



## **Solar radiation: Actinometric observations in Bulgaria**

**Dimiter Atanssov\*, Vanya Maneva**

*National Institute of Meteorology and Hydrology – BAS  
66, Tsarigradsko shose, 1784 Sofia, Bulgaria*

**Abstract:** An overview of the main processes and concepts related to the transfer of solar radiation through the Earth's atmosphere and its interaction with the Earth-Atmosphere system is presented. The components of short- and long-wave radiation, the general principles and the equipment for their measurement are outlined. The history of the actinometric observations in Bulgaria is briefly presented; the latest changes in the equipment and organization of the observations are described. Other approaches developed in NIMH for determining the components of solar radiation, besides the direct actinometric measurements are outlined. The paper is addressed to the users of solar radiation information and to everyone interested in this subject-matter.

**Keywords:** solar radiation, infrared radiation, actinometry

---

## **Слънчева радиация: Актинометричните наблюдения в България**

**Димитър Атанасов\*, Ваня Манева**

*Национален институт по метеорология и хидрология - БАН  
бул. „Цариградско шосе” 66, 1784 София, България*

**Резюме:** Направен е преглед на основните процеси и понятия свързани с преноса на слънчева радиация през земната атмосфера и взаимодействието ѝ със системата земя-атмосфера. Разгледани са компонентите на късо- и дълговълновата радиация, общите принципи и конкретните прибори за тяхното измерване. Кратко е представена

---

\* [dimiter.atanassov@meteo.bg](mailto:dimiter.atanassov@meteo.bg)

историята на актинометричните наблюдения в България; описани са последните нововъведения в инструменталния парк и съответните промени в организацията на наблюденията. Посочени са и други методи за определяне компонентите на слънчевата радиация, разработени в НИМХ, освен преките актинометрични наблюдения. Статията е адресирана към ползвателите на информация за слънчевата радиация и към всеки интересуващ се от тази проблематика.

**Ключови думи:** слънчева радиация, инфрачервена радиация, актинометрия

---

## 1. ВЪВЕДЕНИЕ

Слънчевата енергия, като двигател на процесите в земната атмосфера винаги е била обект на особено внимание на науките за земята. Въведен е и специален термин за науката занимаваща се с измерване на слънчевата радиация – актинометрия. Търсенето на информация за слънчевата радиация\*, както от научни организации, така и от бизнеса, осезаемо нараства, поради повишения интерес към възобновяемите енергийни източници. Въпреки някои низходящи тенденции в създаването на нови фотоволтаични паркове, интересът към данни за слънчева радиация не отслабва и това се констатира в НИМХ.

Измерването на компонентите на слънчевата радиация е по-сложно отколкото измерването на повечето други метеорологични елементи – приборите са по-скъпи, поддържането и калибрирането им е по-сложно. В резултат на това, докато повечето метеорологични елементи се измерват в десетки точки на територията на България, слънчевата радиация се измерва в няколко, понастоящем 4 станции. От друга страна, необходимостта от информация се отнася за цялата страна. Това налага да се разработват методи за теоретично определяне на слънчевата радиация в райони, разположени по цялата територия на страната, в които не се провеждат актинометрични наблюдения.

Настоящата работа е адресирана към ползвателите на информация за слънчевата радиация и към всеки интересуващ се от тази проблематика. Направен е преглед на основните понятия и прибори, използвани в актинометрията, кратко се представя историята и се описва съвременното състояние на националната актинометрична мрежа. Дава се информация за провежданите в НИМХ изследвания, свързани със слънчева радиация, в допълнение към актинометричните наблюдения и за възможностите, които те предоставят.

---

\* терминът „слънчева радиация“ е използван тук за означаване на съвкупността от компоненти: пряка, сумарна, разсеяна, отразена, късовълнова, дълговълнова, UV

