

М.Ю. Червяков Я.А. Нейштадт

Актинометрические методы измерений

Кафедра метеорологии и климатологии
Саратовского национального исследовательского
государственного университета имени Н.Г. Чернышевского



Саратовский национальный исследовательский государственный
университет имени Н.Г. Чернышевского

М.Ю. Червяков, Я.А. Нейштадт

Актинометрические методы измерений

Учебно-методическое пособие для студентов географического факультета

Саратов
Издательский центр «НАУКА»
2019

УДК 551.521.12

ББК 26.233

Ч45

Червяков М.Ю., Нейштадт Я.А.

Ч45 Актинометрические методы измерений: учебно-методическое пособие для студентов географического факультета / М.Ю. Червяков, Я.А. Нейштадт. – Саратов: ИЦ «Наука», 2019. – 50 с.

ISBN 978-5-9999-3179-5

В учебно-методическом пособии рассматриваются актинометрические приборы и методы измерений отдельных видов солнечной радиации, а также единицы измерения солнечной радиации и порядок производства и обработки актинометрических наблюдений.

Учебно-методическое пособие рекомендуется к использованию в учебном процессе в качестве основной литературы по дисциплине «Методы и средства гидрометеорологических измерений», в процессе проведения учебной практики по метеорологии, учебной практики «Общегеографическая практика 1 (по метеорологии)» и учебной практики по производству метеорологических наблюдений, синоптическому анализу и прогнозу погоды.

Рекомендует к печати:

кафедра метеорологии и климатологии

Саратовского национального исследовательского государственного университета имени Н.Г. Чернышевского

Рецензенты:

Старший научный сотрудник ИФА им. А.М. Обухова РАН, кандидат физико-математических наук А.В. Чернокульский,

Профессор кафедры метеорологии и климатологии Саратовского национального исследовательского государственного университета имени Н.Г. Чернышевского, доктор географических наук А.Б. Рыхлов.

ISBN 978-5-9999-3179-5

© Червяков М.Ю., Нейштадт Я.А., 2019

Содержание

	Стр.
Введение	4
1. Основные понятия	7
1.1. Солнечная радиация	7
1.2. Виды радиации и приборы для ее измерения	9
2. Актинометрические приборы, методы измерения и обработки результатов	12
2.1. Актинометр Савинова-Янишевского АТ-50	13
2.2. Термоэлектрический пиранометр Янишевского	15
2.3. Походный альбедометр	17
2.4. Термоэлектрический балансомер Янишевского	19
2.5. Стрелочный гальванометр ГСА – 1	21
2.6. Гелиограф универсальный	23
3. Актинометрические наблюдения	26
3.1 Порядок производства актинометрических наблюдений	26
3.2. Обработка актинометрических наблюдений	28
Формулы и обозначения	31
Задание к отчету по актинометрическим наблюдениям	32
Приложение	33
Список литературы	48
Основная литература	48
Дополнительная литература	49

Введение

Потоки электромагнитного излучения, приходящие к поверхности Земли и уходящие от нее, являются наиболее важными переменными составляющими теплового баланса Земли в целом и каждого отдельного места на земной поверхности и в атмосфере. На практике наиболее часто измеряют энергетическую освещенность, создаваемую радиационными потоками, которую в метеорологии принято называть «радиацией» или «лучистой энергией». Именно солнечная радиация является главнейшим видом энергии на Земле, которая имеет важнейшее значение для развития жизни на ней. Она является основной причиной почти всех метеорологических явлений и процессов, происходящих на земной поверхности и в атмосфере.

О значимости и необходимости изучения лучистой энергии Солнца очень тонко заметил в 1884 году ученый А.И. Воейков – основоположник современной климатологии: «Я думаю, что одна из важнейших задач физических наук в настоящее время – ведение прихода–расходной книги Солнечного тепла, получаемого Земным шаром, с его воздушной и водяной оболочкой. Нам нужно знать: сколько получается солнечного тепла у верхних границ атмосферы, сколько его идет на нагревание атмосферы, на изменение состояния примешанного к ней водяного пара; затем, какое количество достигает поверхности суши и вод, какое идет на нагревание различных тел, какое на изменение их состояния (из твердого в жидкое в газообразное), на химические реакции, особенно сопряжение с органической жизнью; затем нужно знать, сколько тепла Земля теряет посредством излучения в небесное пространство и как идет эта потеря, т.е. на сколько посредством понижения температуры и на сколько посредством изменения состояния тел, особенно воды».

Измерения радиации имеют большое значение для следующих целей:

1. Исследование преобразования энергии в пределах системы Земля атмосфера и его изменений в пространстве и времени;

2. Анализ свойств и распределения в атмосфере таких составляющих, как аэрозоли, водяной пар, озон и др.;

3. Исследование распределения и изменений приходящей и уходящей радиации;

4. Удовлетворение потребностей специалистов в области биологии, медицины, сельского хозяйства, архитектуры, промышленности и энергетики в отношении данных о радиации в отношении данных о радиации;

5. Проверка алгоритмов и спутниковых измерений радиации.

Такая программа требует получения на широкой сети актинометрических станций регулярных рядов данных наблюдений за различными видами коротковолновой и длинноволновой радиации, а также обеспечение репрезентативных оценок сумм радиации.

Помимо публикации рядов данных отдельных актинометрических станций, необходимо получение (что является основной целью) исчерпывающих радиационных климатических данных, с помощью которых можно более точно определить суточные и сезонные вариации различных составляющих радиационного баланса и лучше понять соотношения между ними и другими метеорологическими величинами [7].

Для изучения составляющих радиационного баланса Земли, как планеты требуется использовать принципиально отличные от наземных актинометрических измерений методы. Информацию о глобальном распределении потоков радиации на верхней границе атмосферы можно получить только с помощью приборов, установленных на искусственных спутниках Земли. Важно также знать точное значение солнечной постоянной, величина которой ранее определялась косвенными методами, т.е. путем экстраполяции измерений солнечной радиации у земной поверхности за пределы атмосферы. Современные приборы и методы измерений [5] позволили с достаточно высокой степенью точности измерить величину солнечной постоянной, а также ее временные вариации.

Настоящее учебно-методическое пособие подготовлено с учетом современных спутниковых методах измерения потоков коротковолновой солнечной радиации, данных по уточнению величины солнечной постоянной [4]. В нем даны определения основных видов солнечной радиации, а также описание актинометрических приборов, используемых для ее измерения.

1. Основные понятия

1.1. Солнечная радиация

Основным источником энергии всех природных процессов, протекающие на земном шаре, является солнечная радиация. Лучистая энергия (радиация, свет) представляет собой электромагнитные волны, распространяющиеся от источника их возникновения. В зависимости от температуры излучающего тела и физико-химических свойств его поверхности длина волны колеблется в очень широких пределах. Распределение лучистой энергии по длинам волн называется *спектром*.

Длины волн радиации измеряются с большей точностью. Оптическое излучение имеет длины волн от сотен микрометров до тысячных долей микрометра (мкм), ($1\text{ мкм} = 10^{-6}\text{ м}$).

Часть спектра, которая соответствует длинам волн менее 0,40 мкм. называется *ультрафиолетовой*. Промежуток спектра лучистой энергии от 0,40 до 0,76 мкм занимает видимая часть спектра. Волны длиной от 0,40 до 0,46 мкм соответствуют фиолетовому цвету, от 0,46 до 0,49 мкм – синему, от 0,49 до 0,50 мкм – голубому, и т.д. Излучение с длиной волны более 0,76 мкм относится к так называемой *инфракрасной* части спектра. Инфракрасные лучи, как и ультрафиолетовые, не воспринимаются глазом – они невидимы. Спектр солнечной энергии на верхней границе атмосферы заключается между длинами волн от 0,20 до 5,0 мкм. Около 47 % радиации приходится на видимую часть спектра, 44 % - на инфракрасную часть спектра и 9 % - на ультрафиолетовую часть [8]. Проходя земную атмосферу, солнечная радиация изменяется как по интенсивности, так и по спектральному составу.

Поступая на Землю, солнечная радиация в большей своей части превращается в тепло. Количество энергии, посылаемой Солнцем на Землю, огромно. Испускание или распространение электромагнитных волн называется *излучение*. *Энергией излучения* или *лучистой энергией* называют энергию, переносимую электромагнитными волнами. Единицей энергии

излучения W в международной системе единиц СИ является один 1 джоуль:

$$1 \text{ СИ } (W) = 1 \text{ Дж} \quad (1.1)$$

Основной количественной характеристикой поля излучения служит **поток излучения** или **лучистый поток** Φ_3 , который определяется формулой

$$\Phi_3 = W/t \quad (1.2)$$

где W – энергия излучения за время t . Полагая $W = 1$ Дж, $t = 1$ с, получим:

$$1 \text{ СИ } (\Phi_3) = 1 \text{ Дж/1 сек} = 1 \text{ Вт} \quad (1.3)$$

Поверхностная плотность потока излучения, или **поток радиации**, или иначе **энергетическая освещенность** устанавливается на основании формулы

$$E_3 = \Phi_3/S \quad (1.4)$$

где Φ_3 – поток излучения, равномерно падающий на поверхность S . Полагая $\Phi_3 = 1$ Вт, $S = 1 \text{ м}^2$, находим

$$1 \text{ СИ } (E_3) = 1 \text{ Вт/} 1 \text{ м}^2 = 1 \text{ Вт/м}^2 \quad (1.5)$$

В метеорологии под термином **солнечная радиация** понимают энергетическую освещенность, создаваемую излучением, проходящим от Солнца, включая излучение, рассеянное земной атмосферой и облаками и отражение земной поверхностью.

Решение многих жизненно важных проблем на Земле связано с точным знанием величины солнечной радиации. Энергетическая освещенность,

создаваемая солнечным излучением на площадке, расположенной перпендикулярно к солнечным лучам, за пределами земной атмосферы при среднем расстоянии между Землей и Солнцем, называется *солнечной постоянной* S_0 [4].

До 1981 года в научной литературе часть использовались внесистемные единицы измерения, поэтому энергетическая освещенность выражалась числом калорий (кал), которые получает за 1 минуту 1 см^2 перпендикулярно расположенной поверхности ($\text{кал}/\text{см}^2\text{мин}$) [4]. Наиболее вероятной считалась величина солнечной постоянной $1,95 \pm 0,0 \text{ кал}/\text{см}^2\text{мин}$. В соответствии с последними научными измерениями, произведенными в Лаборатории исследования составляющих радиационного баланса Земли кафедры метеорологии и климатологии географического факультета Саратовского государственного университета под руководством профессора Ю.А. Складорова, величина солнечной постоянной составляет $S_0 = 1367 \text{ Вт}/\text{м}^2$ [4].

Переход от внесистемных единиц измерений энергетической освещенности к системе СИ производится следующим образом: $1 \text{ кал}/\text{см}^2\text{мин} = 4,185 \text{ Дж} (0,01)^{-2} \text{ м}^{-2} 60^{-1} = 4,185 \cdot 10000/60 \text{ Дж}\cdot\text{м}^{-2}\cdot\text{с}^{-1} = 697,5 \text{ Вт}/\text{м}^2$.

1.2. Виды радиации и приборы для ее измерения

Прежде чем достигнуть земной поверхности, солнечная радиация проходит через атмосферу и претерпевает в ней некоторые изменения: частично она поглощается воздухом и частично рассеивается. Поглощается солнечная радиация в основном водяными парами, аэрозолями и в меньшей степени углекислым газом, и озоном.

В метеорологии потоки лучистой энергии подразделяется на *коротковолновую радиацию* с длинами волн от 0,2 до 5,0 мкм и *длинноволновую радиацию* с длинами волн от 5,0 до 100 мкм [4]. Потоки коротковолновой радиации подразделяются на прямую, рассеянную и отраженную, и имеют солнечное происхождение.

Радиация, поступившая к земной поверхности непосредственно от Солнца и околосолнечной зоны радиусом 5° , называется **прямой** солнечной радиацией [4]. Прямая радиация измеряется на поверхности, перпендикулярной направлению солнечных лучей, и обозначается S . Прямая радиация, приходящая на горизонтальную поверхность S' , вычисляется по формуле

$$S' = S \sin h_{\odot} \quad (1.6)$$

где h – высота солнца над горизонтом. Для измерения прямой солнечной радиации используется актинометр Савинова-Янишевского.

Проходя сквозь атмосферу, солнечная радиация рассеивается в оптически неоднородной среде атмосферными газами и аэрозольными примесями, имеющими различные коэффициенты преломления, и переходит в особую форму – **рассеянную** радиацию.

Рассеянной солнечной радиацией D называется радиация, поступающая на горизонтальную поверхность от всех точек небесного свода, за исключением диска Солнца и околосолнечной зоны радиусом 5° , в результате рассеяния солнечной радиации молекулами атмосферных газов, водяными каплями или ледяными кристаллами облаков и твердыми частицами, взвешенными в атмосфере [4].

Общий приход прямой рассеянной радиации к горизонтальной поверхности земли называется суммарной радиацией Q :

$$Q = S' + D \quad (1.7)$$

Дошедшая до земной поверхности суммарная радиация в большей своей части поглощается в верхнем, тонком слое почвы или воды и переходит в тепло, а частично отражается.

Отражение солнечной радиации земной поверхностью зависит от характера этой поверхности. Отношение количества отраженной радиации R_k к общему количеству радиации Q , падающей на данную поверхность, называется альбедо A поверхности [4]. Это отношение выражается в долях единицы или процентах:

$$A = \frac{R_k}{Q} 100\% \quad (1.8)$$

Пиранометр и альбедометр служат для наблюдения суммарной, рассеянной радиации, приходящей к деятельности поверхности, и отраженной радиации от деятельной поверхности.

В отличие от коротковолновых потоков прямой, рассеянной и отраженной радиации, тепловое излучение земной поверхности и атмосферы приходится на невидимую инфракрасную часть спектра. Излучение земной поверхности и атмосферы принято называть длинноволновыми.

Длина волны земного излучения колеблется в пределах от 5 до 40 мкм и более. Земную радиацию чаще называют *собственным излучением земной поверхности* E_z . Атмосферную радиацию, приходящую к земной поверхности, называют *встречным излучением* или *противоизлучением* E_a атмосферы. Разность между собственным излучением земной поверхности и встречным излучением атмосферы называют *эффективным излучением* $E_{эф}$:

$$E_{эф} = E_z - E_a \quad (1.9)$$

Раздел геофизики, в котором изучается энергия, излучаемая Солнцем, поверхностью Земли и атмосферой, и ее преобразования, называется актинометрией, а приборы для измерения различных видов радиации – актинометрическими.

