

ივანე ჯავახიშვილის სახელობის თბილისის სახელმწიფო  
უნივერსიტეტი

ზუსტ და საბუნებისმეტყველო მეცნიერებათა ფაკულტეტი  
ეკოლოგიის მიმართულება

**ბექა გელაშვილი**

საბაკალავრო ნაშრომი  
მზის რადიაცია და ეკოლოგია

ხელმძღვანელი: ემერიტუს პროფესორი სიმონ წერეთელი

თბილისი 2014

## სარჩევი

შესავალი.....	3
1. მზის გამოსხივება.....	4
2. დედამიწის რადიაციული და სითბური ბალანსი.....	10
3. სითბური დაჭუჭყიანება.....	13
4. გამოსხივების სიხშირის „წითელი“ წანაცვლება.....	15
დასკვნა.....	18
ლიტერატურა.....	19



## შესავალი

ცნობილია, რომ გარემოში არსებობენ დედამიწის ბუნებრივი ფონის (ხმაურის, ელექტროსტატიკური და ელექტრომაგნიტური) წარმომქმნელი წყაროები. ეს წყაროები შეიძლება იყოს მუდმივ მოქმედი (მაგალითად: კოსმოსური მტვერი, კოლმოსური გამოსხივება, დედამიწის მაგნიტური ველი, მზის გამოსხივება, ზღვის მოქცევა, ატმოსფერული ელექტროობა და სხვა ) და მყისიერი ( მაგალითად: ჭექა-ქუხილი, ელვა, ვილკანის ამოფრქვევა და სხვა ).

ელექტრომაგნიტურ და ხმაურის ფონის ძირითად წყაროებს წარმოადგენენ მზე, მაგნიტოსფერო და ატმოსფერული ელექტროობა.

ელექტრომაგნიტური ფონის გარდა ბიოსფეროში ყოველთვის არსებობს ფართო სპექტრული დიაპაზონისა და სხვადასხვა ინტენსივობის ხმაური ( მაგალითად: ხის ფოთლების წყნარი შრიალით გამოწვეული ხმაურიდან დაწყებული მძლავრი ვულკანის ამოფრქვევის თანმდევი უზარმაზარ გრილაამდე ).

ბუნებრივი ფონის ყველა შემადგენელი ნაწილები ერთმანეთთან ურთიერთკავშირშია და ერთმანეთზე დამოკიდებული.



## 1. მზის გამოსხივება

ელექტრომაგნიტური ფონის წარმომქმნელ ბუნებრივ წყაროებს შორის ძირითადი რასაკვირველია არის მზე. იგი წარმოადგენს ჩვენი პლანეტარული სისტემის ცენტრალურ სხეულს და ამ სისტემის ენერჯის წყაროს. მზე ამ ენერჯიას ლეზულობს მის წიაღში მიმდინარე თერმობირთვული რეაქციების შედეგად:



სადაც  ${}^1_1\text{P}$ ,  ${}^2_1\text{d}$ ,  $e^+$ ,  $\nu_e$ ,  $\gamma$  - შესაბამისად არის, პროტონი, დეიტრონი, პოზიტრონი, ელექტრონული ნეიტრონი და ელექტრომაგნიტური გამოსხივება. ასეთი ტიპის რეაქციების შესაძლებლობას მზის წიაღში ქმნის არაჩვეულებრივად დიდი წნევა ( დაახლოებით 250 მილიარდი ატმოსფერო ) და ტემპერატურა ( $\sim 1,5 \cdot 10^8 \text{K}$ ), რომელიც მზის გიგანტური მასით ( $2 \cdot 10^{30} \text{კგ}$ , რომელიც შეადგენს მზის სისტემის მთელი მასის 99,87%) გამოწვეული საკუთარი გრავიტაციით არის განპირობებული. ნივთიერების სიმკვრივე მზის წიაღში შეადგენს 160გ/სმ<sup>3</sup>.

(1) რეაქციების დროს გამოყოფილი ენერჯია იხარჯება მზის წიაღის ტემპერატურის შენარჩუნებაზე და მზიდან წამოსულ მოკლეტალღურ ელექტრომაგნიტურ გამოსხივებაზე.

როგორც ფარდობითობის თეორიიდან არის ცნობილი, ნაწილაკის ენერჯია E და მისი მასა m, ერთმანეთთან დაკავშირებულია თანაფარდობით

$$E=mc^2=\gamma m_0 c^2=\gamma E_0 \quad (2)$$

სადაც  $m_0$  უძრაობის მასაა, რომელიც მოძრავი ნაწილაკის მასასთან დაკავშირებულია თანაფარდობით:

$$m=m_0\gamma$$

$E=mc^2$  უძრაობის ენერგიაა.  $C$ -სინათლის სიჩქარეა,  $\gamma=1/\sqrt{1-\beta^2}$  რელატივისტური თანამართავლია,  $\beta=v/c$  რელატივისტური შესწორებაა. როცა  $v \rightarrow c$  მაშინ  $\beta \rightarrow 1$ ,  $v$  ნაწილაკის (ობიექტის) სიჩქარეა.  $v \leq c$

უნდა აღვნიშნოთ, რომ (2)-ში რელატივისტური მასა  $m$  ზუსტად ისეთივე თანაფარდობაშია სრულ  $E$  ენერგიასთან, როგორც უძრაობის  $E_0$  ენერგიასთან. ეს სიდიდე წარმოადგენს სხეულის (ნაწილაკის) ენერგეტიკულ გამოსხივებას, როცა იგი უძრავ მდგომარეობაში იმყოფება ე.ი.  $\mu=0$ . შევნიშნოთ, რომ 1 გრამ ნივთიერებას შეესაბამება  $9 \cdot 10^{20}$  ერგი უძრაობის ენერგია. დაბალი სიჩქარეების დროს  $\mu \ll c$ , რელატივისტური მასა ემთხვევა უძრაობის მასას, ვინაიდან რელატივისტური შესწორება  $\beta \approx 0$  და რელატივისტური მართავლი  $\gamma \approx 1$ , ( $m = m_0 \gamma \approx m_0$ ).

