

М.Ю. Червяков, Я.А. Нейштадт

# **Актинометрические методы измерений**

Учебно-методическое пособие для студентов географического  
факультета

САРАТОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ 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

Издательство Саратовского университета

2018

**УДК 551.521.12**

**Червяков М.Ю., Нейштадт Я.А.** Актинометрические методы измерений. Учебно-методическое пособие для студентов географического факультета. – Саратов: Изд-во Сарат. ун-та, 2018. – 42 с.: ил.

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.

Рекомендуют к печати:

кафедра метеорологии и климатологии

Саратовского национального исследовательского государственного университета имени Н.Г. Чернышевского

**Издается в электронном виде в авторской редакции**

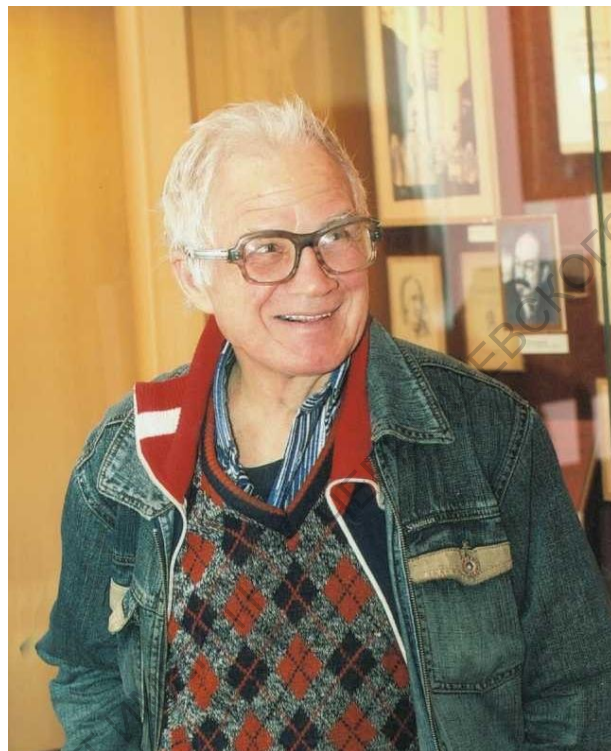
© Червяков М.Ю., Нейштадт Я.А., 2018

© Саратовский государственный университет, 2018

## Содержание

	Стр.
Введение	5
1. Основные понятия	6
1.1. Солнечная радиация	6
1.2. Виды радиации и приборы для ее измерения	8
2. Актинометрические приборы, методы измерения и обработки результатов	10
2.1. Актинометр Савинова-Янишевского АТ-50	10
2.2. Термоэлектрический пиранометр Янишевского	12
2.3. Походный альбедометр	14
2.4. Термоэлектрический балансомер Янишевского	15
2.5. Стрелочный гальванометр ГСА – 1	16
2.6. Гелиограф универсальный	17
2.7. Порядок производства актинометрических наблюдений	19
2.8. Обработка актинометрических наблюдений	21
Формулы и обозначения	23
Задание к отчету по актинометрическим наблюдениям	23
Приложение	24
Список литературы	39

САРАТОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ Н. Г. ЧЕРНЫШЕВСКОГО



(1940-2018 гг)

Ходаков Геннадий Сергеевич, 1940 года рождения, в 1957 году поступил на 1 курс географического факультета СГУ, который закончил в 1963 году.

С 1963 по 1968 г. работал в Дальневосточном управлении гидрометеослужбы: 1963-1966 г. – инженером-аэрологом АЭС ЭОИМЧАН, 1966-1968 г. – начальником гидрометеорологической станции Совгавань.

С октября 1968 г. до последних дней трудился на кафедре метеорологии и климатологии СГУ, заведовал учебной лабораторией метеорологии. Геннадий Сергеевич более 20 лет проводил актинометрические измерения со студентами во время летних учебных практик, организовывал все виды работ учебной лаборатории метеорологии.

Геннадий Сергеевич постоянно участвовал в проведении лабораторных занятий по дисциплинам «Методы и средства гидрометеорологических измерений», «Метеорология и климатология».

С 1969 г. был участником Комплексной экспедиции по изучению Волгоградского и Саратовского водохранилищ.

Многие годы был руководителем секции альпинизма при областном совете СДСО «Буревестник».