2. Актинометрические приборы, методы измерения и обработки результатов

В актинометрических приборах, используемых на сети метеорологических станций, в качестве чувствительных элементов используют термоэлементы, с помощью которых энергия солнечных лучей преобразуется в энергию электрического тока. Термоэлектрический эффект заключается в том, что при нагреве места соединения (спая) двух разнородных проводников в замкнутой цепи, составленной из этих проводников, возникает электрический ток, или термоЭДС. Один такой элемент, состоящий из двух разнородных проводников, называют термопарой. Этот принцип и заложен в основу всех сетевых актинометрических приборов. Для получения надежных

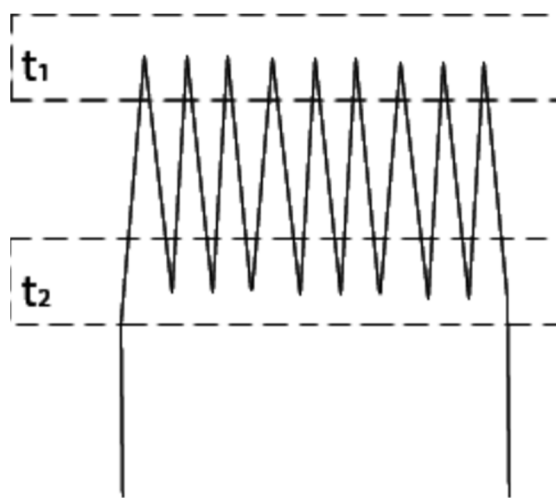


Рис. 2.1. Термоэлектрическая батарея

результатов необходимо, чтобы электрический сигнал с любого из актинометрических приборов. Возникающий в результате преобразования лучистой энергии. Был достаточно велик для фиксирования каким-либо электрическим регистром, например, гальванометром. Однако электродвижущая сила, развиваемая одной термопарой, невелика, и поэтому для увеличения выходного сигнала с актинометрических приборов

используются ряд последовательно соединенных между собой термопар, которые образуют термобатарею (рис 2.1). Тогда ЭДС в приемнике лучистой энергии возрастает в n раз, где n - число термопар в батарее. При изготовлении термобатареи в качестве приемника лучистой энергии все ее нечетные спаи располагаются так, чтобы они имели одинаковую температуру, отличную от температуры четных спаев, помещаемых под воздействие радиации. Все же ЭДС, развиваемая даже термобатареями, невелика, и для измерения термотока требуются высокочувствительные гальванометры с ценой деления 10^{-6} А и внутренним сопротивлением порядка 40-80 Ом. Этим требованиям отвечает стрелочный актинометрический гальванометр ГСА-1 (см. подробнее 2.5)

2.1. Актинометр Савинова-Янишевского АТ-50

Актинометр предназначен для измерения прямой солнечной радиации и может служить контрольным прибором [3,4,6].

В качестве приемника радиации служит тонкий диск l из серебряной фольги толщиной 20 мкм и диаметром 11 мм (рис. 2.2).

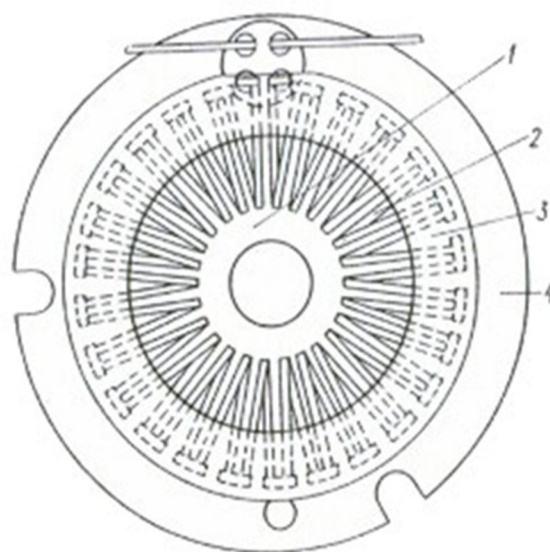


Рис. 2.2. Термобатарея актинометра: 1-приемная пластина; 2-термобатареи; 3-папиросная бумага; 4-медное кольцо.

Внешняя сторона диска (обращенная к солнцу) зачернена специальным лаковым покрытием, а к внутренней стороне через папиросную бумагу приклеены 36 нечетных спаев термобатареи 2. Внешние четные спаи 3 прикреплены к сравнительно массивному медному кольцу 4. Термобатарея с медным кольцом помещена в медную трубку 7 (рис. 2.3) длиной 116 мм, имеющую на наружном конце диафрагму диаметром 20 мм, служащую приемным отверстием. Внутри трубки имеется еще ряд убывающих по диаметру диафрагм, наименьшая из которых находится рядом с термобатареей и имеет диаметр 10 мм. Ряд этих диафрагм образует телесный угол, равный диску Солнца $\pm 5^0$ околосолнечного пространства. Показания гальванометра пропорциональны силе термотока, а, следовательно, и энергетической освещенности прямой солнечной радиации.

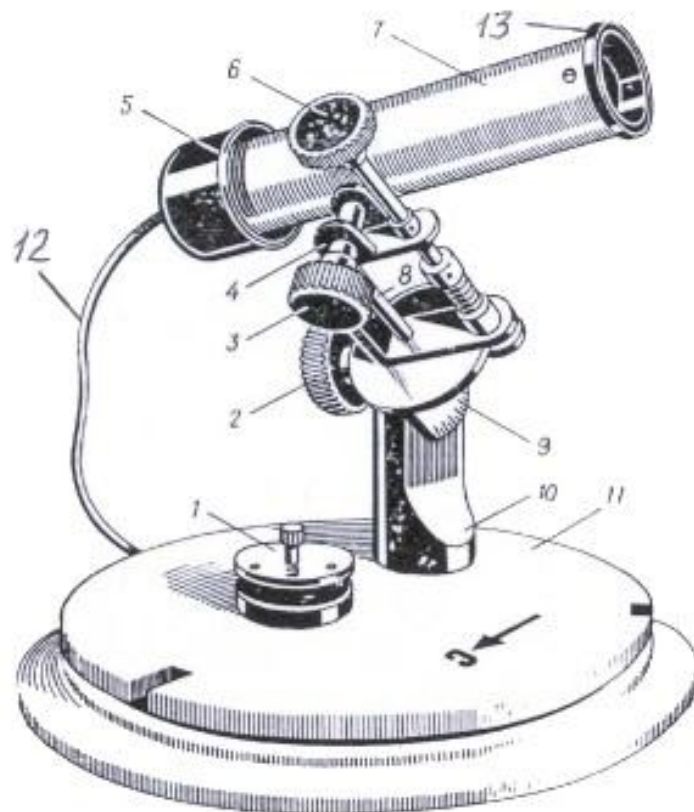


Рис. 2.3. Актинометр Савинова-Янишевского: 1-крышка; 2, 3-винты; 4-ось склонений; 5-экран; 6-рукоятка; 7-трубка; 8-ось; 9-сектор широт; 10-стойка; 11-основание; 12-провода; 13-отверстие.

Корпус актинометра устанавливается на стойке 10 и основании 11, на котором нанесена стрелка, с помощью которой мы ориентируем прибор на север. Ось 8 устанавливается по оси мира с помощью шкалы широт 9. Для проведения наблюдений по актинометру, нужно его сориентировать таким образом, чтобы термобатарейка была нацелена на Солнце, для чего прибора снимают крышку 1 и направляют входное отверстие трубки на Солнце.

В это время манипулируют винтами 3 и 6, добиваясь такого положения трубки, чтобы образовалась концентрическая тень на экране 5, а солнечный луч, пройдя через отверстие 13 на оправе диафрагмы и в виде «солнечного зайчика», должен попасть на черную точку, нанесённую на экране. В этом случае чувствительный элемент прибора (термобатарейка) направлен перпендикулярно солнечным лучам.

2.2. Термоэлектрический пиранометр Янишевского

Этот прибор предназначен для измерения суммарной и рассеянной радиации, приходящей как от небесного свода, так и от предметов, расположенных на поверхности земли [3,4,6]. Если приемник радиации этого прибора обратить в сторону подстилающей поверхности, то он будет фиксировать отражённую радиацию.

У пиранометров, (рис. 2.4) используемых в настоящее время на сети метеорологических станций, приемником служит квадратная термобатарейка 1, окрашенная в черно-белые поля в виде шахматной доски.

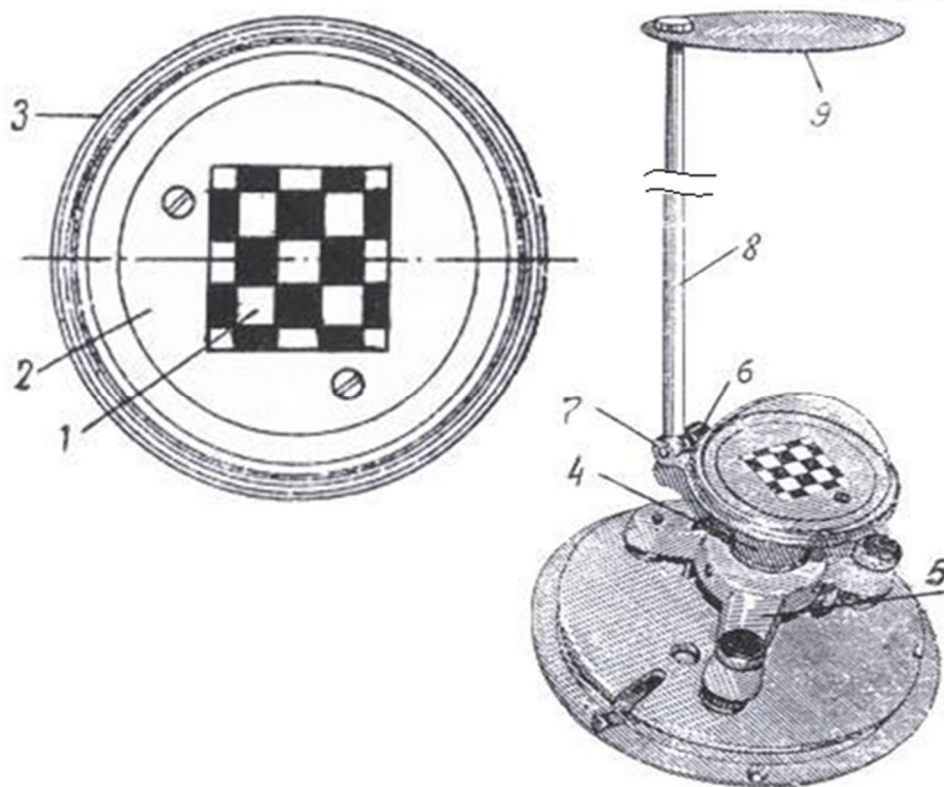


Рис. 2.4. Пиранометр Янишевского: а – головка: 1 – термобатарея, 2 – диск, 3 – винтовая нарезка; б – внешний вид

В пиранометрах применяется батарея последовательно соединенных термоэлементов, составленных из манганина и константана. Поверхность термобатареи покрыта черной краской (сажей) и белой (магнезией) таким образом, чтобы четные спаи были окрашены в один цвет, а нечетные - в другой. Применение этих покрытий связано с одинаковой поглощательной способностью сажи и магнезии в длинноволновой части спектра. В области же коротких волн сажа поглощает интенсивнее, чем его магнезия, и за счет именно этой части спектра возникает разность температур между спаями.

Термобатарея пиранометра 1 прикреплена через изолирующий слой к корпусу прибора.

От крайних термоэлементов термобатареи отходят выводы к клеммам на нижней стороне корпуса (на рисунке они не видны). Вся термобатарея, раскрашенная в шахматном порядке, крепится в квадратном вырезе диска 2, имеющем по своей образующей винтовую нарезку 3, на которую

навинчивается стеклянный колпачок. Стеклянная полусфера необходима не только в качестве защиты термобатареи от механических повреждений, но прежде всего для того, чтобы избежать влияния ветра.

Вся термобатарея с диском и стеклянной полусферой навинчивается на стойку 4 с треногой 5, с помощью которой приемник прибора можно горизонтировать (рис. 2.4). На этой же треноге крепится шаровой уровень для отслеживания горизонтальности установки прибора (на рисунке не показан).

К стойке 4 присоединен короткий металлический стержень 6, на который с помощью винта 7 крепится легкая дюралевая трубка 8 с теневым экраном 9, позволяющим затенять приемную поверхность прибора от прямых солнечных лучей и измерять в это время только рассеянную радиацию. Длина стержня такова, что диск экрана из центра приемника виден под углом 10° . При открытом приемнике измеряется суммарная радиация.

Тренога 5 вместе с приемником и стеклянной полусферой может опрокидываться на 180° , что позволяет направлять прибор в сторону земли и измерять отраженную коротковолновую радиацию (длинноволновую часть излучения стеклянная сфера не пропускает). Для защиты стеклянной полусферы головка прибора снабжена крышкой.

2.3. Походный альбедометр

В полевых и специальных исследованиях нередко требуется неоднократная перестановка пиранометра из одного места в другое (например, при маршрутных исследованиях). В этих случаях общее время, затрачиваемое на горизонтирование прибора, оказывается довольно значительным.

Походный альбедометр позволяет свести эти затраты к минимуму, так как имеет устройство, автоматически выводящее приемную поверхность прибора в строго горизонтальное положение [3,4,6].

Головка альбедометра идентична головке пиранометра, однако навинчена уже на карданный подвес (рис. 2.5) - устройство, позволяющее автоматически выводить приемную поверхность прибора в горизонтальное положение.

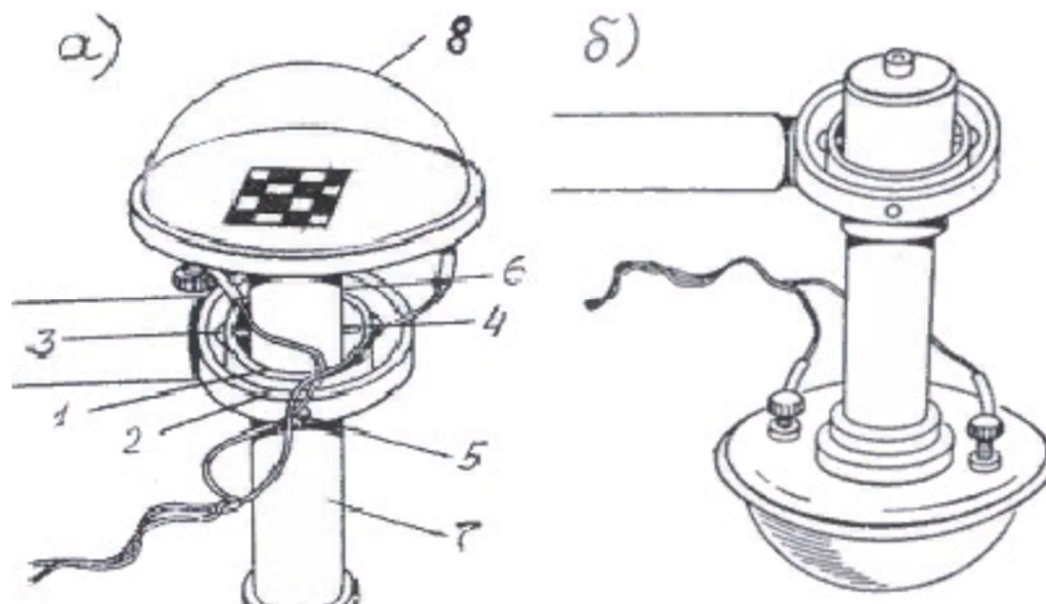


Рис.2.5. Альбедометр походный: а - положение вверх; б - положение вниз

Карданный подвес состоит из двух металлических колец *1* и *2*. Внутреннее кольцо *1* через полуоси *5* и *6* имеет свободу вращения внутри внешнего кольца *2*. В свою очередь полая трубка *7*, на которой закреплена головка пиранометра *8*, имеет свободу вращения на полуоси *3* и *4*, смещенных относительно полуосей *5* и *6* на 90 градусов.