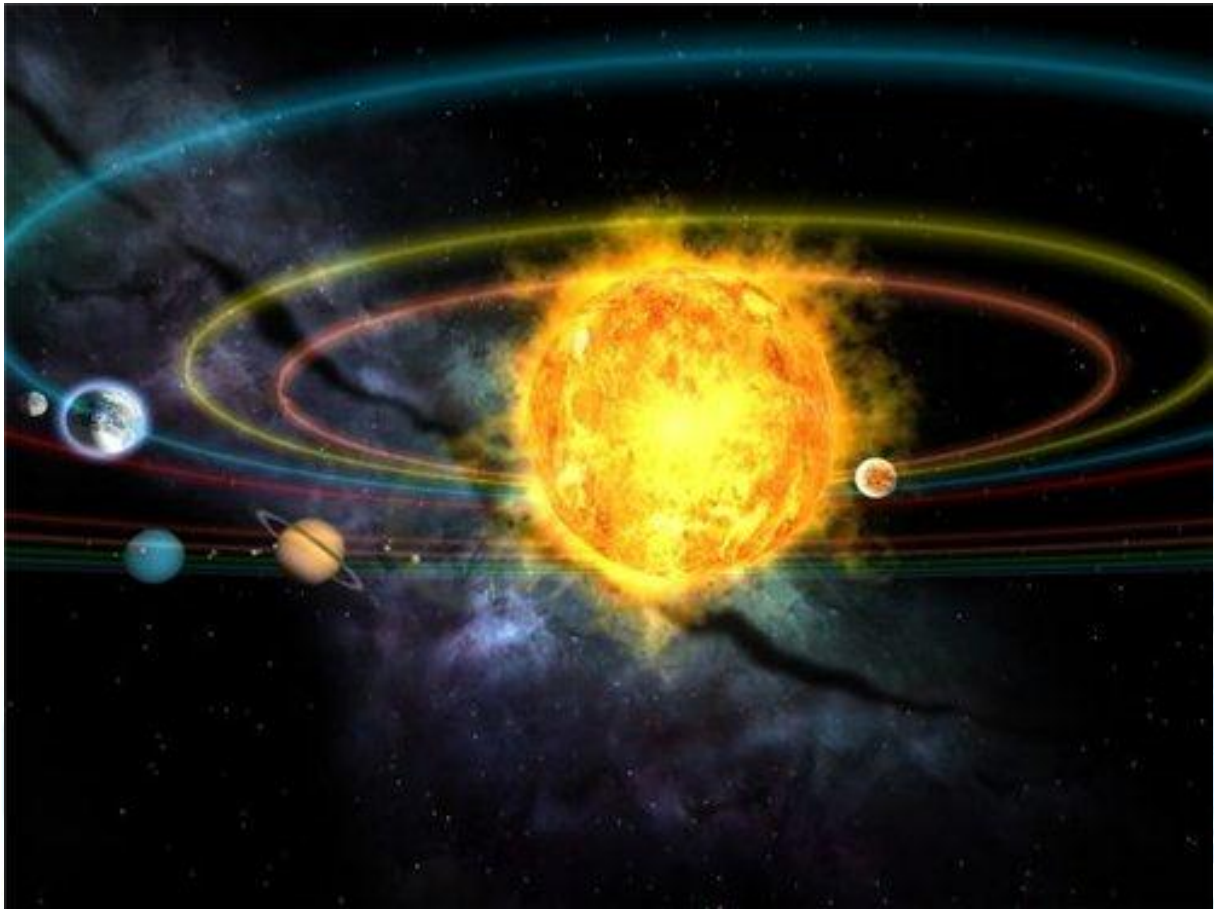
(1) თერმობირთვული რეაქციების დროს გამოყოფილი ენერგია წარმოიქმნება მზის ნივთიერების მასის გარკვეული ნაწილის გამოსხივებად გარდაქმნის ხარჯზე მასის დეფექტის არსებობის გამო. ჰელიუმის ბირთვის მასა ნაკლებია ოთხი პროტონის მასაზე და  $\Delta m$  მასის დეფექტის გამო ენერგიის ნაწილი  $\Delta E$  გადადის გამოსხივებაში

$$N \cdot H\nu = \Delta E = \Delta mc^2$$

სადაც  $N$  ელექტრომაგნიტური გამოსხივების კვანტების რიცხვია.

შევნიშნოთ, რომ 4g ჰელიუმის წარმოქმნისას, რომელიც ხორციელდება (1) რეაქციით, წარმოიქმნება ენერგია, რომელიც ექვივალენტურია ორი ვაგონი ქვანახშირის (~120 ტონა). დაწვის დროს მიღებული ენერგიის, აქედან შეიძლება ვიმსჯელოთ თერმობირთვული ენერგიის პოტენციურ მარაგზე, მართლაც, მზის წიაღის (სადაც მიმდინარეობს თერმობირთვული რეაქციები) რადიუსი  $r$ , შეადგენს მზის რადიუსის  $R$ -ის, 25%.  $r=0,25R$ ,  $R=7 \cdot 10^5$ კმ. მზის ზემოთ მოტანილი მასისა და რადიუსის მნიშვნელობების გათვალისწინებით, მზის ნივთიერების საშუალო სიმკვრივე შეადგენს ~1,41გ/სმ<sup>3</sup>, განსხვავებით ზემოთ მოტანილი მზის წიაღის სიმკვრივის მნიშვნელობისგან. მზის წიაღში (გულში) მიმდინარეობს წყალბადის „დაწვა“, მაგრამ რაც უფრო ვშორდებით მზის წიაღს, მით უფრო მეტია წყალბადი ჰელიუმთან შედარებით პროცენტულად. სპექტრული ანალიზით დადგენილია მზის ქიმიური შემადგენლობა შემდეგი სახით- 90%H, 10%He.

მზის ზედაპირის (ფოტოსფერო) ეფექტური ტემპერატურა შეადგენს  $5770^{\circ}\text{C}$ , ხოლო თავისუფალი ვარდნის აჩქარება აღწევს  $274\text{მ/წმ}^2$ .



როგორც ზემოთ აღვნიშნეთ, მზე კარგავს თავისი მასის ნაწილს გამოსხივების გამო. ფოტონი (გამოსხივების ენერგიის კვანტი) განიხილება, როგორც ნულოვანი უძრაობის მასის მქონე და სინათლის სიჩქარით მოძრავი ნაწილაკი. ფოტონის მასა თავს იჩენს მხოლოდ მისი მოძრაობისას. თუ ფოტონი მოძრაობს დედამიწის პოტენციურ ველში მიზიდულობის ძალის საწინააღმდეგოდ, მაშინ მისი გავრცელების სიხშირე წაინაცვლებს სპექტრის წითელი ფერისაკენ (წითელი წანაცვლება), ხოლო თუ ფოტონი მოძრაობს ქვევით დედამიწისაკენ, ანუ აღნიშნულის საწინააღმდეგოდ, მაშინ მისი გავრცელების სიხშირე იზრდება და წაინაცვლებს სპექტრის იისფერი ფერსკენ (იისფერი წანაცვლება).

