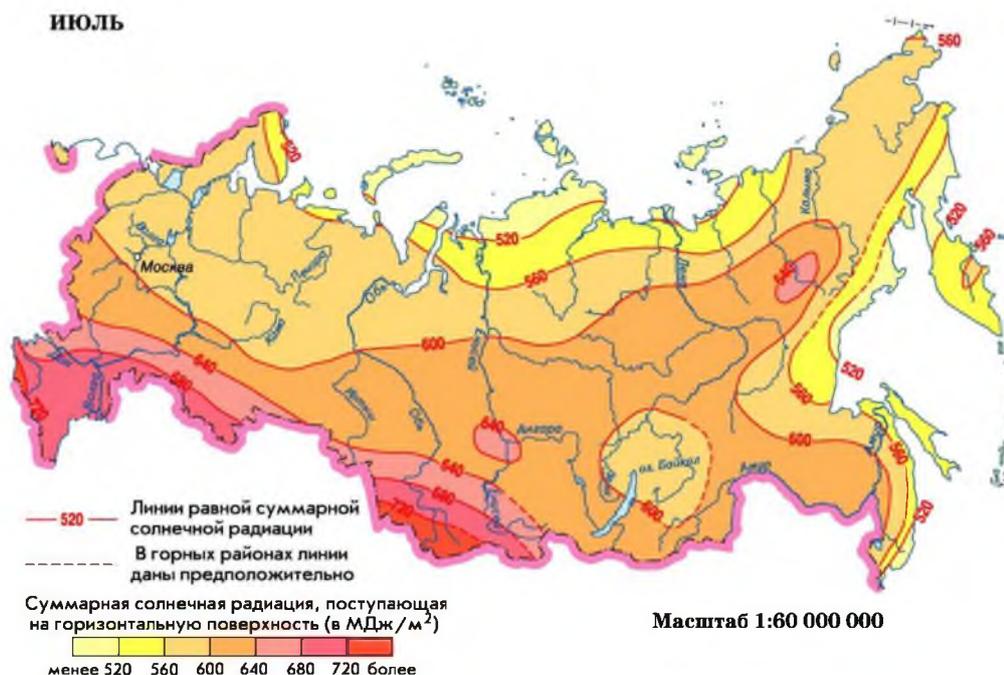


Рисунок 1.8 – Распределение суммарной радиации в июле в России

Распределение по территории России месячных и годовых сумм суммарной радиации при безоблачном небе приведено в таблице 1.5 в виде осредненных по широте значений[24].

Таблица 1.5 – Показатели суммарной солнечной радиации при безоблачном небе в России, МДж/м²

Северная широта	Европейская часть России					Азиатская часть России				
					год					год
	I	IV	VII	X		I	IV	VII	X	
46	244	722	876	440	6795	252	752	908	450	7000
50	190	691	870	385	6390	200	725	902	395	6580
54	137	663	867	329	5970	144	695	897	340	6170
58	88	637	867	275	5590	95	662	894	287	5775
62	50	611	870	220	5245	52	625	892	230	5400
66	21	586	877	165	4950	22	586	893	178	5050
70	Полярная ночь	555	885	110	4750	Полярная ночь	540	895	120	4700

Показатели суммарной радиации при безоблачном небе отличаются своими значениями в Азиатской части по сравнению с Европейской, в Азиатской части показатели выше.

В годовом ходе суммарной радиации определяющим является

астрономический фактор, однако из-за влияния облачности максимальный приход радиации может наблюдаться не в июне, как это характерно для безоблачного неба, а в июле и даже в мае.

1.2 Методы и средства исследования солнечной радиации

Исследование солнечной радиации включает методы измерения интенсивности солнечного излучения и использование специализированных приборов. Эти исследования важны для различных приложений: метеорологии, климатологии, исследований солнечной энергии и сельского хозяйства.

Наблюдения за параметрами солнечной радиации имеют особенности, связанные с спецификой измерений, использованием специализированного оборудования и работой станций.

Эти особенности касаются методов, станций и баз данных с результатами наблюдений[3].

Методы исследования солнечной радиации представлены на рисунке 1.9.

Метод прямого измерения. Солнечное излучение, достигающее поверхности Земли, измеряется напрямую с помощью прибора. Важно, чтобы измерительное оборудование находилось в правильном положении и под правильным углом, чтобы избежать ошибок

Метод косвенного измерения. Солнечное излучение определяется путём измерения других параметров, связанных с солнечным излучением (например, прозрачности атмосферы, облачности и т. д.), и использования математических моделей. Этот метод требует больше данных и расчётов, но может быть оценен без оборудования для прямого измерения.

Спутниковые методы. Спутники, оснащённые датчиками солнечной радиации, обеспечивают глобальное представление солнечного излучения. Данные, полученные с их помощью, используются для прогнозирования погоды, климатических исследований и мониторинга окружающей среды

Наземные методы. Включают солнечные обсерватории и метеорологические станции, которые собирают данные о солнечном излучении на локальном уровне

Рисунок 1.9 – Методы исследования солнечной радиации

Рассмотрим приборы для измерения солнечной радиации:

– Пиранометры. Измеряют общее количество солнечного излучения, включая рассеянный свет, падающий на горизонтальную поверхность. Обычно состоят из термочувствительного элемента (например, термобатарей), который поглощает солнечное излучение и преобразует его в электрический сигнал.

– Пиргелиометры. Измеряют прямое солнечное излучение при нормальном падении. В отличие от пиранометров, пиргелиометры имеют узкое поле зрения и должны быть направлены прямо на солнце, обычно с помощью солнечного трекера.

– Спектрорадиометры. Измеряют спектральное распределение солнечного излучения, что позволяет анализировать его состав по различным длинам волн.

– Пиранографы – регистрирующие пиранометры, которые обеспечивают непрерывную запись солнечной радиации с течением времени. Используют самописец, прикреплённый к пиранометру, для построения графика интенсивности солнечной радиации в течение дня.

– Регистраторы солнечного сияния – измеряют продолжительность яркого солнечного сияния. Обычно используют сферическую стеклянную линзу для фокусировки солнечных лучей на калиброванной бумаге или карточке, оставляя след, который можно измерить для определения количества солнечных часов[2].

Так же могут использоваться для измерений целые станции (таблица 1.6).

Таблица 1.6 – Характеристика Станций для измерения солнечного сияния

№ п/п	Вид станции	Характеристика
1.	Интегрированные метеорологические станции мониторинга солнечной радиации	Измеряют и регистрируют интенсивность солнечной радиации, скорость ветра, направление ветра, температуру атмосферы, влажность и барометрическое давление. В таких станциях используются пиранометр для измерения общей солнечной радиации (суммы прямой радиации от солнца и рассеянной радиации с неба) и пиргелиометр для измерения прямого излучения от солнца.
2.	Автоматические станции солнечной радиации	Собирают данные о солнечной радиации, хранят их и передают на другие станции.

Актинометрическая сеть России содержит следующее оборудование, которое представлено в таблице 1.7[5].

Таблица 1.7 – Состав оборудования актинометрической сети России

№ п/п	Вид оборудования	Количество
1.	Автоматизированный актинометрический комплекс (ААК)	22
2.	Актинометрический измерительный комплекс (АИК);	6
3.	Автоматическая измерительная система (АИС);	2
4.	Автоматизированный комплекс «Пеленг СФ-14»	2
5.	Комплект актинометрического оборудования для проведения срочных наблюдений (КАО1)	43
6.	Комплект актинометрического оборудования для проведения непрерывных наблюдений за суммарной радиацией (КАО2)	45
7.	Пиранометр СМР6 входящий в состав АМК.	36

Базы данных, которые хранят информацию о солнечной радиации:

– Мировой Центр Радиационных Данных (МЦРД) – архивирует радиометрические данные с мировой сети станций и издает бюллетень «Солнечная радиация и радиационный баланс (Мировая сеть)». Данные представлены в удобной для потребителей форме.

– National Solar Radiation Database (NSRDB) – коллекция данных о солнечной радиации, включая глобальную, прямую и рассеянную радиацию, для США и других стран[2].

Справочники и базы данных о солнечной радиации содержат информацию о часовых, месячных и годовых значениях прямой, рассеянной и суммарной солнечной радиации, а также о продолжительности солнечного сияния для разных регионов.

Эти данные могут быть представлены в разных формах: в виде среднемесячных значений, среднесуточных значений, «типичного года» (составленного из данных солнечной радиации каждого часа всех дней месяца).

Ниже приведены примеры таких данных в российских и зарубежных справочниках и базах данных (рисунок 1.10 и 1.11).

Климатические справочники. Содержат результаты 30 и более лет наблюдений. В них приведены месячные данные суммарной солнечной радиации для городов России за разные периоды (пять-семь лет, 30 лет).

Справочник по климату для городов России, где приведены месячные данные суммарной солнечной радиации за пять-семь лет и за 30 лет.

Научно-прикладной справочник по климату России (Арктический регион). Солнечная радиация (1997) – содержит данные о солнечной радиации для Арктического региона

Национальный атлас России. В томе 2 приведены данные о прямой солнечной радиации для трёх широтных зон в виде осреднённых значений для центральных месяцев сезонов и года. Например, в таблице для трёх широтных зон указано распределение месячных сумм прямой радиации при безоблачном небе.

Рисунок 1.10 – Российские справочники о солнечной радиации

В справочниках для многих населённых пунктов данные солнечной радиации отсутствуют, и необходимо интерполировать их значения. Например, справочник для Краснодарского края приводит расчётные значения интенсивности солнечной радиации только для двух городов (Краснодар, Сочи).

National Solar Radiation Database (NSRDB). Содержит почасовые данные о солнечной радиации, включая глобальную, прямую и рассеянную радиацию, а также метеорологические данные для станций. База данных охватывает США и некоторые международные локации

Европейский атлас солнечной радиации (ESRA). Приводит значения среднемесячной суммарной и рассеянной радиации с 1966 года для 340 пунктов наблюдения в Европе и Северной Африке.

База данных S@tel-Liht. Основана на спутниковых измерениях за 1996–2000 годы, в ней приводятся получасовые значения суммарной и рассеянной солнечной радиации, есть возможность пространственной интерполяции данных с 250 тыс. пунктов наблюдения

Рисунок 1.11 – Зарубежные справочники о солнечной радиации

Зарубежные базы данных могут различаться по источникам получения информации (наземные и спутниковые наблюдения), по срокам обработки данных (от одного до 30 лет) и другим параметрам.

Данные о солнечной радиации используются в научных исследованиях для решения различных задач, представлены в таблице 1.8. Направление исследований имеет широкий спектр.

Таблица 1.8 – Характеристика направлений использования данных о солнечной радиации

№ п/п	Характеристика направлений использования данных о солнечной радиации
1.	Изучение влияния солнечного излучения на климат и экологию Земли. Измерения помогают понять, как солнечная радиация влияет на природные процессы, происходящие на поверхности Земли и в атмосфере
2.	Оценка радиационной обстановки. Наблюдения за потоками солнечных протонов, фоновым излучением галактических космических лучей и другими параметрами позволяют определить состояние радиационных поясов Земли
3.	Изучение геомагнитной активности. Наблюдательные данные о фоновом состоянии и кратковременных возмущениях помогают исследовать состояние геомагнитного поля
4.	Изучение связей между изменениями солнечной активности и погодой на Земле. Например, учёные сопоставляют противоположные тенденции солнечной активности в течение месяца с противоположными тенденциями городской температуры и осадков
5.	Создание ресурсных карт. Данные о солнечной радиации используются для оценки солнечного потенциала местности, что важно, например, при проектировании солнечных установок

Таким образом, изучение солнечной радиации обеспечивает базовые данные для оптики, материаловедения, наук о жизни и других областей.

2 Исследование особенностей наблюдений за параметрами солнечной радиации на МС Сочи

2.1 Общая физико-географическая характеристика Сочи

Сочи – один из южных городов северо-восточной части Черноморского побережья Краснодарского края. Координаты: 43°35'07" с. ш., 39°43'13" в. д.

Физико-географическая характеристика Сочи представлена в таблице 2.1.

Таблица 2.1 – Физико-географическая характеристика Сочи

№ п/п	Характеристика	Описание характеристики
1.	Площадь в пределах городской черты	176,77 км ² , в пределах городского округа – 3506 км ² .
2.	Протяжённость города вдоль черноморского побережья	С северо-запада на юго-восток – около 99 км.
3.	Естественные границы	С юго-запада – Чёрное море, с востока – река Псоу и верховья реки Мзымты, с севера – Главный и Водораздельный хребты Западного Кавказа, с запада – междуречье рек Магри и Шепси
4.	Климат	Субтропический океанический (Cfa согласно классификации климата Кёппена). Характерны тёплая дождливая зима и влажное, но солнечное лето.
5.	Рельеф	Расположен в месте, где Главный Кавказский хребет вплотную подходит к Черноморскому побережью. Благодаря этой особенности на территории курорта сформировался редкий микроклимат с субтропическим теплом у моря и прохладой в горах
6.	Формы рельефа	В прибрежной зоне расположены невысокие холмы (300-600 м). По мере удаления от моря постепенно переходят в среднегорье (1000-2000 м), а затем в высокогорные районы с вершинами более 3000 метров
7.	Почвы	Распространены разные типы почв, которые сформировались под влиянием тёплого влажного климата, горного рельефа и деятельности человека. Некоторые из них: бурые лесные, желтозёмы, дерново-карбонатные и аллювиальные. Почвы тесно связаны с материнскими породами: известковистыми песчаниками, мергелями и сланцевыми глинами.
8.	Гидрография	Включает реки, ручьи, озёра и подземные воды. Характерная черта гидрографии района – расчленение на многочисленные мелкие водосборные бассейны при небольшой длине водотоков. Большинство бассейнов рек характеризуются крутыми склонами, что способствует быстрому стеканию талых и дождевых вод в русла рек

Физико-географические особенности связаны с климатом и рельефом [7].

Рельеф Сочи влияет на климат города следующим образом и представлен на рисунке 2.1.