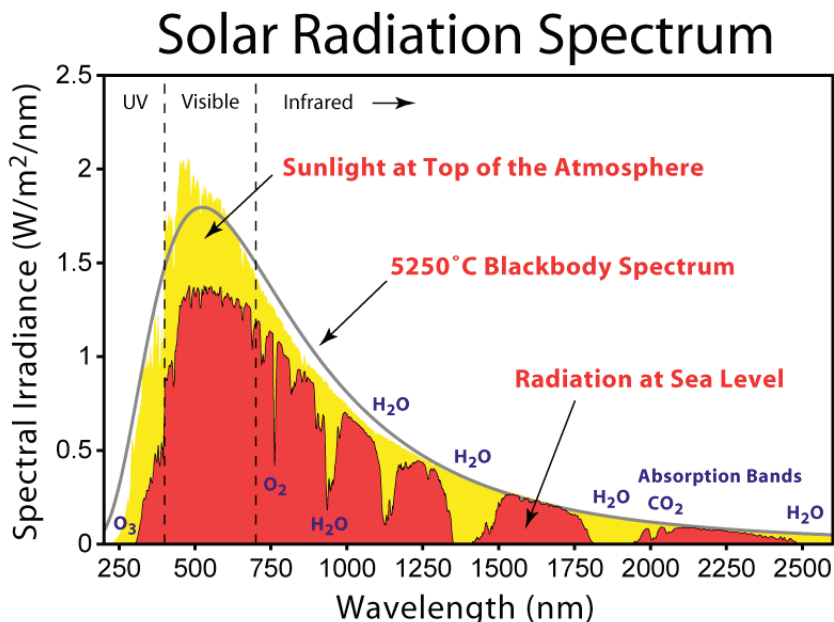
## 2. ОСНОВНИ ПОНЯТИЯ

### 2.1. Слънчева енергия – произход и характеристики

Слънчевата енергия, постъпваща в момента или акумулирана от милиони години в различни форми е практически единствения източник на енергия за всички процеси на повърхността и в атмосферата на нашата планета. Над 99.9 % от енергията на земната повърхност произхожда от Слънцето, като останалата част е геотермална енергия от вътрешността на Земята. Слънчевата енергия се генерира в ядрото на Слънцето, където под действие на гравитацията се осъществява термоядрен синтез, при който водородът се превръща в хелий. При този процес се отделят фотони, които след многократна абсорбция и вторично излъчване достигат външната обвивка на Слънцето и се отделят в космическото пространство. Потокът фотони, излъчени от Слънцето и достигащи Земята е това, което в науките за Земята се нарича слънчево лъчение, или слънчева радиация.

Горният слой на Слънцето, който определя характеристиките на лъчението е фотосферата. Последната е с дебелина около 400 km, с температура около 5800°K и характеристики близки до абсолютно черно тяло. В съответствие с това, спектърът на слънчевото лъчение е близък до спектъра на абсолютно черно тяло с температура 5800°K – черната линия на Фиг. 1. Основната част от слънчевата радиация е в интервала от 100 nm до 3000 nm, с максимум при 500 nm, като в този интервал се разграничават ултравиолетов, видим и инфрачервен диапазон – Таблица 1. Видимият диапазон е тази част от спектъра, която се възприема от човешкото око – от 400 nm (виолетов цвят) до 700 nm (червен цвят). Ултравиолетова (UV) е радиацията с дължина на вълната по-къса от тази, съответстваща на виолетовия цвят. Инфрачервена (IR) е радиацията с дължина на вълната по-дълга от тази, съответстваща на червения цвят. В ултравиолетовия (UV) диапазон се разграничават три, а в инфрачервения - два поддиапазона с граници дадени в Таблица 1. Извън интервала 100 nm – 3000 nm, Слънцето излъчва незначително количество енергия в радиочестотния диапазон, както и рентгенови лъчи. Гама лъчението от слънчевото ядро се поглъща от по-външните слоеве на Слънцето и се преобразува в радиация с по-голяма дължина на вълната.

Излъчената от Слънцето радиация преминава около  $150 \times 10^6$  km, преди да достигне Земята, като взаимодейства с космическия газ и прах, без това да променя съществено нейните характеристики. На горната граница на земната атмосфера, за 1s достига слънчева енергия на стойност 1366 J на площ от 1 m<sup>2</sup>, ориентирана перпендикулярно на слънчевите лъчи. Тази величина с размерност [J s<sup>-1</sup>m<sup>-2</sup> = W m<sup>-2</sup>] е интензивност, а посочената стойност е известна като слънчева константа. Разстоянието от Земята до Слънцето се променя от  $147 \times 10^6$  km в началото на януари, до  $152 \times 10^6$  km в началото на юли. Поради това енергията, достигаща горната граница на атмосферата, се променя с около 7%.



**Фиг. 1.** Спектрална интензивност [ $\text{W m}^{-2}\text{nm}^{-1}$ ] на слънчевата радиация: от абсолютно черно тяло с температура  $5800^\circ\text{K}$  (сивата линия), на горната граница на земната атмосфера (в жълто), на земната повърхност (в червено), съгласно [http://en.wikipedia.org/wiki/File:Solar\\_Spectrum.png](http://en.wikipedia.org/wiki/File:Solar_Spectrum.png)

**Fig. 1.** The solar radiation spectrum [ $\text{W m}^{-2}\text{nm}^{-1}$ ]: irradiance of the blackbody with temperature of  $5800^\circ\text{K}$  (the black curve), solar irradiance at the top of the Earth's atmosphere (yellow area), and the solar irradiance at the ground level (red area), according to [http://en.wikipedia.org/wiki/File:Solar\\_Spectrum.png](http://en.wikipedia.org/wiki/File:Solar_Spectrum.png)

Стойността  $1366 \text{ W m}^{-2}$  е средна за годината и представлява сумарната по целия спектър интензивност на слънчевата радиация. По-нови данни от Американската агенция за космически изследвания – NASA уточняват стойността на  $1361 \text{ W m}^{-2}$  (Lee C., 2009).