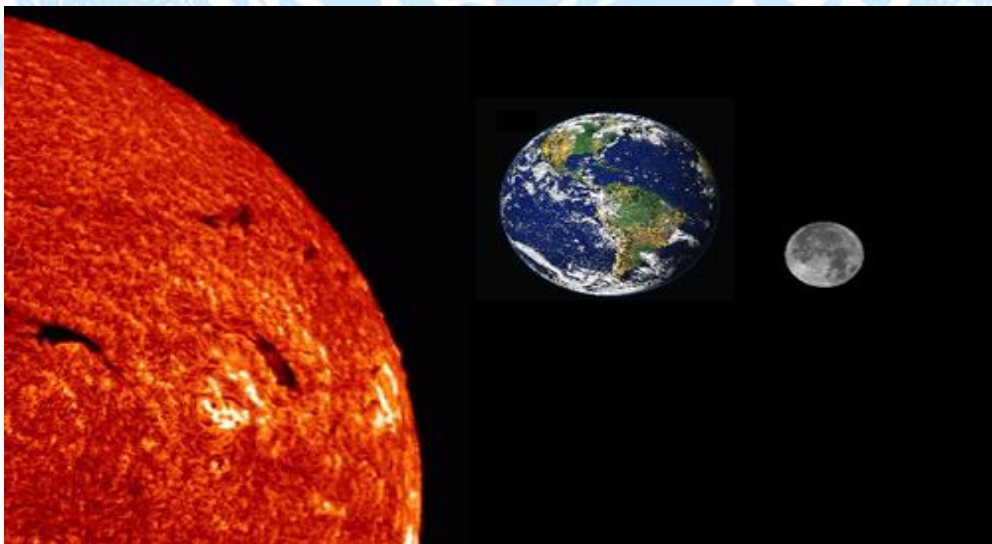
სპექტრის ხილული დაიპაზონის შესაბამისი ფოტონის მასა შემდეგნაირად გამოისახება:

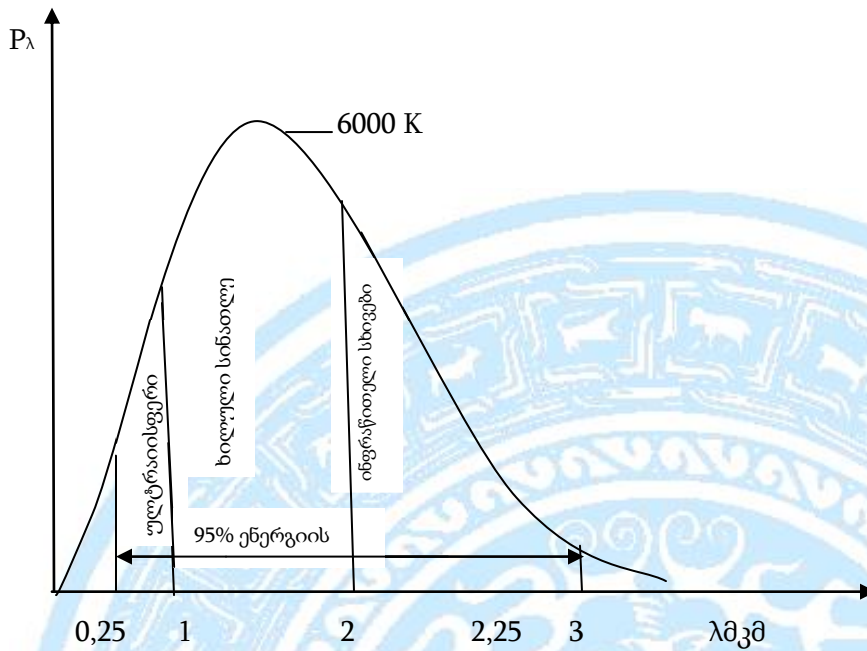
$$m=h\nu/c^2\approx 4,4\cdot 10^{-33}\text{გ}$$

ატომის მასის  $10^{-24}$ - $10^{-23}$ გ მნიშვნელობების შემთხვევაში ეს უკანასკნელი სინათლის კვანტის გამოსხივებისას კარგავს თავისი მასის (ენერგიის) უმნიშვნელო ნაწილს. დედანიწა მზიდან გამოსხივების სახით გადაყვანილი მასაში წელიწადში ლებულობს  $6\cdot 10^{10}$ გ ანუ 60000 ტონას, ხოლო მზის მიერ კოსმოსში გამოსხივების შედეგად მთელი დაკარგული მასა წელიწადში შეადგენს  $1,4\cdot 10^{20}$ გ. ერთი მილიონი წლის განმავლობაში აღნიშნული ინტენსივობით გამოსხივებისას მზე დაკარგავს დაახლოებით  $1,4\cdot 10^{26}$ გ მასას, რაც შეადგენს მზის თანამედროვე მასის  $\approx 10^{-5}\%$ . მოტანილი ციფრებიდან ჩანს, რომ მზის სისტემა ჯერ კიდევ დიდხანს იარსებებს.

მზესა და დედანიწას შორის საშუალო მანძილზე, დედანიწის ზედაპირის ყოველ  $1\text{სმ}^2$ -ზე დაცემული ენერგიის სრული რაოდენობა შეადგენს 1,95 კალორიას. ამ სიდიდეს მზის მუდმივა ეწოდება, რომლის ვარიაცია (ცვლილება) არ აჭარბებს 1%, ამიტომ შეიძლება ვთქვათ, რომ მზის გამოსხივება თითქმის მუდმივაა თუ მზის მუდმივის სიდიდე გაიზრდება 10%-ით, მაშინ დედანიწა უდაბნოდ გადაიქცევა, ხოლო თუ 10%-ით შემცირდება, მაშინ დედანიწის ზედაპირი ყინულის თხელი ფენით დაიარება.

მზის გამოსხივების სრული სიმძლავრე დაახლოებით  $3,83\cdot 10^{26}$ ვატია, აქედან დედანიწაზე მოდის  $2\cdot 10^{17}$ ვატი. მზის გამოსხივების სპექტრის ფორმა მოცემულია (ნახ. 1)-ზე





**ნახ. 1. მზის გამოსხივების სპექტრი.**

$P_\lambda$ -თი აღნიშნულია მზის გამოსხივების სპექტრული ინტენსივობა. როგორც გრაფიკიდან ჩანს, მზის გამოსხივების მაქსიმუმი მოდის სპექტრის ხილული დიაპაზონის შუა წერტილზე, ამასთანავე მზის გამოსხივების ენერჯის 95% მოდის ახლო ულტრაიისფერიდან ახლო ინფრაწითელამდე ტალღის სიგრძის დიაპაზონზე მთელი ხილული დიაპაზონის ჩათვლით.

მზის გამოსხივების როლი ბიოსფეროსათვის ძალიან მნიშვნელოვანია. ის წარმოადგენს ჩვენი პლანეტის მაღალი ხარისხის ეკოლოგიურად სუფთა ენერჯის წყაროს, რომლის გავლენითაც ჩაისახა სიცოცხლე დედამიწაზე.

ჩვენი გარემოს ელექტრომაგნიტურ ფონს რაც შეეხება, იგი განპირობებულია მზის ქარის მოქმედებით, რომელიც წარმოადგენს ელექტრომაგნიტური ენერჯისა და დამუხტული ნაწილაკების ნაკადს, რომელიც თავის მხრივ ურთიერთქმედებს დედამიწის მაგნიტურ ველთან.