Создание барьера на пути северных ветров. Холодные массы редко проходят через Главный Кавказский хребет, который окружает территорию Сочи с северо-востока, востока и юго-востока. Это ограждает прибрежную полосу от холодных северных и восточных ветров

Влияние на ветровой режим. Циркуляция воздуха в горных районах зависит от рельефа: общей направленности горных систем, расположения отдельных долин и склонов внутри горной системы, высоты хребтов и их формы

Влияние на количество осадков. Влажный воздух с моря сталкивается со склонами хребта, поднимается вверх и активно даёт осадки. В районе Сочи их в три раза больше, чем в Москве или в Крыму, что способствует развитию богатой растительности

Влияние на температуру воздуха. Чёрное море работает как огромный аккумулятор тепла. Вода остывает медленнее суши, поэтому зимой воздух над побережьем остаётся более тёплым. Летом море, наоборот, сдерживает перегрев, вечерами приносит свежие бризы, благодаря этому жара переносится легче, чем в глубине материка при той же температуре

Микроклиматические различия. В пределах одного района температура воздуха на склонах гор до высоты 100 м над уровнем моря несколько выше, чем в долинах у моря. Особенно характерны различия при благоприятной погоде и менее выражены в дождливую

Рисунок 2.1 – Влияние рельефа на климат

В Сочи выделяют пять природно-климатических зон, которые имеют свои отличия друг от друга и их характеристики представлены в таблице 2.2.

Таблица 2.2 – Характеристика природно-климатических зон Сочи

№ п/п	Природно-климатическая зона	Характеристик
1.	Прибрежная зона	До 200 метров над уровнем моря шириной 450-2000 метров, характеризуется продолжительной мягкой и тёплой осенью, переходящей в затяжную, прохладную и умеренно дождливую весну, относительно нежарким летом. Годовая сумма тепла здесь свыше 5000 градусов

Продолжение таблицы 2.2

2.	Предгорная зона	201-600 метров над уровнем моря, характеризуется более низкими температурами января (до 4 °С), более прохладным и влажным летом
3.	Среднегорная зона	601-1000 метров над уровнем моря) отличается мягкой, снежной зимой. Лето здесь нежаркое, в отдельные годы довольно прохладное и дождливое, зима умеренно холодная. Средняя температура января – 0 °С. Климат этой зоны напоминает некоторыми чертами северную часть европейской территории России, но со значительно большим количеством осадков
4.	Высокогорная зона	1001-1700 метров над уровнем моря. Здесь уже продолжительная зима с устойчивым снежным покровом, достигающим иногда нескольких метров. Лето короткое, дождливое
5.	Альпийская зона	1701-1800 метров над уровнем моря. Лето короткое, зима с мощным снежным покровом, достигающим в отдельных местах 10-15 метров. Тепла недостаточно, поэтому невозможно существование древесной растительности. Это зона субальпийских и альпийских лугов, снежников и ледников

Климат каждой зоны формируется и зависит от удаленности побережья и высоты относительно уровня моря.

Рельеф в Сочи влияет на распределение солнечной радиации. Это связано с сложным рельефом района, который создаёт сложную комбинацию площадок различной высоты, размеров и взаимных положений относительно друг друга.

В условиях сложного рельефа солнечная радиация неравномерно распределяется по склонам разной экспозиции и крутизны. Это приводит к:

- Микроклиматическим различиям в радиационном нагреве различных участков рельефа.
- Различиям в количестве тепла, поступающего на земную поверхность.

Например, южные склоны получают больше тепла, чем северные.

Дадим краткую характеристику климату Сочи и представим ее в виде таблиц.

Основные данные по температуре воздуха представим в таблице 2.3. Таблица отражает такие характеристики температуры как: средний минимум и средний максимум температуры, абсолютные минимумы и максимумы температуры и среднемесячные температуры. Период измерений и анализа

составил с 1870 по 2024 гг.[18].

Таблица 2.3 – Основные показатели температуры воздуха в Сочи за период 1870-2024 гг., °С

Месяц	Абсолют. минимум	Средний минимум	Средняя	Средний максимум	Абсолют. максимум
I	-13.4 (1892)	3.8	6.3	9.9	22.4 (2021)
II	-12.6 (1911)	3.7	6.5	10.4	23.5 (1901)
III	-7.0 (1985)	5.6	8.6	12.7	30.0 (1901)
IV	-5.0 (2004)	9.0	12.3	17.0	33.7 (1915)
V	3.0 (1986)	13.3	16.6	21.2	34.7 (2007)
VI	7.1 (1978)	17.4	20.9	25.4	35.2 (2002)
VII	12.6 (1982)	20.0	23.7	27.9	39.4 (2000)
VIII	10.4 (1923)	20.7	24.3	28.6	38.5 (1961)
IX	2.7 (1941)	16.9	20.5	25.2	36.0 (1899)
X	-3.2 (1965)	13.1	16.2	20.7	32.1 (2003)
XI	-5.4 (1914)	8.5	11.4	15.6	29.1 (1938)
XII	-8.3 (1904)	5.7	8.3	12.0	23.5 (2010)
год	-13.4 (1892)	11.5	14.6	18.9	39.4 (2000)

Среднегодовая температура воздуха составляет – 14,6 °С. Холодным месяцем является январь с температурой – 6,3 °С. Теплым месяцем в Сочи является август, его температура составляет 24,3 °С. Средний годовой минимум температуры воздуха составляет 11,5 °С, а среднегодовой максимум температуры воздуха – 18,9 °С. Абсолютный минимум температуры за весь период наблюдений наблюдался в январе 1892 года и составил минус 13,4 °С. Абсолютный максимум наблюдался в июле 2000 года и его температура составила 39,4 °С.

К основным характеристикам климата относят осадки, показатели осадков для Сочи представим в таблице 2.4.

Таблица отражает такие показатели как: месячные минимум и максимум, суточный максимум и норму осадков в месяц. Сухим месяцем по норме осадков является июнь с показателем 101 мм. Влажным месяцем является октябрь с нормой осадков 180 мм. Суточный максимум наблюдался в августе 1971 года с

показателем 245 мм.

Таблица 2.4 – Основные показатели осадков в Сочи за период 1870-2024 гг., мм

Месяц	Норма	Месячный минимум	Месячный максимум	Суточный максимум
I	176	2 (1919)	618 (1892)	182 (1892)
II	132	11 (1914)	482 (1896)	176 (1896)
III	140	6 (1986)	411 (1887)	85 (1881)
IV	108	2 (2024)	353 (1892)	123 (1884)
V	105	4 (1899)	318 (1991)	118 (1877)
VI	101	2 (2024)	392 (1988)	136 (1988)
VII	120	2 (1904)	590 (1875)	185 (1875)
VIII	106	1 (2023)	585 (1960)	245 (1971)
IX	139	3 (1946)	526 (2013)	177 (1907)
X	180	0.0 (1907)	581 (1882)	175 (1882)
XI	174	14 (1926)	536 (1888)	154 (2015)
XII	175	9 (1920)	562 (1895)	139 (1892)
год	1658	1016 (1986)	3196 (1875)	245 (1971)

Характеристика среднесуточной температуры почвы за период 1870-2024 гг. представлена в таблице 2.5 которая показывает, что среднегодовая температура почвы составляет 14,5. Самая высокая температуры почвы наблюдается в августе месяце с показателем 24,2 °С, что практически совпадает с температурой воздуха в этом же месяце. Самая низкая температура наблюдается в феврале и составляет – 5,9 °С.

Таблица 2.5 – Характеристика среднесуточной температуры почвы за период 1870-2024 гг., °С

I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Год
6,7	5,9	7,1	10,7	15,6	20,4	23,8	24,2	21,3	17,1	12,2	8,5	14,5

Так как море оказывает значительное влияние на климат, приводим основные показатели температуры воды в таблице 2.6.

Среднегодовая температура моря составляет 16,0 °С. Низкая среднемесячная температура составляет 8,7 °С и отмечена в феврале, самая высокая среднемесячная температура воды в августе – 25,3 °С.

Абсолютный максимум приходится так же на август – 30,0 °С. Минимальной температурой является температура воды марта месяца – 5,0 °С.

Таблица 2.6 – Показатели температуры воды за период 1870-2024 гг., °С

t°С	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Год
Абсолютный максимум	2,9	10,9	12,9	18,4	22,8	26,6	29,5	30,0	27,4	25,0	19,7	15,4	30,0
Средняя температура	9,6	8,7	9,1	11,2	15,2	19,6	24,0	25,3	23,1	19,5	14,9	11,5	16,0
Абсолютный минимум	5,1	5,6	5,0	7,2	8,1	8,8	10,8	14,8	9,4	10,4	7,2	6,8	5,0

Влажность воздуха характеризуется высокими показателями влажность, среднегодовой показатель составляет 75%. Причем отличительной особенностью этого параметра является то, что в течение всего года показатели практически одинаковые и находятся в пределах от 72 до 79% (таблица 2.7).

Таблица 2.7 – Показатели влажности воздуха за период 1870-2024 гг., %

I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	год
73	72	72	75	79	79	79	78	76	76	74	72	75

Ветер характеризуется не высокими скоростями – 1,7 м/с. Преобладают ветра восточных и северо-восточных направлений (таблица 2.8 и 2,9).

Таблица 2.8 – Показатели направления ветра за период 1870-2024 гг., %

Направл.	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	год
С	15	13	12	10	11	13	12	13	15	18	16	14	13
СВ	20	17	14	13	13	14	14	17	20	22	22	21	19
В	29	25	22	20	19	17	16	18	21	22	27	28	22
ЮВ	9	11	12	12	10	7	7	6	5	6	7	9	8
Ю	5	7	9	9	9	8	8	6	5	5	5	6	7
ЮЗ	5	7	10	12	12	11	12	10	7	6	5	5	8
З	5	7	9	11	13	14	14	13	10	7	5	4	9
СЗ	12	13	12	13	13	16	17	17	17	14	13	13	14
штиль	6	7	9	10	11	11	10	8	9	7	6	6	8

Таблица 2.9 – Показатели скорости ветра за период 1870-2024 гг., м/с

I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	год
2.0	1.9	1.8	1.6	1.5	1.5	1.5	1.6	1.6	1.7	1.8	1.9	1.7

Среднегодовое давление на уровне моря составляет 1016мбар на основании таблицы 2.10.

Таблица 2.10 – Среднемесячное давление на уровне моря(мбар)

I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	год
1020	1019	1017	1015	1014	1012	1010	1011	1014	1018	1020	1020	1016

Таблица 2.11 – Сумма солнечной радиации, кВтч/м²

I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	год
44,6	64,4	106,0	130,8	180,4	202,5	217,3	186,0	140,7	95,8	54,3	38,8	1461,6

По данным таблицы 2.11 сумма солнечной радиации за год составляет 1461,6 кВтч/м². Высокие показатели летом и низкие зимой.

2.2 Особенности актинометрических наблюдений на МС Сочи

Метеорологическая станция Сочи входит в систему метеорологических и актинометрических станций Росгидромета (рисунок 2.2).

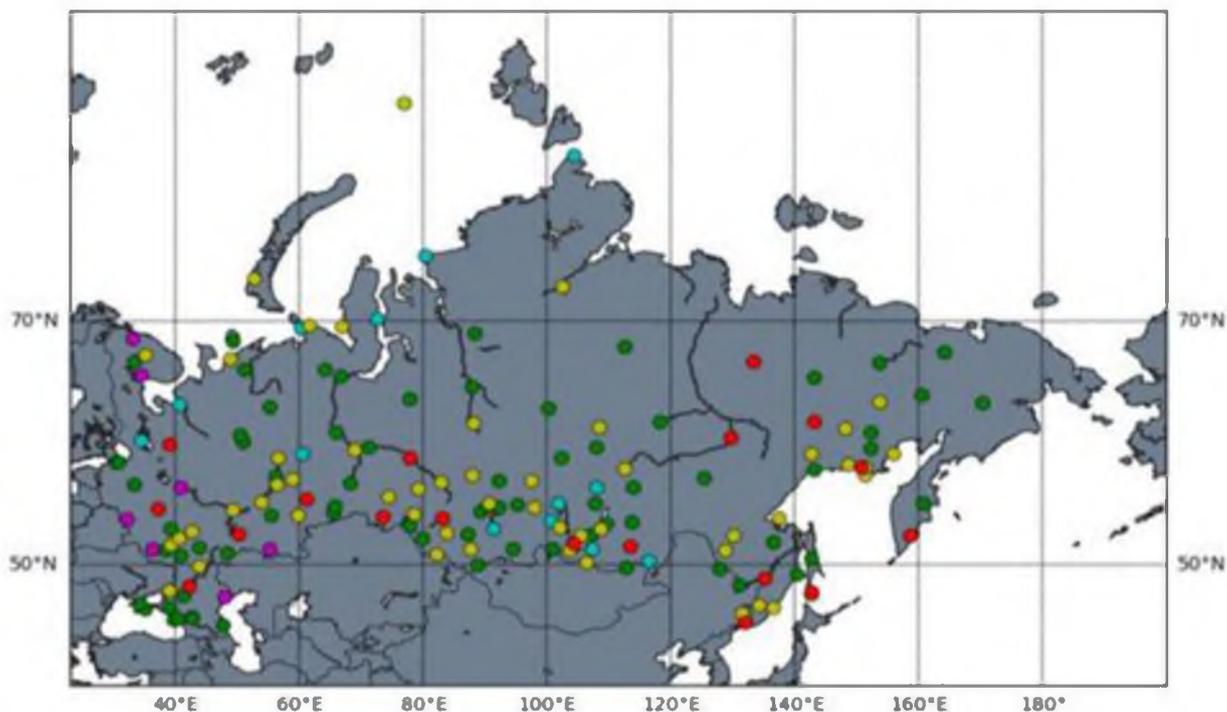


Рисунок 2.2 – Актинометрическая сеть станций России

Всего количество станций в России, в программу которых включены актинометрические наблюдения, составляет 200 пунктов. Наблюдения проводятся по трем основным программам:

- срочные наблюдения в стандартные актинометрические сроки;
- интегрирование с измерениями суточных сумм отдельных видов радиации;
- непрерывная регистрация составляющих радиационного баланса.

Срочные актинометрические наблюдения – это измерения, которые проводятся вручную в установленные сроки с помощью актинометрических датчиков с показывающими измерительными приборами.

Стандартные сроки – 6 раз в сутки: в 0 ч 30 мин, 6 ч 30 мин, 9 ч 30 мин, 12 ч 30 мин, 15 ч 30 мин, 18 ч 30 мин по среднему солнечному времени. Дневными сроками считаются сроки в период суток, который начинается за 30 мин до восхода Солнца и заканчивается через 30 мин после его захода[20].

Цель срочных наблюдений – определить значения видов радиации и коэффициент прозрачности атмосферы в момент наблюдения, а также месячные суммы этих видов радиации.

Проведение срочных актинометрических наблюдений регламентировано РД 52.04.562-96 «Наставление гидрометеорологическим станциям и постам. Выпуск 5. Актинометрические наблюдения. Часть I. Актинометрические наблюдения на станциях» (утв. Росгидрометом 21 мая 1996 г.)[20].

Программа наблюдений «интегрирование с измерениями суточных сумм отдельных видов радиации» в актинометрии – это определение суточных сумм суммарной радиации путем интегрирования.