Г.С. Ходаков был активным членом лектория «Метеорологика», проводил экскурсии для школьников и учителей на метеорологической площадке СГУ.

## 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 и промышленности 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*  $\Phi_3$ , который определяется формулой

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

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

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

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

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

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

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

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<sup>2</sup> перпендикулярно расположенной поверхности (кал/см<sup>2</sup>мин) [4]. Наиболее вероятной считалась величина солнечной постоянной 1,95+0,0 кал/см<sup>2</sup>мин. В соответствии с последними научными измерениями, произведёнными в лаборатории астрономических и геофизических исследований (ЛАГИ) кафедры метеорологии и климатологии географического факультета Саратовского государственного университета под руководством профессора Ю.А. Складорова, величина солнечной постоянной составляет S<sub>0</sub>=1367 Вт/м<sup>2</sup> [4].

Переход от внесистемных единиц измерений энергетической освещенности к системе СИ производится следующим образом:

$$1 \text{ кал/см}^2 \text{ мин} = 4,185 \text{ Дж (0,01)}^{-2} \text{ м}^{-2} \text{ 60}^{-1} = \\ = 4,185 \cdot 10000/60 \text{ Дж}\cdot\text{м}^{-2} \cdot \text{с}^{-1} = 697,5 \text{ Вт/м}^2.$$

## 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 результатов необходимо, чтобы электрический сигнал с любого из актинометрических приборов. Возникающий в результате преобразования

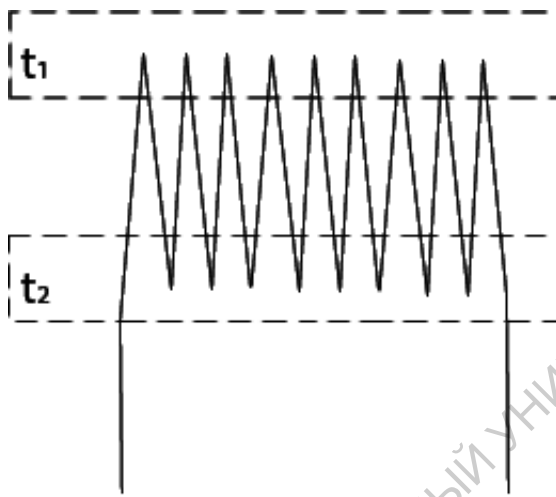


Рис. 2.1. Термоэлектрическая батарея

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 термобатарей (рис 2.1). Тогда ЭДС в приемнике лучистой энергии возрастает в  $n$  раз, где  $n$  - число термопар в батарее. При изготовлении термобатарей

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 термобатарей, 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 1 из серебряной фольги толщиной 20 мкм и диаметром 11 мм (рис. 2.2). 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  $\pm 5^\circ$  околосолнечного пространства. Показания гальванометра пропорциональны силе термотока, а, следовательно, и энергетической освещенности прямой солнечной радиации.

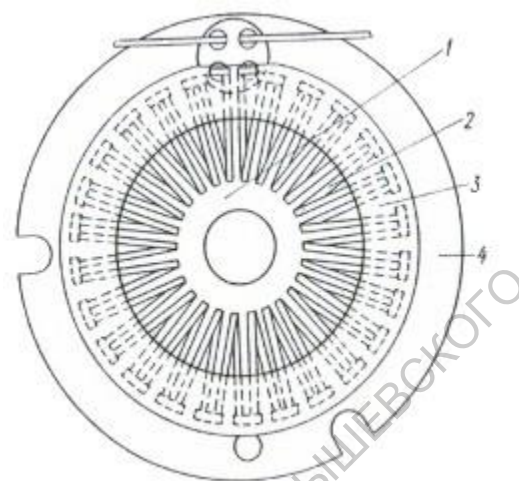


Рис. 2.2. Термобатарея актинометра: 1-приемная пластина; 2-термобатареи; 3-папиросная бумага; 4-медное кольцо.