ენერჯის გადაცემის პროცესი მზის წიალიდან მზის პერიფერიამდე საკმაოდ რთულია. მზის კორონის ზედა ნაწილიდან ენერჯის დიდი რაოდენობა გამოაქვს მზის



ქარის ნაკადებს. ეს ნაკადები წარმოადგენს პლაზმას, რომელიც რადიალურად ვრცელდება საპლანეტო სივრცეში. მზის ქარის წარმოქმნის მიზეზს მზის ღრმა ფენებში არსებული ენერჯის ნაკადები ცარმოადგენს. მზის ქარი ისე როგორც მზის კორონა ძირითადად შედგებიან პროტონების, ელექტრონების და ჰელიუმის ბირთვებისაგან (2-დან 20%-მდე). დედამიწის ორბიტის მახლობლად პლაზმის პროტონების სიჩქარე შეადგენს დაახლოებით  $(3-7,5) \cdot 10^7$  მ/წმ. მზის აქტივობაზე დამოკიდებულებით დედამიწის ორბიტის მახლობლად პროტონების კონცენტრაცია  $n_p$  შეადგენს  $\text{სმ}^3$ -ში რამოდენიმე ნაწილაკიდან, რამოდენიმე ათეულ ნაწილაკამდე, პროტონების შემდეგი ნაკადის  $5 \cdot 10^7 - 5 \cdot 10^8 \text{ სმ}^{-2} \text{ წმ}^{-1}$  შემთხვევაში. ენერჯია რომელიც მიაქვს მზის ქარის საპლანეტო სივრცეში, შეადგენს  $10^{20} - 10^{22}$  ვატი. მზის ქარის ინტენსივობის ცვლილებაარსებით გავლენას ახდენს დედამიწის ატმოსფეროს ზედა ფენის გახურებაზე, პოლარულ ნათებაზე, მაგნიტურ ქარიშხალზე და სხვადასხვა ბიოფიზიკურ პროცესებზე. მზის ქარის ინტენსივობის გაზრდას იწვევს ე.წ. აფეთქებები მზეზე, რომლებიც წარმოიქმნებიან მზის ატმოსფეროს აქტიურ არეებში და გრძელდება რამოდენიმე წუთიდან რამოდენიმე საათამდე. მზეზე აფეთქების ზონის ფართობი შეადგენს  $10^{15} \text{ მ}^2$ , ხოლო ენერჯია რომელიც გამოიყოფა მზეზე აფეთქების შედეგად საშუალოდ შეადგენს  $10^{25}$  ჯოულს. მზეზე აფეთქების დროს დაიშვრება მზის ულტრაიისფერი გამოსხივების მნიშვნელოვანი გაზრდა, რომელსაც პარალელურად ახლავს რენტგენის და რადიოტალღების გამოსხივებაც, რომლის დროსაც გამოიტყორცნებიან დიდი რაოდენობით მაღალი ენერჯის ნაწილაკები თითქმის  $10^4$  მევი ენერჯიებამდე. აღნიშნული ნაწილაკები კოსმოსურ სივრცეში კოსმოსურ ხომალდებთან და სხვა საფრენ აპარატებთან შეჯახებისას, განსაკუთრებით მათ კორპუსებთან ურთიერთქმედებისას ბადებენ დამუხრუჭებით რენტგენის და  $\gamma$ -გამოსხივებას მნიშვნელოვანი ინტენსივობით, რაც თავის მხრივ კოსმონავტებისათვის რადიაციულ საფრთხეს წარმოადგენს.

მზეზე აფეთქებები ვერ ახდენენ კარდინალურ ზეგავლენას დედამიწის ენერჯეტიკულ ბალანსზე, მაგრამ ახდენს მნიშვნელოვან ზეგავლენას დედამიწაზე მიმდინარე მრავალ ბიოქიმიურ და ბიოფიზიკურ პროცესებზე.

## 2. დედამიწის რადიაციული და სითბური ბალანსი

როგორც ცნობილია ბიოსფეროში მიმდინარე ყველა პროცესებისათვის ენერჯის ძირითად წყაროს წარმოადგენს მზის გამოსხივება. ატმოსფერო, რომელიც გარს ეკვრის დედამიწას, ძალიან სუსტად შთანთქავს მზის გამოსხივების მოკლექტალურ კომპონენტს, ამიტომ ის ადვილად აღწევს დედამიწის ზედაპირს. მზის გამოსხივების ზოგიერთი კომპონენტები შთანთქმება და აგრეთვე გაიბნევა დედამიწის ატმოსფეროს მიერ. მზის რადიაციის დაცემული ნაკადის შთანთქმას განაპირობებს ატმოსფეროში არსებული ოზონის ფენა, წყლის ორთქლი, CO<sub>2</sub> და აეროზოლები, ხოლო მზის რადიაციის დაცემული ნაკადის გაბნევას იწვევს მისი შემოქმედება ატმოსფეროს ატომებთან, მოლეკულებთან და აეროზოლის ნაწილაკებთან. მზის რადიაციის როგორც პირდაპირი და გაბნეული კომპონენტები, რომლებიც აღწევენ დედამიწის ზედაპირს ნაწილობრივ შთანთქმებიან დედამიწის ზედაპირის მიერ, ხოლო ნაწილი აირეკლება, რომელიც დამოკიდებულია ამ ზედაპირის სიხაობაზე. არეკლილ გამოსხივებას ალბედო გამოსხივება ეწოდება. მაგალითად ყინულით დაფარული ზედაპირი აირეკლავს დაცემული რადიაციის 75% და კიდევ უფრო მეტსაც, ქვიშის ზედაპირი დაახლოებით 30%, ბალახის საფარიანი ზედაპირი 10%, ხოლო წყლის ზედაპირი დაახლოებით 2%.

მზის რადიაციის ის ნაწილი, რომელიც შთანთქმება დედამიწის ზედაპირის მიერ, იწვევს დედამიწის ზედაპირის გახურებას და ეს ზედაპირი უკვე თვითონ ხდება გრძელტალღოვანი გამოსხივების წყარო, რომელიც მიმართულია ატმოსფეროში. ატმოსფერო თავის მხრივ ასევე წარმოადგენს გრძელტალღოვანი გამოსხივების წყაროს, რომელიც მიმართულია დედამიწის ზედაპირისაკენ. ამგვარად ხდება სითბოს ურთიერთგაცვლა დედამიწის ზედაპირსა და დედამიწის ატმოსფეროს შორის. დედამიწის ზედაპირის მიერ შთანთქმული მოკლექტალღოვანი გამოსხივება და ეფექტურ გამოსხივებას შორის სხვაობას რადიაციული ბალანსი ეწოდება. ატმოსფეროსა და დედამიწის ზედაპირის მიერ მოკლექტალღოვანი გამოსხივების შთანთქმისას ენერჯის გარდაქმნა და სითბოს გაცვლა მათ შორის შეადგენს დედამიწის სითბურ ბალანსს.