Наблюдения по этой программе проводятся по всей сети гидрометеорологической службы, так как изменения солнечной энергии – один из главных факторов, определяющих климат любой местности. Программа устанавливается Территориальным управлением по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды (УГМС) по согласованию с ГГО и утверждается Росгидрометом.

Программа непрерывной регистрации составляющих радиационного баланса (непрерывные наблюдения, регистрация) – это процесс, при котором сигналы актинометрических датчиков записываются на диаграммную ленту самопишущего измерительного прибора (регистратора) непрерывно в течение суток.

Цель – определить часовые, суточные и месячные суммы видов радиации, а также коэффициент прозрачности атмосферы.

По результатам регистрации определяют:

- часовые суммы прямой солнечной, рассеянной, суммарной, отраженной радиации и радиационного баланса;
- суточные и месячные суммы видов радиации.

На рисунке 2.1 цветами показано по каким программам работают станции. Зеленым цветом выделены станции срочных наблюдений; желтым – по программе интегрирования; голубым – непрерывная регистрация, фиолетовым – станции с автоматизированными комплексами АИК белорусской фирмы «Пеленг» (устанавливаются с 2012 года), красным – автоматизированные комплексы ААК зарубежного производства (устанавливаются с 2010 года).

Актинометрическая сеть станций, как видно из рисунка 2.2 размещена по территории России неравномерно. В таблице 2.12 указано количество станций и программы актинометрических наблюдений, выполняемые в 2024 г. [5].

В таблице через дробь указано:

* – количество пунктов, где наблюдения по данной программе не проводились: новое оборудование не введено в эксплуатацию.

** – количество пунктов, проводящих фоновые наблюдения за прямой солнечной радиацией.

Метеорологическая станция Сочи расположена в Краснодарском крае, на улице Яна Фабрициуса, 2/5.

Координаты: широта – 43° 34' 24" с.ш., долгота – 39° 45' 21" в.д..

Высота над уровнем моря: 142 м.

Начало работы: 1 января 1870 года.

Таблица 2.12 – Количество станций и программы актинометрических наблюдений, выполняемые в 2024 г.

№	УГМС	Количество станций	Программа наблюдений				Срочные (лет. отч. КАОП)
			Полная регистрация		Измерения суммарной радиации		
			УАР	Автоматиз. комплексы (ААКСМК, АМС, СЭ-14)	Неполная регистрац. (КАОЗ, СМРВ)	Интегрирование	
1	Башкирское	1			1		1
2	Верхне-Волжское	3			2/2*	1	1/1*
3	Дальневосточное	11		1	5		6
4	Забайкальское	11		1	7	0	6
5	Западно-Сибирское	13	1	2	6	7	5
6	Иркутское	15	5	1	2	7	4
7	Камчатское	5		1	3	1	1
8	Колымское	10		1		6	4
9	Крымское	3				1	2
10	Мурманское	17		1	18		1
11	Обь-Иртышское	10		1	3/1*	4	5
12	Приволжское	5		2	4	2	2
13	Приморское	6		1	4	3	1
14	Сахалинское	2		1			1
15	Северо-Западное	7		3	3	0	2
16	Северное	19/1**		5	8	4	6
17	Северо-Кавказское	9		1	4		6
18	СЦГМС ЧАМ	2				1	2
19	Среднесибирское	14	1		3/3*	3	10
20	Респ. Татарстан	3			2/1*		1
21	Уральское	9/1**	1	1	4	4	3
22	Центральное	6		3	2		2
23	Центр-Черноземное	5		1	3	2	2
24	Чукотское	5			1/1*	0	5
25	Якутское	9		3	1	1	5
26	ГГО	1		2		0	1
	ВСЕГО	200/2**	8	32	86/8*	47	85/1*

Для наблюдений на МС Сочи используют различные приборы:

– Гелиограф – прибор для автоматической регистрации продолжительности солнечного сияния в течение дня, применяемый в метеорологии. Принцип работы: на дугообразной части прибора помещается бумажная лента с нанесёнными часовыми делениями. Двигающиеся лучи Солнца, собранные шаром, прожигают ленту в разных местах. По этим выжженным местам и судят о силе и продолжительности солнечного сияния в течение дня (рисунок 2.3).

– Станция актинометрическая СФ-14-21. Принцип действия станции актинометрической основан на поступлении сигналов от датчиков (первичных преобразователей характеристик среды, установленных на открытом воздухе) на измерительные устройства, находящиеся в блоке электронном, где они преобразуются и передаются на ПК по интерфейсу RS-485. Далее информация обрабатывается, рассчитываются дополнительные параметры и отображаются на мониторе ПК при помощи ПО станции актинометрической СФ-14-21[1].



Рисунок 2.3 – Гелиограф МС Сочи

В состав станции входит: актинометр ПЕЛЕНГ СФ-12-21, пиранометр ПЕЛЕНГ СФ-06-21 (3 шт.), балансомер ПЕЛЕНГ СФ-08-21, прибор для определения продолжительности солнечного сияния ПЕЛЕНГ ВК-05, прибор слежения за солнцем ПСС-1, стойка, блок электронный, коробка соединительная, программное обеспечение, комплект монтажный, опциональное оборудование, ПК, блок питания (АС 220В 50Гц) (рисунок 2.4) [14].

Размещение станции на МС Сочи представлено на рисунке 2.5[4].

Синхронные наблюдения в единые сроки: 0, 3, 6, 9, 12, 15, 18 и 21 час по московскому (зимнему) времени.

Исключение – наблюдения за продолжительностью солнечного сияния,

выполняются по истинному времени.



Рисунок 2.4 – Станция актинометрическая СФ-14-21 [14]



Рисунок 2.5 – Актинометрическая установка на МС Сочи

Запись результатов производится в специальные метеорологические книжки (рисунок 2.6).

Результаты наблюдений за параметрами солнечной радиации на МС Сочи доступны на портале Climate-Energy.ru. На сайте представлены данные почасовой и посуточной солнечной радиации, а также количество солнечных дней.

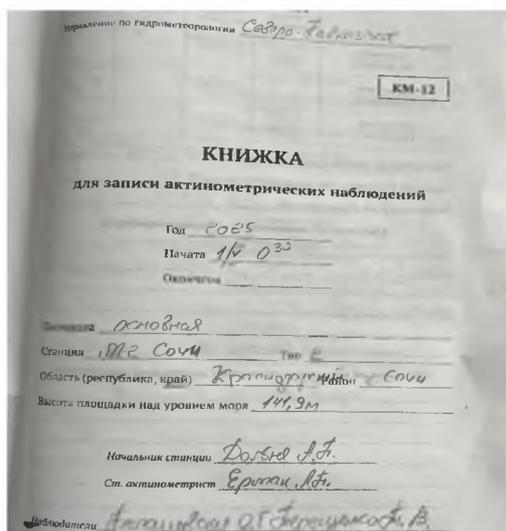


Рисунок 2.6 – Книжка для записи актинометрических наблюдений на МС Сочи

Книжка KM-12 – это документ, в который заносят записи при проведении срочных актинометрических наблюдений.

Помимо книжки KM-12, при актинометрических наблюдениях используют, следующие документы (таблица 2.13).

Таблица 2.13 – Документы, используемые при актинометрических наблюдениях

№ п/п	Документы, используемые при актинометрических наблюдениях
1.	ГОСТ 8.195-89. Документ устанавливает государственную поверочную схему для средств измерений спектральной плотности энергетической яркости, спектральной плотности силы излучения и спектральной плотности энергетической освещённости
2.	ОСТ 52.04.10-82. В документе описаны термины, буквенные обозначения и определения основных величин в актинометрии.
3.	РД 52.04.688-2006. Документ содержит положение о методическом руководстве наблюдениями за состоянием и загрязнением окружающей среды, в том числе актинометрическими наблюдениями.
4.	Методические письма Главной геофизической обсерватории им. А. И. Воейкова. Среди них – письма об организации и выполнении измерений суммарной радиации, об отмене срочных актинометрических наблюдений и другие.
5.	Учебное пособие К. Л. Восканяна и А. Г. Саенко «Актинометрические наблюдения». В нём содержатся сведения об актинометрических величинах, их определения, единицы измерения и формулы для вычисления

3 Исследование характеристик солнечной радиации на МС Сочи

Основную роль в формировании климата Сочи, играет солнечная радиация, которая несет с собой солнечное тепло.

Для этого необходимо знать продолжительность светового дня, которая рассчитывается по данным истинного солнечного времени восхода и захода солнца. Продолжительность светового дня – это промежуток времени между восходом и заходом солнца, в течение которого хотя бы часть солнечного диска находится над горизонтом.

Продолжительность солнечного сияния рассчитывают на среднюю дату месяца, то есть на 15-е число, а для февраля на 14-е число.

Истинное время восхода и захода Солнца можно рассчитать с помощью астрономических формул.

Ресурсы, где можно найти информацию об истинном времени восхода и захода Солнца представлены в таблице 3.1.

Таблица 3.1 – Виды ресурсов об информации об истинном времени восхода и захода Солнца

№ п/п	Ресурс	Описание ресурса
1.	апо.рф	на сайте есть сведения о вычислении моментов времени и азимутов восхода и захода светил
2.	astronomy.ru	на портале есть форум, где пользователи обсуждают, по какой формуле рассчитать время восхода и захода Солнца
3.	Яндекс Кью	на сайте есть ответ, в котором говорится, что для расчёта времени восхода или заката солнца можно использовать солнечные калькуляторы, которые доступны онлайн в интернете
4.	Таблицы РД 52.04.562-96	Получить по таблицам, помещенным в «Руководстве гидрометеорологическим станциям по актинометрическим наблюдениям» с введением поправки на уравнение времени
5.	Таблицы ежегодника	В «Астрономическом ежегоднике». Это сборники астрономических таблиц, содержащие эфемериды Солнца, Луны, больших планет, средние и видимые места звёзд, сведения о различных астрономических явлениях и т. д.

Для расчета нужно знать географические координаты местности – широту и долготу населённого пункта, а также даты солнечного солнцестояния, как зимнего, так и летнего. Необходимо учитывать рефракцию и диаметр Солнца (момент восхода – это пересечение горизонта не центром Солнца, а верхним

краем, для захода – тоже по верхнему краю).

На время восхода и захода солнца в Сочи влияют следующие факторы, которые представлены в таблице 3.2.

Таблица 3.2 – Характеристика факторов, влияющих на время восхода и захода солнца в Сочи

№ п/п	Фактор	Характеристика факторовосхода и захода солнца в Сочи
1.	Географическое положение	Город находится в субтропическом климатическом поясе, что влияет на продолжительность светового дня. Зимой солнце не поднимается высоко над горизонтом, а летом, хотя и светит долго, не заходит так далеко на запад, как в более северных широтах.
2.	Наклон земной оси	Планета вращается не строго вертикально, а под углом примерно 23,5 градуса. Из-за этого солнечные лучи падают на поверхность Земли под разными углами в зависимости от времени года и географического положения.
3.	Скорость движения Солнца по небу	Это влияет на то, что время восхода и захода солнца каждый день немного разное.
4.	Расположение и высота наблюдателя над уровнем моря, а также наличие препятствий на горизонте (горы, дома).	Высота наблюдателя влияет на сдвиг времени восхода. Препятствия на горизонте могут влиять на видимость солнца. Так, свет от нижнего края солнечного диска преломляется больше, чем свет от верхнего, из-за чего кажется, что солнце больше, чем оно есть на самом деле. Кроме того, на время восхода и захода солнца влияет время года и положение Земли в космосе. Например, летом точка восхода смещается к северу, а зимой – к югу
5.	Атмосферная рефракция.	Восход Солнца из-за атмосферной рефракции наступает несколько раньше, заход Солнца из-за атмосферной рефракции происходит на несколько минут позже реального

Время восхода и захода солнца вычисляется астрономически и заранее известно на любой день года для конкретного места.

По данным таблицы 3.3 видно, что в июне в Сочи самые ранние восходы и самые поздние заходы солнца.

Таблица 3.3 – Истинное солнечное время (ч мин) восхода (В) и захода (З)

солнца Сочи

Восход Заход	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
B	7.21	6.45	6.04	5.19	4.40	4.18	4.26	4.59	5.42	6.28	7.09	7.31
З	16.39	17.15	17.56	18.41	19.20	19.42	19.34	19.01	18.18	17.32	16.51	16.29

Таблица 3.4 «Энергетическая освещённость солнечной радиацией (кВт/м²) при ясном небе и интегральная прозрачность атмосферы» предназначена для характеристики изменения радиации при ясном небе и средних условиях прозрачности атмосферы от одного срока наблюдений к другому. В таблице приведены средние значения энергетической освещённости прямой (S и S'), рассеянной (D) и суммарной (Q) радиации, радиационного баланса (B) и интегральной прозрачности атмосферы (P_2) в актинометрические сроки.

Средние значения энергетической освещённости вычислены из выборочных измерений при указанных условиях за весь период актинометрических наблюдений на станции. Они представляют собой наиболее высокие значения прямой, суммарной радиации, радиационного баланса и наиболее низкие (в большинстве случаев) значения рассеянной радиации при средней прозрачности атмосферы.

Значения прямой радиации на горизонтальную поверхность (S') получены как разность суммарной (Q) и рассеянной (D) радиации: $S' = Q - D$.

Часовые и суточные суммы получены по графикам суточного хода, построенным по данным таблицы. Месячные значения вычислены путём умножения суточных на число дней в месяце, годовые – путём суммирования месячных сумм.

Значения энергетической освещённости в таблице можно использовать для:

- Построения кривой суточного хода радиации при ясном небе.
- Оценки максимального прихода прямой радиации при ясном небе на наклонную поверхность (склон) – по формуле $Sc = Seos i$ (i – угол падения солнечных лучей на поверхность склона).