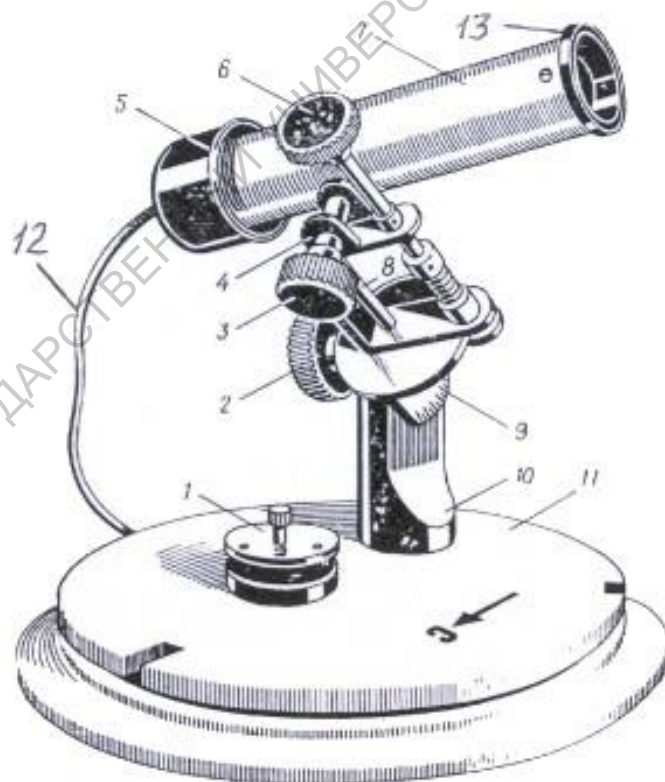


Рис.2.3. Актинометр Савинова-Янишевского: 1-крышка; 2, 3-винты; 4-ось склонений; 5-экран; 6-рукоятка; 7-трубка; 8-ось; 9-сектор широт; 10-стойка; 11-основание; 12-провода; 13-отверстие.

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, нанесенную 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 отраженную 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.

В пиранометрах применяется батарейка последовательно соединенных термоэлементов, составленных из манганина и константана. Поверхность термобатарейки 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.

Термобатарейка пиранометра 1 прикреплена через изолирующий слой к корпусу прибора.

От крайних термоэлементов термобатарейки отходят выводы к клеммам на нижней стороне корпуса (на рисунке они не видны). Вся термобатарейка, 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 термобатарейки от механических повреждений, но прежде всего для того, чтобы избежать влияния ветра.

Вся термобатарейка с диском и стеклянной полусферой навинчивается на стойку 4 с треногой 3, 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).