## 2.2. Взаимодействие със системата земя-атмосфера

Премавайки през земната атмосфера, слънчевата радиация претърпява съществени промени преди да достигне земната повърхност. Различните съставки на атмосферата взаимодействат по следния начин със слънчевата радиация с различна дължина на вълната:

- ултравиолетовите лъчи се разсейват от всички атоми и молекули и от аерозолите във въздуха и се поглъщат от озона, азотния диоксид и от

парниковите газове (въглероден двуокис ( $\text{CO}_2$ ), метан ( $\text{CH}_4$ ), двуазотен окис ( $\text{N}_2\text{O}$ ), халогенирани хидрофлуорни въгледороди ( $\text{H-FCKW/HFC}$ ), перфлуорни въгледороди ( $\text{FKW/PFC}$ ), серен хексафлуорид ( $\text{SF}_6$ )). Докато почти цялата UV-A радиация достига земната повърхност, молекулите на озона поглъщат почти изцяло UV-C лъчите и около 90% от UV- В лъчите

- видимата светлина се разсейва от всички атоми, молекули и аерозоли; в малка степен се поглъща от аерозоли, от озона и от другите парникови газове
- инфрачервените лъчи се разсейват в малка степен и се поглъщат от аерозолите, водните пари, от водните капки и кристали.

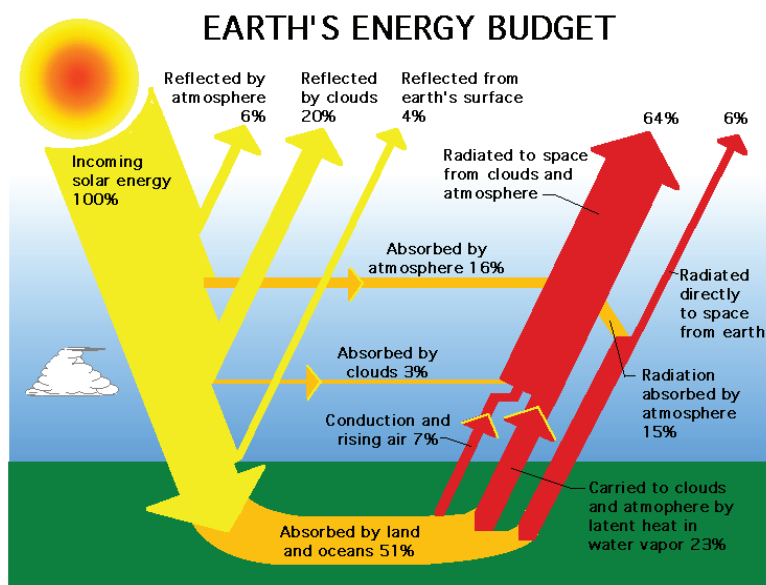
Описаните процеси се илюстрират с популярната схема на НАСА (Фиг. 2), в която процесите са количествено оценени за средно климатично състояние на атмосферата, интегрално за цялата земна сфера. До земната повърхност достига около 51% от слънчевата енергия. Останалата се отразява (30%), или поглъща (19%) от атмосферата. В резултат на тези процеси, спектърът на слънчевата радиация, достигащ земната повърхност съществено се различава от този на горната граница на атмосферата – Фиг. 1. Поглъщайки слънчева енергия, земната повърхност се затопля, като за цялата земна сфера, средната по сезони температура е около  $288^\circ\text{K}$  ( $15^\circ\text{C}$ ). Като всяко тяло с температура над абсолютната нула, земната повърхност на свой ред излъчва радиация.

Атмосферата, макар и в по-малка степен от земната повърхност също се затопля и излъчва радиация. За разлика от Слънцето, земната радиация е с по-слаб интензитет и попада в инфрачервената част на спектъра. Докато максимумът на слънчевото лъчение е с дължина на вълната около 500 nm, този на земното лъчение е с дължина на вълната около 15000 nm. В горната част на Фиг. 3 са дадени спектрите на излъчваната енергия от Слънцето и от Земята, в приближение на абсолютно черно тяло с температура  $5800^\circ\text{K}$  и  $288^\circ\text{K}$ , съответно, като стойностите на слънчевия спектър са намалени  $3.3 \times 10^6$  пъти. В долната част на Фиг. 3 е показано поглъщането на радиацията в различните части на спектъра, осъществявано от съответните съставки на земната атмосфера. Видни стават някои важни особености. За слънчевата радиация е на лице широк „прозорец” между 300 и 3000 nm, през който съществена част от нея достига земната повърхност. В преобладаващата си част радиацията излъчвана от земната повърхност се поглъща от земната атмосфера (от водни пари, въглеродният двуокис и от други парникови газове); за преминаване на земното излъчване през атмосферата съществува само един тесен „прозорец” между 8000 и 12000 nm. В следствие на това, докато земната повърхност се затопля от Слънцето, нейното охлаждане се възпрепятства от земната атмосфера. Този факт е известен като „парников ефект”. Топлинното състояние на системата земя-атмосфера е резултат на установилото се динамично равновесие между процесите на радиационно затопляне и радиационно охлаждане на системата.