Таблица 3.4 Энергетическая освещенность солнечной радиацией (кВт/м²) при ясном небе и интегральная прозрачность атмосферы в Сочи

Время	Радиация	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
0 30	B	-0,06	-0,06	-0,06	-0,06	-0,05	-0,05	-0,05	-0,05	-0,05	-0,06	-0,06	-0,06
6 30	S			0,23	0,50	0,50	0,50	0,49	0,48	0,35	0,09		
	S'			0,03	0,13	0,14	0,17	0,16	0,11	0,05	0,01		
	D			0,02	0,05	0,09	0,09	0,09	0,06	0,04	0,01		
	Q			0,05	0,18	0,23	0,26	0,25	0,17	0,09	0,02		
	B	-0,06	-0,06	-0,06	-0,05	0,12	0,17	0,12	0,07	0,03	-0,05	-0,06	-0,06
9 30	S	0,73	0,76	0,83	0,81	0,84	0,82	0,78	0,77	0,80	0,80	0,77	0,69
	S'	0,22	0,29	0,45	0,58	0,66	0,66	0,61	0,56	0,50	0,41	0,29	0,20
	D	0,07	0,09	0,11	0,13	0,14	0,15	0,15	0,14	0,11	0,09	0,08	0,06
	Q	0,29	0,38	0,56	0,71	0,80	0,81	0,76	0,70	0,61	0,50	0,37	0,26
	B	0,15	0,19	0,33	0,46	0,52	0,52	0,50	0,44	0,39	0,30	0,19	0,13
12 30	S	0,83	0,86	0,92	0,89	0,88	0,86	0,83	0,84	0,86	0,85	0,83	0,83
	S'	0,36	0,47	0,64	0,73	0,79	0,80	0,76	0,72	0,65	0,52	0,39	0,32
	D	0,09	0,11	0,12	0,13	0,15	0,15	0,17	0,15	0,12	0,10	0,09	0,08
	Q	0,45	0,58	0,76	0,86	0,94	0,95	0,93	0,87	0,77	0,62	0,48	0,40
	B	0,23	0,30	0,47	0,57	0,63	0,64	0,63	0,56	0,49	0,36	0,24	0,20
15 30	S	0,56	0,67	0,75	0,77	0,79	0,77	0,74	0,72	0,71	0,64	0,50	0,43
	S'	0,10	0,20	0,33	0,42	0,49	0,52	0,49	0,42	0,33	0,19	0,09	0,05
	D	0,05	0,08	0,11	0,12	0,13	0,13	0,14	0,13	0,10	0,08	0,05	0,04
	Q	0,15	0,28	0,44	0,54	0,62	0,65	0,63	0,55	0,43	0,27	0,14	0,09
	B	0,01	1,10	0,20	0,29	0,35	0,38	0,37	0,30	0,21	0,08	-0,00	-0,02
18 30	S				0,20	0,28	0,34	0,32	0,19				
	S'				0,02	0,04	0,06	0,05	0,03				
	D				0,02	0,04	0,06	0,05	0,02				
	Q				0,04	0,08	0,12	0,10	0,05				
	B	-0,06	-0,06	-0,07	-0,03	-0,03	-0,01	-0,00	-0,03	-0,06	-0,06	-0,06	-0,06

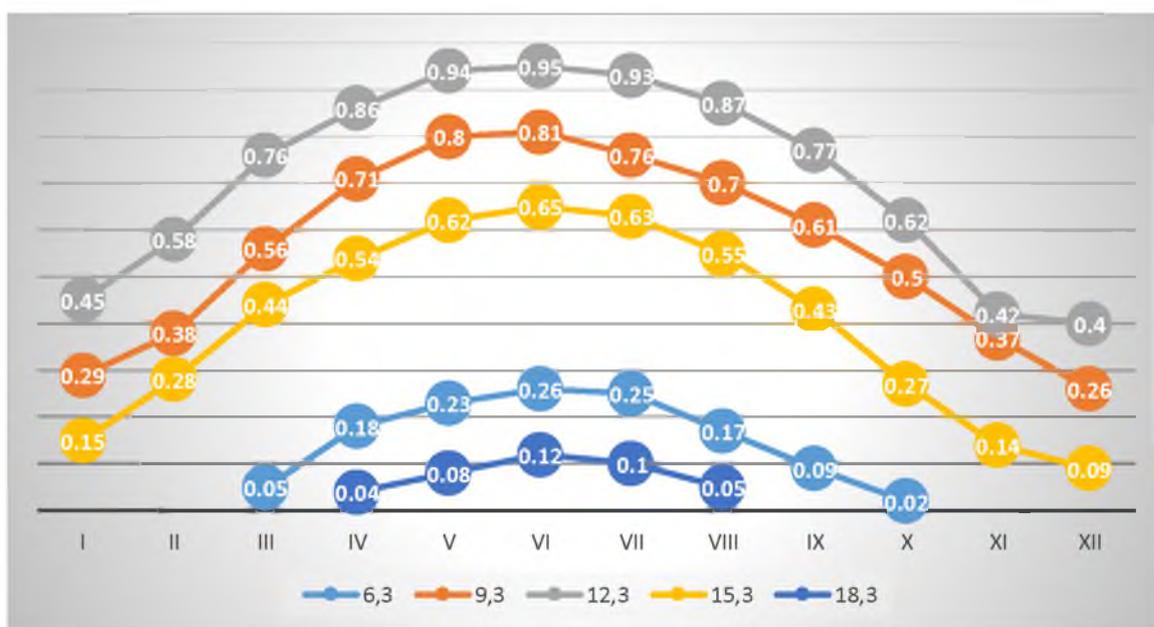


Рисунок 3.1 – Годовой ход суммарной радиации при ясном небе

На рисунках 3.1, 3.2 и 3.3 отобразим годовой ход суммарной, прямой и

рассеянной радиации при ясном небе. Графики показывают, что максимальные значения радиации в течение года наблюдаются в 12,30 часов.

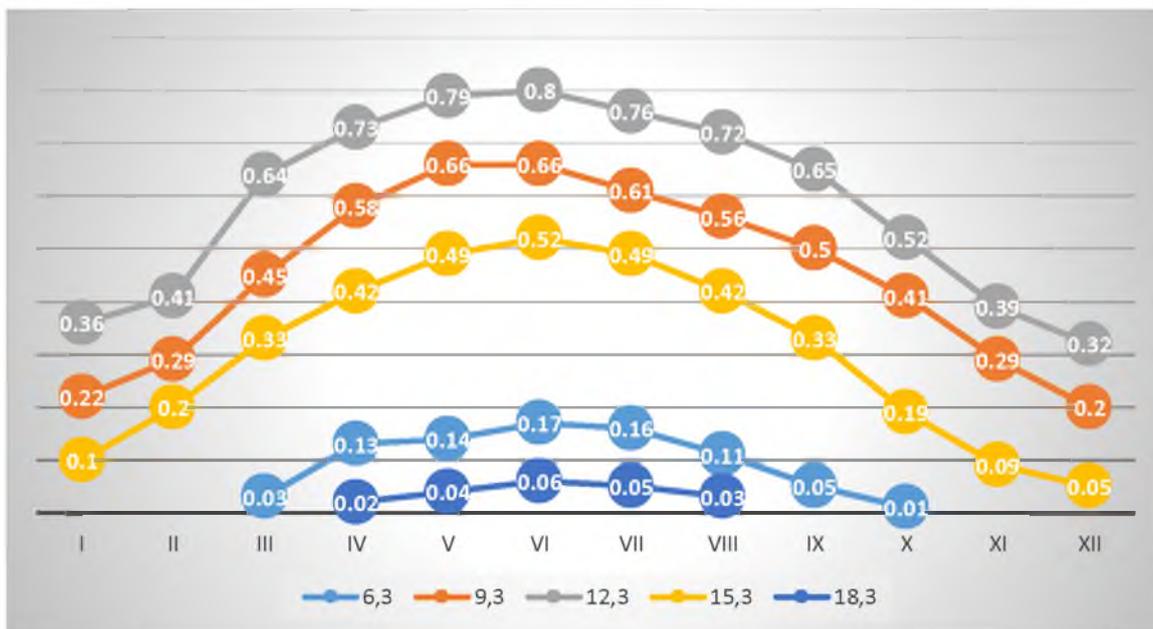


Рисунок 3.2 – Годовой ход прямой радиации при ясном небе на горизонтальную поверхность

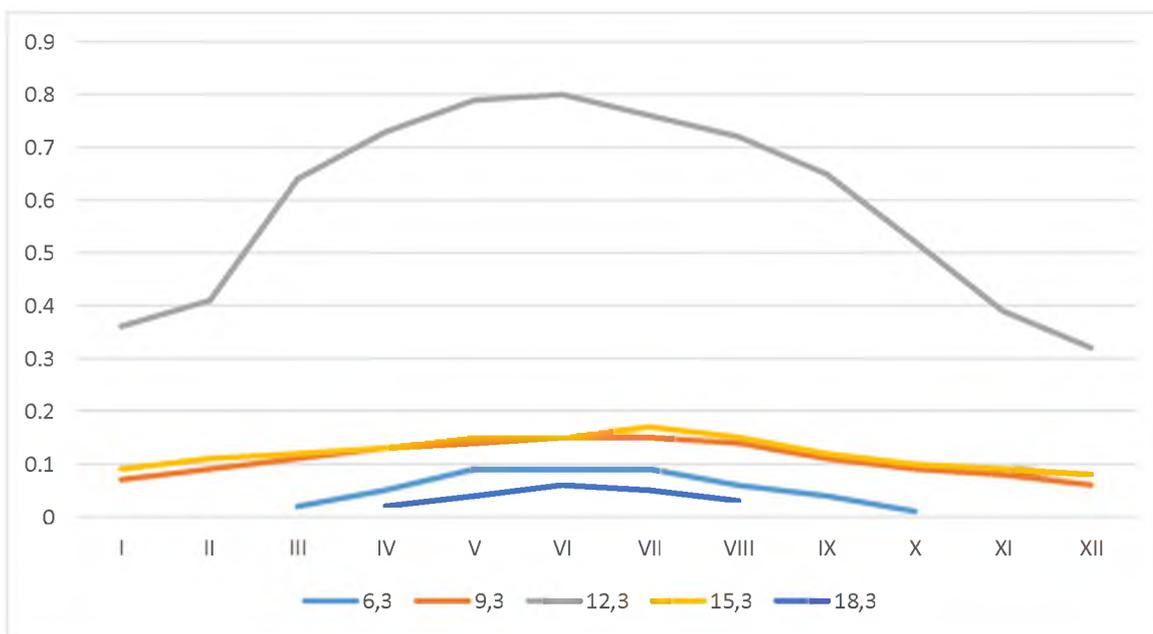


Рисунок 3.3 – Годовой ход рассеянной радиации при ясном небе

Прямая и суммарная радиация имеет в течение года синхронные изменения как в суточном, так и в годовом. А у рассеянной радиации показатели в 9,30 и 15,30 часов практически одинаковые и значительно ниже

показателей в 12,30 по времени в течение всего года.

Рассмотрим показатели энергетическая освещенности солнечной радиацией (кВт/м²) при средних условиях облачности (таблица 3.5)

Таблица 3.5 – Показатели энергетической освещенности солнечной радиации (кВт/м²) при средних условиях облачности

Время	Радиация	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
0 30	B	- 0.03	- 0.03	- 0.03	- 0.03	- 0.03	- 0.04	- 0.03	- 0.04	- 0.04	- 0.04	- 0.04	- 0.03
6 30	S			0.07	0.11	0.21	0.29	0.29	0.21	0.13	0.04		
	S'			0.01	0.04	0.08	0.11	0.14	0.10	0.05	0.00		
	D			0.02	0.05	0.08	0.12	0.04	0.03	0.03	0.01		
	Q			0.03	0.09	0.16	0.23	0.18	0.13	0.08	0.01		
	B	- 0.03	- 0.03	- 0.02	0.00	0.04	0.11	0.09	0.03	- 0.01	- 0.03	- 0.03	- 0.03
9 30	S	0.21	0.22	0.28	0.30	0.36	0.48	0.52	0.50	0.47	0.43	0.30	0.19
	S'	0.06	0.09	0.15	0.20	0.29	0.39	0.40	0.36	0.29	0.22	0.11	0.05
	D	0.08	0.11	0.15	0.20	0.23	0.24	0.22	0.21	0.17	0.13	0.10	0.07
	Q	0.14	0.20	0.30	0.40	0.52	0.63	0.62	0.57	0.46	0.35	0.21	0.12
	B	0.07	0.10	0.18	0.26	0.33	0.40	0.40	0.35	0.28	0.20	0.11	0.06
12 30	S	0.28	0.30	0.35	0.37	0.43	0.54	0.58	0.60	0.55	0.50	0.37	0.26
	S'	0.12	0.17	0.24	0.31	0.35	0.51	0.54	0.52	0.41	0.30	0.17	0.10
	D	0.12	0.17	0.22	0.24	0.28	0.27	0.26	0.23	0.20	0.16	0.13	0.11
	Q	0.24	0.34	0.46	0.55	0.63	0.78	0.80	0.75	0.61	0.46	0.30	0.21
	B	0.12	0.18	0.29	0.35	0.43	0.51	0.53	0.47	0.38	0.26	0.16	0.11
15 30	S	0.16	0.20	0.27	0.32	0.41	0.49	0.50	0.50	0.46	0.33	0.17	0.10
	S'	0.03	0.07	0.12	0.17	0.26	0.33	0.33	0.30	0.20	0.09	0.03	0.02
	D	0.05	0.09	0.13	0.17	0.20	0.21	0.21	0.18	0.14	0.09	0.05	0.03
	Q	0.08	0.16	0.25	0.34	0.46	0.54	0.54	0.48	0.34	0.18	0.08	0.05
	B	0.01	0.06	0.13	0.19	0.26	0.31	0.32	0.26	0.17	0.06	0.00	- 0.01
18 30	S				0.04	0.09	0.18	0.18	0.07				
	S'				0.01	0.01	0.03	0.03	0.03				
	D				0.01	0.04	0.06	0.06	0.01				
	Q				0.02	0.05	0.09	0.09	0.04				
	B	- 0.03	- 0.03		- 0.03	- 0.02	0.00	0.00	- 0.02	- 0.04	- 0.04	- 0.04	- 0.03

Таблица энергетической освещенности солнечной радиацией (кВт/м²) при средних условиях облачности может использоваться для получения представления об изменении солнечной радиации при средних условиях прозрачности атмосферы от одного срока наблюдений к другому.

Такие данные могут применяться, например, в следующих областях:

- разработке методов прогноза погоды и контроля окружающей среды;
- проектировании оздоровительных учреждений, биоклиматическое обоснование зон отдыха и туризма;
- разработке мероприятий по охране атмосферного воздуха от загрязнения и по оздоровлению окружающей среды;
- оценке изменений климата под влиянием антропогенных факторов.

График годового хода суммарной радиации при средних условиях облачности показывает, что максимальные значения наблюдаются в 12,30 ч. на протяжении всего года (рисунок 3.4).