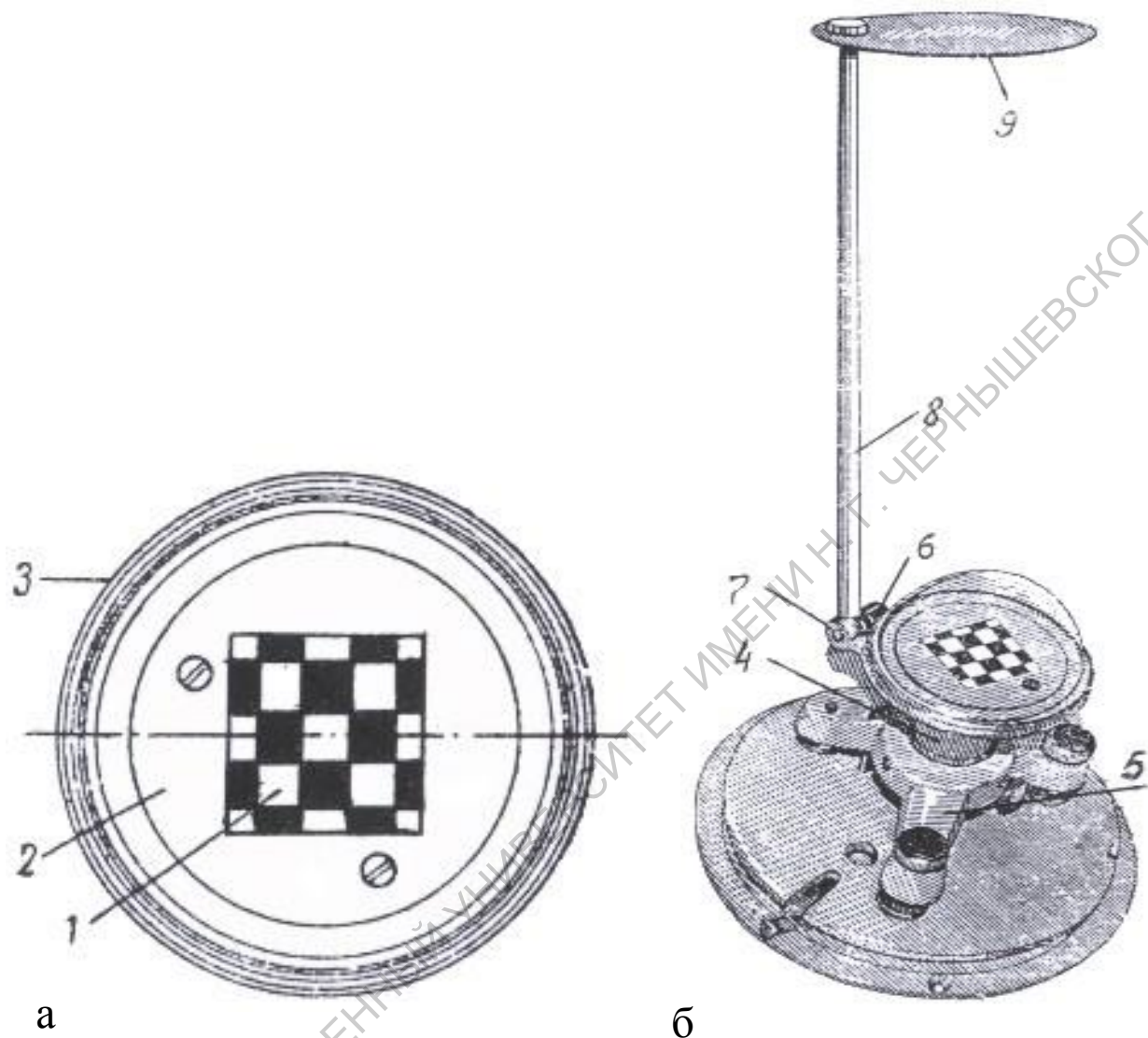


Рис. 2.4. Пиранометр Янишевского: а- головка: 1 - термобатарея, 2 - диск, 3 – винтовая нарезка; б - внешний вид

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  $10^\circ$ . При открытом приемнике измеряется суммарная радиация.

Тренога 5 вместе с приемником и стеклянной полусферой может опрокидываться на  $180^\circ$ , 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.

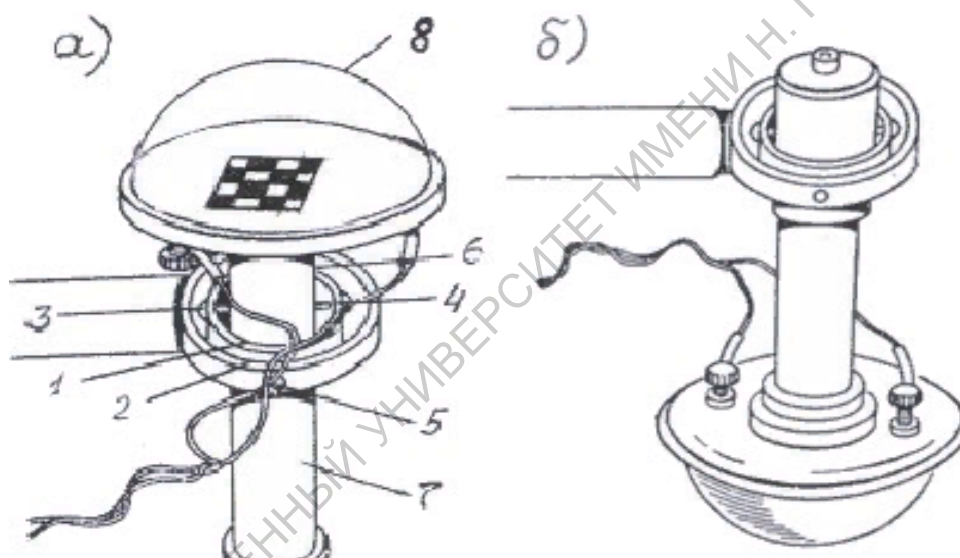


Рис.2.5. Альбедометр походный: а - положение вверх; б - положение вниз

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 служит для определения разности излучения, приходящего на деятельную поверхность в виде суммарной радиации, и собственного излучения этой поверхности [3,4,6]. 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  $R_d$ , пришедшей от атмосферы и окружающих предметов. Таким образом, радиационный баланс  $V$  вычисляют по формуле:

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

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).