**Таблица 1.** Дължина на вълната на слънчевата и земната радиация

**Table 1.** Wave length of solar and Earth radiation

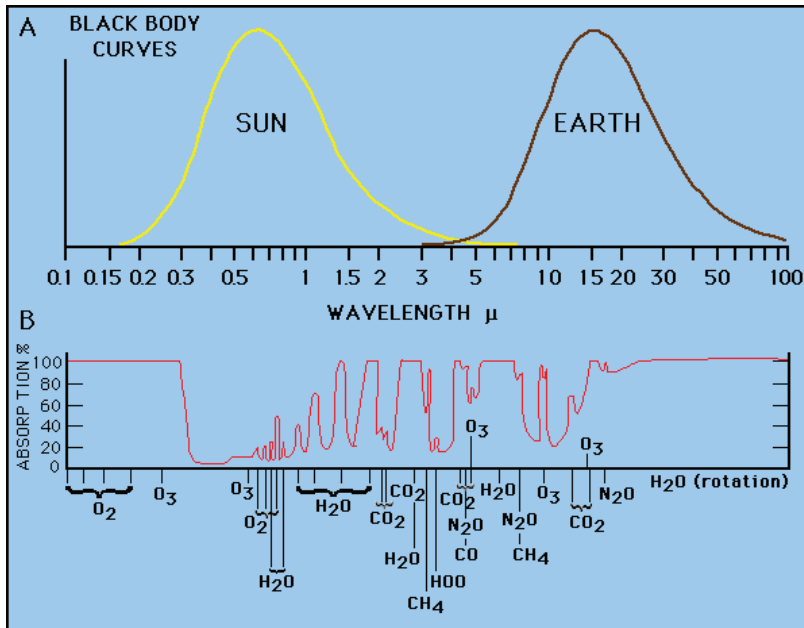
вид радиация (наименование и синоними)		спектрален интервал	основни характеристики	
Късовълнова (слънчева)	Ултра- виолетова	UV – C	100-280 nm	Излъчва се от Слънцето; изцяло се поглъща от земната атмосфера преди да достигне земната повърхност.
		UV – B	280-315 nm	Излъчва се от Слънцето; поглъща се 90% от атмосферата; биологично силно активна.
		UV – A	315-400 nm	Излъчва се от Слънцето; по-голямата част достига земната повърхност; биологично слабо активна.
	Видима	400-780 nm	Видима – цветове от виолетов до червен	
Дълговълнова (инфрачервена)	Близка	780-3000 nm	Топлинна радиация от Слънцето	
	Далечна	3000-50000 nm	Топлинна радиация от Земята, атмосферата, облаците	



**Фиг. 2.** Радиационен баланс на системата земя-атмосфера, съгласно <http://asd-www.larc.nasa.gov/erbe/components2.gif>

**Fig. 2.** The Energy Balance of the Earth – atmosphere system, according to <http://asd-www.larc.nasa.gov/erbe/components2.gif>

Увеличението на количеството на парникови газове в атмосферата може да доведе до нарушаване на това равновесие. Това е основание за безпокойство, добре познато на всички като опасение за „глобално затопляне”.



**Фиг. 3.** Излъчване на Слънцето и Земята разглеждани като „абсолютно черно тяло“ (горе) и поглъщане на слънчевата радиация от съставките на земната атмосфера (долу), по <http://eesc.columbia.edu/courses/ees/climate/lectures/radiation/>

**Fig. 3.** Irradiance of the Sun and the Earth considered as a black body (top) and absorption of the solar radiation by the atmospheric components (bottom), according to <http://eesc.columbia.edu/courses/ees/climate/lectures/radiation/>

### 3. КОМПОНЕНТИ НА СЛЪНЧЕВО- ЗЕМНАТА РАДИАЦИЯ

След като са въведени основните понятия и се познават основните процеси при навлизане на слънчева радиация в системата земя-атмосфера, може да бъдат дефинирани компонентите на слънчево-земната радиация. Под термините късовълнова (слънчева, solar) радиация и дълговълнова (инфрачервена, infrared, топлинна) радиация се има предвид радиация в диапазона 100-780 nm и 780-50000 nm съответно – виж Таблица 1.

*Пряка слънчева радиация S:* успореден сноп лъчи, идващ от слънчевия диск, падащ върху точката на наблюдение.

*Разсеяна (или дифузна) радиация Н:* радиацията произхождаща от цялата горна (над хоризонталната равнина) полусфера, от която е изключена пряката слънчева радиация.

*Сумарна радиация  $G = S + H$ :* радиацията, произхождаща от цялата горна полусфера, включително и пряката слънчева радиация.

*Отразена сумарна радиация R:* радиацията произхождаща от цялата долна (под хоризонталната равнина) полусфера.

*Късовълнов радиационен баланс  $S + H - R$ :* разлика между сумарната радиация и отразената сумарна радиация.

*Атмосферна радиация А:* дълговълнова радиация, произхождаща от цялата горна полусфера. Това е радиация излъчена от атмосферата към земната повърхност.

*Земно излъчване Е:* радиация, произхождаща от цялата долна полусфера. Ако рецепторът се намира близо до земната повърхност, излъчването на слоя въздух под рецептора е пренебрежимо малко и Е се формира от излъчената и отразена от земната повърхност радиация.

*Сумарна (низходяща) радиация  $S + H + A$ :* радиация (късовълнова и дълговълнова), произхождаща от цялата горна полусфера, включително и пряката слънчева радиация.