Таким образом, альбедометр имеет двойную степень свободы вращения, что приводит к его автоматическому горизонтированию под действием силы тяжести. Головка альбедометра *8* навинчивается на трубку *7*, которая по пазам может скользить вверх-вниз внутри кольца *1*.

Внутри самой трубки свободно перемещается цилиндрический грузик-противовес, который и обеспечивает надежную горизонтировку приемной поверхности. Наблюдения по походному альбедометру производятся так же, как и по пиранометру.

2.4. Термоэлектрический балансомер Янишевского

Балансомер (рис. 2.6) служит для определения разности излучения, приходящего на деятельную поверхность в виде суммарной радиации, и собственного излучения этой поверхности [3,4,6].

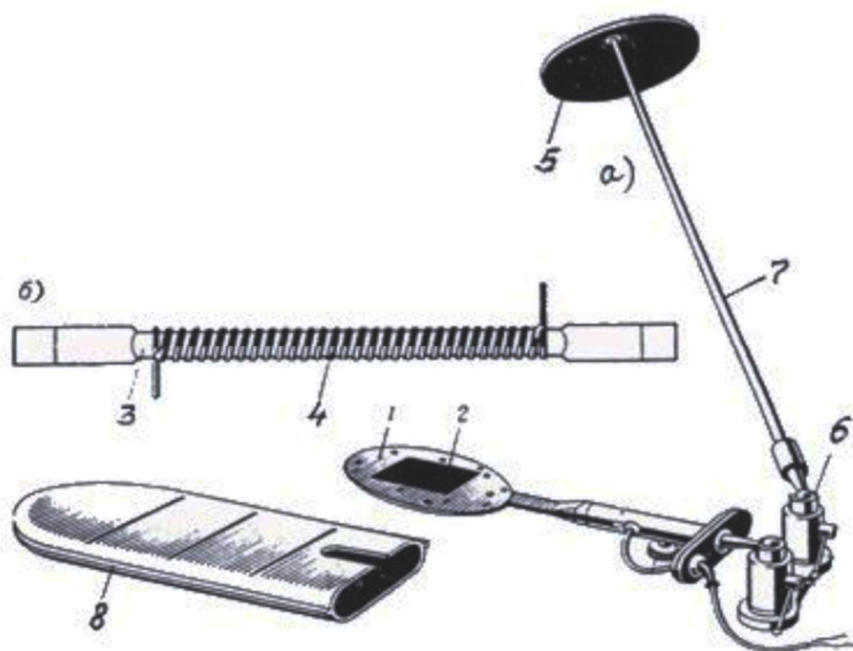


Рис.2.6. Балансомер термоэлектрический: а-внешний вид; б-отдельная термобатарея

В отличие от вышеупомянутых актинометрических приборов, у балансомера две приемных поверхности. Одна из них, обращенная к небосводу, воспринимает суммарную радиацию Q вместе с излучением атмосферы E_a . Приемник, обращенный в сторону деятельной поверхности, воспринимает отраженную коротковолновую радиацию R_k , земное излучение E_z , и часть отраженной радиации R_o , пришедшей от атмосферы и окружающих предметов. Таким образом, радиационный баланс B вычисляют по формуле:

$$B = (Q + E_a) - (E_z + R_k)$$

Балансомер представляет собой круглую пластину *1* с квадратным вырезом в центральной части 48×48 мм, в который помещен приемник радиации, изготовленный следующим образом (рис. 2.6).

Приемной поверхностью прибора служат две одинаковые пластинки из тонкой медной фольги, покрывающие верхний и нижний приемники. Наружные поверхности этих пластин зачернены специальным черным лаком, поглощающая способность которого близка к поглощающей способности абсолютно черного тела. К внутренней стороне пластин приклеены 10 термоэлектрических батарей, каждая из которых представляет из себя медный брусочек *3*, обвитый тонкой металлической полоской *4* из константана (рис.2.6, б). Половина каждого витка посеребрена, и место окончания серебряного слоя служит термоспаем, а каждый брусочек термобатарей, которые последовательно соединены между собой. На каждом брусочке намотано 50 витков, и таким образом в приборе находится 500 термоспаев.

Четные спаи батарей испытывают тепловое воздействие одной пластинки, нечетные - другой. Разность температур пластинок пропорциональна разности потоков приходящей и уходящей радиации. Для затенения прибора от прямой радиации служит экран *5*, закрепленный шарниром *6* через легкую трубку *7*. В нерабочем состоянии прибор закрывается защитным чехлом *8*. Показания прибора довольно значительно зависят от скорости ветра, т.к. приемные поверхности его незащищены. Поэтому в непосредственной близости от стойки с гальванометром, на расстоянии 0,5-1,0 метра устанавливается шест высотой 2-3 метра, на конце которого крепится ветроизмерительный прибор (анемометр Фусса или ручной анемометр АРИ-49), по показаниям которых вводятся добавочные поправки (см. подробно 2.7).

2.5. Стрелочный гальванометр ГСА-1

Гальванометр стрелочный актинометрический ГСА-1 (рис. 2.7) служит для измерения термоэлектродвижущей силы (ЭДС), возникающей в термобатареях актинометрических приборов.

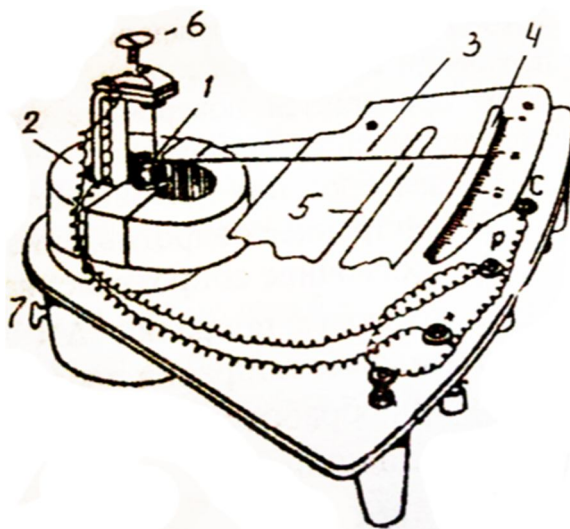


Рис. 2.7. Схема стрелочного гальванометра ГСА-1

Принцип действия этого прибора основан на том, что ЭДС, поступающая от какого-либо, актинометрического прибора, проходит по рамке 1 с витками тонкого медного провода, которая в свою очередь подвешена на специальных металлических растяжках между полюсами постоянного магнита 2. При прохождении тока через рамку, вокруг нее создается электромагнитное поле, взаимодействующее с полем постоянного магнита, в результате чего рамка начинает поворачиваться вокруг оси.

Сами растяжки, выполненные из тонких бронзовых полосок, на которых подвешена рамка, играют роль возвратных пружин, противодействующих этому повороту. К рамке крепится стеклянная стрелка 3, скользящая вдоль зеркальной шкалы 4 прибора с делениями от 0 до 100.

Зеркальная полоска, установленная в вырезе шкалы, позволяет выбрать правильное положение глаза при наблюдениях, а именно: при отсчете

необходимо, чтобы кончик стрелки был совмещен с ее зеркальным отображением на зеркальной полоске, что будет говорить о том, что наш визирный луч расположен строго перпендикулярно к плоскости шкалы прибора. В вырез нижней части шкалы помещен термометр 5 для отсчета температуры при гальванометре.

На корпусе прибора снизу имеется три клеммы, которые имеют обозначения $+$, P и C . Между клеммами P и C стоит добавочное сопротивление. Если подключиться к клеммам $+$ и P , то включается только рамка гальванометра. Добавочное сопротивление необходимо при понижении чувствительности гальванометра (при больших значениях радиации), чтобы стрелка не выходила за пределы шкалы. В верхней крышке корпуса прибора имеется винт 6, с помощью которого можно корректировать положение стрелки. Поворотом этого винта устанавливается нулевое положение стрелки, которое должно соответствовать 5-му делению шкалы. При переноске прибора стрелка может раскачиваться, и в рамке происходит самовозбуждение ЭДС, что приводит к дальнейшему увеличению колебаний стрелки и ее поломке при ударе об ограничитель на шкале. Для избегания этого на тыльной стороне прибора имеется арретир 7 - винт, при закручивании которого рамка прибора замыкается накоротко, и самовозбуждение при этом практически сводится к нулю. В нерабочем положении гальванометр накрывается крышкой. К гальванометру прилагается поверочное свидетельство, в котором указываются следующие характеристики:

- 1) цена деления гальванометра G в амперах;
- 2) внутреннее сопротивление прибора R в омах;
- 3) добавочное сопротивление R_0 в омах;
- 4) шкаловые поправки ΔN в делениях шкалы.

Шкаловые поправки вводятся в осредненные отсчеты по гальванометру при обработке результатов наблюдений и определении составляющих радиационного баланса.

2.6. Гелиограф универсальный

Гелиограф (рис 2.7) – прибор для автоматической регистрации продолжительности солнечного сияния в течение дня. Продолжительность солнечного сияния – это число часов, когда солнечный диск не закрыт облаками, но находится настолько выше горизонта, что интенсивность радиации превышает $0,1 \text{ кВт/м}^2$ ($0,2 \text{ кал/см}^2 \cdot \text{мин}$).

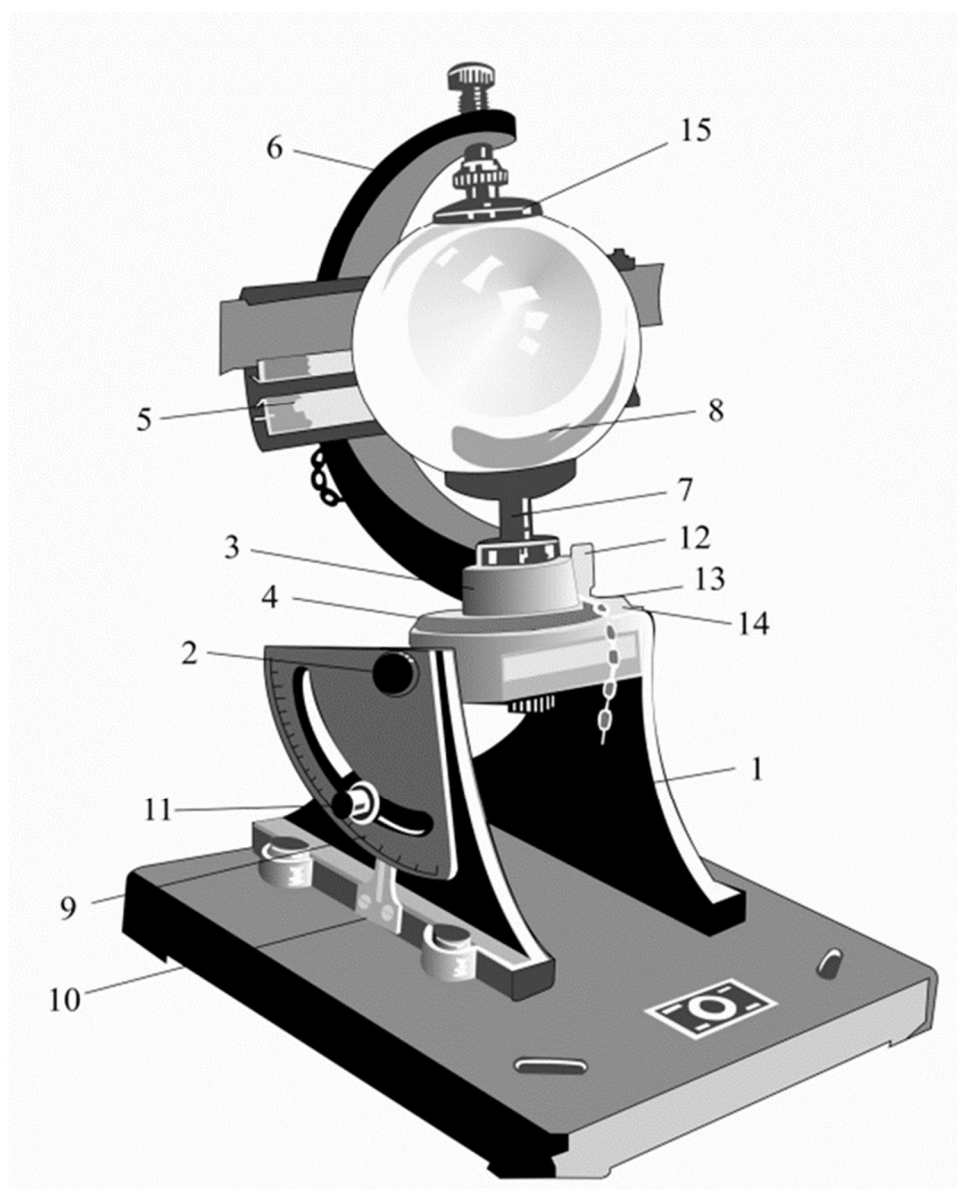


Рис. 2.7.а. 1 - стойка, 2 - горизонтальная ось, 3 - колонка, 4 - лимб, 5 - чашка, 6 - скоба, 7-упор, 8 - стеклянный шар, 9 - вектор, 10 -указатель широты, 11 - винт для закрепления угла наклона оси, 12 - штифт, 13 - диск, 14 - индекс на диске, 15 - верхний упор.

Основной частью гелиографа служит стеклянный шар, действующий в качестве собирающей линзы. В фокусе шара расположена сферическая чашка с тремя парами пазов, в которых укрепляется синяя картонная лента, разграфленная на десять часов. При видимом движении солнечного диска по небосводу его изображение прожигает след. Шар с чашкой и держателями может переставляться в одно из четырех положений в зависимости от длины дня: А – утром и В – вечером при длине дня более 10 часов и менее 19 часов, Б – при длине дня меньше 10 часов, А, В, Г – при длине дня более 19 часов.

Около дней равноденствий ставят прямые ленты в среднюю пару пазов, около дней солнцестояний – кривые ленты в крайние пары пазов. Смена лент (рис. 2.8) и перестановка чашки буквами диска против указателя производится при коротком дне (меньше 10 часов) после захода солнца (без перестановки чашки, Б), при среднем дне (10 – 19 часов), кроме того, еще в 10 – 13 часов по среднему солнечному времени (после захода солнца А, в полдень – В), а при длинном дне (более 19 часов) чашка переставляется при каждой смене лент: в сроки 4 часа (в положение А), 12 часов (в положение В) и 20 часов (в положение Г). На лентах, которые снимаются с гелиографа, кроме даты записывается период их установки (4 – 12, 12 – 20, 20 – 4 часа).