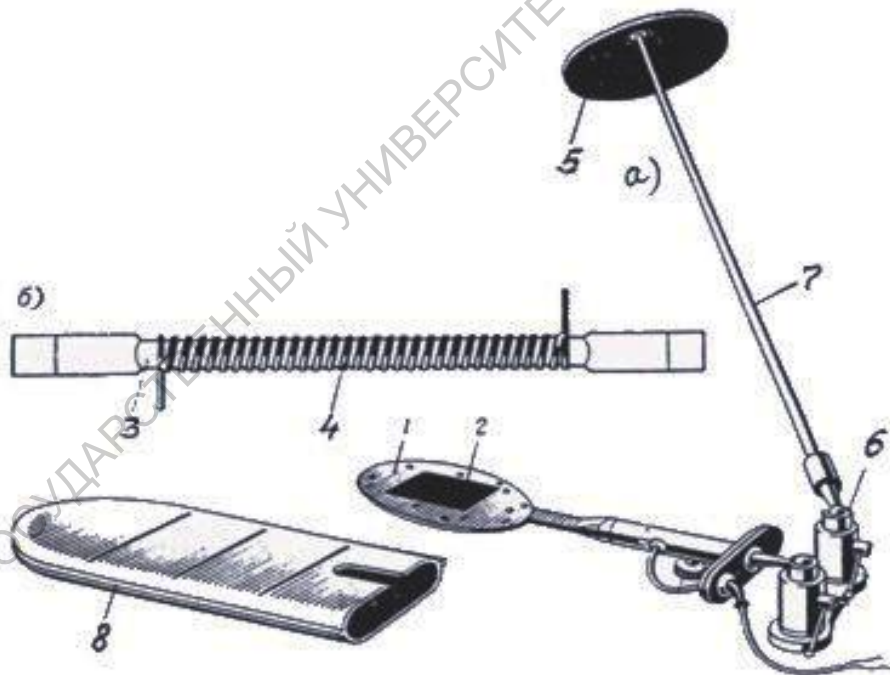


Рис.2.6. Балансомер термоэлектрический: а-внешний вид; б-отдельная термобатарея

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 термобатареей, 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.

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.

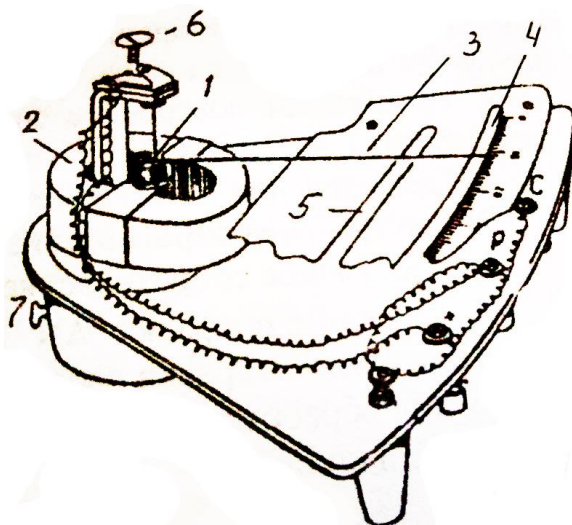


Рис. 2.7. Схема стрелочного гальванометра ГСА-1

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 избежания 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<sub>д</sub>" в омах;
- 4) шкаловые поправки " $\Delta N$ " 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  $0,1 \text{ кВт/м}^2$  ( $0,2 \text{ кал/см}^2 \cdot \text{мин}$ ).

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.