*Сумарна (възходяща) радиация  $R + E$ :* радиация (късовълнова и дълговълнова), произхождаща от цялата долна полусфера, включително и отразената слънчева радиация.

*Дълговълнов радиационен баланс  $A - E$ :* разлика между атмосферната радиация и земното излъчване.

*Радиационен баланс  $Q = S + H - R + A - E$ :* разлика между сумарната низходяща и сумарната възходяща радиация.

*Продължителност на слънчевото греене:* времето, през което пряката слънчева радиация има интензитет по-голям от около  $200 \text{ W m}^{-2}$  – енергия достатъчна за изгаряне лентата на хелиографа. За повече информация виж Организация на метеорологичните наблюдения, Глава X.

## 4. МЕТОДИ И АПАРАТУРА ЗА ИЗМЕРВАНЕ - АКТИНОМЕТРИЯ

### 4.1. Методи за измерване

За измерването на слънчево-земната радиация е въведен специален термин – актинометрия. В съответен контекст под актинометрия може да се разбира наука за измерване на слънчево-земната радиация. Актинометър е общо название за приборите, с които се измерва въпросната радиация, въведено през 1825г. от John Herschel [<http://en.wikipedia.org/wiki/Actinometer>].



Възможни са различни принципи за измерване, основани на действието на термодвойка, биметална пластинка, полупроводникови фотоелементи, болометър (електросъпротивление, зависещо от температурата).

Болометрите по традиция се използват в астрономията и физиката на елементарните частици. Полупроводниковите фотоелементи намират най-широко приложение за производство на (електро)енергия – т.н. фотоволтаични елементи в слънчевите централи. В полу-професионални прибори, често като сензор се използват полупроводници, което е сравнително евтино решение.

В някои професионални прибори сензорът е биметална пластинка. В масово прилаганата професионална апаратура обаче, най-често се използват термодвойки. Въпреки че конкретните прибори претърпяха съществено развитие през последните десетилетия, принципът на тези прибори остава непроменен.

Обикновено върху кръгъл диск-основа, се монтират черно оцветени керамични елементи ( $Al_2O_3$ ), които абсорбират падащата радиация. В продукти на различни фирми, керамичните елементи могат да имат различна форма и да бъдат разположени по различен начин - шахматно разположени квадратчета (актинометър на Савинов-Янишевски) или кръг, заемащ централната част на диска (СМР-11 на KippZonen). Останалата „бяла” част от диска, която не е покрита с черни керамични елементи е в топлинен контакт с тялото на прибора и служи като приемник на топлината идваща от черните керамични елементи. В диска са монтирани голям брой термодвойки (100 на брой в СМР-11), като топлият край на всяка една от тях е монтиран в черен керамичен елемент, а студеният край - в бялата част на диска. Когато приборът бъде облъчен от радиация се създава температурна разлика между черните керамични елементи и останалата „бяла” част на диска, и съответно – между двата края на термодвойките. Последните генерират напрежение, пропорционално на температурната разлика, което се измерва с волтметър. В последните десетилетия настъпиха съществени промени в начина, по който от измереното напрежение се стига до размерност радиация. На този въпрос ще се спрем по-долу в параграф 5.

Температурната разлика между черните и белите елементи на актинометъра може да бъде повлияна от вятър, от дъжд, от затоплянето на корпуса и от други фактори. По тази причина към конструктивното решение за конкретния прибор има редица изисквания. Дискът се покрива със стъклен похлупак, двоен при СМ-11. Неговата пропускливост/ прозрачност спрямо радиация от различните части на спектъра трябва да е ясно определена. Различната спектрална прозрачност на похлупака е начин да се изготвят различни прибори за измерване на различните компоненти на слънчево-земната радиация. Друго изискване е, похлупакът да пропуска еднакво лъчи, идващи от различните точки на небесната полусфера. Аналогично, за черните керамични елементи е желателно да поглъщат еднакво лъчи падащи под различен ъгъл. Това се изпълнява за зенитен ъгъл до  $70^\circ$ , след което, доближавайки се до ъгъл  $90^\circ$ , поглъщателната способност рязко пада. За

щастие, енергията на слънчевите лъчи, когато Слънцето е ниско до хоризонта, е малка и грешката от намалената поглъщателната способност не е критична.

## 4.2. Единици за измерване - калибриране

Величината, с която обикновено се описва количествено радиацията излъчвана от Слънцето и от системата земя-атмосфера, е интензивност: енергия, падаща на единица площ за единица време. Обичайната единица е джаул за секунда на квадратен метър –  $J \cdot s \cdot m^{-2}$ , или ват на квадратен метър –  $W \cdot m^{-2}$ . Приложение имат и т.н. суми (часова, дневна, месечна, годишна) на радиацията, чиято единица е  $J \cdot m^{-2}$ .