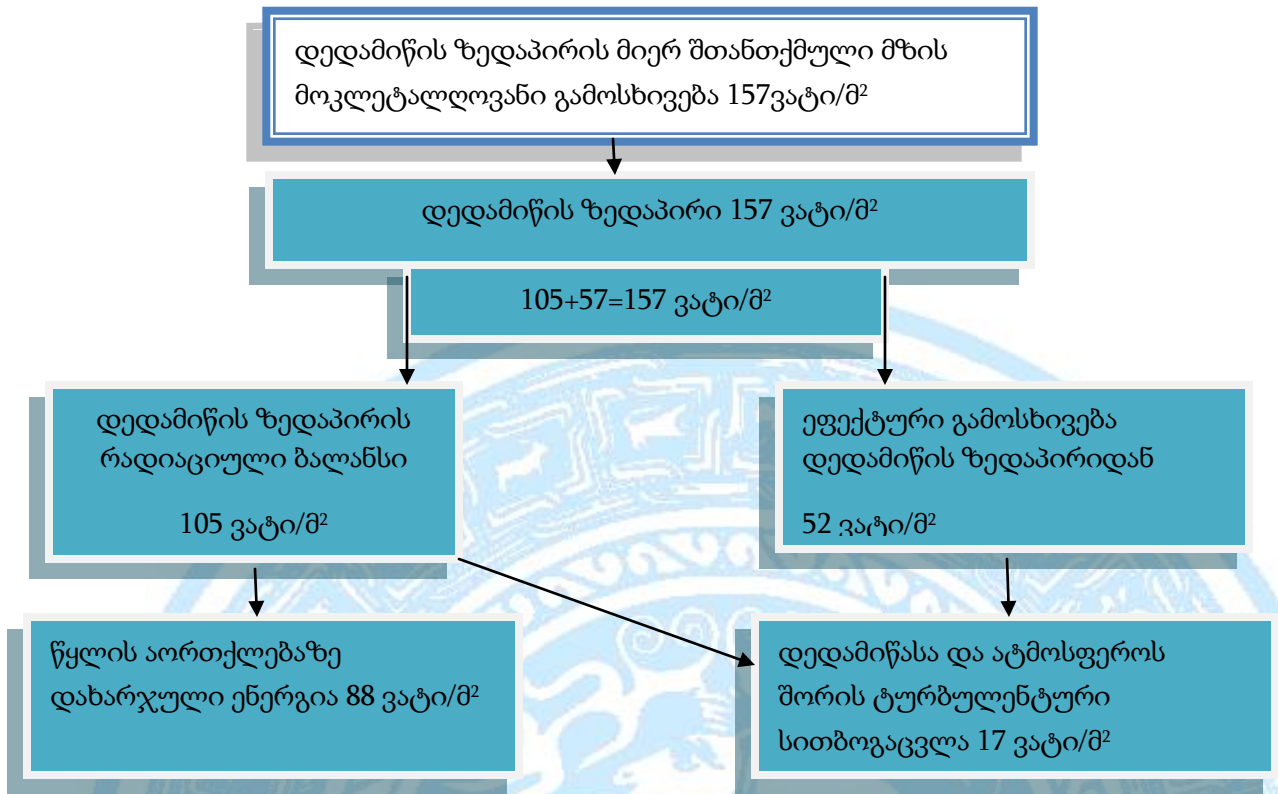
დედამიწის ატმოსფეროს რადიაციული რეჟიმის მთავარ თავისებურებას წარმოადგენს სათბურის ეფექტი, რომელიც იმაში მდგომარეობს, რომ მზის მოკლეტალღოვანი რადიაციის დიდი ნაწილი აღწევს დედამიწის ზედაპირამდე, იწვევს რა მის გათბობას, ხოლო გრძელტალღოვანი გამოსხივება დედამიწის ზედაპირიდან კავდება დედამიწის ატმოსფეროს მიერ, რომლის დროსაც ხდება დედამიწიდან კოსმოსში სითბოს გაცემის შემცირება. შეიძლება ვთქვათ, რომ დედამიწის ატმოსფერო თამაშობს თავისებურ სითბოს იზოლაციის გარსს, რომელიც ხელს უშლის დედამიწის გაცივებას. დედამიწის ატმოსფეროში  $\text{CO}_2$ -ის,  $\text{H}_2\text{O}$ -ს ორთქლის, აეროზოლების და ა.შ. პროცენტული ზრდა გამოიწვევს სათბურის ეფექტის ფენების საშუალო ტემპერატურის გაზრდას და კლიმატის დათბობას. ატმოსფეროს სითბური გამოსხივების ძირითად წყაროს წარმოადგენს დედამიწის ზედაპირი.

დედამიწის ზედაპირისა და ატმოსფეროს მიერ შთანთქმული მზის გამოსხივების ინტენსივობა შეადგენს  $237 \text{ ვატი/მ}^2$ , აქედან  $157 \text{ ვატი/მ}^2$  შთანთქმება დედამიწის ზედაპირის მიერ, ხოლო  $80 \text{ ვატი/მ}^2$  კი ატმოსფეროს მიერ. ზოგადი სახით დედამიწის სითბური ბალანსი მოცემულია ქვემოთ (ნახაზ 2-ზე).

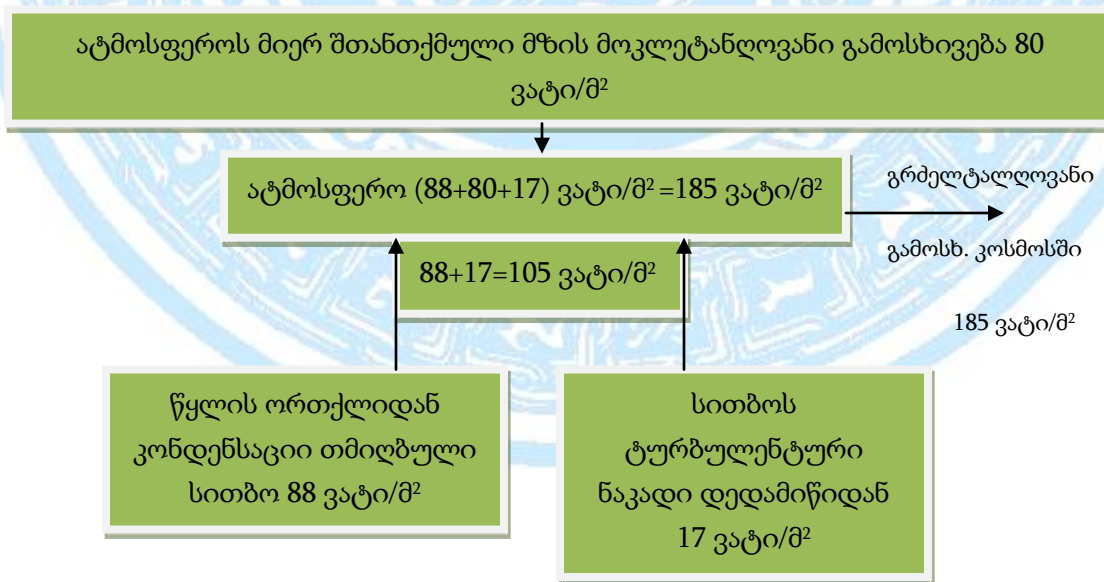
დედამიწის ზედაპირის რადიაციული ბალანსი შეადგენს  $105 \text{ ვატი/მ}^2$  ხოლო მისგან ეფექტური გამოსხივება უდრის შთანთქმული რადიაციის და რადიაციულ ბალანსს შორის სხვაობას და შეადგენს  $52 \text{ ვატი/მ}^2$ . რადიაციული ბალანსის ენერგია იხარჯება დედამიწასა და ატმოსფეროს შორის ტურბულენტურ სითბოს გაცვლაზე, რაც შეადგენს  $17 \text{ ვატი/მ}^2$  და აგრეთვე წყლის აორთქლებაზე რაც შეადგენს  $88 \text{ ვატი/მ}^2$ .