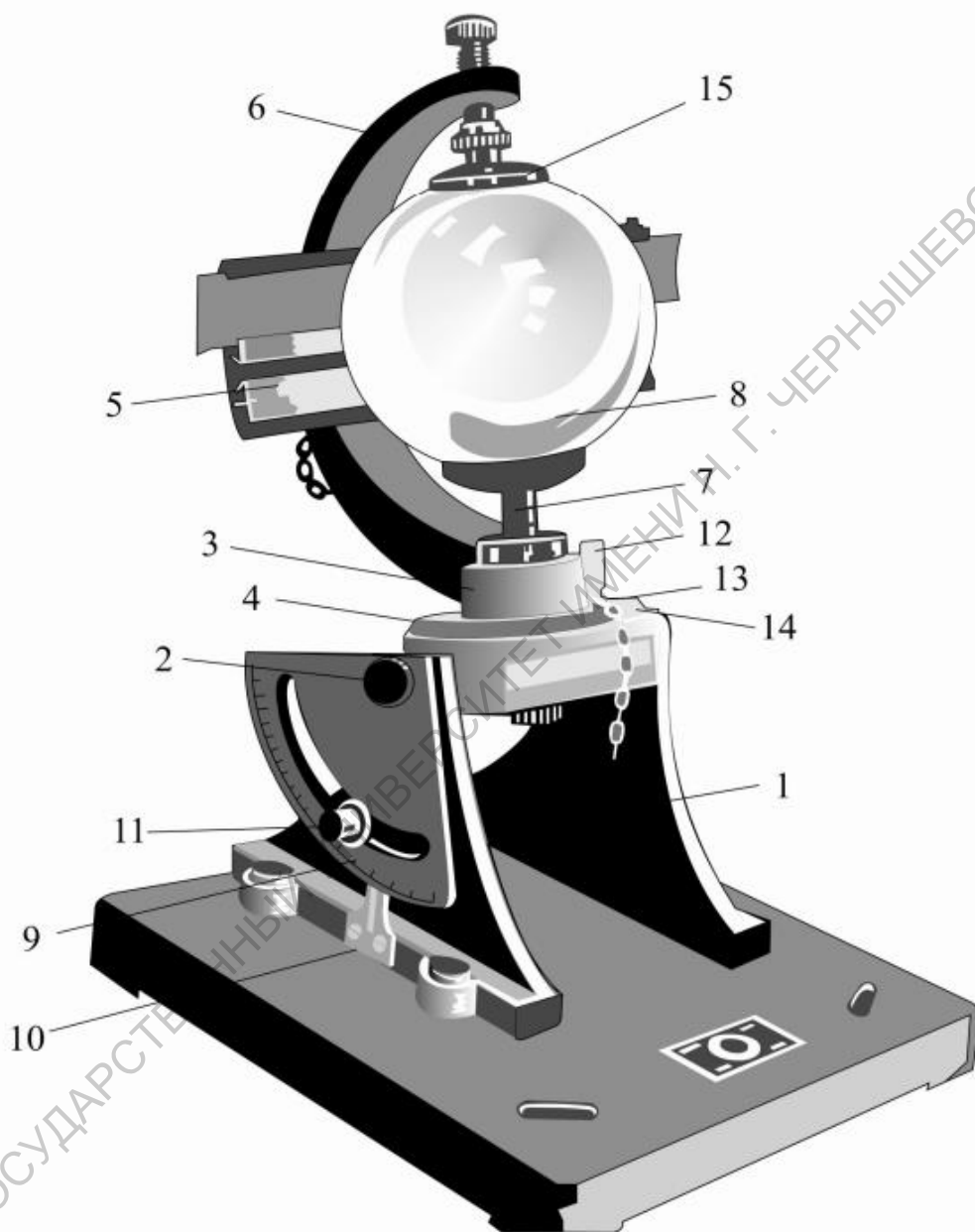


Рис. 2.7.а. 1 - стойка, 2 - горизонтальная ось, 3 - колонка, 4 - лимб, 5 - чашка, 6 - скоба, 7 - упор, 8 - стеклянный шар, 9 - вектор, 10 -указатель широты, 11 - винт для закрепления угла наклона оси, 12 - штифт, 13 - диск, 14 - индекс на диске, 15 - верхний упор.

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).

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

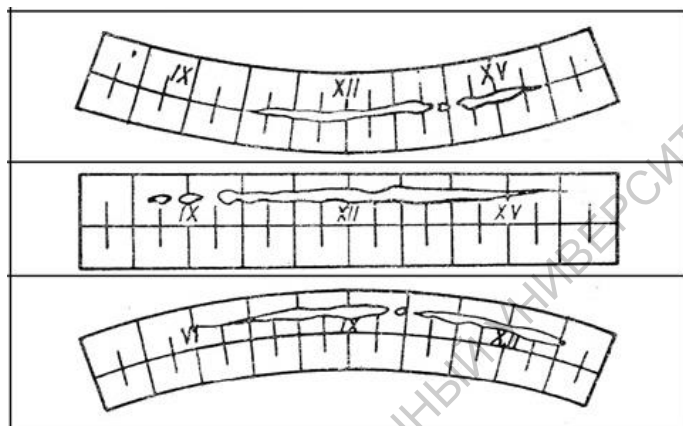


Рис. 2.8. Пример ленты гелиографа

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/см<sup>2</sup>·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.