Както става ясно, масовите професионални прибори не са абсолютни – изходният сигнал не е  $Wm^{-2}$ , те са относителни – изходният сигнал е електрическо напрежение. Методите за определяне на абсолютната стойност на слънчево-земната радиация не са предмет на настоящия текст. От значение за практиката е съществуването на т.н. „абсолютни” актинометрични прибори (Absolute Cavity Radiometer). Във всяка представителна актинометрична мрежа следва да има на разположение такъв прибор. С него, останалите „относителни” прибори, използвани в мрежата се калибрират – извежда се връзка между изходното електрическо напрежение на конкретен „относителен” прибор и съответстващата стойност на радиацията в  $Wm^{-2}$ . Калибрирането на един относителен прибор, следва да се извършва периодично, тъй като неговите характеристики, най-вече абсорбиращата способност на черните керамични елементи, се променят с времето.

## 4.3. Видове актинометри

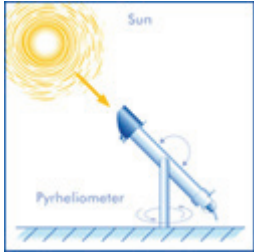
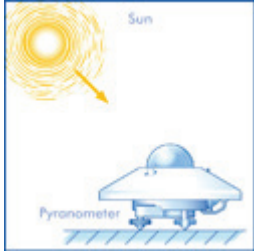
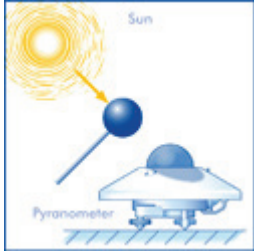
Законодател на стандартите в актинометрията е Световната Метеорологична Организация (СМО). Изискванията се излагат в т.н. оперативни ръководства – виж например McArthur L.J.B. (2005). Три са абсолютните актинометрични прибори, одобрени за използване от СМО: Eppley - модели HF и AHF на едноименната американска фирма и PМО6 на PМОD WRC в Давос. И трите прибора се състоят от актинометър и контролен блок. НИМХ разполага с абсолютен актинометър Eppley AHF.

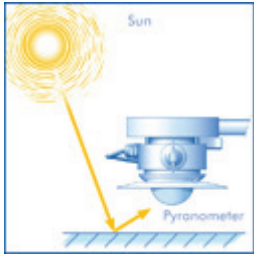
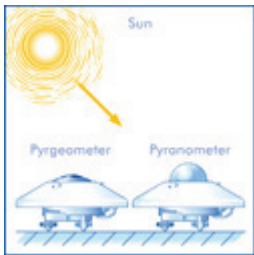
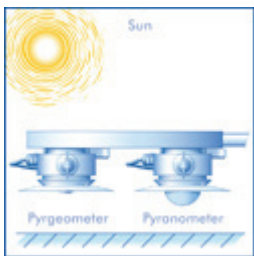
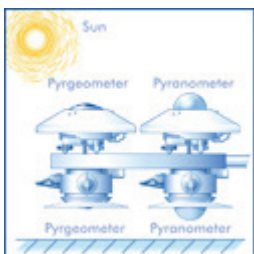
Някои от изброените в параграф 3 компоненти на слънчево-земната радиация се измерват пряко, други се изчисляват на база на измерени такива. Някои компоненти могат да бъдат и измервани и изчислени. В Таблица 2 се прави преглед на апаратурата за измерване на различните радиационни компоненти. Въвеждат се наименованията на съответните прибори. За демонстрация са взети продуктите на една от водещите световни фирми, производител на актинометрична апаратура - KippZonen [<http://www.kippzonen.com/?page/88242/Introduction.aspx>], каквито понастоящем се използват в националната актинометрична мрежа. Описание на

използвани преди в тази мрежа прибори може да бъде намерено в „Организация на метеорологичните наблюдения, Глава X“, в Лингова (1972) и в Иванчева, Пеева (2005).

**Таблица 2.** Апаратура за измерване на различните радиационни компоненти

**Table 2.** Apparatus for measuring various radiation components

компонент на измерваната радиация	Наименование на прибора	( <sup>1</sup> ) Спектрален интервал ( <sup>2</sup> ) Ъгъл на приемано лъчение ( <sup>3</sup> )Необходими аксесоари	Типичен външен вид на апаратурата
Пряка слънчева радиация Direct Solar Radiation <b>S</b>	Пирхелиометър Pyrheliometer	300 – 3 000 nm  5° слънчев „tracker“ за следене на сл. диск	
Сумарна слънчева радиация Global Solar Radiation <b>G</b>	Пиранометър Pyranometer	300 – 3 000 nm  180°  3 000 nm	
Разсеяна (или дифузна) слънчева радиация Diffuse Sky Radiation <b>H</b>	Пиранометър Pyranometer	300 – 3 000 nm  180° сенник – топка, обръч за засенчване от сл. диск	