ატმოსფეროს სითბოს გაცვლის სქემა მოცემულია (ნახაზ 3-ზე) როგორც ამ სქემიდან ჩანს, ატმოსფერო სითბურ ენერგიას ღებულობს სამი წყაროდან: ა) მზიდან, ბ) დედამიწის ზედაპირიდან, წყლის ორთქლის კონდენსაციის შედეგად წარმოქმნილი სითბოს სახით, რომელიც შეადგენს  $88 \text{ ვატი/მ}^2$ , გ) დედამიწასა და ატმოსფეროს შორის ტურბულენტური სითბოს გაცვლის შედეგად წარმოქმნილი ენერგიის სახით, რაც შეადგენს  $17 \text{ ვატი/მ}^2$ .

სითბოს გაცვლის შემადგენელი ნაწილების ჯამი ( $185 \text{ ვატი/მ}^2$ ) ტოლია ატმოსფეროს სითბური დანაკარგებისა კოსმოსურ სივრცეში გრძელტალღოვანი გამოსხივების სახით.



ნახ. 2. დედამიწის სითბოგაცვლის სქემა: (← | ენერჯის მოდინება. | → ენერჯის გადინება)



ნახ. 3. ატმოსფეროს სითბოგაცვლის სქემა.

დედამიწის და ატმოსფეროს სითბური ბალანსი დაკავშირებულია ატმოსფეროს წყლის ბალანსთან. ზოგადად ეს ბალანსი გარკვეული ზედაპირისათვის შეესაბამება შემთხვევას, როცა დედამიწაზე მოსული ნალექების რაოდენობა (133 სმ/წელიწადში) ტოლია დედამიწის ზედაპირიდან აორთქლებული წყლის რაოდენობის (133 სმ/წელიწადში).

### 3. სითბური დაჭუჭყიანება

დედამიწის და ატმოსფეროს სითბური ბალანსის რეალური სურათის დახატვა ძალზე მნელია, რადგანაც ძალიან რთულია ამ სითბური ბალანსის ყველა მდგენელის რაოდენობრივი შეფასება. კიდევ უფრო რთულია შეფასდეს ის პროცესები რომლებიც უშუალოდ ზემოქმედებენ ამ ბალანსზე ტექნოგენური მოღვაწეობის ხარჯზე. მაგალითად, დედამიწის ატმოსფეროში გარკვეული აირებისა და აეროზოლების გაზრდა ერთის მხრივ გარკვეულწილად ამცირებს დაცემული მზის რადიაციას, ხოლო მეორეს მხრივ ქვიშის უდაბნო და გაჩეხილი ტყის ტყის ფართობები უფრო მეტად არეკლავს დაცემულ მზის რადიაციას უკან კოსმოსში. ამგვარად ზოგი პროცესები იწვევენ დედამიწის ზედაპირის გადახურებას, ხოლო ზოგი კი მის გაგრილებას. ამგვარად შეიძლება ითქვას, რომ ატმოსფერო წარმოადგენს ერთგვარ სითბოდამცველ გარსს, რომელიც ადამიანის მოღვაწეობით გამოწვეულ სათბურის ეფექტთან ერთად მნიშვნელოვნად ზემოქმედებს ჩვენი პლანეტის სითბურ ბალანსზე.

დღეისათვის გარემოს სითბური დაჭუჭყიანების ზუსტი განსაზღვრა და მისი კონტროლი მოითხოვს მრავალი პარამეტრის ანალიზს და მრავალი ურთიერთდამოკიდებული პროცესების გათვალისწინებას, რომელიც გამოწვეულია ადამიანის ტექნოგენური მოღვაწეობით. ამიტომ ჯერჯერობით ეს პრობლემა გადაუწყვეტელია.

ცნობილია, რომ მოსახლეობის მოთხოვნილება ენერგიაზე ძირითადად ელექტრული ენერჯის ხარჯზე კმაყოფილდება. ელექტრული ენერჯის დიდი ნაწილი მიიღება სითბური ენერჯის გარდაქმნის ხარჯზე, რომელიც თავის მხრივ ორგანული საწვავის

წვის შედეგად მიიღება. იმ ელექტრული ენერჯის წილი, რომელიც მიიღება ბირთვული ენერჯის ან სხვა სახის ალტერნატიული ენერჯის გარდაქმნის ხარჯზე, ჯერჯერობით ბევრ ქვეყანაში მცირეა.

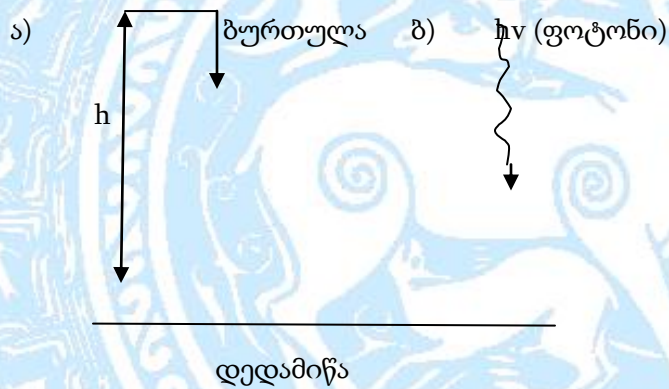
ორგანული საწვავის ენერჯის დაახლოებით 30% გარდაიქმნება ელექტრულ ენერჯად, ხოლო დანარჩენი 2/3 ენერჯია ვრცელდება გარემოში და წარმოადგენს სითბურ დაჭუჭყიანებას როგორც გარემოსი ისე ატმოსფეროსათვის. ადამიანის მიერ ენერჯის მოხმარების გაზრდა გამოიწვევს გარემოს სითბური დაჭუჭყიანების გაზრდას, თუ არ იქნა სპეციალური ზომები გატარებული. ატმური ელექტროსადგურების ექსპლოატაცია იწვევს წყალსაცავებისა და ატმოსფეროს სითბურ დაჭუჭყიანებას, რომელიც თავის მხრივ იწვევს წყალსაცავების სითბური რეჟიმის ცვლილებას, რაც ზეგავლენას ახდენს ბიოორგანიზმების სიცოცხლეზე, იწვევს ჰაერის ტენიანობის შეცვლას, დაცემულ მზის რადიაციის ცვლილებას და საბოლოოდ ყველაფერი ეს გამოიწვევს მიკროკლიმატის შეცვლას.