## 2.7. 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:

☉<sup>2</sup> - 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.

☉<sup>0</sup> - 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, затемняют 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  $5^\circ$  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 ( $\odot, \odot^0, \Pi$ ):  $D_1, B-S', R_k, D_2$ .

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.

## 2.8. 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  $\tau_m$ . Среднее солнечное время  $\tau_m$  переводится в истинное время  $\tau_0$  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  $N_{\text{ср}}$  с точностью до одного деления шкалы и записывают их в графу 6 против соответствующих потоков радиации.

Под средними значениями записывается шкаловая поправка гальванометра  $\Delta N$  с соответствующим знаком, которая вводится только в случае, когда она равна 0,5 деления или больше. Поправка  $\Delta N$  определяется путем интерполяции. Например,  $N_{\text{ср}}$  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  $N_{\text{ср}}$  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  $N_{\text{испр}}$  (путем введения в  $N_{\text{ср}}$  поправки  $\Delta N$  и  $N_0$  с соответствующими знаками). В этой же графе ниже исправленных отсчетов В и В-S' в трех строках выписываются:

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

В графе 8 под двумя отсчетами по актинометру выписывается шкаловая поправка  $\Delta N$  и место нуля  $N_0$  гальванометра при актинометре.

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

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

Величина рассеянной радиации  $D_1$ ,  $D_2$ , и  $R_k$  при всех отметка состояния солнечного диска ( $\odot^2$ ,  $\odot$ ,  $\odot^0$ , П) получается путем умножения  $N_{\text{испр}}$  на переводной множитель пиранометра "а<sub>п</sub>".

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

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

Значение прямой радиации на перпендикулярной поверхности S получается умножением  $N_{\text{испр}}$  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 П 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  $\Pi$  альбедо  $A_k$  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  $B_d$ .

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  $Q_{\text{п}} = Q - R_k$

3)  $B_d$ ,  $B$

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  $Q_{\text{п}}$ . Написать анализ дневного хода рассматриваемых величин.



## ПРИЛОЖЕНИЕ

### Поправки к альбедометру 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/м<sup>2</sup>

Альбедометр 17,65 Вт/м<sup>2</sup>

Балансомер 18,03 Вт/м<sup>2</sup>

## Бланк для актинометрических измерений

Число				Температура поверхности почвы	Темпе- ратура воздуха	Время, склонение, высота солнца				
Облачность						$\tau_m$		$h_\odot$		
Цвет неба и видимость				Влажность воздуха		$\tau_\odot$		Sin $h_\odot$		
						$\delta_\odot$				
Состояние деятельной поверхности				Место для приборов						
				Актинометра			Балансометра		Альбедометра	
Время	Вид радиа- ции клеммы	Состо- яние диска солнца	Альбедометр и балансомер		N <sub>ср.</sub> $\Delta N$ N <sub>0</sub>	N испр. U ср. $\Phi_u$ N <sub>и</sub>	Актинометр		Радиация в кал/см <sup>2</sup> мин	
			Скорость ветра	Отсчет гальвано- метра			Отсчет гальванометра $\Delta NN_0$	N испр.		
	<i>D<sub>1</sub></i>		X						<i>D<sub>1</sub></i>	
			X							
	<i>B</i>									
	<i>B-S''</i>								<i>B-S</i>	
									<i>S</i>	
									<i>S'</i>	
									<i>B</i>	
	<i>Q</i>		X						<i>B<sub>д</sub></i>	
			X							
	<i>R<sub>k</sub></i>		X						<i>R<sub>k</sub></i>	
			X						<i>S</i>	
			X						<i>S'</i>	
	<i>D</i>		X						<i>D<sub>2</sub></i>	
			X						<i>Q</i>	
			X						<i>A<sub>k</sub></i>	
Атмосферные явления										
Примечания										