<p>Отразена слънчева радиация</p> <p>Reflected Global Radiation</p> <p><b>R</b></p>	<p>Пиранометър</p> <p>Pyranometer</p>	<p>300 – 3 000 nm</p> <p>180°</p> <p>предпазител от неотразена радиация от малки ъгли</p>	
<p>Атмосферна радиация</p> <p>Atmospheric Radiation</p> <p><b>A</b></p>	<p>Пиранометър и пиргеометър</p> <p>Pyranometer and Pyrgeometer</p>	<p>300 – 50000 nm</p> <p>180°</p>	
<p>Земна радиация</p> <p>Emission of Ground Surface</p> <p><b>E</b></p>	<p>Пиранометър и пиргеометър</p> <p>Pyranometer and Pyrgeometer</p>	<p>300 – 50000 nm</p> <p>180°</p> <p>предпазител от неотразена радиация от малки ъгли</p>	
<p>Радиационен баланс</p> <p>Radiation balance</p> <p><b>Q</b></p>	<p>Балансометър Net radiometer или 2 пиранометъра и 2 пиргеометъра</p> <p>2 pyranometer and 2 pyrgeometer</p>	<p>300 – 50000 nm</p> <p>180°</p> <p>предпазител от неотразена радиация от малки ъгли</p>	

В съвременната актинометрична апаратура, освен посочените в таблицата прибори, се използват и редица допълнителни устройства- аксесоари, които осигуряват покриването на съвременните изисквания за актинометрични наблюдения. По-важните от тях са:

- засенчващи уреди: топка, кръг, или диск, които предпазват сензора от пряка слънчева радиация
- тракери (tracker) – устройство което променя пространствената ориентация на сензора или на засенчващия уред, съгласно движението на слънчевия диск по небесната сфера
- вентилационни устройства, които намаляват радиационното нагряване на корпуса на актинометричните прибори.

Повече информация може да бъде намерена в McArthur (2005) и Lee (2009).

Поради голямата си биологическа активност, UV радиацията представлява специален интерес. Обикновените пиранометри не са в състояние да отчитат UV-C и част от UV-B радиацията. За целта се използват прибори със специален кварцов похлупак – UV метри. От друга страна, UV-C и по-голямата част от UV-B радиацията се поглъщат от атмосферата и не достигат до земната повърхност. За практически цели е въведен т.н. UV индекс – 12 степенна скала пропорционална на падащата на земната повърхност UV радиация [http:// en.wikipedia.org/wiki/ Ultraviolet\\_index](http://en.wikipedia.org/wiki/Ultraviolet_index).

През последните десетилетия, най-съществено се промени начинът на отчитане и регистриране на радиационните компоненти и съответните отчитащи устройства. През 50-70-те години, обичайната практика бе изходното напрежение от сензора да се регистрира с галванометър и отчита от наблюдател в определени часове от денонощието, или да се прави непрекъснат запис на хартиена лента. В последствие, от отчетеното напрежение се изчисляват стойностите на съответната радиационна компонента. Изчисленията са правени на ръка, в по-късно време с компютърни програми, също стартирани „на ръка”. Записът на хартиената лента аналогично се обработва най-често ръчно, след като тя бъде снета от прибора. Повече информация по тези практики може да бъде намерена в „Организация на метеорологичните наблюдения, Глава X“, в Лингова (1972) и в Иванчева, Пеева (2005).

С развитие на компютърната техника, при съвременните наблюдения сигналът от сензора директно се въвежда в микрокомпютър – data logger. В последния е заложена калибровачна информация за съответния сензор и софтуер, който в реално време изчислява стойността на радиационната компонента. Измерванията са през зададени кратки интервали от време, на практика се получава непрекъснатата регистрация. Резултатите може да се препращат в реално време на разстояние в приемаш център, или да се съхраняват в микрокомпютъра, докато бъдат извлечени от него.

Измерването на продължителността на слънчевото греене не се е променило съществено от описаното в „Организация на метеорологичните наблюдения, Глава X“. Новото е, че в пунктовете където има наблюдения на радиацията със съвременна апаратура, продължителността на слънчевото греене може лесно да бъде изчислено с голяма точност.

## 5. АКТИНОМЕТРИЧНИ НАБЛЮДЕНИЯ В БЪЛГАРИЯ

### 5.1. Хронология

Наблюденията на атмосферата се провеждат съгласно методологията на СМО и се изпълняват от националните метеорологични служби на съответната държава. За България това е НИМХ, който представлява България в СМО. НИМХ провежда наблюдения на атмосферата от 1890г. Наблюденията на слънчевата радиация започват от 1954г. в станция София и във високопланинска станция „Черни връх“. В течение на годините, наблюдателната мрежа търпи изменения - по причини от различен характер, през различни периоди от време, наблюденията са провеждани на различни места на територията на страната. Общо за страната, ако се изключат многобройните кампанийни наблюдения, регулярни наблюдения са водени в 12 пункта – Таблица 3. Към днешна дата, наблюдения се провеждат в 4 точки в страната – станциите „София“, „Плевен“, Сандански“ и „Ахтопол“. На фиг. 4 са показани уредите, в станция „София“.