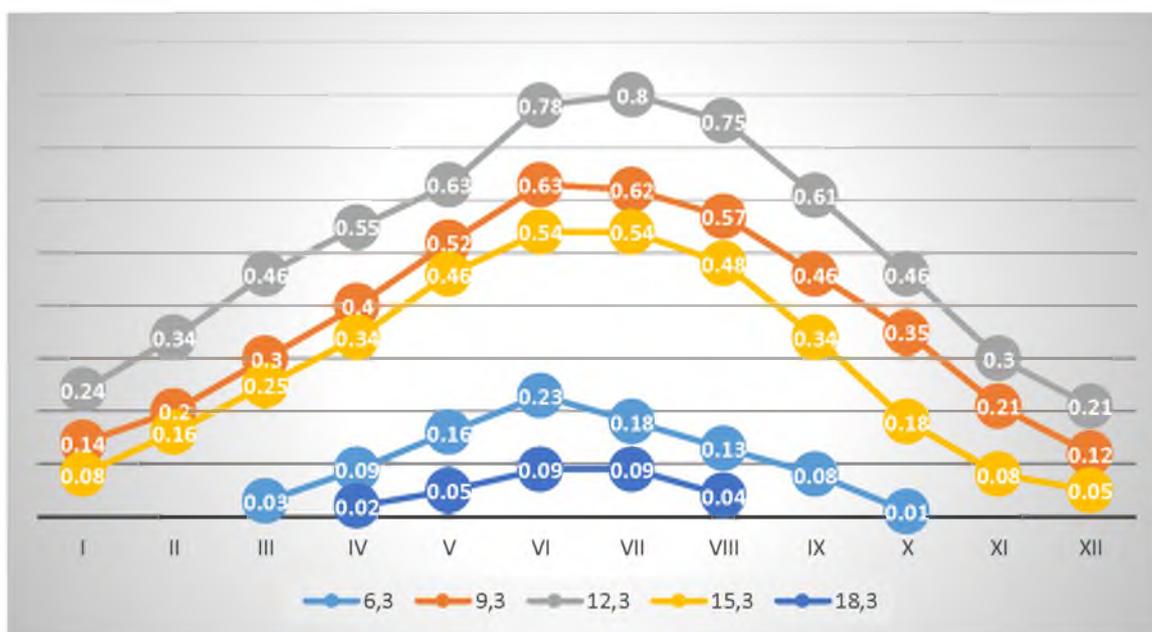


Рисунок 3.4 – Годовой ход суммарной радиации при средних условиях облачности

Проведем сравнение показателей суммарной радиации при средних условиях облачности и при ясном небе в 12,30 ч.

Показатели суммарной радиации при ясном небе в 12,30 ч. значительно выше показателей суммарной радиации при средних условиях облачности. Таким образом можно сделать вывод, что облачность снижает показатели суммарной радиации.

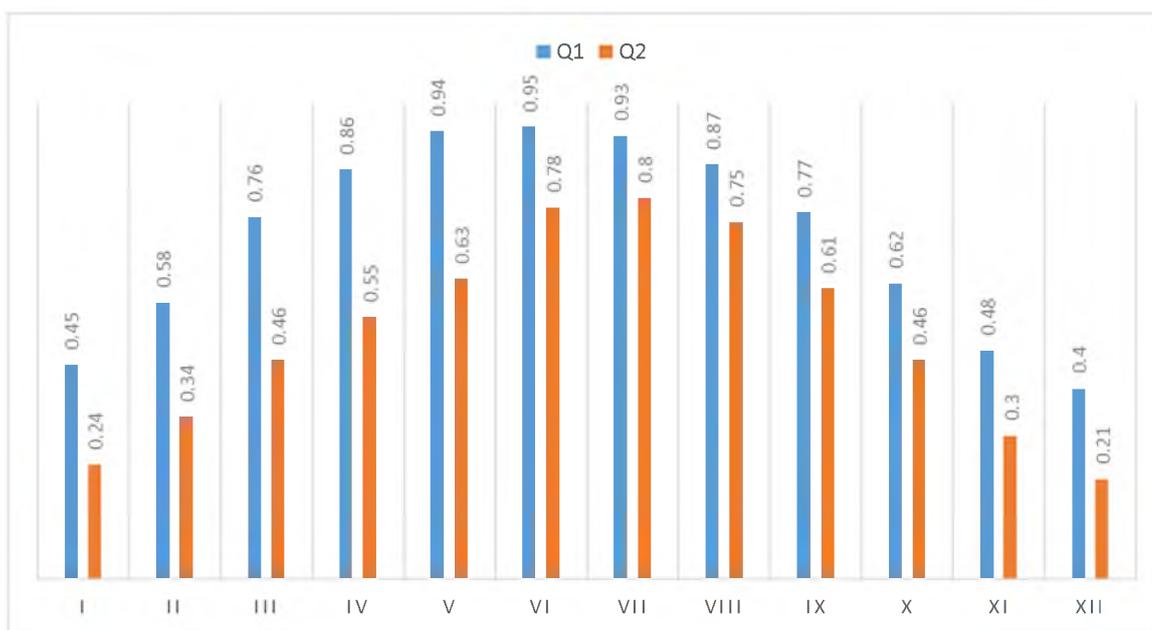


Рисунок 3.5 – Сравнительная характеристика показателей суммарной радиации при средних условиях облачности и при ясном небе в 12,30 ч.

Суммы прямой солнечной радиации (МДж/м²) на нормальную к лучу поверхность в ясном небе и интегральная прозрачность атмосферы в Сочи рассмотрим в таблице 3.6 и 3.7.

Таблица 3.6 – Показатели сумм прямой солнечной радиации (МДж/м²) на нормальную к лучу поверхность в ясном небе и интегральная прозрачность атмосферы в Сочи с 03 до 13 ч.

Месяц	За часовой интервал (истинное солнечное время)									
	3-4	3-5	5-6	6-7	7-8	8-9	9-10	10-11	11-12	12-13
I					0.68	1.99	2.68	2.91	3.02	3.02
II				0.08	1.38	2.32	2.81	2.99	3.09	3.09
III				0.83	1.99	2.63	2.99	3.17	3.30	3.30
IV			0.72	1.79	2.32	2.68	2.91	3.09	3.22	3.22
V		0.05	1.02	1.79	2.40	2.76	2.99	3.12	3.20	3.20
VI		0.30	1.15	1.79	2.40	2.71	2.94	3.07	3.12	3.12
VII		0.22	1.04	1.76	2.25	2.61	2.81	2.94	2.99	2.99
VIII		0.00	0.69	1.74	2.22	2.58	2.81	2.94	3.02	3.02
IX			0.09	1.25	2.07	2.61	2.86	3.04	3.12	3.12
X				0.34	1.79	2.45	2.79	2.99	3.09	3.09
XI					0.76	2.07	2.66	2.91	3.02	3.02
XII					0.32	1.79	2.40	2.81	2.99	2.99

Таблицы с показателями сумм прямой солнечной радиации (МДж/м²) на нормальную к лучу поверхность в ясном небе и интегральной прозрачности

атмосферы в Сочи могут быть предназначены для анализа радиационного режима и состояния атмосферы.

В таблице 3.6 рассматриваются показатели сумм прямой солнечной радиации за сутки и за месяц. За сутки самый высокий показатель наблюдается в июне и составляет – 35,45 МДж/м². За месяц самый высокий показатель в мае и составляет 1079 МДж/м². Годовое значение суммы прямой солнечной радиации (МДж/м²) на нормальную к лучу поверхность в ясном небе составляет 10576 МДж/м².

Таблица 3.7 – Показатели сумм прямой солнечной радиации (МДж/м²) на нормальную к лучу поверхность в ясном небе и интегральная прозрачность атмосферы в Сочи с 13 до 20 ч.

Месяц	13-14	14-15	15-16	16-17	17-18	18-19	19-20	За сутки	За месяц
I	2.91	2.68	1.99	0.68				22.56	699
II	2.99	2.81	2.32	1.38	0.08			25.34	710
III	3.17	2.99	2.63	1.99	0.83			29.82	924
IV	3.14	2.99	2.79	2.38	1.79	0.72		33.76	1 013
V	3.12	3.02	2.86	2.40	1.79	1.02	0.06	34.80	1 079
VI	3.07	2.94	2.79	2.43	1.99	1.33	0.30	35.45	1 064
VII	2.94	2.81	2.66	2.27	1.81	1.12	0.22	33.44	1 037
VIII	2.94	2.81	2.58	2.19	1.71	0.69	0.00	31.94	990
IX	3.04	2.86	2.61	2.07	1.25	0.09		30.08	902
X	2.99	2.79	2.45	1.79	0.34			26.90	834
XI	2.91	2.66	2.07	0.76				22.84	685
XII	2.81	2.40	1.79	0.32				20.62	639
год									10576

Суммы прямой радиации (М Дж/м²) на горизонтальную поверхность при ясном небе для Сочи представим в таблицах 3.8 и 3.9.

За сутки самый высокий показатель наблюдается в июне и составляет – 23,96 МДж/м². За месяц самый высокий показатель в мае и составляет 5686 МДж/м². Годовое значение суммы прямой солнечной радиации (МДж/м²) на горизонтальную поверхность в ясном небе составляет 5686 МДж/м².

Таблица 3.8 – Показатели сумм прямой солнечной радиации (МДж/м²)горизонтальную поверхность при ясном небе для Сочи с 03 до 13 ч.

Месяц	За часовой интервал (истинное солнечное время)									
	3-4	3-5	5-6	6-7	7-8	8-9	9-10	10-11	11-12	12-13
I					0.02	0.30	0.88	1.12	1.30	1.30
II				0.01	0.20	0.67	1.10	1.41	1.64	1.64
III				0.11	0.59	1.15	1.66	2.07	2.33	2.33
IV			0.09	0.46	0.04	1.59	2.07	2.43	2.66	2.66
V		0.01	0.15	0.53	1.23	1.84	2.35	2.69	2.86	2.86
VI		0.04	0.26	0.61	1.21	1.92	2.37	2.68	2.89	2.89
VII		0.03	0.23	0.56	1.28	1.79	2.22	2.58	2.76	2.76
VIII		0.00	0.12	0.38	0.87	1.51	2.02	2.37	2.58	2.58
IX			0.01	0.20	0.72	1.31	1.77	2.12	2.36	2.36
X				0.05	0.43	0.95	1.38	1.68	1.92	1.92
XI					0.11	0.52	0.92	1.25	1.46	1.46
XII					0.03	0.31	0.66	0.99	1.18	1.18

При сравнении годовых показателей видно, что прямая радиация на горизонтальную поверхность в два раза ниже.

Таблица 3.9 – Показатели сумм прямой солнечной радиации (МДж/м²)горизонтальную поверхность при ясном небе для Сочи с 13 до 20 ч.

Месяц	13-14	14-15	15-16	16-17	17-18	18-19	19-20	За сутки	За месяц
I	1.12	0.88	0.30	0.02				7.24	224
II	1.38	1.04	0.61	0.18	0.01			9.89	277
III	1.97	1.59	1.10	0.53	0.10			15.53	481
IV	2.36	2.02	1.56	1.02	0.41	0.07		20.44	613
V	2.69	2.35	1.84	1.23	0.53	0.15	0.01	23.32	723
VI	2.68	2.37	1.92	1.21	0.61	0.26	0.04	23.96	719
VII	2.51	2.17	1.74	1.23	0.56	0.23	0.03	22.68	703
VIII	2.37	2.02	1.51	0.87	0.38	0.12	0.00	19.70	611
IX	2.10	1.74	1.28	0.69	0.20	0.01		16.87	506
X	1.66	1.33	0.87	0.36	0.05			12.60	391
XI	1.18	0.82	0.41	0.12				8.25	248
XII	0.92	0.59	0.23	0.05				6.12	190
год									5686

На рисунке 3.6 сравним суточные показатели прямой радиации на разных поверхностях.

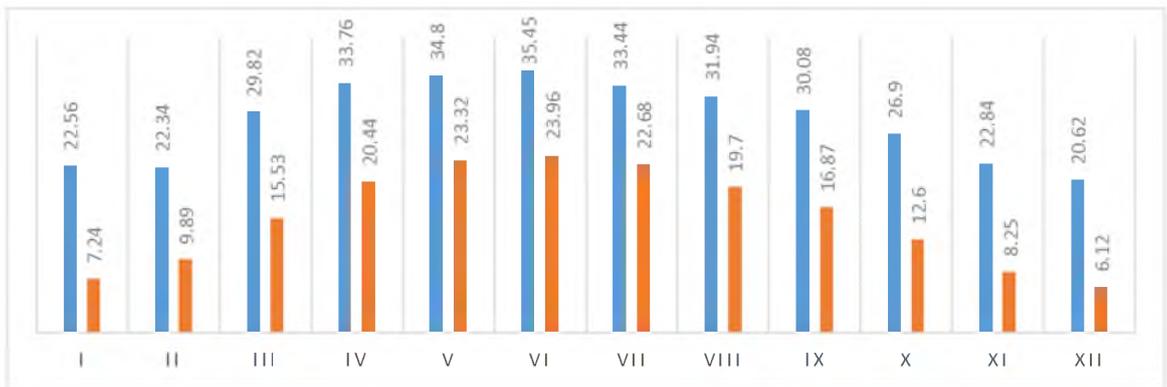


Рисунок 3.6 – Сравнительная характеристика сумм прямой солнечной радиации (МДж/м²) на нормальную к лучу поверхность и горизонтальную поверхность для Сочи при ясном небе

Результаты сравнения показывают, что в первом случае, то есть на нормальную к лучу поверхность в ясном небе и интегральную прозрачность атмосферы показатели значительно выше на протяжении всего года.

Различия в суммах прямой солнечной радиации на нормальную к лучу поверхность и горизонтальную поверхность при ясном небе связаны с тем, что в расчёте учитывают разные факторы, связанные с углом падения лучей и прозрачностью атмосферы.

Суммы суммарной солнечной радиации (М Дж/м²) при ясном небе для Сочи отобразим в таблице 3.10 и 3.11.

Таблица 3.10 – Показатели сумм суммарной солнечной радиации (М Дж/м²) при ясном небе для Сочи с 03 до 13 ч.

Месяц	За часовой интервал (истинное солнечное время)									
	3-4	3-5	5-6	6-7	7-8	8-9	9-10	10-11	11-12	12-13
I					0.07	0.48	1.15	1.43	1.61	1.61
II				0.01	0.33	0.92	1.43	1.79	2.02	2.02
III				0.18	0.79	1.48	2.07	2.50	2.76	2.76
IV			0.14	0.64	1.35	1.97	2.53	2.91	3.14	3.14
V		0.02	0.33	0.84	1.61	2.30	2.84	3.20	3.40	3.40
VI		0.07	0.46	0.99	1.64	2.40	2.89	3.22	3.45	3.45
VII		0.04	0.38	0.89	1.69	2.30	2.76	3.14	3.35	3.35
VIII		0.00	0.18	0.61	1.23	1.97	2.53	2.91	3.14	3.14
IX			0.02	0.31	0.95	1.64	2.15	2.53	2.79	2.79
X				0.07	0.56	1.18	1.69	2.04	2.30	2.30
XI					0.17	0.72	1.20	1.58	1.79	1.79
XII					0.06	0.46	0.89	1.25	1.46	1.46

Таблица 3.11 – Показатели сумм суммарной солнечной радиации (М Дж/м²) при ясном небе для Сочи с 13 до 20 ч.