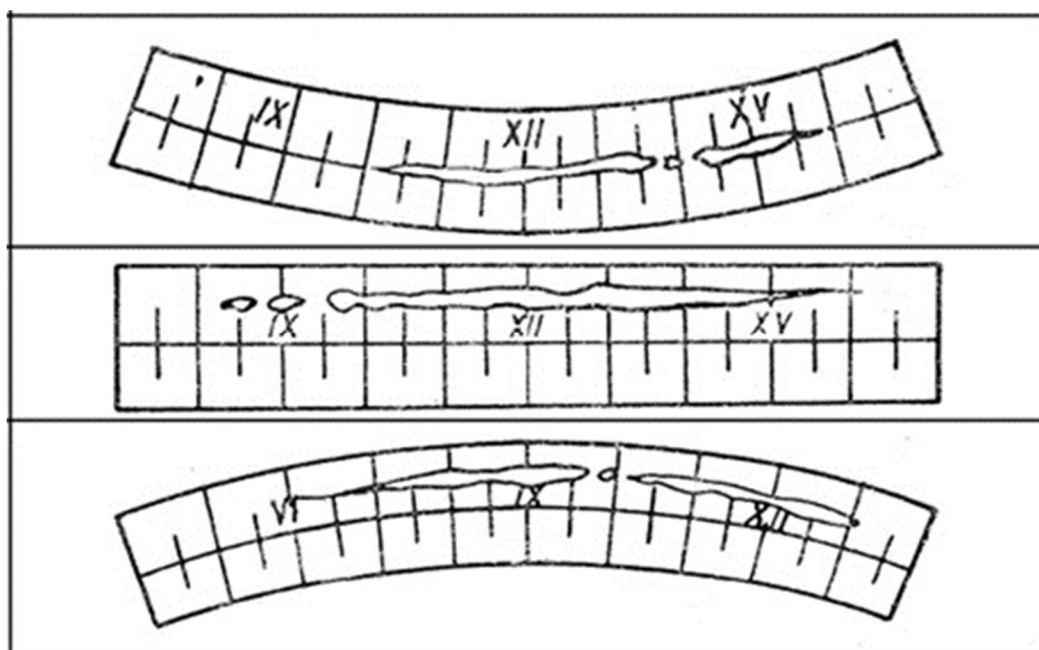


Рис. 2.8. Пример ленты гелиографа

Установка гелиографа производится на открытом месте (на крыше или башне) на деревянной доске, укрепленной на прочном основании. На метеорологической площадке гелиограф устанавливается на высоте 2 м на столбе. Горизонтальность основания проверяется уровнем. Стойки и квадрант (шкала широт) ориентируются по меридиану. Ось ставится по оси мира с помощью указателя и закрепляется винтом. Проще всего в истинный полдень закрепить гелиограф на доске так, чтобы изображение солнца оказалось на полуденной черточке чашки и ленты.

Смена лент и поворот чашки производят при полностью затененном шаре корпусом наблюдателя, для чего с юга от гелиографа к столбу прикрепляется лесенка.

Обработка лент заключается в определении по делениям ленты продолжительности солнечного сияния по длине прожогов с точностью до десятых долей часа. Правильность установки ленты проверяется по положению прокола на два часа вправо от средней линии ленты. При снятии длин прожога принимают во внимание даже очень слабые потемнения ленты и записи в виде отдельных точек.

В зависимости от прозрачности шаров и качества картонных лент (цвета и сорта) прожоги ленты начинаются при интенсивности от 0,25 до 0,4 кал/см²·мин. Кроме того, прожигание ленты утром начинается быстрее, чем в остальное время суток, из-за более высокой прозрачности атмосферы. Все это вносит некоторую неточность в определение действительной продолжительности солнечного сияния.

3. Актинометрические наблюдения

3.1 Порядок производства актинометрических наблюдений

Актинометрические наблюдения проводятся в сроки 0 ч 30 мин, 6 ч 30 мин, 9 ч 30 мин, 12 ч 30 мин, 15 ч 30 мин и 18 ч 30 мин по среднему солнечному времени. Наблюдения проводятся в следующем порядке.

За 10 минут до срока наблюдатель должен оценить готовность приборов к работе, для чего следует проверить чистоту стеклянной сферы пиранометра и приемных поверхностей приборов, надежность контактов штепсельной розетки и вилки, клемм приборов и исправность затенителей. За 5 минут до срока наблюдатель снимает крышки с приборов, проверяет установку актинометра по широте и наводит его на солнце, устанавливает теневые экраны к балансомеру и пиранометру, проверяет горизонтальность их установки.

При облачности $3/3$ балла и менее отмечает цвет неба и дает характеристику состояния диска солнца:

☉² - на диске солнца и в радиусе 5° (что соответствует ширине ладони вытянутой руки) нет следов облаков, тумана, дымки или пыли.

☉ - солнце просвечивает сквозь облака, туман или дым, и трубку актинометра можно нацелить на солнце.

☉⁰ - солнце слабо просвечивает сквозь слой плотных облаков, нацелить актинометр на солнце невозможно.

П - солнце не видно сквозь плотные облака. Определяется дальность видимости.

Затем снимаются показания температуры воздуха в психрометрической будке и температуры поверхности почвы, характеризуя при этом ее состояние (сухая, влажная).

За 3 минуты до срока наблюдения наблюдатель определяет место нуля балансомера, пиранометра и актинометра, а также температуру при

гальванометре, соединенном с актинометром. Место нуля балансомера определяется при разомкнутой цепи.

Место нуля актинометра и пиранометра определяется при закрытых крышках прибора и замкнутой цепи.

За 1 минуту до срока наблюдатель снимает крышки с пиранометра и актинометра, проверяет нацеливание актинометра на солнце (т. е. совмещает солнечный "зайчик" с меткой на кольце), правильность затенения пиранометра и балансомера.

Ровно в срок отмечается время начала наблюдений и делается отсчет рассеянной радиации D по затененному пиранометру, после чего производится первый отсчет по актинометру. Затем делается второй отсчет по пиранометру и второй отсчет по актинометру. После этого делается заключительный третий отсчет по затененному пиранометру. Затем переходят к измерениям по балансомеру. К гальванометру, к которому был подключен пиранометр, теперь подключается балансомер (наблюдатель должен вставить вилку в розетку так, чтобы стрелка отклонилась вправо). Делается три отсчета по затененному балансомеру ($B-S'$) и два по актинометру в той же последовательности, как и в случае с пиранометром. Перед началом этой серии отсчетов включается на одну минуту анемометр Фусса. Если установлен АРИ-49, то отсчеты по нему производят по возможности одновременно с отсчетами по балансомеру (три отсчета). Вновь подключается к гальванометру пиранометр, проверяется наводка актинометра на солнце, пиранометр поворачивается вниз и производят три отсчета R_k по пиранометру и 2 отсчета по актинометру в вышеуказанной последовательности. Затем пиранометр снова поворачивают вверх, проверяют снова положение солнечного "зайчика" на кольце актинометра, затеняют пиранометр и берутся три отсчета D_2 и 2 отсчета по актинометру. Отмечают при этом степень покрытия солнца облаками и время окончания наблюдений.

При измерении всех видов радиации отсчеты производят с точностью до 0,1 деления шкалы. На этом наблюдения заканчиваются, приборы

закрываются крышками, а актинометр и пиранометр дополнительно накрываются футлярами.

В случае отсутствия облаков на диске солнца и в зоне радиусом 5° вокруг него проводятся дополнительные наблюдения по незатененному пиранометру и балансомеру. Это необходимо для контроля переводных множителей в процессе работы приборов.

Порядок наблюдений в этом случае следующий. После отсчетов по затененному пиранометру D_1 его экран убирается. Берут отсчет по незатененному балансомеру B , а затем по затененному ($B-S'$). После этого проводят наблюдения по незатененному пиранометру Q , при этом к солнцу должна быть обращена сторона диафрагмы, на которой нанесен номер прибора. Затем берутся отсчеты R_k и D_2 . Очень удобно иметь для наблюдений перед собой простую схему объема наблюдений при различных состояниях солнечного диска:

1) на солнечном диске и вблизи него нет облаков (условия для контроля переводных множителей): $D_1, B, B-S', Q, R_k, D_2$;

2) на солнечном диске облака (\odot, \odot^0, Π): $D_1, B-S', R_k, D_2$.

В ночное время наблюдения ведутся только по балансомеру, цвет неба и видимость не определяются. Наблюдения по пиранометру не производятся при сильном дожде, а наблюдения по балансомеру при любом дожде, исключая выпадение отдельных капель.

3.2. Обработка актинометрических наблюдений

Результаты отсчетов по гальванометрам при актинометрических приборах подвергаются обработке, поскольку отсчеты по ним производятся в делениях шкалы, которые являются относительными величинами. Их необходимо перевести в абсолютные единицы - $Вт/м^2$, умножения полученных результатов на переводной множитель. Переводной множитель — это число, на которое нужно умножить показания гальванометра, чтобы получить значения радиации в $Вт/м^2$.

Обработку начинают с определения среднего солнечного времени середины наблюдений (с точностью до одной минуты). Это время записывается в графу τ_m . Среднее солнечное время τ_m переводится в истинное время τ_0 с помощью специальных таблиц. По специальным таблицам, составленным для данной широты места, где расположена метеорологическая площадка, согласно числам дня и месяца, а также времени наблюдения, находят высоту солнца и соответствующее ей значение $\sin h_{\odot}$. Обе величины записываются в соответствующие графы книжки.

Из трех отсчетов по пиранометру и балансомеру для каждого вида радиации находят среднее значение N_{cp} с точностью до одного деления шкалы и записывают их в графу 6 против соответствующих потоков радиации.

Под средними значениями записывается шкаловая поправка гальванометра ΔN с соответствующим знаком, которая вводится только в случае, когда она равна 0,5 деления или больше. Поправка ΔN определяется путем интерполяции. Например, N_{cp} для пиранометра 74,5 деления. Ближайшие шкаловые поправки для гальванометра при пиранометре следующие: для семидесятого деления поправка 0,0, а для восьмидесятого деления +0,08. Тогда поправка для N_{cp} будет +0,04. Под значением шкаловой поправки (со знаком + или -) подписывается значение места нуля N_0 гальванометра со знаком минус.

В графе 7 против каждого вида радиации записывается исправленный отсчет $N_{испр}$ (путем введения в N_{cp} поправки ΔN и N_0 с соответствующими знаками). В этой же графе ниже исправленных отсчетов B и $B-S'$ в трех строках выписываются:

- а) средняя скорость по анемометру (с точностью до 1 м/с);
- в) поправочный множитель Φ_n на ветер (согласно поверочному свидетельству балансомера);
- г) результат умножения $N_{испр} \times \Phi_n = N_{и}$ (отсчет, приведенный к штилю).

В графе 8 под двумя отсчетами по актинометру выписывается шкаловая поправка ΔN и место нуля N_0 гальванометра при актинометре.

В графе 9 записывается исправленный отсчет $N_{испр}$ (определенный с учетом поправки ΔN и N_0).

В графе 11 против соответствующего значения радиации записывается его абсолютное значение с точностью до 1 Вт/м^2 .

Величина рассеянной радиации D_1 , D_2 , и R_k при всех отметка состояния солнечного диска (\odot^2 , \odot , \odot^0 , Π) получается путем умножения $N_{испр}$ на переводной множитель пиранометра a_n .

Величина $(B-S')$ при отметках диска солнца \odot^2 и \odot получается путем умножения приведенного к штилю отсчета $N_{ш}$ на переводной множитель балансомера.

При состоянии солнечного диска \odot^0 и Π , а также в ночные сроки, величина баланса, полученная от умножения $\Phi_{ш}$ на переводной множитель, записывается в графу 11 против обозначения B . Строка $B-S'$ в этом случае остается незаполненной.

Значение прямой радиации на перпендикулярной поверхности S получается умножением $N_{испр}$ на переводной множитель. Прямая радиация на горизонтальную поверхность определяется путем умножения S на $\sin h_{\odot}$.

Суммарная радиация Q получается сложением D_2 , измеренной в конце наблюдений, и S' - прямой радиации на горизонтальную поверхность, измеренной одновременно с R_k . При отметке состояния диска солнца \odot^0 и Π в графу Q записывают значение величины D_2 .

Затем вычисляется альбеда A_k путем деления R_k на Q и записывается результат с точностью до сотых долей. При отметках \odot^0 и Π альбеда A_k получают путем деления отсчета по пиранометру "вниз" на отсчет по пиранометру "вверх". При отсчетах R_k , меньших 0,5, деления A_k не вычисляется. Для получения длинноволнового баланса радиации из суммы $B + R_k$ вычитают Q и получают значение B_{δ} .

Если ведутся наблюдения по незатененному пиранометру и балансомеру (с целью контроля переводных множителей), то отсчеты исправляются поправками (шкаловой, место нуля, на ветер), но перевод показаний в абсолютные величины (Вт/м^2) не производится, а они выписываются вместе с другими данными в бланк для актинометрических измерений (см. приложение).

Формулы и обозначения

$$Q = S' + D_2$$

$$S' = S \cdot \sin h_{\odot}$$

$$A_k = \frac{R_k}{Q}$$

$$B = (B - S') + S'$$

$$B_d = B + R_k - Q$$

Q – суммарная радиация.

S – прямая радиация на горизонтальную поверхность.

D – рассеянная радиация.

D_2 – рассеянная радиация, измеренная в конце измерений.

S' – прямая радиация на перпендикулярную поверхность.

h – высота солнца.

R_k – отраженная радиация (коротковолновая).

A_k – альбедо (коротковолновое) деятельной поверхности.

$(B-S')$ – радиационный баланс (без прямой радиации) деятельной поверхности.

B – радиационный баланс деятельной поверхности.

B_d – длинноволновый радиационный баланс деятельной поверхности.

Задание к отчету по актинометрическим наблюдениям

Построить 4 графика вариаций величин 1), 2), 3), 4) по срокам:

- 1) S , D и Q ;
- 2) R_k и $Q_n = Q - R_k$
- 3) B_{∂} , B
- 4) Количество облаков

Под каждым сроком подписать состояние диска Солнца и формы облаков. При анализе рассмотреть ход кривых, связь с облачностью, соотношение между R_k и Q_n . Написать анализ дневного хода рассматриваемых величин.