Подпись наблюдателя

Проверил

### Пример заполнения бланка

Число <b>02.07.18</b>				Температура поверхности почвы	Температура воздуха	Время, склонение, высота солнца				
Облачность <b>8/0</b>				<b>45 °C</b>	<b>30 °C</b>	$\tau_m$	<b>10:15</b>	$h_\odot$	<b>10:17</b>	
Цвет неба и видимость <b>голубой хорошая</b>				Влажность воздуха		$\tau_\odot$	<b>10:19</b>	$\sin h_\odot$	<b>0,801</b>	
				<b>30%</b>		$\delta_\odot$				
Состояние деятельной поверхности <b>сухая</b>				Место для приборов						
				Актинометра <b>5,0</b>		Балансометра <b>5,0</b>		Альбедометра <b>5,0</b>		
Время	Вид радиации клеммы	Состояние диска солнца	Альбедометр и балансометр		N ср. $\Delta N$ N <sub>0</sub>	N испр. $\Phi_u$ N <sub>исп</sub>	Актинометр		Радиация в кал/см <sup>2</sup> мин	
			Скорость ветра	Отсчет гальванометра			Отсчет гальванометра $\Delta NN_0$	N испр.		
<b>10:15</b>	<i>D<sub>1</sub></i>	⊗	X	<b>23,5</b>	<b>22,0</b>	<b>17,0</b>	<b>6,0</b>	/	<i>D<sub>1</sub></i>	<b>300,05</b>
				<b>21,5</b>			<b>6,0</b>			
				<b>21,0</b>	<b>-5,0</b>		<b>-5,0</b>			
	<i>B</i>									
<b>10:16</b>	<i>B-S''</i>	⊗	X	<b>8,0</b>	<b>8,0</b>	<b>3,0</b>			<i>B-S</i>	<b>54,09</b>
				<b>8,0</b>					<i>S</i>	
				<b>8,0</b>	<b>-5,0</b>				<i>S'</i>	
									<i>B</i>	
	<i>Q</i>								<i>B<sub>д</sub></i>	
<b>10:18</b>	<i>R<sub>k</sub></i>	⊗	X	<b>8,5</b>	<b>8,5</b>	<b>3,5</b>			<i>R<sub>k</sub></i>	<b>63,105</b>
				<b>8,5</b>					<i>S</i>	<b>18,05</b>
				<b>8,5</b>	<b>-5,0</b>				<i>S'</i>	
<b>10:19</b>	<i>D</i>	⊗	X	<b>19,0</b>	<b>19,0</b>	<b>14,0</b>			<i>D<sub>2</sub></i>	<b>252,42</b>
				<b>19,1</b>					<i>Q</i>	
				<b>19,0</b>	<b>-5,0</b>				<i>A<sub>k</sub></i>	<b>0,25</b>
Атмосферные явления										
Примечания										

Числа	Δτ	Δδ	Январь sin h <sub>⊙</sub>											
			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	$\Delta\tau$	$\Delta\delta$	Февраль											
			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	$\Delta\tau$	$\Delta\delta$	Март $\sin h_{\odot}$											
			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	0,122	-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	0,699	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	$\Delta\tau$	$\Delta\delta$	Апрель $\sin h_{\odot}$											
			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	0,716	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	0,777	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	0,781	0,719	0,622	0,493	0,345	0,188	0,031
30	3	14,7	0,505	0,633	0,729	0,787	0,807	0,785	0,723	0,626	0,495	0,347	0,189	0,031

Числа	Δτ	Δδ	Май sin h <sub>☉</sub>											
			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	00,243	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	$\Delta t$	$\Delta \delta$	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	$\Delta\tau$	$\Delta\delta$	Август $\sin h_{\odot}$										
			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	0,717	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	Δτ	Δδ	Сентябрь sin h <sub>☉</sub>										
			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	0,694	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	0,149	-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	Δτ	Δδ	Октябрь $\sin h_{\odot}$											
			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 <sub>☉</sub>											
			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	Δτ	Δδ	Декабрь sin h <sub>⊙</sub>										
			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 Сарат. ун-та, 2000. 24 с.
3. Кедроливанский 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 Сарат. 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 поглощённой 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 поглощённой 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., Спиряхина 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.

САРАТОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИКИ РАН

**Червяков Максим Юрьевич**

**Нейштадт Яков Андреевич**

**Актинометрические методы измерений.**

Учебно-методическое пособие для студентов географического факультета

**Издается в электронном виде в авторской редакции**

© Червяков М.Ю., Нейштадт Я.А., 2018

© Саратовский государственный университет, 2018