Месяц	13-14	14-15	15-16	16-17	17-18	18-19	19-20	За сутки	За месяц
I	1.43	1.15	0.48	0.07				9.48	294
II	1.76	1.40	0.92	0.33	0.01			12.94	362
III	2.40	2.02	1.48	0.79	0.18			19.41	602
IV	2.84	2.48	1.97	1.35	0.64	0.14		25.24	757
V	3.20	2.84	2.30	1.61	0.84	0.33	0.02	29.02	900
VI	3.22	2.89	2.40	1.64	0.99	0.46	0.07	30.24	907
VII	3.07	2.71	2.25	1.66	0.89	0.38	0.04	28.88	895
VIII	2.91	2.53	1.97	1.23	0.61	0.18	0.00	25.14	779
IX	2.53	2.15	1.64	0.95	0.31	0.02		20.78	623
X	2.04	1.69	1.18	0.56	0.07			15.68	486
XI	1.51	1.10	0.61	0.18				10.65	320
XII	1.18	0.82	0.38	0.06				8.02	249
год									7177

Показатели в течение суток изменяются в зависимости от времени дня, высокие показатели в середине дня и низкие в начале и конце дня. Это связано с изменением высоты солнца в течение дня и прозрачностью атмосферы. В теплый период года показатели выше, чем в холодный период. Высокие суточные показатели характерны для июня и составляют 30.24МДж/м². Также в июне и месячный показатель выше всех остальных и составляет 907 МДж/м². Годовая сумма составляет 7177 МДж/м².

Суммы прямой солнечной радиации на нормальную к лучу поверхность при средних условиях облачности в Сочи представим в таблице 3.12 и 3.13.

Таблица 3.12 – Показатели сумм прямой солнечной радиации на нормальную к лучу поверхность при средних условиях облачности в Сочи с 03 до 13 ч., МДж/м²

Месяц	За часовой интервал (истинное солнечное время)									
	3-4	3-5	5-6	6-7	7-8	8-9	9-10	10-11	11-12	12-13
I					0.13	0.51	0.77	0.92	1.00	1.00
II				0.02	0.33	0.64	0.84	1.00	1.07	1.07
III				0.24	0.59	0.82	1.02	1.18	1.25	1.25
IV			0.14	0.41	0.69	0.92	1.10	1.25	1.35	1.35

Продолжение таблицы 3.11

V		0.03	0.38	0.74	1.00	1.20	1.38	1.48	1.56	1.56
VI		0.18	0.69	1.05	1.33	1.56	1.74	1.87	1.97	1.97
VII		0.12	0.56	1.05	1.41	1.69	1.87	1.99	2.10	2.10
VIII		0.00	0.26	0.77	1.18	1.51	1.79	2.02	2.17	2.17
IX			0.03	0.46	0.92	1.30	1.61	1.87	1.99	1.99
X				0.14	0.56	1.02	1.41	1.69	1.81	1.81
XI					0.21	0.59	0.95	1.23	1.38	1.38
XII					0.05	0.31	0.64	0.84	0.95	0.95

Самый низкий показатель сумм за сутки – в декабре и составляет 5,75 МДж/м². Высокий показатель за сутки в июле – 22,30 МДж/м². Годовая сумма составляет 5012 МДж/м². В декабре месячные суммы также самые низкие и составили 178МДж/м².

Таблица 3.13 – Показатели сумм прямой солнечной радиации на нормальную к лучу поверхность при средних условиях облачности в Сочи с 13 до 20 ч., МДж/м²

Месяц	13-14	14-15	15-16	16-17	17-18	18-19	19-20	За сутки	За месяц
I	0.95	0.79	0.54	0.13				6.74	209
II	1.00	0.84	0.69	0.36	0.02			7.88	221
III	1.20	1.12	0.92	0.64	0.24			10.47	325
IV	1.33	1.28	1.18	0.89	0.56	0.16		12.61	378
V	1.53	1.48	1.30	1.12	0.76	0.38	0.03	15.93	494
VI	1.97	1.89	1.79	1.53	1.15	0.69	0.18	21.56	647
VII	2.04	1.94	1.79	1.58	1.25	0.69	0.12	22.30	691
VIII	2.10	1.99	1.79	1.48	0.97	0.26	0.00	20.46	634
IX	1.92	1.81	1.66	1.35	0.66	0.04		17.61	528
X	1.76	1.58	1.33	0.82	0.14			14.07	436
XI	1.28	1.07	0.74	0.21				9.04	271
XII	0.84	0.69	0.43	0.05				5.75	178
год									5012

На рисунке 3.7 сравним показатели сумм прямой солнечной радиации на нормальную к лучу поверхность в ясном небе с показателями при средних условиях облачности.

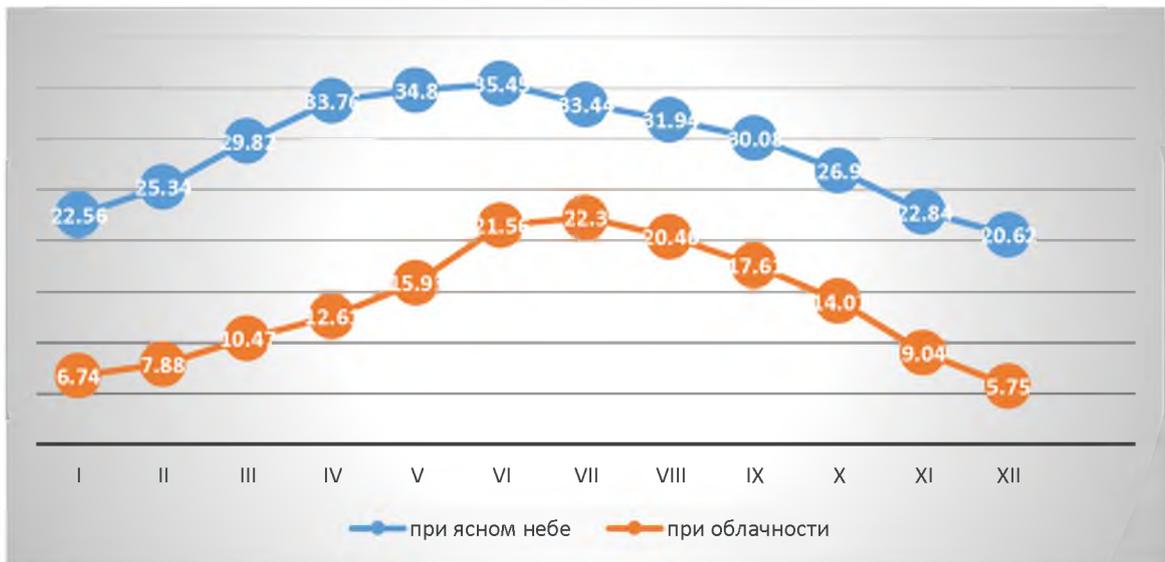


Рисунок 3.7 – Сравнительная характеристика показателей сумм прямой солнечной радиации на нормальную к лучу поверхность в ясном небе с показателями при средних условиях облачности за сутки

Результаты сравнения показывают, что облачность препятствует прохождению прямой радиации.

Таблица 3.14 – Показатели сумм прямой солнечной радиации на горизонтальную поверхность при средних условиях облачности в Сочи с 03 до 13 ч., МДж/м²

Месяц	За часовой интервал (истинное солнечное время)									
	3-4	3-5	5-6	6-7	7-8	8-9	9-10	10-11	11-12	12-13
I					0.02	0.09	0.23	0.36	0.43	0.43
II				0.01	0.05	0.20	0.36	0.51	0.59	0.59
III				0.05	0.20	0.37	0.55	0.72	0.84	0.84
IV			0.04	0.15	0.31	0.49	0.72	0.95	1.10	1.10
V		0.01	0.09	0.28	0.46	0.69	1.00	1.28	1.43	1.43
VI		0.04	0.18	0.41	0.72	1.02	1.38	1.66	1.82	1.82
VII		0.03	0.20	0.51	0.82	1.15	1.48	1.74	1.91	1.91
VIII		0.00	0.10	0.36	0.64	0.97	1.30	1.61	1.86	1.86
IX			0.01	0.18	0.41	0.72	1.02	1.73	1.51	1.51
X				0.02	0.18	0.41	0.69	0.95	1.12	1.12
XI					0.04	0.18	0.36	0.54	0.64	0.64
XII					0.01	0.08	0.18	0.31	0.38	0.38

Таблица 3.15 – Показатели сумм прямой солнечной радиации на горизонтальную поверхность при средних условиях облачности в Сочи с 13 до 20 ч., МДж/м²

Месяц	13-14	14-15	15-16	16-17	17-18	18-19	19-20	За сутки	За месяц
I	0.36	0.23	0.09	0.02				2.26	70
II	0.51	0.36	0.20	0.05	0.01			3.44	96
III	0.72	0.56	0.38	0.20	0.05			5.48	170
IV	1.00	0.84	0.64	0.38	0.18	0.04		7.94	238
V	1.28	1.12	0.89	0.61	0.28	0.09	0.01	10.95	339
VI	1.69	1.48	1.20	0.84	0.49	0.18	0.04	14.97	449
VII	1.75	1.50	1.18	0.82	0.51	0.20	0.03	15.74	488
VIII	1.66	1.38	1.05	0.66	0.36	0.10	0.00	13.91	431
IX	1.33	1.05	0.82	0.48	0.20	0.01		10.58	317
X	0.95	0.74	0.43	0.20	0.02			6.83	212
XI	0.48	0.31	0.13	0.04				3.36	101
XII	0.28	0.15	0.08	0.01				1.86	58
год									2969

Годовые показатели сумм прямой солнечной радиации на горизонтальную поверхность при средних условиях облачности в Сочи составляют 2969 МДж/м². Самые низкие показатели и за сутки, и за месяц в декабре. Самые высокие в июле (таблица 3.14 и 3.15).



Рисунок 3.8 – Сравнительная характеристика показателей сумм прямой солнечной радиации на горизонтальную поверхность при ясном небе с показателями при средних условиях облачности в Сочи за сутки

Рисунок 3.8 показывает, что показатели при ясном небе выше показателей при облачности, что еще раз подтверждает влияние облачности на прохождение прямой радиации в сторону ее уменьшения.

Суммы рассеянной солнечной радиации (МДж/м²) при средних условиях облачности в Сочи нужны для расчёта суммарной солнечной радиации – общего количества солнечной энергии, достигшей поверхности Земли (таблица 3.17 и 3.18).

Информация о суммах рассеянной солнечной радиации при средних условиях облачности нужна для целей, представленных в таблице 3.15.

Таблица 3.16 – Значение информации о суммах рассеянной солнечной радиации при средних условиях облачности

№ п/п	Значение
1.	Расчёта теплоступлений в здание от проникающей солнечной радиации за отопительный период. Учёт рассеянной радиации позволяет учитывать, что она создаёт сплошную освещённость в дневное время даже там, куда не проникают прямые лучи солнца, например под пологом леса.
2.	Оценки микроклиматических условий территории, например, для строительства объектов в сложных условиях рельефа (например, горнолыжных комплексов в Сочи). Неравномерное распределение солнечной радиации по склонам разной экспозиции и крутизны приводит к микроклиматическим различиям в радиационном нагреве различных участков рельефа, что, в частности, сказывается на продолжительности залегания снежного покрова.

Таблица 3.17 – Суммы рассеянной солнечной радиации (МДж/м²) при средних условиях облачности Сочи с 3ч. до 13 ч.

Месяц	За часовой интервал (истинное солнечное время)									
	3-4	3-5	5-6	6-7	7-8	8-9	9-10	10-11	11-12	12-13
I					0.03	0.14	0.28	0.38	0.44	0.44
II				0.00	0.15	0.26	0.41	0.51	0.64	0.64
III				0.07	0.21	0.37	0.57	0.71	0.80	0.80
IV			0.02	0.16	0.33	0.53	0.74	0.84	0.92	0.92
V		0.00	0.11	0.31	0.51	0.66	0.81	0.84	0.84	0.84
VI		0.01	0.20	0.43	0.56	0.72	0.87	0.92	0.99	0.99
VII		0.01	0.06	0.13	0.28	0.46	0.79	0.97	0.98	0.98
VIII		0.00	0.04	0.10	0.15	0.43	0.74	0.84	0.85	0.85
IX			0.01	0.09	0.25	0.43	0.59	0.64	0.71	0.71
X				0.03	0.18	0.33	0.43	0.53	0.59	0.59
XI					0.05	0.20	0.30	0.38	0.48	0.48
XII					0.02	0.14	0.25	0.33	0.41	0.41

Таблица 3.18 – Суммы рассеянной солнечной радиации (МДж/м²) при средних условиях облачности в Сочи с 13ч. до 20 ч.

Месяц	13-14	14-15	15-16	16-17	17-18	18-19	19-20	За сутки	За месяц
I	0.41	0.31	0.19	0.03				2.65	82
II	0.56	0.46	0.31	0.15	0.00			4.09	115
III	0.71	0.62	0.49	0.28	0.07			5.70	177
IV	0.84	0.74	0.61	0.46	0.20	0.02		7.33	220
V	0.84	0.82	0.75	0.59	0.33	0.11	0.00	8.36	259
VI	0.92	0.87	0.77	0.69	0.45	0.20	0.01	9.60	288
VII	0.97	0.92	0.74	0.53	0.31	0.08	0.01	8.22	255
VIII	0.84	0.82	0.66	0.41	0.18	0.04	0.00	6.95	215
IX	0.64	0.61	0.48	0.29	0.13	0.01		5.59	168
X	0.56	0.44	0.39	0.21	0.03			4.31	134
XI	0.44	0.35	0.25	0.05				2.98	89
XII	0.36	0.28	0.14	0.02				2.36	73
год									2075

Суммы рассеянной солнечной радиации за год составили 2075 МДж/м² (таблица 3.18). Низкие показатели в декабре и за сутки, и за месяц. Высокие показатели в июне (рисунок 3.9).