ПРИЛОЖЕНИЕ

Поправки к альбедомеру и балансомеру

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	-0,4	-0,3	-0,2	-0,2	-0,1	0,0	0,1	0,2	0,2	0,3
10	0,4	0,4	0,3	0,3	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
20	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,4	0,4	0,4	0,4
30	0,4	0,4	0,4	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,2	0,2
40	0,2	0,2	0,2	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,0	0,0
50	0,0	0,0	0,0	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,2	-0,2
60	-0,2	-0,2	-0,3	-0,3	-0,4	-0,4	-0,4	-0,5	-0,5	-0,6
70	-0,6	-0,6	-0,6	-0,6	-0,6	-0,6	-0,7	-0,7	-0,7	-0,7
80	-0,7	-0,8	-0,8	-0,9	-1,0	-1,0	-1,0	-1,0	-1,0	-1,0
90	-1,1	-1,1	-1,1	-1,1	-1,1	-1,1	-1,1	-1,1	-1,0	-1,0

Поправочный множитель на ветер

Ветер	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Поправочный множитель	1,02	1,04	1,05	1,06	1,08	1,09	1,10	1,11	1,12

Поправки к актинометру

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	-0,5	-0,4	-0,3	-0,2	-0,1	0,0	0,1	0,1	0,2	0,2
10	0,3	0,3	0,3	0,2	0,2	0,2	0,2	0,3	0,3	0,4
20	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4
30	0,4	0,4	0,5	0,5	0,5	0,6	0,6	0,6	0,6	0,7
40	0,7	0,6	0,6	0,5	0,4	0,3	0,3	0,2	0,1	0,1
50	0,0	-0,1	-0,1	-0,2	-0,2	-0,3	-0,4	-0,4	-0,5	-0,5
60	-0,6	-0,7	-0,7	-0,8	-0,8	-0,9	-1,0	-1,0	-1,1	-1,1
70	-1,2	-1,2	-1,2	-1,3	-1,3	-1,3	-1,3	-1,3	-1,4	-1,4
80	-1,4	-1,3	-1,3	-1,2	-1,2	1,1	-1,1	-1,1	-1,0	-1,0
90	-1,0	-0,8	-0,7	-0,5	-0,4	-0,2	0,1	0,3	0,6	0,8

Актинометр 13,42 Вт/м²

Альбедомер 17,65 Вт/м²

Балансомер 18,03 Вт/м²

Бланк для актинометрических измерений

Число				Температура поверхности почвы	Температура воздуха	Время, склонение, высота солнца				
Облачность						τ_m		h_{\odot}		
Цвет неба и видимость				Влажность воздуха		τ_{\odot}		$\sin h_{\odot}$		
						δ_{\odot}				
Состояние деятельной поверхности				Место для приборов						
				Актинометра		Балансометра		Альбедометра		
Время	Вид радиации клеммы	Состояние диска солнца	Альбедометр и балансомер		$N_{ср.}$ ΔN N_0	N испр. U ср. Φ_u N_{uu}	Актинометр		Радиация в кал/см ² мин	
			Скорость ветра	Отсчет гальванометра			Отсчет гальванометра ΔNN_0	N испр.		
	D_1		 							D_1
			 							
	B									
	$B-S''$									$B-S$
										S
										S'
										B
	Q		 							B_d
			 							
	R_k		 							R_k
			 							S
			 							S'
	D		 							D_2
			 							Q
										A_k
Атмосферные явления										
Примечания										

Подпись наблюдателя

Проверил

Пример заполнения бланка

Число 02.07.18				Температура поверхности почвы	Температура воздуха	Время, склонение, высота солнца					
Облачность 8/0				45°C	30°C	τ_m	10:15	h_\odot	10:17		
Цвет неба и видимость голубой хорошая				Влажность воздуха		τ_\odot	10:19	$\sin h_\odot$	0,801		
				30%		δ_\odot					
Состояние деятельной поверхности сухая				Место для приборов							
				Актинометра 5,0		Балансометра 5,0		Альбедометра 5,0			
Время	Вид радиации клеммы	Состояние диска солнца	Альбедометр и балансометр		$N_{cp.} \Delta N N_0$	N испр. U ср. $\Phi_u N_{ш}$	Актинометр		Радиация в кал/см ² мин		
			Скорость ветра	Отсчет гальванометра			Отсчет гальванометра ΔNN_0	N испр.			
10:15	D_1	⊗	X	23,5	22,0	17,0	6,0	/		D_1	300,05
				21,5			6,0				
				21,0	-5,0		-5,0				
	B										
10:16	$B-S''$	⊗	X	8,0	8,0	3,0				$B-S$	54,09
				8,0						S	
				8,0	-5,0					S'	
										B	
	Q		X							B_A	
10:18	R_k	⊗	X	8,5	8,5	3,5				R_k	63,105
				8,5						S	18,05
				8,5	-5,0					S'	
10:19	D	⊗	X	19,0	19,0	14,0				D_2	252,42
				19,1						Q	
				19,0	-5,0					A_k	0,25
Атмосферные явления											
Примечания											

Таблицы синусов высоты Солнца

Числа	Δт	Δδ	Январь																
			sin h ₀																
			8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19					
1	3	23,0	-0,021	0,099	0,193	0,246	0,275	0,257	0,201	0,110	-0,008	-0,145	-0,296	-0,446					
2	4	22,9	-0,022	0,099	0,193	0,253	0,276	0,259	0,204	0,112	-0,005	-0,143	-0,293	-0,443					
3	4	22,9	-0,022	0,099	0,194	0,253	0,276	0,259	0,204	0,112	-0,005	-0,143	-0,293	-0,443					
4	5	22,8	-0,022	0,100	0,195	0,256	0,279	0,261	0,208	0,118	+0,002	-0,139	-0,288	-0,439					
5	5	22,6	-0,020	0,103	0,196	0,259	0,282	0,265	0,211	0,121	+0,003	-0,136	-0,286	-0,437					
6	6	22,5	-0,020	0,103	0,198	0,259	0,283	0,267	0,213	0,123	+0,006	-0,133	-0,283	-0,434					
7	6	22,4	-0,019	0,104	0,200	0,261	0,285	0,269	0,215	0,125	+0,008	-0,131	-0,281	-0,432					
8	6	22,3	-0,017	0,105	0,201	0,263	0,287	0,271	0,217	0,127	+0,008	-0,129	-0,279	-0,430					
9	7	22,1	-0,016	0,107	0,204	0,266	0,291	0,275	0,221	0,131	+0,012	-0,127	-0,277	-0,426					
10	7	22,0	-0,016	0,108	0,205	0,267	0,292	0,276	0,222	0,132	+0,013	-0,125	-0,274	-0,425					
11	8	21,9	-0,015	0,109	0,207	0,269	0,294	0,278	0,225	0,136	+0,019	-0,120	-0,269	-0,421					
12	8	21,7	-0,013	0,111	0,208	0,271	0,297	0,282	0,229	0,140	+0,023	-0,116	-0,267	-0,418					
13	8	21,5	-0,010	0,115	0,212	0,275	0,300	0,286	0,233	0,144	+0,027	-0,112	-0,264	-0,416					
14	9	21,4	-0,011	0,114	0,212	0,276	0,301	0,287	0,234	0,145	+0,029	-0,110	-0,262	-0,414					
15	9	21,2	-0,011	0,116	0,215	0,279	0,304	0,291	0,238	0,149	+0,032	-0,108	-0,260	-0,412					
16	10	21,0	-0,007	0,117	0,217	0,282	0,308	0,295	0,243	0,155	+0,038	-0,102	-0,253	-0,405					
17	10	20,8	-0,005	0,121	0,221	0,285	0,312	0,299	0,246	0,158	+0,041	-0,099	-0,251	-0,403					
18	10	20,6	-0,001	0,125	0,224	0,289	0,315	0,302	0,249	0,161	+0,044	-0,096	-0,248	-0,401					
19	11	20,4	-0,001	0,126	0,226	0,292	0,318	0,305	0,252	0,165	+0,048	-0,092	-0,244	-0,398					
20	11	20,2	+0,002	0,126	0,228	0,294	0,321	0,308	0,256	0,169	+0,052	-0,089	-0,240	-0,394					
21	11	20,0	+0,131	0,231	0,298	0,325	0,312	0,260	0,260	0,174	+0,057	-0,083	-0,235	-0,389					
22	12	19,7	+0,007	0,235	0,301	0,329	0,316	0,265	0,265	0,178	+0,061	-0,077	-0,231	-0,385					
23	12	19,5	+0,009	0,136	0,238	0,304	0,332	0,320	0,268	0,181	+0,063	-0,075	-0,228	-0,383					
24	12	19,3	+0,009	0,140	0,241	0,307	0,335	0,323	0,271	0,184	+0,066	-0,074	-0,226	-0,380					
25	12	19,0	+0,017	0,146	0,245	0,312	0,340	0,328	0,276	0,188	+0,070	-0,070	-0,223	-0,377					
26	12	18,8	+0,020	0,148	0,249	0,316	0,344	0,332	0,280	0,192	+0,074	-0,066	-0,220	-0,373					
27	13	18,5	+0,022	0,151	0,252	0,319	0,348	0,336	0,284	0,196	+0,077	-0,059	-0,215	-0,369					
28	13	18,3	+0,025	0,154	0,255	0,323	0,352	0,340	0,288	0,199	+0,081	-0,057	-0,211	-0,365					
29	13	18,0	+0,029	0,158	0,260	0,328	0,357	0,344	0,293	0,204	+0,086	-0,053	-0,206	-0,362					
30	13	17,7	+0,034	0,163	0,265	0,333	0,362	0,348	0,298	0,210	+0,090	-0,049	-0,203	-0,359					
31	13	17,5	+0,036	0,166	0,268	0,336	0,365	0,353	0,302	0,214	+0,095	-0,046	-0,200	-0,356					

Числа	Δτ	Δб	Февраль																
			sin h ₀																
			8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19					
1	-13	-17,4	0,038	0,167	0,270	0,338	0,367	0,355	0,303	0,216	0,096	-0,044	-0,201	-0,354					
2	-14	-17,2	0,038	0,168	0,272	0,340	0,370	0,359	0,308	0,220	0,102	-0,040	-0,199	-0,330					
3	-14	-16,9	0,041	0,171	0,275	0,343	0,373	0,362	0,310	0,224	0,105	-0,036	-0,196	-0,347					
4	-14	-16,6	0,045	0,177	0,280	0,349	0,379	0,368	0,317	0,228	0,110	-0,032	-0,191	-0,342					
5	-14	-16,4	0,048	0,181	0,285	0,353	0,383	0,372	0,321	0,253	0,114	-0,028	-0,181	-0,339					
6	-14	-16,4	0,055	0,186	0,290	0,359	0,389	0,378	0,326	0,238	0,120	-0,022	-0,183	-0,334					
7	-14	-15,7	0,060	0,191	0,295	0,364	0,394	0,383	0,331	0,243	0,124	-0,018	-0,179	-0,330					
8	-14	-15,4	0,064	0,196	0,300	0,369	0,399	0,388	0,336	0,248	0,129	-0,014	-0,175	-0,327					
9	-14	-15,1	0,069	0,201	0,306	0,375	0,405	0,394	0,342	0,253	0,134	-0,009	-0,161	-0,323					
10	-14	-14,8	0,073	0,205	0,310	0,405	0,409	0,398	0,346	0,257	0,138	-0,004	-0,157	-0,319					
11	-14	-14,4	0,079	0,211	0,316	0,385	0,415	0,403	0,352	0,263	0,144	0,000	-0,156	-0,314					
12	-14	-14,1	0,082	0,213	0,319	0,389	0,419	0,406	0,356	0,267	0,147	0,003	-0,153	-0,311					
13	-14	-13,8	0,088	0,219	0,325	0,395	0,425	0,413	0,362	0,274	0,152	0,009	-0,148	-0,305					
14	-14	-13,5	0,091	0,223	0,328	0,398	0,428	0,416	0,365	0,276	0,155	0,012	-0,145	-0,304					
15	-14	-13,1	0,097	0,230	0,336	0,406	0,436	0,422	0,373	0,283	0,162	0,018	-0,140	-0,298					
16	-14	-12,8	0,102	0,235	0,340	0,410	0,441	0,430	0,378	0,287	0,167	0,023	-0,135	-0,294					
17	-14	-12,4	0,107	0,241	0,347	0,417	0,447	0,436	0,384	0,294	0,172	0,028	-0,130	-0,290					
18	-14	-12,1	0,113	0,246	0,352	0,423	0,453	0,441	0,389	0,299	0,184	0,034	-0,124	-0,285					
19	-14	-11,7	0,118	0,252	0,358	0,429	0,459	0,448	0,392	0,305	0,184	0,039	-0,119	-0,280					
20	-14	-11,4	0,123	0,253	0,359	0,432	0,462	0,452	0,398	0,306	0,184	0,042	-0,115	-0,271					
21	-14	-11,0	0,128	0,262	0,368	0,438	0,469	0,458	0,405	0,315	0,193	0,048	-0,110	-0,268					
22	-14	-10,7	0,131	0,265	0,372	0,442	0,473	0,462	0,409	0,309	0,197	0,051	-0,107	-0,263					
23	-14	-10,3	0,136	0,270	0,377	0,447	0,478	0,467	0,414	0,324	0,202	0,056	-0,102	-0,259					
24	-14	-9,9	0,141	0,275	0,382	0,452	0,483	0,472	0,419	0,328	0,206	0,061	-0,098	-0,255					
25	-14	-9,6	0,150	0,286	0,394	0,463	0,492	0,480	0,431	0,340	0,212	0,069	-0,091	-0,255					
26	-13	-9,2	0,156	0,290	0,397	0,467	0,497	0,485	0,431	0,350	0,217	0,071	-0,089	-0,251					
27	-13	-8,8	0,161	0,295	0,402	0,472	0,502	0,490	0,436	0,355	0,222	0,076	-0,084	-0,246					
28	-13	-8,4	0,166	0,301	0,407	0,478	0,508	0,496	0,442	0,361	0,227	0,081	-0,079	-0,241					
29	-13	-8,1	0,171	0,306	0,412	0,483	0,513	0,501	0,447	0,366	0,232	0,086	-0,074	-0,236					

Числа	Дт	Дб	Март																
			sin h ₀																
			8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19					
1	-13	-7,7	0,176	0,311	0,415	0,487	0,519	0,505	0,452	0,361	0,237	0,091	-0,069	-0,231					
2	-12	-7,3	0,184	0,317	0,424	0,495	0,523	0,511	0,456	0,364	0,241	0,094	-0,067	-0,228					
3	-12	-6,9	0,189	0,322	0,430	0,500	0,529	0,516	0,462	0,370	0,246	0,099	-0,052	-0,224					
4	-12	-6,6	0,198	0,331	0,438	0,508	0,538	0,525	0,470	0,378	0,255	0,107	-0,054	-0,054					
5	-12	-6,2	0,200	0,334	0,441	0,512	0,541	0,528	0,474	0,382	0,258	0,110	-0,052	-0,215					
6	-12	-5,8	0,206	0,339	0,446	0,516	0,546	0,533	0,478	0,386	0,263	0,115	-0,046	-0,208					
7	-11	-5,4	0,213	0,346	0,452	0,520	0,550	0,537	0,481	0,389	0,265	0,117	-0,043	-0,205					
8	-11	-5,0	0,217	0,350	0,455	0,524	0,552	0,538	0,484	0,393	0,268	0,222	-0,038	-0,200					
9	-11	-4,6	0,222	0,354	0,459	0,528	0,557	0,543	0,489	0,397	0,274	0,127	-0,032	-0,194					
10	-11	-4,2	0,227	0,359	0,463	0,532	0,560	0,547	0,492	0,401	0,277	0,131	-0,027	-0,188					
11	-10	-3,8	0,235	0,366	0,470	0,538	0,567	0,554	0,498	0,405	0,281	0,135	-0,024	-0,184					
12	-10	-3,4	0,241	0,374	0,478	0,548	0,575	0,561	0,506	0,412	0,288	0,142	-0,019	-0,179					
13	-10	-3,0	0,247	0,380	0,483	0,554	0,582	0,569	0,513	0,419	0,294	0,148	-0,014	-0,175					
14	-10	-2,6	0,254	0,387	0,491	0,561	0,589	0,575	0,520	0,425	0,301	0,154	-0,007	-0,169					
15	-9	-2,2	0,262	0,396	0,501	0,570	0,597	0,584	0,526	0,430	0,305	0,156	-0,006	-0,169					
16	-9	-1,9	0,266	0,401	0,506	0,574	0,602	0,588	0,530	0,435	0,309	0,160	-0,002	-0,165					
17	-9	-1,5	0,272	0,407	0,512	0,580	0,608	0,594	0,536	0,441	0,315	0,166	-0,004	-0,159					
18	-8	-1,1	0,280	0,413	0,518	0,585	0,613	0,597	0,540	0,444	0,318	0,168	-0,007	-0,156					
19	-8	-0,7	0,285	0,419	0,524	0,591	0,619	0,603	0,546	0,450	0,324	0,174	-0,013	-0,150					
20	-8	-0,3	0,291	0,424	0,529	0,596	0,624	0,608	0,551	0,455	0,329	0,179	-0,018	-0,145					
21	-8	+0,1	0,296	0,429	0,534	0,601	0,629	0,613	0,556	0,461	0,334	0,185	-0,023	-0,140					
22	-7	+0,5	0,305	0,438	0,541	0,608	0,635	0,618	0,561	0,465	0,337	0,189	-0,026	-0,137					
23	-7	+0,9	0,310	0,443	0,546	0,614	0,640	0,623	0,566	0,470	0,342	0,193	+0,031	-0,132					
24	-7	+1,3	0,316	0,449	0,552	0,620	0,646	0,629	0,572	0,476	0,348	0,199	+0,037	-0,126					
25	-6	+1,7	0,323	0,455	0,559	0,624	0,651	0,634	0,575	0,479	0,352	0,201	+0,041	-0,123					
26	-6	+2,1	0,328	0,460	0,564	0,629	0,656	0,639	0,580	0,484	0,357	0,206	+0,046	-0,118					
27	-6	+2,5	0,333	0,465	0,568	0,634	0,662	0,649	0,584	0,488	0,362	0,212	+0,051	-0,112					
28	-5	+2,9	0,339	0,471	0,572	0,638	0,663	0,646	0,586	0,490	0,363	0,214	+0,053	-0,109					
29	-5	+3,3	0,343	0,474	0,575	0,644	0,668	0,648	0,589	0,493	0,368	0,218	+0,058	-0,103					
30	-5	+3,7	0,347	0,478	0,578	0,644	0,669	0,650	0,593	0,497	0,371	0,219	+0,063	-0,098					
31	-4	4,0	0,354	0,484	0,584	0,649	0,672	0,654	0,595	0,499	0,372	0,225	+0,064	-0,096					