მაგალითად იაპონიის ტერიტორიაზე ხელოვნური (ტექნოგენური) ენერჯის სიმკვრივე შეადგენს 2 ვატი/მ<sup>2</sup>, ხოლო გერმანიის რურის რაიონში, რომელიც გამოირჩევა სამრეწველო საწარმოების სიმრავლით, შეადგენს 32 ვატი/მ<sup>2</sup>. სითბური ბალანსის ასეთი ზრდა მნიშვნელოვნად მოქმედებს მახლობელი რეგიონების მიკროკლიმატზე. მეტეოროლოგებისა და ეკოლოგების პროგნოზით, ქვეყნის ინდუსტრიულ რეგიონებში სითბური დაჭუჭყიანები შემდგომი ზრდა გამოიწვევს პლანეტის ატმოსფეროს ცირკულაციის დარღვევას, რაც თავის მხრივ დაარღვევს ჩვენი ეკოსისტემის მდგრადობას.

სითბური დაჭუჭყიანება გარემოსი, დედამიწის გადახურება, კლიმატის დათბობა აიძულებს კაცობრიობას ეძიოს პრინციპულად ახალი ენერჯის წყაროები რომელიც არ გამოიწვევს ზემოთ ჩამოთვლილ უარყოფით მოვლენებს.

#### 4. გამოსხივების სიხშირის „წითელი“ წანაცვლება

ფარდობითობის თეორიის თანახმად, ფოტონები, რომლებიც მოძრაობს დედამიწიდან კოსმოსში უნდა განიცდიდნენ „წითელ“ წანაცვლებას. სხვა სიტყვებით რომ ვთქვათ გამოსხივება, რომელიც ტოვებს დედამიწას გრძელტალღოვან გამოსხივებად გარდაიქმნება. სწინააღმდეგო შემთხვევაში, როცა გამოსხივება მიმართულია კოსმოსიდან დედამიწისაკენ, განიცდის „ისფერ“ წანაცვლებას ანუ გამოსხივება გადაიქმნება მოკლეტალღოვან გამოსხივებად. ამგვარად, იმ ფოტონებისათვის, რომლებიც ტოვებენ დედამიწას, გავრცელების სიხშირე ყოველთვის მცირდება, ხოლო დედამიწისკენ გავრცელებული ფოტონებისათვის, გავრცელების სიხშირე ყოველთვის გაიზრდება. (იხილეთ ნახ. 4) განვიხილოთ მექანიკური მოდელი.



ნახ. 4.

$m$  მასის მქონე ბურთულის ვარდნისას მთელი მისი  $mgh$  პოტენციალური ენერგია გადადის კინეტიკურ ენერგიაში  $mv^2/2$  :

$$mgh=mv^2/2 \quad (1)$$

სადაც  $h$  დედამიწის ზედაპირიდან ბურთულის დაშორების სიმაღლეა.  $g$ - თავისუფალი ვარდნის აჩქარება, ხოლო  $v$  ბურთულის ვარდნის საბოლოო სიჩქარე.

ახლა წარმოვიდგინოთ რა ენერგიის ფოტონი რომელიც ვრცელდება დედამიწისაკენ. ფარდობითობის თეორიის ძალით შეიძლება ჩავწეროთ

$$E=mc^2=hf \quad (2)$$

აქედან

$$m=hf/c^2 \quad (3)$$

ფოტონს არ გააჩნია უძრაობის მასა, ფოტონის მასა თავს იჩენს მხოლოდ მისი მოძრაობის დროს. ამასთანავე ფოტონის დედამიწისაკენ მოძრაობის დროს. ამასთანავე ფოტონის დედამიწისაკენ მოძრაობის დროს მისი ენერგია იზრდება  $gh/c^2$  სიდიდით, ხოლო დედამიწიდან მისი დაშორებისას მოძრაობის დროს ფოტონის ენერგია მცირდება  $gh/c^2$  სიდიდით. დავუშვათ, რომ საწყის მომენტში ორ ფოტონს, რომელთაგან ერთი მდებარეობს დედამიწაზე, ხოლო მეორე დედამიწის ზედაპირიდან  $h$  სიმაღლეზე, გააჩნიათ ერთნაირი  $hf$  ენერგიები. თუ ფოტონები გაცვლიან ადგილებს, მაშინ „ზევით მყოფ“ ფოტონს ექნება ენერგია  $hf(1+gh/c^2)$  და ის აღმოჩნდება დედამიწის ზედაპირზე. „ქვევით მყოფ“ ფოტონს კი ექნება ენერგია  $hf(1-gh/c^2)$  და ის აღმოჩნდება დედამიწის ზედაპირიდან  $h$  სიმაღლეზე. მიზიდულობის ველში ფოტონის მოძრაობისას ადგილი აქვს ენერგიის ფარდობით ცვლილებას:

$$\Delta E/E=gh/c^2 \quad (4)$$

ენერგიის შენახვის კანონი რომ არ დაირღვეს, ფოტონს რჩება ერთი საშუალება სიხშირის წანაცვლება („წითელი“ წანაცვლება ან „ისფერი“ წანაცვლება):

$$\Delta v/v=gh/c^2=\Delta y/c^2 \quad (5)$$

სადაც  $\Delta y$  და  $\Delta v$  შესაბამისად გრავიტაციული პოტენციალისა და სიხშირის აბსოლუტური ცვლილებაა.

ამგვარად, ფოტონის მოძრაობისას ერთი წერტილიდან განსაზღვრული გრავიტაციული პოტენციალით, მეორე წერტილში სხვა გრავიტაციული პოტენციალით, ხდება ფოტონის სიხშირის (ენერგიის) ფარდობითი წანაცვლება. ეს ფაქტი დედამიწის პირობებში ექსპერიმენტულად შემოწმებულია.

ამგვარად, ყოველივე ზემოთ თქმულიდან გამომდინარე, ნებისმიერი გამოსხივება, რომელიც ტოვებს დედამიწას, ხდება უფრო გრძელტალღოვანი, იმასთან შედარებით ვიდრე ის იყო დედამიწის ზედაპირიდან კოსმოსში გასვლის საწყის მომენტში.