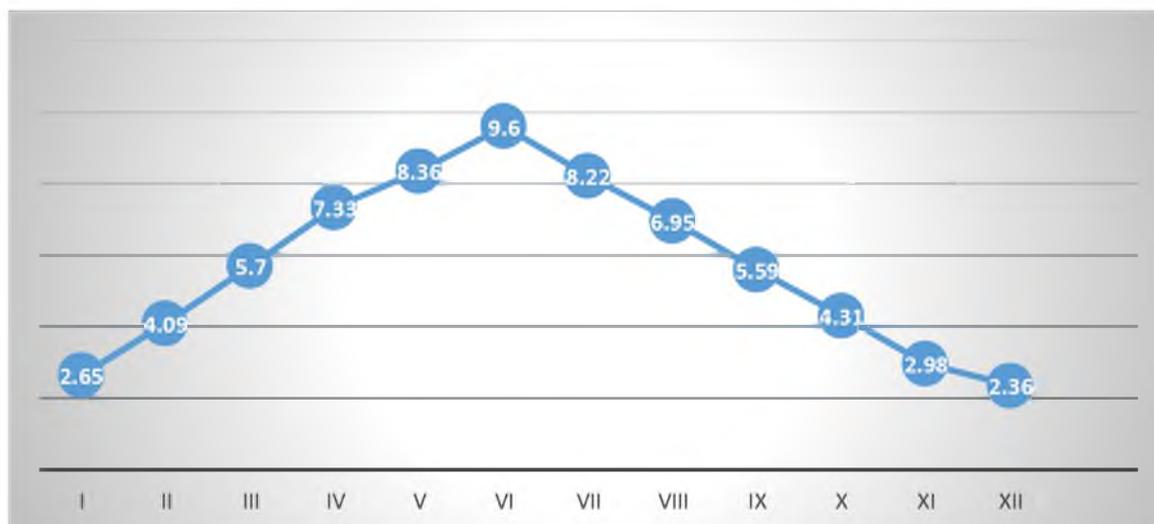


Рисунок 3.9 – Сравнительная характеристика показателей сумм рассеянной солнечной радиации при средних условиях облачности в Сочи за сутки

Суммы суммарной солнечной радиации (МДж/м²) и альбедо деятельной поверхности (%) при средних условиях облачности в Сочи нужны для оценки

радиационного режима и отражательной способности поверхности. Эти характеристики важны в разных контекстах, например, в расчётах теплоступлений от солнечной радиации или в оценке микроклиматических условий (таблица 3.19).

Таблица 3.19 – Суммы суммарной солнечной радиации (МДж/м²) и альbedo деятельной поверхности (%) при средних условиях облачности в Сочи с 3 ч. до 13 ч.

Месяц	За часовой интервал (истинное солнечное время)									
	3-4	3-5	5-6	6-7	7-8	8-9	9-10	10-11	11-12	12-13
I					0.05	0.23	0.51	0.74	0.87	0.87
II				0.01	0.20	0.46	0.77	1.02	1.23	1.23
III				0.12	0.41	0.74	1.12	1.43	1.64	1.64
IV			0.06	0.31	0.64	1.02	1.46	1.79	2.02	2.02
V		0.01	0.20	0.59	0.97	1.35	1.81	2.12	2.27	2.27
VI		0.05	0.38	0.84	1.28	1.74	2.25	2.58	2.81	2.81
VII		0.04	0.26	0.64	1.10	1.61	2.27	2.71	2.89	2.89
VIII		0.00	0.14	0.46	0.79	1.40	2.04	2.45	2.71	2.71
IX			0.02	0.27	0.66	1.15	1.61	1.97	2.22	2.22
X				0.05	0.36	0.74	1.12	1.48	1.71	1.71
XI					0.09	0.38	0.66	0.92	1.12	1.12
XII					0.03	0.22	0.43	0.64	0.79	0.79

При учете альbedo важно учитывать группу факторов: состав веществ, текстуру, влажность, угол падения солнечных лучей, длину волны излучения и наличия атмосферных примесей. Например, альbedo свежеснежного снега – 80-95%.

Таблица 3.20 – Суммы суммарной солнечной радиации (МДж/м²) и альbedo деятельной поверхности (%) при средних условиях облачности в Сочи с 13 ч. до 20 ч.

Месяц	13-14	14-15	15-16	16-17	17-18	18-19	19-20	За сутки	За месяц	A _к
I	0.77	0.54	0.28	0.05				4.91	152	25
II	1.07	0.82	0.51	0.20	0.01			7.53	211	24
III	1.43	1.18	0.87	0.48	0.12			11.18	347	20
IV	1.84	1.58	1.25	0.84	0.38	0.06		15.27	458	20
V	2.12	1.94	1.64	1.20	0.61	0.20	0.01	19.31	599	21
VI	2.61	2.35	1.97	1.53	0.94	0.38	0.05	24.57	737	21

Продолжение таблицы 3.20

VII	2.72	2.42	1.92	1.35	0.82	0.28	0.04	23.96	743	21
VIII	2.50	2.20	1.71	1.07	0.54	0.14	0.00	20.86	647	22
IX	1.97	1.66	1.30	0.77	0.33	0.02		16.17	485	21
X	1.51	1.18	0.82	0.41	0.05			11.14	345	23
XI	0.92	0.66	0.38	0.09				6.34	190	24
XII	0.64	0.43	0.22	0.03				4.22	131	22
год									5 045	22

Альbedo влияет на микроклимат в горах, в частности, определяет условия баланса массы поверхности горных ледников.

Альbedo является одним из ключевых факторов, влияющих на микроклиматические процессы в горных районах.

Альbedo деятельной поверхности при средних условиях облачности в Сочи находится в пределах 20-25%.

Направления использования значений расчета сумм суммарной солнечной радиации и альbedo деятельной поверхности при средних условиях облачности в Сочи представлено в таблице 3.21.

Таблица 3.21 – Использование значений расчета сумм суммарной солнечной радиации и альbedo деятельной поверхности при средних условиях облачности в Сочи

№ п/п	Характеристика влияния
1.	Расчёта теплоступлений от солнечной радиации. Учитываются данные о суммарной радиации, поступающей на горизонтальную поверхность при средней облачности, для каждого месяца отопительного периода.
2.	Оценки радиационного режима наклонных и вертикальных поверхностей. Сведения о количестве радиации, поступающей на склоны разной ориентации, позволяют уточнить продолжительность вегетационного периода, сроки схода снежного покрова, оценить влагосодержание почвы
3.	Оценки способности поверхности отражать приходящую солнечную энергию. Альbedo влияет на температурный режим поверхности: более тёмные поверхности поглощают больше энергии и нагреваются сильнее
4.	Учёта отражательных свойств поверхности. Отражённая радиация зависит не только от количества суммарной радиации, но и от отражательных свойств деятельной поверхности

Некоторые аспекты влияния альbedo на микроклимат в горах представим

в таблице 3.22

Таблица 3.22 – Влияние альbedo на микроклимат в горах

№ п/п	Характеристика влияния
1.	Усиление рассеянной радиации и увеличение освещённости. Большое альbedo снежного покрова приводит к этим последствиям
2.	Влияние на таяние ледников. Изменения альbedo поверхности могут усилить или ослабить таяние ледников в ответ на изменение климата
3.	Влияние на температуру приземного слоя воздуха. Поверхность снежного покрова отражает солнечную радиацию днём и охлаждается излучением ночью, что понижает температуру приземного слоя воздуха
4.	Влияние на облачность и осадки. В связи с перетеканием воздушных течений через хребты на наветренных склонах гор увеличиваются облачность и осадки
5.	Влияние на фены. На подветренных склонах возникают фены с повышением температуры и уменьшением влажности

Радиационный баланс деятельной поверхности ($\text{МДж}/\text{м}^2$) при средних условиях облачности в Сочи нужен для оценки микроклиматических условий территории. Это разность между всеми приходящими на эту поверхность и уходящими от нее потоками лучистой энергии (таблица 3.23).

Таблица 3.23 – Радиационный баланс деятельной поверхности ($\text{МДж}/\text{м}^2$) при средних условиях облачности Сочи с 00 ч. до 12 ч.

Месяц	0-1	1-2	2-3	3-4	4-5	5-6	6-7	7-8	8-9	9-10	10-11	11-12
I	-0.10	-0.10	-0.10	-0.10	-0.10	-0.10	-0.10	-0.10	0.06	0.28	0.38	0.43
II	-0.10	-0.10	-0.10	-0.10	-0.10	-0.10	-0.10	-0.02	0.20	0.43	0.59	0.66
III	-0.10	-0.10	-0.10	-0.10	-0.10	-0.10	-0.06	0.15	0.47	0.69	0.92	1.05
IV	-0.10	-0.10	-0.10	-0.10	-0.10	-0.10	0.01	0.31	0.59	0.89	1.12	1.25
V	-0.13	-0.13	-0.13	-0.13	-0.13	0.03	0.15	0.43	0.82	1.15	1.41	1.56
VI	-0.13	-0.13	-0.13	-0.13	-0.13	0.02	0.38	0.72	1.10	1.41	1.69	1.87
VII	-0.13	-0.13	-0.13	-0.13	-0.13	0.03	0.31	0.74	1.12	1.46	1.74	1.92
VIII	-0.13	-0.13	-0.13	-0.13	-0.13	-0.10	0.12	0.49	0.89	1.28	1.53	1.69
IX	-0.13	-0.13	-0.13	-0.13	-0.13	-0.13	-0.04	0.29	0.65	0.97	1.25	1.41
X	-0.13	-0.13	-0.13	-0.10	-0.10	-0.10	-0.10	0.01	0.31	0.60	0.84	0.97
XI	-0.13	-0.13	-0.13	-0.10	-0.10	-0.10	-0.10	-0.10	0.08	0.31	0.51	0.61
XII	-0.10	-0.10	-0.10	-0.10	-0.10	-0.10	-0.10	-0.10	0.00	0.20	0.33	0.41

Таблица 3.24 – Радиационный баланс деятельной поверхности (МДж/м²) при средних условиях облачности Сочи с 12 ч. до 24 ч.

месяц	12-13	13-14	14-15	15-16	16-17	17-18	18-19	19-20	20-21	21-22	22-23	23-24	сутки	месяц
I	0,43	0,36	0,23	0,03	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	0,6	19
II	0.66	0.54	0.38	0.15	-0.04	-0.10	-0.10	-0.10	-0.10	-0.10	-0.10	-0.10	2.15	60
III	1.05	0.92	0.66	0.46	0.15	-0.08	-0.10	-0.10	-0.10	-0.10	-0.10	-0.10	5.18	161
IV	1.25	1.12	0.92	0.69	0.41	0.09	-0.10	-0.10	-0.10	-0.10	-0.10	-0.10	7.45	224
V	1.56	1.41	1.18	0.94	0.64	0.28	-0.02	-0.10	-0.10	-0.10	-0.10	-0.10	10.24	317
VI	1.87	1.69	1.43	1.15	0.77	0.38	0.02	-0.10	-0.10	-0.10	-0.10	-0.10	13.20	396
VII	1.92	1.71	1.43	1.12	0.74	0.31	0.03	-0.10	-0.10	-0.10	-0.10	-0.10	13.31	413
VIII	1.69	1.51	1.25	0.89	0.49	0.13	-0.08	-0.10	-0.10	-0.10	-0.10	-0.10	10.48	325
IX	1.41	1.20	0.95	0.64	0.28	-0.03	-0.10	-0.10	-0.10	-0.10	-0.10	-0.10	7.42	223
X	0.97	0.79	0.56	0.31	-0.01	-0.13	-0.10	-0.10	-0.10	-0.10	-0.10	-0.10	3.65	113
XI	0.61	0.46	0.26	0.06	-0.10	-0.13	-0.10	-0.10	-0.10	-0.10	-0.10	-0.10	1.00	30
XII	0.41	0.31	0.18	0.00	-0.10	-0.10	-0.10	-0.10	-0.10	-0.10	-0.10	-0.10	0.24	7
год														2288

Радиационный баланс деятельной поверхности при средних условиях облачности Сочи за год составляет 2288 МДж/м² (таблица 3.24). Показатели радиационного баланса в течение суток в Сочи имеют разные значения, так в с 17 часов и до 06 часов баланс отрицательный в течение года. Положительные значения для всех месяцев соответствуют времени с 08 до 16 часов.

Максимальные суточные значения приходятся на июль и составляют 13.33 МДж/м².

На территории России в период с ноября по февраль радиационный баланс имеет отрицательные значения (рисунок 3.10). Летом изменение радиационного баланса по территории России в целом характеризуется увеличением его с севера на юг (рисунок 3.11).



Рисунок 3.10 – Характеристика радиационного баланса в России за январь

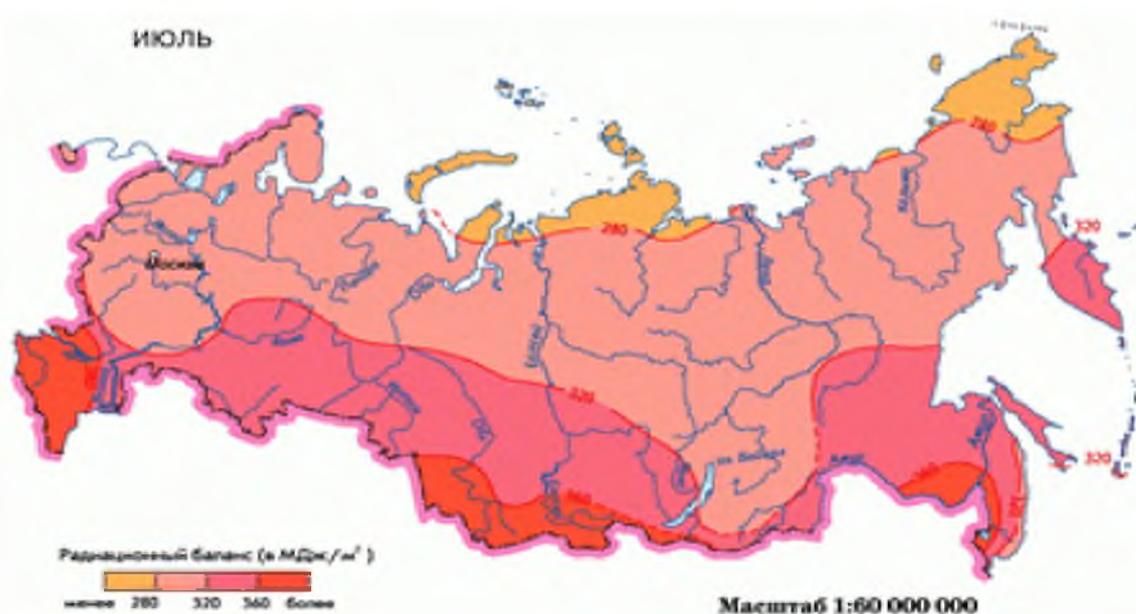


Рисунок 3.11 – Характеристика радиационного баланса в России за июль

Виды исследования радиационного баланса представлены в таблице 3.25

Таблица 3.25 – Виды исследования радиационного баланса

№ п/п	Виды исследования радиационного баланса
1.	Оценка степени нагревания и охлаждения различных поверхностей. Если приход лучистой энергии больше её расхода, то радиационный баланс положителен, и поверхность нагревается. Если приход меньше расхода, то радиационный баланс отрицателен, и поверхность охлаждается
2.	Учет влияние облачности на суммарную радиацию. Частичная облачность, не закрывающая солнечный диск, увеличивает суммарную радиацию по сравнению с безоблачным небом, полная облачность, напротив, её уменьшает
3.	Анализ суточного хода суммарной радиации при средних условиях облачности: постепенное нарастание от восхода солнца до полудня и убывание от полудня до захода

Некоторые результаты исследования радиационного баланса при средних условиях облачности:

- Изменение прямой радиации в течение дня при средних условиях облачности отличается от изменений при ясном небе: и летом, и зимой величины радиации на перпендикулярную и горизонтальную поверхность меньше, чем при ясном небе.