Числа	Δт	Δδ	Апрель																
			sin h ₀																
			8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19					
1	-4	4,4	0,361	0,491	0,591	0,656	0,680	0,661	0,602	0,506	0,379	0,231	0,0071	-0,090					
2	-4	4,8	0,366	0,496	0,597	0,662	0,686	0,667	0,608	0,511	0,385	0,236	0,075	-0,085					
3	-4	5,2	0,373	0,504	0,605	0,670	0,694	0,675	0,616	0,519	0,392	0,243	0,082	-0,079					
4	-3	5,6	0,381	0,512	0,612	0,676	0,700	0,681	0,621	0,524	0,395	0,246	0,084	-0,078					
5	-3	6,0	0,387	0,518	0,619	0,683	0,707	0,688	0,627	0,529	0,401	0,251	0,089	-0,073					
6	-3	6,3	0,391	0,522	0,623	0,687	0,711	0,692	0,631	0,533	0,405	0,255	0,093	-0,069					
7	-2	6,7	0,399	0,529	0,629	0,693	0,716	0,696	0,635	0,537	0,409	0,259	0,096	-0,065					
8	-2	7,1	0,404	0,533	0,633	0,697	0,720	0,700	0,639	0,541	0,413	0,263	0,101	-0,060					
9	-2	7,5	0,409	0,538	0,638	0,702	0,725	0,705	0,644	0,546	0,418	0,268	0,106	-0,055					
10	-2	7,8	0,412	0,542	0,641	0,705	0,728	0,708	0,647	0,549	0,421	0,272	0,110	-0,051					
11	-1	8,2	0,420	0,550	0,649	0,712	0,734	0,713	0,652	0,553	0,425	0,275	0,113	-0,048					
12	-1	8,6	0,425	0,554	0,653	0,716	0,738	0,717	0,656	0,558	0,429	0,280	0,118	-0,043					
13	-1	8,9	0,429	0,558	0,657	0,720	0,742	0,721	0,660	0,562	0,433	0,284	0,122	-0,039					
14	-1	9,3	0,433	0,562	0,662	0,724	0,746	0,726	0,664	0,566	0,438	0,288	0,127	-0,033					
15	0	9,7	0,441	0,569	0,668	0,730	0,753	0,730	0,668	0,569	0,441	0,292	0,131	-0,030					
16	0	10,0	0,445	0,573	0,672	0,734	0,755	0,734	0,672	0,575	0,445	0,296	0,135	-0,026					
17	0	10,4	0,450	0,578	0,676	0,736	0,759	0,738	0,676	0,578	0,450	0,300	0,140	-0,020					
18	0	10,7	0,454	0,582	0,680	0,742	0,763	0,742	0,680	0,582	0,454	0,304	0,144	-0,016					
19	1	11,1	0,460	0,588	0,685	0,747	0,767	0,745	0,683	0,584	0,456	0,307	0,147	-0,014					
20	1	11,4	0,464	0,591	0,689	0,750	0,770	0,748	0,686	0,587	0,459	0,310	0,151	-0,009					
21	1	11,6	0,468	0,595	0,693	0,754	0,774	0,752	0,690	0,592	0,464	0,315	0,156	-0,004					
22	1	12,1	0,472	0,599	0,697	0,758	0,778	0,756	0,694	0,596	0,468	0,319	0,160	-0,000					
23	2	12,4	0,479	0,605	0,702	0,762	0,782	0,760	0,697	0,598	0,470	0,321	0,162	0,002					
24	2	12,8	0,484	0,610	0,706	0,766	0,786	0,764	0,701	0,602	0,474	0,326	0,167	0,007					
25	2	13,1	0,487	0,613	0,709	0,769	0,789	0,767	0,704	0,606	0,478	0,329	0,171	0,012					
26	2	13,4	0,491	0,616	0,712	0,772	0,792	0,770	0,708	0,609	0,481	0,333	0,175	0,016					
27	2	13,7	0,494	0,620	0,715	0,775	0,795	0,773	0,711	0,612	0,485	0,337	0,179	0,020					
28	2	14,1	0,499	0,624	0,720	0,779	0,799	0,775	0,715	0,617	0,489	0,341	0,184	0,026					
29	3	14,5	0,505	0,629	0,725	0,783	0,803	0,779	0,716	0,618	0,491	0,343	0,185	0,027					
30	3	14,7	0,505	0,633	0,729	0,787	0,806	0,783	0,720	0,622	0,495	0,347	0,189	0,031					

Числа	Δт	Δб	Май																
			8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19					
1	3	15,0	0,7512	0,7636	0,7731	0,7790	0,809	0,787	0,724	0,625	0,498	0,351	0,194	0,036					
2	3	15,3	0,516	0,640	0,735	0,794	0,813	0,791	0,728	0,629	0,502	0,355	0,198	0,040					
3	3	15,76	0,519	0,643	0,737	0,796	0,815	0,793	0,730	0,632	0,505	0,359	0,202	0,045					
4	3	15,9	0,522	0,645	0,740	0,798	0,817	0,795	0,732	0,635	0,508	0,362	0,206	0,049					
5	3	16,2	0,526	0,649	0,743	0,801	0,820	0,798	0,736	0,638	0,511	0,366	0,210	0,054					
6	3	16,5	0,528	0,651	0,745	0,803	0,822	0,800	0,738	0,640	0,514	0,369	0,213	0,057					
7	3	16,7	0,531	0,654	0,748	0,806	0,825	0,803	0,741	0,643	0,517	0,372	0,216	0,060					
8	4	17,0	0,537	0,659	0,753	0,810	0,828	0,805	0,753	0,645	0,518	0,372	0,217	0,061					
9	4	17,3	0,540	0,662	0,756	0,813	0,831	0,808	0,756	0,648	0,522	0,376	0,221	0,065					
10	4	17,5	0,542	0,664	0,758	0,815	0,833	0,810	0,758	0,650	0,524	0,378	0,223	0,067					
11	4	17,8	0,545	0,668	0,761	0,818	0,836	0,813	0,761	0,653	0,528	0,382	0,227	0,072					
12	4	18,1	0,549	0,671	0,764	0,821	0,839	0,816	0,764	0,657	0,531	0,386	0,231	0,076					
13	4	18,3	0,551	0,673	0,766	0,823	0,841	0,818	0,766	0,659	0,534	0,388	0,234	0,079					
14	4	18,6	0,555	0,677	0,770	0,826	0,844	0,821	0,770	0,662	0,537	0,392	0,238	0,084					
15	4	18,8	0,556	0,677	0,770	0,826	0,844	0,821	0,770	0,663	0,538	0,394	0,240	0,086					
16	4	19,0	0,559	0,680	0,773	0,829	0,847	0,824	0,773	0,666	0,541	0,397	0,243	0,089					
17	4	19,3	0,562	0,683	0,776	0,832	0,850	0,827	0,776	0,669	0,545	0,401	0,247	0,093					
18	4	19,5	0,567	0,688	0,781	0,837	0,855	0,832	0,781	0,674	0,550	0,406	0,252	0,098					
19	4	19,7	0,567	0,688	0,781	0,836	0,854	0,831	0,780	0,673	0,549	0,405	0,252	0,099					
20	4	19,9	0,569	0,690	0,782	0,838	0,856	0,833	0,782	0,676	0,552	0,408	0,255	0,102					
21	4	20,1	0,571	0,692	0,784	0,840	0,858	0,835	0,784	0,678	0,554	0,410	0,257	0,104					
22	4	20,3	0,573	0,693	0,785	0,841	0,859	0,836	0,785	0,679	0,555	0,412	0,259	0,106					
23	3	20,5	0,574	0,694	0,786	0,843	0,861	0,839	0,779	0,683	0,559	0,417	0,265	0,112					
24	3	20,7	0,575	0,695	0,786	0,844	0,862	0,840	0,780	0,684	0,561	0,419	0,267	0,115					
25	3	20,9	0,578	0,697	0,789	0,846	0,864	0,842	0,782	0,687	0,563	0,422	0,270	0,118					
26	3	21,1	0,580	0,699	0,791	0,848	0,866	0,844	0,784	0,689	0,565	0,424	0,272	0,120					
27	3	21,3	0,582	0,702	0,793	0,850	0,868	0,846	0,786	0,691	0,568	0,427	0,275	0,123					
28	3	21,4	0,583	0,702	0,793	0,850	0,868	0,846	0,786	0,691	0,568	0,428	0,276	0,124					
29	3	221,6	0,585	0,704	0,795	0,852	0,870	0,848	0,788	0,693	0,570	0,430	0,278	0,126					
30	3	21,7	0,586	0,705	0,796	0,853	0,871	0,849	0,789	0,695	0,572	0,431	0,281	0,129					
31	3	21,9	0,588	0,707	0,798	0,855	0,873	0,851	0,791	0,697	0,575	0,434	0,283	0,133					

Числа	Дт	Дб	Июнь $\sin h_{\odot}$															
			8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18					
1	2	22,0	0,587	0,707	0,799	0,856	0,874	0,853	0,793	0,699	0,598	0,437	0,286					
2	2	22,2	0,589	0,708	0,800	0,858	0,876	0,855	0,795	0,702	0,599	0,439	0,289					
3	2	22,3	0,590	0,708	0,801	0,858	0,878	0,856	0,796	0,703	0,581	0,441	0,290					
4	2	22,4	0,591	0,710	0,802	0,859	0,876	0,856	0,796	0,703	0,582	0,441	0,291					
5	2	22,5	0,592	0,712	0,803	0,860	0,879	0,856	0,799	0,705	0,584	0,443	0,293					
6	2	22,6	0,593	0,713	0,804	0,861	0,880	0,858	0,800	0,706	0,585	0,444	0,294					
7	2	22,7	0,594	0,714	0,805	0,862	0,880	0,857	0,800	0,707	0,586	0,445	0,295					
8	1	22,8	0,594	0,713	0,804	0,862	0,881	0,861	0,802	0,709	0,589	0,449	0,299					
9	1	22,9	0,595	0,714	0,805	0,853	0,882	0,861	0,803	0,710	0,589	0,451	0,300					
10	1	23,0	0,596	0,715	0,866	0,854	0,883	0,862	0,804	0,711	0,591	0,452	0,301					
11	1	23,1	0,596	0,716	0,808	0,855	0,884	0,863	0,804	0,712	0,592	0,453	0,303					
12	0	23,1	0,595	0,714	0,806	0,854	0,884	0,853	0,806	0,714	0,594	0,455	0,305					
13	0	23,2	0,595	0,715	0,807	0,854	0,884	0,853	0,807	0,715	0,605	0,456	0,307					
14	0	23,3	0,596	0,716	0,808	0,856	0,885	0,854	0,809	0,717	0,596	0,457	0,309					
15	0	23,3	0,596	0,716	0,808	0,856	0,886	0,855	0,809	0,717	0,596	0,457	0,309					
16	0	23,3	0,596	0,716	0,808	0,865	0,886	0,855	0,809	0,717	0,596	0,457	0,309					
17	0	23,4	0,595	0,717	0,808	0,866	0,886	0,866	0,809	0,716	0,598	0,458	0,310					
18	0	23,4	0,595	0,715	0,807	0,864	0,886	0,867	0,810	0,716	0,600	0,461	0,311					
19	-1	23,4	0,595	0,715	0,807	0,864	0,886	0,867	0,810	0,713	0,600	0,461	0,311					
20	-1	23,4	0,595	0,715	0,807	0,864	0,886	0,867	0,810	0,713	0,600	0,461	0,311					
21	-1	23,4	0,596	0,715	0,807	0,866	0,886	0,867	0,810	0,719	0,600	0,461	0,311					
22	-2	23,4	0,593	0,713	0,806	0,865	0,886	0,867	0,811	0,720	0,601	0,463	0,314					
23	-2	23,4	0,593	0,713	0,806	0,865	0,886	0,867	0,811	0,720	0,601	0,463	0,314					
24	-2	23,4	0,593	0,713	0,806	0,865	0,886	0,867	0,811	0,720	0,601	0,463	0,314					
25	-2	23,4	0,593	0,713	0,806	0,865	0,886	0,867	0,811	0,720	0,601	0,463	0,314					
26	-2	23,4	0,593	0,713	0,806	0,865	0,886	0,867	0,811	0,720	0,601	0,463	0,314					
27	-2	23,3	0,589	0,711	0,804	0,864	0,885	0,867	0,811	0,721	0,603	0,465	0,315					
28	-3	23,3	0,589	0,711	0,804	0,864	0,885	0,867	0,812	0,721	0,603	0,465	0,315					
29	-3	23,3	0,589	0,711	0,804	0,864	0,885	0,867	0,812	0,721	0,609	0,465	0,315					
30	-3	23,2	0,588	0,710	0,803	0,863	0,884	0,866	0,812	0,720	0,601	0,463	0,313					