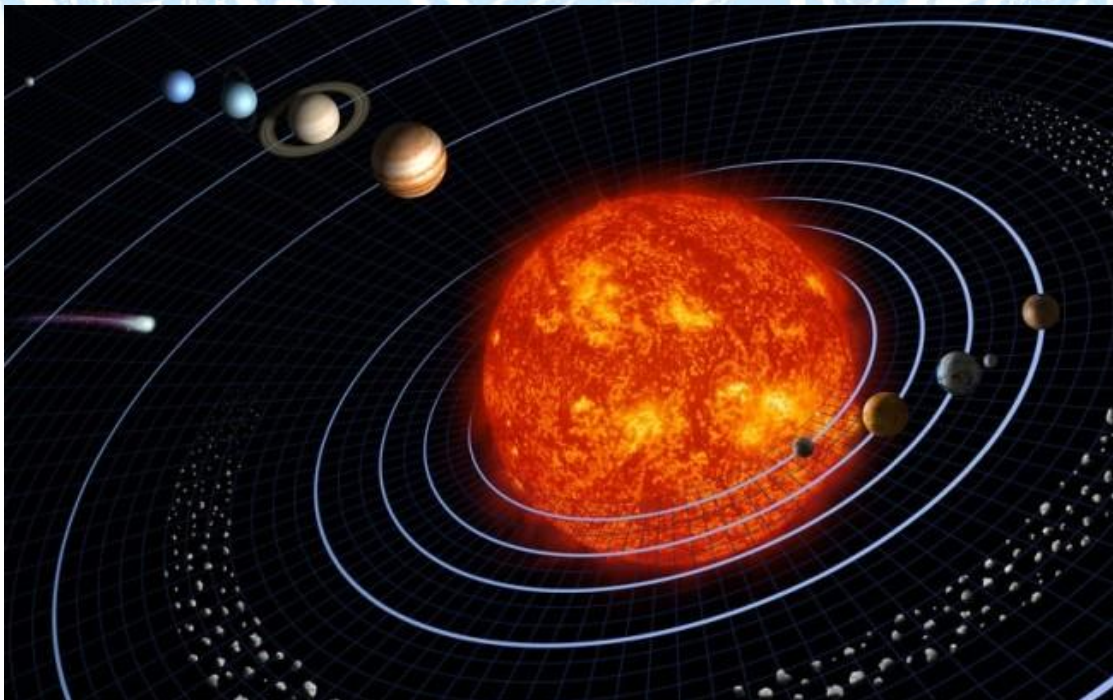


თუ ჩვენ დავაკვირდებით ჩვენს დედამიწის ცივილიზაციას გვერდიდან-კოსმოსიდან, მაშინ არადედამიწისეული ცივილიზაცია დაარეგისტრირებს ორი სახის გამოსხივებას:

-პირველადი გამოსხივება მზის მიერ 6000 °K ტემპერატურით (უცხო პლანეტელები ჩათვლიან, რომ ეს არის ჩვენი მკვებავი ბამოსხივება)

-დედაწის ზედაპირის სითბური გამოსხივება დაახლოებით 300 °K ტემპერატურით. (ამ გამოსხივების ინტენსიობის მიხედვით უცხოპლანეტელები გამოიტანენ დასკვნას ჩვენი ცივილიზაციის დონის შესახებ)

მას შემდეგ, რაც ჩვენი ცივილიზაცია მიაღწევს მზის გამოსხივების უფრო ეფექტური გამოყენების დონეს, იდეალური მზის ბატარეების (მომავლის ბატარეები) კოსმოსში გატანას და ამ გზით მზის ენერჯის ეფექტურ მოპოვებას, მაშინ უკვე უცხოპლანეტელები დააფიქსირებენ მესამე სახის გამოსხივებას ტემპერატურით 900 °K-1500 °K (თანამედროვე ნახევრადგამტარული ფოტომიმლებების მაქსიმალური მგზნობიარობის ზონის გათვალისწინებით) და ეს გამოსხივება იქნება მზის ბატარეების გამომუშავებული ენერჯია. გამოსხივების ეს მდგენელი ახლაც არსებობს, მაგრამ ის ძალიან მცირეა და წარმოადგენს კოსმოსურ აპარატებზე მომუშავე მზის ბატარეების მიერ გამომუშავებულ ენერჯიას. აქვე უნდა გავითვალისწინოთ ისიც, რომ თანამედროვე მზის ბატარეების ეფექტურობა ასევე დაბალია და შეადგენს ≈25%.



## დასკვნა

დედამიწის და ატმოსფეროს სითბური ბალანსის რეალური სურათის დახატვა ძალზე მწიფია, რადგანაც ძალიან რთულია ამ სითბური ბალანსის ყველა მდგენელის რაოდენობრივი შეფასება. კიდევ უფრო რთულია შეფასდეს ის პროცესები რომლებიც უშუალოდ ზემოქმედებენ ამ ბალანსზე ტექნოგენური მოღვაწეობის ხარჯზე. მაგალითად, დედამიწის ატმოსფეროში გარკვეული აირებისა და აეროზოლების გაზრდა ერთის მხრივ გარკვეულწილად ამცირებს დაცემული მზის რადიაციას, ხოლო მეორეს მხრივ ქვიშის უდაბნო და გაჩეხილი ტყის ტყის ფართობები უფრო მეტად არეკლავს დაცემულ მზის რადიაციას უკან კოსმოსში. ამგვარად ზოგი პროცესები იწვევენ დედამიწის ზედაპირის გადახურებას, ხოლო ზოგი კი მის გაგრილებას. ამგვარად შეიძლება ითქვას, რომ ატმოსფერო წარმოადგენს ერთგვარ სითბოდაცველ გარსს, რომელიც ადამიანის მოღვაწეობით გამოიწვევს სითბურის ეფექტთან ერთად მნიშვნელოვნად ზემოქმედებს ჩვენი პლანეტის სითბურ ბალანსზე.

დღეისათვის გარემოს სითბური დაჭუჭყიანების ზუსტი განსაზღვრა და მისი კონტროლი მოითხოვს მრავალი პარამეტრის ანალიზს და მრავალი ურთიერთდამოკიდებული პროცესების გათვალისწინებას, რომელიც გამოიწვევს ადამიანის ტექნოგენური მოღვაწეობით. ამიტომ ჯერჯერობით ეს პრობლემა გადაუწყვეტელია.

ორგანული საწვავის ენერჯის დაახლოებით 30% გარდაიქმნება ელექტრულ ენერჯიად, ხოლო დანარჩენი 2/3 ენერჯია ვრცელდება გარემოში და წარმოადგენს სითბურ დაჭუჭყიანებას როგორც გარემოსი ისე ატმოსფეროსათვის. ადამიანის მიერ ენერჯის მოხმარების გაზრდა გამოიწვევს გარემოს სითბური დაჭუჭყიანების გაზრდას, თუ არ იქნა სპეციალური ზომები გატარებული.

სითბური დაჭუჭყიანება გარემოსი, დედამიწის გადახურება, კლიმატის დათბობა აიძულებს კაცობრიობას ეძიოს პრინციპულად ახალი ენერჯის წყაროები რომელიც არ გამოიწვევს ზემოთ ჩამოთვლილ უარყოფით მოვლენებს.

## ლიტერატურა :

- 1) Куклин В.А - Физическая энциклопедия М. 2004 г.
- 2) физическая энциклопедия М. 1988 г. Т-1-4
- 3) გ. ქაჯაია - გარემოს დაცვის ეკოლოგიური პრინციპები. „ინტელექტი“ 2008 წ.
- 4) ზ. კვინიკაძე - ეკოლოგიის მოკლე კურსი. „თბილისი“ 2010 წ.