**Таблица 3.** Пунктове и периоди на актинометрични наблюдения за територията на България

Станция	Период на наблюдения
София	1945- до сега
Черни връх	1954-1990
Плевен	1966-до сега
Варна	1960-1995
Пловдив	2005-2007
Асеновград	2008
Мусала	1957; 1960-1962; 1964-1966
Чирпан	1985-1993
Карнобат	1966; 1968-1968
Кърджали	1959; 1961-1964; 1966-1971; 1974-1977
Сандански	1986-1992; 2010- до сега
Ахтопол	2014- до сега

### 5.2. Организация на съвременните актинометрични наблюдения в НИМХ

Основните принципи в актинометрията остават непроменени, но конкретните прибори и отчитащи устройства съществено се усъвършенстват. В съответствие с това се променя организацията на наблюдения и обработване на получаваната информация. Състоянието преди 2010г. е описано в „Организация на метеорологичните наблюдения, Глава X“, в Лингова (1972) и в Иванчева, Пеева

(2005). В края на 2009 и началото на 2010 година, повечето пиранометри в актинометричната мрежа бяха подменени. Преди използваните лентови записващи устройства бяха заменени с data lodger-и. Преустановени бяха ръчните наблюдения. В съответствие с това настъпиха съществени промени в дейностите свързани с актинометрията. В четирите станции - София, Плевен, Сандански и Ахтопол, без участие на наблюдатели се извършват непрекъснати наблюдения с пиранометри CMP-11 и CMP-3 на KippZonen, като информацията се съхранява в data lodger-и COMBILOG и SOLRAD. В станция „София“ се измерва сумарната и разсеяна слънчева радиация на хоризонтална повърхност (от които се определя и пряката слънчева радиация), както и отразена от земната повърхност слънчева радиация. В останалите пунктове се измерва сумарна слънчева радиация на хоризонтална повърхност

Специалисти от т.н. „мобилна група“ на департамент „Метеорология“ периодично снемат информацията от data lodger-ите. В последните се запаметяват данни за кратки, различни при различните data lodger-и, времеви интервали. Това е първична информация, необходима за специализирани анализи, която не е необходима за обичайните практически нужди. Тази първична информация се подлага на качествен контрол от специалисти в департамент „Метеорология“ и се осреднява за час и за денонощие, след което се предава в базата данни на НИМХ.

Калибрирането на пиранометрите се извършва от специалисти от сектор „Измервания, метрология и информационни технологии“. За еталон се използват абсолютния актинометър Erppley-AHF и като вторичен еталон - биметален актинометър на Михелсон-Мартен. Резултатът от калибрирането е софтуер, който се въвежда в data lodger-a, обслужващ съответния пиранометър.



**Фиг. 4.а.** Пиранометър CMP 3 и уред CM 121 - Shadow Ring – уред за измерване на разсеяна слънчева радиация

**Fig. 4.a.** Pyramometer CMP 3 and CM 121 - Shadow Ring - a device for measuring scattered solar radiation



**Фиг. 4.б.** Пиранометър CMP11 уред за измерване на отразена слънчева радиация

**Fig. 4.b.** Pyramometer CMP11 instrument for measuring reflected solar radiation



**Фиг. 4.с.** Пиранометър CMP-3 – уред за измерване на сумарна слънчева радиация

**Fig. 4.c.** Pyramometer CMP-3 - a device for measuring total solar radiation

### 5.3. Съпътстваща активност

Освен актинометрични наблюдения, в НИМХ са разработени и се разработват и теоретични модели за определяне на компонентите на слънчевата радиация. Използват се статистически модели, оценяващи слънчевата радиация по астрономически, географски фактори и параметри на атмосферата, които влияят



на последната и за които НИМХ разполага с дългогодишни данни. По данни от спътникови наблюдения и разработена от НИМХ методика, слънчевата радиация се определя в реално време за цялата територия на България. Оперативно действащи числени модели за прогноза на времето също предоставят възможност за изчисляване и прогнозиране на слънчевата радиация. Различните моделите се валидират с данните от актинометричната мрежа.

## **6. ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

Актинометрични наблюдения в България се провеждат в продължение на повече от 60 години. Актинометричната мрежа се актуализира, измервателната апаратура се заменя, осъвременява и калибрира с абсолютните актинометрични прибори, одобрени за използване от СМО. Разработени са подходи за определяне на компонентите на слънчевата радиация в точки от територията на страната, в които не се провеждат наблюдения. В резултат на тези активности, НИМХ разполага с многогодишни данни от актинометрични наблюдения и с богат инструментариум от теоретични подходи за изчисляване на компонентите на слънчевата радиация по цялата територия на България.

## **БЛАГОДАРНОСТИ**

Статията е реализирана с помощта на „Програма за подпомагане на младите учени в БАН“, договор ДФНП-28 / 20.04.2016г.

## **ЛИТЕРАТУРА**

- Организация на метеорологичните наблюдения, Глава X, Издание на НИМХ.  
Иванчева Ю, Д.Пеева (2005) Инструкция за актинометрични наблюдения  
Лингова Ст. 1972 Ръководство за актинометрични наблюдения Печатница на Управление  
Хидрология и метеорология, София, 1972г.  
Lee C. 2009 Baseline surface radiation network. World Climate Research Programme. An overview of the requirements and operational issues derived from the BSRN operations manual version 2.1  
McArthur L.J.B. 2005. World Climate Research Programme. Baseline Surface Radiation Network. Operational Manual, version 2.1, April 2005, WCRP-121, WMO/TD-N0.1274