Числа	Δτ	Δδ	Июль $\sin h_{\odot}$														
			8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18				
1	-4	23,1	0,587	0,707	0,798	0,855	0,874	0,853	0,794	0,699	0,578	0,438	0,286				
2	-4	23,1	0,589	0,709	0,780	0,857	0,876	0,855	0,7696	0,702	0,581	0,439	0,289				
3	-4	23,0	0,590	0,710	0,801	0,858	0,877	0,856	0,796	0,703	0,582	0,440	0,290				
4	-4	22,9	0,590	0,711	0,801	0,858	0,877	0,856	0,796	0,703	0,582	0,440	0,290				
5	-4	22,8	0,592	0,712	0,803	0,860	0,879	0,857	0,798	0,705	0,584	0,443	0,293				
6	-4	22,7	0,594	0,714	0,804	0,861	0,879	0,859	0,799	0,706	0,585	0,445	0,294				
7	-5	22,6	0,595	0,715	0,806	0,862	0,880	0,859	0,800	0,707	0,586	0,445	0,295				
8	-5	22,5	0,594	0,713	0,805	0,862	0,880	0,861	0,802	0,710	0,589	0,449	0,299				
9	-5	22,4	0,595	0,714	0,805	0,863	0,882	0,863	0,803	0,711	0,590	0,450	0,300				
10	-5	23,3	0,596	0,715	0,806	0,864	0,883	0,863	0,804	0,712	0,591	0,452	0,302				
11	-5	23,2	0,596	0,716	0,808	0,865	0,884	0,863	0,805	0,712	0,592	0,453	0,303				
12	-6	22,0	0,594	0,714	0,806	0,864	0,884	0,864	0,806	0,714	0,594	0,455	0,305				
13	-6	21,9	0,595	0,715	0,807	0,865	0,884	0,865	0,807	0,715	0,595	0,456	0,307				
14	-6	21,7	0,596	0,715	0,808	0,866	0,885	0,866	0,807	0,716	0,596	0,457	0,308				
15	-6	21,6	0,596	0,715	0,808	0,866	0,885	0,866	0,807	0,716	0,596	0,457	0,308				
16	-6	21,4	0,596	0,715	0,808	0,866	0,885	0,866	0,807	0,716	0,596	0,457	0,308				
17	-6	21,3	0,597	0,717	0,809	0,866	0,886	0,866	0,807	0,716	0,596	0,457	0,308				
18	-6	21,1	0,595	0,715	0,807	0,866	0,886	0,866	0,808	0,717	0,597	0,458	0,309				
19	-6	20,9	0,595	0,715	0,807	0,866	0,886	0,867	0,810	0,718	0,599	0,461	0,311				
20	-6	20,7	0,595	0,715	0,807	0,866	0,886	0,867	0,810	0,718	0,599	0,461	0,311				
21	-6	20,5	0,595	0,715	0,806	0,866	0,886	0,867	0,810	0,718	0,599	0,461	0,311				
22	-6	20,3	0,595	0,713	0,806	0,865	0,886	0,867	0,810	0,718	0,599	0,461	0,311				
23	-6	20,1	0,593	0,713	0,806	0,865	0,886	0,867	0,811	0,720	0,602	0,463	0,314				
24	-6	19,9	0,593	0,713	0,806	0,865	0,886	0,867	0,811	0,720	0,602	0,463	0,314				
25	-6	19,7	0,593	0,713	0,806	0,865	0,886	0,867	0,811	0,720	0,602	0,463	0,314				
26	-6	19,5	0,593	0,713	0,806	0,865	0,886	0,867	0,811	0,720	0,620	0,463	0,314				
27	-6	19,3	0,590	0,711	0,803	0,863	0,885	0,868	0,812	0,721	0,603	0,465	0,316				
28	-6	19,1	0,590	0,711	0,803	0,863	0,885	0,868	0,812	0,721	0,603	0,465	0,316				
29	-6	18,8	0,590	0,710	0,803	0,863	0,885	0,868	0,812	0,721	0,603	0,465	0,316				
30	-6	18,6	0,589	0,710	0,801	0,862	0,884	0,897	0,812	0,721	0,602	0,465	0,315				
31	-6	18,4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-				

Числа	Δт	Δб	Август sin h ₀																												
			8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18																		
1	-6	18,2	0,528	0,655	0,752	0,813	0,839	0,823	0,768	0,676	0,555	0,413	0,259																		
2	-6	17,9	0,524	0,651	0,748	0,811	0,836	0,820	0,765	0,673	0,551	0,409	0,255																		
3	-6	17,6	0,521	0,647	0,745	0,809	0,833	0,817	0,761	0,669	0,548	0,405	0,251																		
4	-6	17,3	0,517	0,643	0,742	0,804	0,830	0,814	0,758	0,666	0,544	0,401	0,247																		
5	-6	17,1	0,515	0,641	0,740	0,804	0,828	0,812	0,756	0,664	0,542	0,399	0,244																		
6	-6	16,8	0,512	0,638	0,736	0,802	0,825	0,809	0,753	0,660	0,538	0,385	0,240																		
7	-6	16,5	0,508	0,635	0,733	0,798	0,822	0,806	0,750	0,657	0,535	0,391	0,236																		
8	-6	16,2	0,505	0,632	0,730	0,795	0,819	0,803	0,747	0,654	0,532	0,388	0,233																		
9	-6	16,0	0,502	0,630	0,729	0,793	0,817	0,801	0,746	0,652	0,529	0,386	0,229																		
10	-6	15,7	0,498	0,626	0,725	0,790	0,814	0,798	0,742	0,649	0,526	0,382	0,226																		
11	-5	15,4	0,497	0,625	0,723	0,788	0,811	0,794	0,737	0,643	0,520	0,376	0,219																		
12	-5	15,1	0,494	0,622	0,721	0,785	0,809	0,792	0,734	0,640	0,517	0,372	0,215																		
13	-5	14,8	0,490	0,678	0,717	0,741	0,805	0,788	0,690	0,636	0,473	0,368	0,211																		
14	-5	14,5	0,487	0,615	0,17	0,778	0,802	0,785	0,728	0,634	0,510	0,364	0,207																		
15	-5	14,2	0,484	0,612	0,711	0,777	0,800	0,783	0,726	0,631	0,506	0,362	0,204																		
16	-4	13,8	0,481	0,610	0,709	0,772	0,795	0,773	0,720	0,625	0,500	0,354	0,195																		
17	-4	13,5	0,479	0,607	0,706	0,770	0,794	0,775	0,718	0,622	0,497	0,351	0,192																		
18	-4	13,2	0,475	0,603	0,702	0,766	0,790	0,771	0,714	0,618	0,493	0,347	0,188																		
19	-4	12,9	0,471	0,600	0,699	0,763	0,787	0,769	0,710	0,615	0,490	0,343	0,184																		
20	-4	12,6	0,467	0,595	0,695	0,769	0,783	0,765	0,706	0,610	0,485	0,338	0,179																		
21	-3	12,2	0,465	0,593	0,693	0,756	0,779	0,760	0,701	0,604	0,478	0,331	0,172																		
22	-3	11,9	0,461	0,590	0,690	0,753	0,776	0,757	0,698	0,601	0,475	0,328	0,168																		
23	-3	11,6	0,458	0,587	0,687	0,750	0,773	0,754	0,695	0,598	0,471	0,324	0,164																		
24	-3	11,2	0,453	0,582	0,681	0,745	0,768	0,749	0,691	0,593	0,467	0,319	0,159																		
25	-2	10,9	0,452	0,580	0,680	0,742	0,765	0,745	0,685	0,588	0,460	0,313	0,153																		
26	-2	10,5	0,447	0,576	0,676	0,738	0,761	0,741	0,681	0,583	0,456	0,308	0,148																		
27	-2	10,2	0,444	0,573	0,672	0,735	0,758	0,738	0,678	0,580	0,452	0,304	0,144																		
28	-1	9,8	0,441	0,570	0,669	0,732	0,754	0,733	0,610	0,574	0,445	0,296	0,135																		
29	-1	9,5	0,438	0,567	0,666	0,729	0,751	0,730	0,607	0,570	0,441	0,292	0,131																		
30	-1	9,1	0,439	0,568	0,667	0,730	0,752	0,731	0,608	0,571	0,442	0,293	0,132																		
31	-1	8,8	0,427	0,556	0,655	0,718	0,740	0,719	0,596	0,560	0,431	0,282	0,121																		

Числа	Дт	Дб	Сентябрь sin h ₀															
			8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18					
1	0	8,4	0,425	0,554	0,653	0,716	0,737	0,716	0,654	0,554	0,425	0,275	0,114					
2	0	8,4	0,425	0,554	0,653	0,716	0,737	0,716	0,654	0,554	0,425	0,275	0,114					
3	0	7,7	0,414	0,543	0,642	0,705	0,726	0,704	0,642	0,543	0,414	0,264	0,102					
4	1	7,3	0,412	0,541	0,640	0,701	0,722	0,699	0,636	0,537	0,407	0,257	0,096					
5	1	6,9	0,404	0,533	0,632	0,693	0,714	0,690	0,628	0,529	0,399	0,249	0,086					
6	1	6,6	0,402	0,531	0,630	0,692	0,713	0,687	0,627	0,528	0,393	0,247	0,085					
7	2	6,2	0,401	0,529	0,627	0,689	0,709	0,686	0,623	0,521	0,391	0,240	0,078					
8	2	5,8	0,393	0,522	0,620	0,681	0,701	0,678	0,614	0,514	0,383	0,233	0,071					
9	2	5,4	0,389	0,515	0,613	0,674	0,694	0,671	0,608	0,508	0,378	0,228	0,068					
10	3	5,0	0,386	0,513	0,610	0,670	0,690	0,666	0,602	0,502	0,372	0,222	0,061					
11	3	4,7	0,378	0,505	0,602	0,662	0,681	0,658	0,604	0,494	0,364	0,214	0,054					
12	3	7,3	0,373	0,499	0,596	0,656	0,675	0,652	0,689	0,489	0,359	0,210	0,050					
13	4	3,9	0,368	0,495	0,592	0,650	0,669	0,644	0,580	0,480	0,350	0,200	0,040					
14	4	3,5	0,366	0,492	0,589	0,648	0,667	0,644	0,578	0,470	0,347	0,196	0,036					
15	5	3,1	0,365	0,491	0,587	0,646	0,664	0,639	0,574	0,472	0,341	0,190	0,029					
16	5	2,8	0,359	0,486	0,583	0,642	0,660	0,635	0,569	0,467	0,336	0,184	0,022					
17	5	2,4	0,357	0,482	0,582	0,642	0,659	0,634	0,567	0,466	0,333	0,180	0,017					
18	6	2,0	0,356	0,482	0,580	0,638	0,656	0,630	0,563	0,460	0,327	0,174	0,010					
19	6	1,6	0,349	0,476	0,573	0,631	0,649	0,623	0,556	0,453	0,320	0,167	0,007					
20	6	1,2	0,345	0,472	0,569	0,627	0,645	0,618	0,552	0,449	0,316	0,163	-0,001					
21	7	0,8	0,339	0,466	0,563	0,620	0,637	0,611	0,543	0,439	0,306	0,153	-0,012					
22	7	0,4	0,335	0,462	0,559	0,616	0,633	0,607	0,540	0,435	0,302	0,1449	-0,016					
23	7	0,1	0,332	0,459	0,556	0,613	0,630	0,604	0,537	0,432	0,299	0,146	-0,019					
24	8	-0,3	0,330	0,457	0,552	0,610	0,625	0,603	0,530	0,426	0,292	0,138	-0,025					
25	8	-0,7	0,326	0,453	0,548	0,606	0,621	0,593	0,526	0,422	0,288	0,134	-0,029					
26	8	-1,1	0,318	0,445	0,540	0,698	0,613	0,585	0,518	0,414	0,280	0,126	-0,037					
27	9	-1,5	0,317	0,443	0,538	0,594	0,609	0,581	0,514	0,408	0,273	0,120	-0,043					
28	9	-1,9	0,313	0,439	0,534	0,590	0,605	0,576	0,510	0,404	0,269	0,116	-0,047					
29	9	-2,3	0,304	0,429	0,524	0,580	0,595	0,567	0,503	0,395	0,261	0,108	-0,054					
30	10	-2,7	0,301	0,424	0,518	0,573	0,587	0,559	0,490	0,385	0,285	0,253	-0,101					

Числа	Дт	Дб	Октябрь																
			sin h ^o																
			8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19					
1	10	-3,1	0,296	0,419	0,510	0,565	0,582	0,555	0,485	0,380	0,247	0,092	-0,068	-0,229					
2	10	-3,5	0,286	0,409	0,504	0,558	0,572	0,543	0,475	0,372	0,238	0,086	-0,075	-0,234					
3	11	-3,8	0,284	0,409	0,499	0,554	0,568	0,539	0,470	0,363	0,233	0,080	-0,081	-0,239					
4	11	-4,2	0,278	0,402	0,493	0,548	0,563	0,533	0,464	0,369	0,227	0,075	-0,088	-0,245					
5	11	-4,6	0,275	0,397	0,490	0,543	0,557	0,529	0,459	0,352	0,222	0,072	-0,091	-0,253					
6	12	-5,0	0,271	0,395	0,487	0,541	0,553	0,525	0,454	0,358	0,215	0,062	-0,100	-0,260					
7	12	-5,4	0,268	0,392	0,484	0,539	0,552	0,521	0,451	0,345	0,212	0,057	-0,104	-0,266					
8	12	-5,8	0,263	0,386	0,476	0,534	0,546	0,516	0,447	0,340	0,206	0,053	-0,111	-0,273					
9	12	-6,2	0,257	0,381	0,473	0,529	0,541	0,512	0,440	0,336	0,203	0,047	-0,116	-0,283					
10	13	-6,5	0,254	0,378	0,470	0,523	0,536	0,504	0,435	0,329	0,193	0,040	-0,120	-0,284					
11	13	-6,9	0,248	0,372	0,464	0,519	0,530	0,498	0,428	0,322	0,188	0,034	-0,126	-0,291					
12	13	-7,3	0,243	0,367	0,459	0,512	0,526	0,491	0,424	0,316	0,181	0,028	-0,133	-0,294					
13	14	-7,7	0,241	0,363	0,454	0,507	0,519	0,487	0,415	0,309	0,186	0,023	-0,142	-0,303					
14	14	-8,0	0,236	0,359	0,451	0,504	0,516	0,486	0,412	0,305	0,170	0,017	-0,146	-0,306					
15	14	-8,4	0,230	0,354	0,446	0,497	0,509	0,476	0,405	0,299	0,165	0,011	-0,150	-0,311					
16	14	-8,8	0,226	0,348	0,439	0,492	0,504	0,471	0,400	0,294	0,159	0,007	-0,154	-0,315					
17	14	-9,1	0,220	0,343	0,435	0,488	0,497	0,466	0,396	0,289	0,154	0,002	-0,159	-0,317					
18	15	-9,5	0,217	0,338	0,429	0,483	0,492	0,460	0,389	0,282	0,147	-0,007	-0,168	-0,327					
19	15	-9,9	0,213	0,333	0,421	0,475	0,484	0,453	0,382	0,274	0,139	-0,013	-0,174	-0,333					
20	15	-10,2	0,208	0,329	0,418	0,471	0,481	0,450	0,378	0,271	0,135	-0,017	-0,179	-0,337					
21	15	-10,6	0,201	0,322	0,412	0,465	0,477	0,441	0,373	0,264	0,130	-0,023	-0,184	-0,342					
22	15	-11,0	0,196	0,318	0,405	0,459	0,469	0,437	0,366	0,259	0,124	-0,028	-0,189	-0,346					
23	16	-11,7	0,192	0,313	0,402	0,455	0,462	0,432	0,358	0,254	0,118	-0,034	-0,195	-0,353					
24	16	-12,0	0,188	0,308	0,392	0,449	0,459	0,427	0,354	0,248	0,113	-0,033	-0,203	-0,358					
25	16	-12,3	0,183	0,304	0,393	0,455	0,454	0,422	0,349	0,244	0,109	-0,043	-0,204	-0,361					
26	16	-12,7	0,179	0,299	0,388	0,441	0,449	0,418	0,346	0,239	0,104	-0,048	-0,208	-0,366					
27	16	-13,0	0,172	0,293	0,382	0,432	0,441	0,411	0,338	0,233	0,098	-0,054	-0,214	-0,372					
28	16	-13,4	0,169	0,289	0,376	0,426	0,436	0,407	0,333	0,228	0,093	-0,058	-0,217	-0,375					
29	16	-13,7	0,163	0,283	0,370	0,421	0,431	0,399	0,327	0,222	0,088	-0,063	-0,227	-0,379					
30	16	-14,0	0,157	0,277	0,365	0,417	0,427	0,393	0,322	0,217	0,083	-0,067	-0,227	-0,383					
31	16	-14,3	0,154	0,273	0,361	0,410	0,422	0,389	0,315	0,212	0,099	-0,071	-0,230	-0,385					