- Изменение рассеянной радиации в зависимости от облачности: при средних условиях облачности ее приход более чем в два раза превосходит значения, наблюдающиеся при ясном небе. В отдельные дни облачность увеличивает этот показатель в 3-4 раза.

- Закономерный суточный ход суммарной радиации при средних условиях облачности: постепенное нарастание от восхода солнца до полудня и убывание от полудня до захода.

Характеристики продолжительности солнечного сияния в Сочи представлены в таблице 3.26.

Продолжительность солнечного сияния за год составляет 2115 часов. В течение года 60 дней без солнца. Среднее значение за день с солнцем составляет – 6,9 ч.

Знание показателей продолжительности солнечного сияния в Сочи важна для разных целей, связанных с климатом, туризмом и сельским хозяйством.

Таблица 3.26 – Характеристики продолжительности солнечного сияния, ч

Показатели	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	год
Продолжительность	91	92	131	150	209	258	284	278	227	183	123	89	2115
Ср. за день с солнцем	4,6	4,8	7,0	6,3	7,5	8,9	9,3	9,1	7,8	6,5	5,3	4,2	6,9
Число дней без солнца	11	9	8	6	3	1	0,4	0,4	1	3	7	10	60

Динамика продолжительности солнечного сияния в Сочи представлена на рисунке 3.12. Максимальное значение в июле – 284 ч., минимальное в декабре – 89 ч. (таблица 3.26).

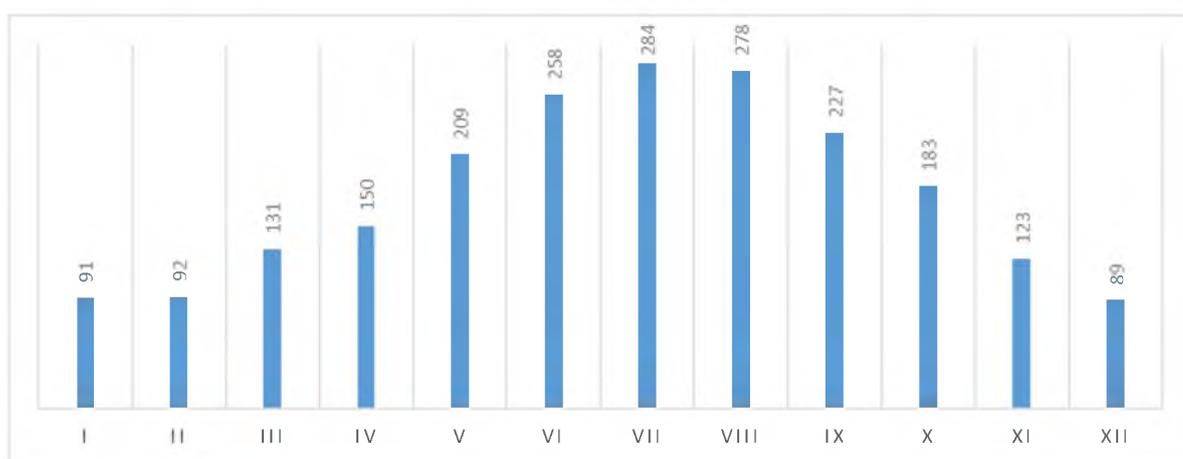


Рисунок 3.12 – Динамика продолжительности солнечного сияния в Сочи

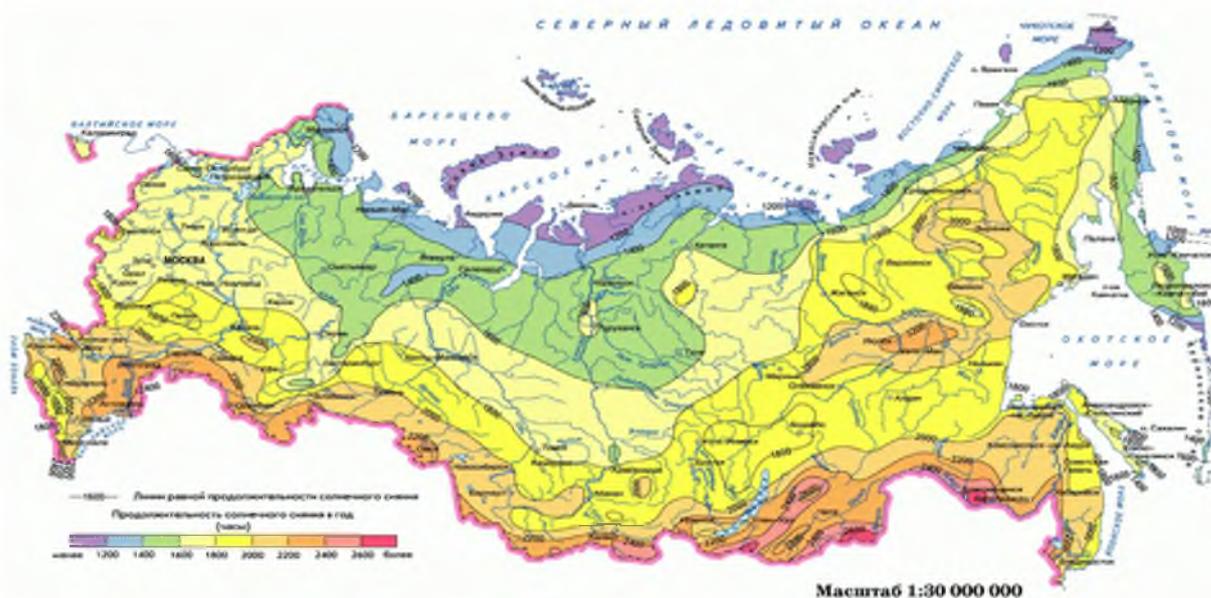


Рисунок 3.13 – Характеристика продолжительности солнечного сияния в России

С высокой продолжительностью солнечного сияния в России такие города как: Улан-Удэ – 2797 часов в год, в среднем по 7,6 часа каждый день, даже с учётом короткой зимы; Хабаровск – 2449 часов в год; Чита – около 2400 часов в год; Северобайкальск – более 2500 часов в год; Абакан – примерно 2400 часов в год.

Заключение

Наблюдения за параметрами солнечной радиации на метеорологической станции (МС) в Сочи позволяют изучать режим солнечной радиации, влияние рельефа на радиационный режим и другие характеристики. Эти наблюдения важны, так как солнечная радиация – один из важнейших факторов формирования микроклиматов, обуславливает тепло- и влагообмен, суточный и годовой ход метеорологических элементов.

Благодаря широте $43^{\circ}34'$ высота солнца над линией горизонта достигает 70° в июле и 23° в декабре. Количество тепла, получаемого землей, находится в прямо пропорциональной зависимости от высоты солнца, поэтому наибольшие суммы солнечной радиации земная поверхность получает в июле, а наименьшие – в декабре.

Неравномерное распределение солнечной радиации в условиях сложного рельефа Сочи может приводит к микроклиматическим различиям в радиационном нагреве различных участков рельефа.

Основным средством измерения на МС Сочи является станция актинометрическая СФ-14-21, которая позволяет производить все измерения за параметрами солнечной радиации, на основании полученных данных формируется информация о параметрах солнечной радиации.

Продолжительность солнечного сияния за год в Сочи составляет 2115 часов. В течение года 60 дней без солнца. Среднее значение за день с солнцем составляет – 6,9 ч.

Максимальные значения солнечной радиации: суммарной, прямой и рассеянной в течение года наблюдаются в 12,30 часов.

Прямая и суммарная радиация имеет в течение года синхронные изменения как в суточном, так и в годовом ходе. А у рассеянной радиации показатели в 9,30 и 15,30 часов практически одинаковые и значительно ниже показателей в 12,30 по времени в течение всего года.

Показатели суммарной радиации при ясном небе в 12,30 ч. значительно

выше показателей суммарной радиации при средних условиях облачности. Таким образом можно сделать вывод, что облачность снижает показатели суммарной радиации.

Суммы рассеянной солнечной радиации за год составили 2075 МДж/м². Низкие показатели в декабре и за сутки, и за месяц. Высокие показатели в июне.

Альbedo деятельной поверхности при средних условиях облачности в Сочи находится в пределах 20-25%.

Радиационный баланс деятельной поверхности при средних условиях облачности Сочи за год составляет 2288 МДж/м². Показатели радиационного баланса в течение суток в Сочи имеют разные значения, так в с 17 часов и до 06 часов баланс отрицательный в течение года. Положительные значения для всех месяцев соответствуют времени с 08 до 16 часов. Максимальные суточные значения приходятся на июль и составляют 13.33 МДж/м².

На формирование солнечной радиации в Сочи влияют географическое положение, рельеф, атмосферные условия и близость Чёрного моря. Эти факторы определяют, сколько тепла поступает на земную поверхность, и влияют на распределение солнечной радиации в разные сезоны года.

Список литературы

1. Актинометрическая станция СФ-14: назначение и устройство. [Электронный ресурс]. URL: <https://datchiki.com/aktinometrisheskaja-stancija-sf-14-naznachenie-i-ustrojstvo/> (дата обращения: 29.11.2025)
2. Актинометрические наблюдения. [Электронный ресурс]. URL: http://elib.rshu.ru/files_books/pdf/img-515134518.pdf (дата обращения: 17.12.2025)
3. Актинометрия. [Электронный ресурс]. URL: https://rusneb.ru/catalog/000199_000009_006227686/?ysclid=mkbjybnrjj69272780 (дата обращения: 29.11.2025)
4. Архив МС Сочи
5. Заключение о состоянии и работе метеорологической, актинометрической и теплобалансовой сетей Росгидромета в 2023 году. http://voeikovmgo.ru/images/stories/publications/2025/Заключение%20ГГО_2023.pdf (дата обращения: 29.11.2025)
6. Карта прямой солнечной радиации на нормальную поверхность в России. [Электронный ресурс]. URL: https://yandex.ru/images/search?img_urlРоссия (дата обращения: 29.11.2025)
7. Климат Сочи. https://ru.wikipedia.org/wiki/Климат_Сочи
8. Климатические нормы. [Электронный ресурс]. URL: <https://meteoinfo.ru/climatcities> (дата обращения: 08.11.2025)
9. Климатология. [Электронный ресурс]. URL: <https://pogoda-moscow.ru/klimatologia1974.pdf> (дата обращения: 09.11.2025)
10. Методы определения уровня солнечной радиации. [Электронный ресурс]. URL: <https://rep.bntu.by/bitstream/handle/data/16419/C.%20126-138.pdf?sequence=1> (дата обращения: 09.11.2025)
11. Метеорология и климатология. [Электронный ресурс]. URL: <https://метеоклимат.рф/gallery/Sidorova.pdf> (дата обращения: 26.11.2025)
12. Метеорология и климатология. [Электронный ресурс]. URL: <https://study.urfu.ru/Aid/Publication/13257/1/Sidorova.pdf> (дата обращения:

26.11.2025)

13. Микроклиматическая изменчивость радиационного баланса в условиях горного рельефа [Электронный ресурс]. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/mikroklimaticheskaya-izmenchivost> (дата обращения: 09.11.2025)

14. Национальный атлас России. [Электронный ресурс]. URL: <https://nationalatlas.ru/tom2/155.html>(дата обращения: 29.11.2025)

15. Обзор состояния и функционирования автоматизированных метеорологической и актинометрической сетей за 2023 год. [Электронный ресурс]. URL: <http://voeikovmgo.ru/images/stories/publications/2024/0v%202023%20году.pdf>(дата обращения: 29.11.2025)

16. Оценка поступления солнечной радиации на естественные поверхности с применением геоинформационных систем.[Электронный ресурс]. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/otsenka-postupleniya-solnechnoy-radiatsii-na-estestvennye-poverhnosti-s-primeneniem-geoinformatsionnyh-sistem>(дата обращения: 29.11.2025)

17. Прямая солнечная радиация. [Электронный ресурс]. URL: <https://geographyofrussia.com/pryamaya-solnechnaya-radiaciya/>(дата обращения: 29.11.2025)

18. Погода и климат. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.pogodaiklimat.ru/climate/37099.htm> (дата обращения: 01.11.2025)

19. Рассеянная радиация. [Электронный ресурс]. URL: <https://umschool.net/library/geografiya/atmosfera-chast-2-2/>(дата обращения: 01.11.2025)

20. РД 52.04.562-96 «Наставление гидрометеорологическим станциям и постам. Выпуск 5. Актинометрические наблюдения. Часть 1. Актинометрические наблюдения на станциях». [Электронный ресурс]. URL: https://kpfu.ru/staff_files/F_521045048/aktinom52.04.562_96.pdf (дата обращения: 05.11.2025)

21. Солнечная радиация и формирование урожая. [Электронный ресурс].

URL: http://elib.rshu.ru/files_books/pdf/img-090517.pdf (дата обращения: 01.11.2025)

22. Солнечная радиация и климат Земли. [Электронный ресурс]. URL: https://rusneb.ru/catalog/000199_000009_012685644/?ysclid=mkbjgg9azp116672511 (дата обращения: 01.11.2025)

23. Справочник по климату СССР. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.vo-da.ru/book/klimat-13> (дата обращения: 01.11.2025)

24. Суммарная солнечная радиация. [Электронный ресурс]. URL: <https://geographyofrussia.com/summarnaya-solnechnaya-radiaciya/> (дата обращения: 01.11.2025)

25. Учение об атмосфере. [Электронный ресурс]. URL: <https://dspace.kpfu.ru/xmlui/bitstream/handle/net/2> (дата обращения: 01.11.2025)