Числа	Δτ	Δδ	Ноябрь $\sin h_0$															
			8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19				
1	16	-14,3	0,148	0,268	0,355	0,406	0,416	0,384	0,313	0,207	0,075	-0,076	-0,235	-0,390				
2	16	-14,7	0,148	0,263	0,350	0,401	0,411	0,379	0,308	0,202	0,07	-0,081	-0,240	-0,395				
3	16	-15,0	0,139	0,258	0,346	0,396	0,406	0,374	0,303	0,198	0,065	-0,085	-0,244	-0,399				
4	16	-15,3	0,134	0,253	0,341	0,391	0,401	0,369	0,298	0,193	0,061	-0,089	-0,247	-0,403				
5	16	-15,6	0,130	0,249	0,336	0,386	0,396	0,364	0,293	0,189	0,056	-0,092	-0,251	-0,407				
6	16	-15,9	0,125	0,243	0,330	0,380	0,390	0,358	0,288	0,183	0,052	-0,098	-0,255	-0,410				
7	16	-16,2	0,120	0,238	0,325	0,375	0,385	0,353	0,283	0,179	0,047	-0,102	-0,259	-0,414				
8	16	-16,8	0,117	0,236	0,322	0,372	0,382	0,350	0,280	0,176	0,045	-0,104	-0,261	-0,415				
9	16	-16,8	0,112	0,231	0,317	0,377	0,377	0,345	0,275	0,171	0,040	-0,109	-0,266	-0,420				
10	16	-17,1	0,108	0,226	0,312	0,362	0,372	0,340	0,270	0,166	0,035	-0,113	-0,270	-0,424				
11	16	-17,3	0,104	0,222	0,308	0,358	0,368	0,337	0,266	0,163	0,032	-0,116	-0,273	-0,427				
12	16	-17,6	0,100	0,217	0,303	0,353	0,363	0,332	0,268	0,157	0,027	-0,121	-0,277	-0,430				
13	16	-17,9	0,095	0,212	0,299	0,348	0,358	0,327	0,257	0,153	0,023	-0,125	-0,281	-0,434				
14	16	-18,2	0,091	0,208	0,294	0,343	0,353	0,322	0,252	0,149	0,017	-0,129	-0,285	-0,438				
15	16	-18,4	0,088	0,205	0,291	0,340	0,350	0,319	0,249	0,146	0,016	-0,131	-0,287	-0,439				
16	15	-18,7	0,082	0,198	0,285	0,335	0,345	0,314	0,246	0,143	0,014	-0,133	-0,288	-0,441				
17	15	-18,9	0,078	0,195	0,281	0,331	0,341	0,310	0,242	0,139	0,010	-0,136	-0,291	-0,443				
18	15	-19,2	0,074	0,190	0,276	0,326	0,336	0,306	0,237	0,135	0,006	-0,140	-0,294	-0,447				
19	15	-19,4	0,072	0,188	0,274	0,324	0,334	0,304	0,235	0,133	0,004	-0,142	-0,296	-0,449				
20	14	-19,6	0,066	0,182	0,269	0,319	0,330	0,300	0,232	0,131	0,003	-0,142	-0,297	-0,449				
21	14	-19,9	0,061	0,178	0,264	0,314	0,325	0,295	0,228	0,126	0,001	-0,147	-0,301	-0,453				
22	14	-20,1	0,059	0,178	0,262	0,312	0,323	0,293	0,226	0,124	0,003	-0,149	-0,303	-0,455				
23	14	-20,3	0,056	0,172	0,258	0,308	0,319	0,289	0,222	0,121	-0,007	-0,154	-0,306	-0,458				
24	14	-20,5	0,053	0,169	0,256	0,305	0,316	0,286	0,219	0,117	-0,009	-0,155	-0,308	-0,459				
25	13	-20,7	0,049	0,165	0,250	0,302	0,313	0,286	0,219	0,118	-0,009	-0,154	-0,307	-0,458				
26	13	-20,9	0,045	0,161	0,247	0,298	0,309	0,281	0,214	0,114	-0,013	-0,157	-0,310	-0,461				
27	13	-21,1	0,043	0,159	0,245	0,296	0,307	0,279	0,212	0,112	-0,015	-0,159	-0,312	-0,463				
28	12	-21,3	0,037	0,153	0,240	0,291	0,303	0,275	0,212	0,110	-0,016	-0,160	-0,312	-0,463				
29	12	-21,4	0,036	0,152	0,238	0,289	0,301	0,273	0,209	0,108	-0,017	-0,161	-0,313	-0,464				
30	12	-21,4	0,036	0,152	0,238	0,289	0,301	0,273	0,209	0,108	-0,017	-0,161	-0,313	-0,464				

Числа	Δт	Δδ	Декабрь sin h _☉																	
			8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18							
1	11	-21,8	0,027	0,144	0,231	0,282	0,295	0,267	0,203	0,104	-0,021	-0,165	-0,316							
2	11	-21,9	0,026	0,142	0,229	0,280	0,294	0,266	0,201	0,102	-0,022	-0,166	-0,318							
3	10	-22,1	0,021	0,137	0,224	0,276	0,290	0,264	0,199	0,102	-0,023	-0,168	-0,317							
4	10	-22,2	0,020	0,136	0,223	0,275	0,289	0,262	0,198	0,100	-0,023	-0,169	-0,319							
5	9	-22,3	0,018	0,134	0,221	0,273	0,287	0,260	0,196	0,098	-0,026	-0,169	-0,320							
6	9	-22,5	0,013	0,129	0,217	0,269	0,284	0,258	0,194	0,097	-0,027	-0,189	-0,320							
7	8	-22,6	0,011	0,127	0,215	0,267	0,282	0,257	0,192	0,095	-0,029	-0,170	-0,320							
8	8	-22,7	0,007	0,124	0,212	0,265	0,280	0,255	0,192	0,096	-0,028	-0,165	-0,321							
9	8	-22,8	0,006	0,122	0,210	0,263	0,278	0,253	0,190	0,094	-0,030	-0,171	-0,320							
10	8	-22,9	0,004	0,121	0,209	0,262	0,276	0,251	0,189	0,093	-0,031	-0,172	-0,322							
11	7	-23,0	0,000	0,118	0,207	0,260	0,274	0,250	0,188	0,093	-0,030	-0,171	-0,323							
12	7	-23,1	-0,001	0,116	0,206	0,258	0,273	0,249	0,187	0,091	-0,031	-0,173	-0,322							
13	6	-23,1	-0,003	0,115	0,204	0,258	0,273	0,250	0,188	0,093	-0,029	-0,169	-0,323							
14	6	-23,2	-0,005	0,113	0,202	0,255	0,271	0,247	0,186	0,091	-0,031	-0,172	-0,320							
15	5	-23,3	-0,008	0,109	0,199	0,242	0,270	0,247	0,186	0,091	-0,029	-0,169	-0,321							
16	5	-23,3	-0,008	0,109	0,199	0,242	0,270	0,247	0,186	0,091	-0,029	-0,169	-0,321							
17	4	-23,4	-0,012	0,108	0,198	0,251	0,268	0,244	0,186	0,091	-0,031	-0,169	-0,321							
18	4	-23,4	-0,012	0,108	0,196	0,251	0,268	0,244	0,187	0,091	-0,031	-0,169	-0,321							
19	4	-23,4	-0,014	0,104	0,196	0,250	0,268	0,246	0,187	0,093	-0,027	-0,166	-0,319							
20	3	-23,4	-0,014	0,104	0,196	0,250	0,268	0,246	0,187	0,093	-0,027	-0,166	-0,319							
21	2	-23,4	-0,016	0,103	0,195	0,250	0,268	0,247	0,188	0,078	-0,025	-0,165	-0,317							
22	2	-23,4	-0,016	0,103	0,195	0,250	0,268	0,247	0,188	0,078	-0,025	-0,162	-0,317							
23	1	-23,4	-0,019	0,101	0,193	0,249	0,268	0,248	0,190	0,097	-0,018	-0,162	-0,312							
24	1	-23,4	-0,018	0,101	0,193	0,249	0,268	0,248	0,189	0,097	-0,018	-0,158	-0,312							
25	0	-23,3	-0,020	0,099	0,191	0,247	0,268	0,248	0,191	0,099	-0,020	-0,158	-0,308							
26	0	-23,3	-0,019	0,101	0,193	0,250	0,270	0,250	0,193	0,101	-0,019	-0,156	-0,308							
27	0	-23,3	-0,021	0,099	0,191	0,250	0,270	0,251	0,194	0,102	-0,016	-0,154	-0,306							
28	-1	-23,3	-0,020	0,101	0,193	0,251	0,272	0,253	0,195	0,104	-0,015	-0,152	-0,304							
29	-2	-23,2	-0,021	0,099	0,191	0,250	0,272	0,253	0,197	0,106	-0,013	-0,150	-0,301							
30	-2	-23,1	-0,020	0,100	0,193	0,252	0,273	0,255	0,199	0,107	-0,012	-0,145	-0,300							
31	-3	-23,0	-0,021	0,099	0,193	0,246	0,275	0,257	0,201	0,110	-0,008	-0,1	-0,296							

Список литературы

Основная литература

1. Актинометрия. Термины, буквенные обозначения и определения основных величин. Л.: Гидрометеиздат, 1984. 22 с.
2. Волков С. А., Иванова Г. Ф. Актинометрические приборы и методы измерения: Учеб.-метод. Пособие для студентов географического факультета по курсу «Метеорология и климатология». Саратов: Изд-во Саратов. ун-та, 2000. 24 с.
3. Кедров В.Н., Стернзат М.С. Метеорологические приборы. Л.: Гидрометеиздат, 1953. 544 с.
4. Кмито А.А., Скляр Ю.А. Пиргелиометрия. Л. Гидрометеиздат, 1981. 144 с.
5. Макарова Е.А., Харитонова А.В., Казачевская Т.В. Поток солнечного излучения. М.: Наука, 1991. 397 с.
6. Руководство гидрометеорологическим станциям по актинометрическим наблюдениям. Л.: Гидрометеиздат, 1973. 220 с.
7. Руководство по метеорологическим приборам и методам наблюдений (ВМО-№ 8). Chairperson, Publications Board World Meteorological Organization (WMO). CH-1211 Geneva 2, Switzerland, 2010. 782 p.
8. Русин Н.П. Прикладная актинометрия. Л.: Гидрометеиздат, 1979. 232 с.
9. Скляр Ю.А., Бричков Ю.И., Семёнова Н.В. Радиационный баланс Земли. Введение в проблему. - Саратов: Изд-во Саратов. ун-та, 2009. - 188 с.: ил.
10. Стернзат М.С. Метеорологические приборы и измерения. Л.: Гидрометеиздат, 1978. 392 с.
11. Хромов С.П., Мамонтова Л.И. Метеорологический словарь. Л.: Гидрометеиздат, 1978. 568 с.

Дополнительная литература

12. Богданов М.Б., Воробьев В.А., Котума А.И., Червяков М.Ю. Связь шкал измерителей коротковолновой отраженной радиации ИКОР-М ИСЗ "Метеор-М" № 1 и № 2 // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2016. Т 13. № 4. С. 252-260.
13. Скляр Ю.А., Воробьев В.А., Котума А.И., Червяков М.Ю., Фейгин В.М. Алгоритм обработки данных наблюдений уходящей коротковолновой радиации с ИСЗ "Метеор-М" № 1 // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2012. Т.9. №3. С. 83-90.
14. Скляр Ю.А., Воробьев В.А., Котума А.И., Червяков М.Ю., Фейгин В.М. Измерения компонентов радиационного баланса Земли с ИСЗ "Метеор-М" №1. Аппаратура ИКОР-М // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2012. Т.9. №2. С. 173-180.
15. Скляр Ю.А., Червяков М.Ю., Воробьев В.А., Котума А.И., Фейгин В.М. Некоторые результаты обработки данных поглощенной солнечной радиации и альbedo, полученных с помощью аппаратуры ИКОР-М // Известия Саратовского университета. Новая серия. Серия Науки о Земле. 2013. Вып. 2. Т. 13. С. 30-33.
16. Скляр Ю.А., Червяков М.Ю., Воробьев В.А., Котума А.И., Фейгин В.М. Особенности распределения альbedo в 2010 – 2012 годах по данным с ИСЗ «Метеор – М» № 1 // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2013. Т. 10. № 4. С. 107-117.
17. Скляр Ю.А., Червяков М.Ю., Воробьев В.А., Котума А.И., Фейгин В.М. Особенности распределения поглощенной солнечной радиации в 2010 – 2012 годах по данным с ИСЗ «Метеор – М» № 1 // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2013. Т. 10. № 2. С. 272-283.

18. Червяков М.Ю., Котума А.И., Богданов М.Б., Суркова Я.В., Спирихина А.А., Кулькова Е.В., Шишкина Е.В., Шаркова С.А., Нейштадт Я.А. Спутниковый мониторинг альbedo и поглощенной солнечной радиации на верхней границе атмосферы с помощью российских радиометров ИКОР-М // Сборник тезисов докладов Пятнадцатой Всероссийской открытой конференции "Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса". Москва, ИКИ РАН, 13-17 ноября 2017 г. М.: ИКИ РАН, 2017. С. 225.

Учебное издание

**Червяков Максим Юрьевич,
Нейштадт Яков Андреевич**

Актинометрические методы измерений

Учебно-методическое пособие для студентов географического факультета

Формат 60x84 1/16. Бумага офсетная. Подписано в печать 16.05.2019.
Гарнитура Times. Печать Riso.
Усл. печ. л. 3,25. Тираж 300 экз. Заказ 0115.

Издательский центр «Наука»
410600, Саратов; Пугачёвская, 117, к.50

Отпечатано с готового оригинал-макета
в типографии ИП «Экспресс тиражирование»
410005, Саратов; Рахова 187/213, офис 220 ☎ 27-26-93



Доцент кафедры метеорологии и климатологии географического факультета Саратовского национального исследовательского государственного университета имени Н.Г. Чернышевского.

Кандидат географических наук.
Руководитель Научного студенческого общества при кафедре метеорологии и климатологии, член Русского географического общества.

Руководитель и исполнитель ряда научных грантов РГО, РФФИ и др.

Лаборант Учебной лаборатории метеорологии географического факультета Саратовского национального исследовательского государственного университета имени Н.Г. Чернышевского.

Участник научных студенческих гидрометеорологических экспедиций в Богдинско-Баскунчакский заповедник (Астраханская область, 2018) и Безенгийское ущелье Кавказа (Кабардино-Балкария, 2018).

Победитель Всероссийского конкурса с международным участием "Будущее в наших руках" за работу "Климатический потенциал для развития гелиознергетики в Нижнем Поволжье" (г. Нижний Новгород, 2019 г.).



kafmeteo

Кафедра метеорологии и климатологии
Адрес: г. Саратов, ул. Университетская, 59, кор. 4, ауд. 35
Телефон: +7 (8452) 51 - 54 - 28 Email: kafmeteo@mail.ru