

ივანე ჯავახიშვილის სახელობის თბილისის სახელმწიფო
უნივერსიტეტის

ზუსტ და საბუნებისმეტყველო მეცნიერებათა ფაკულტეტი
ეკოლოგიის მიმართულება

მარიტა გაჩეჩილაძე

საბაკალავრო ნაშრომი

თერმობირთვული ენერგეტიკა, როგორც მომავლის ალტერნატიული
ენერგეტიკა და მისი ეკოლოგიური ასპექტები

ხელმძღვანელი: ს.წერეთელი

ემერიტუს პროფესორი

თბილისი 2014

სარჩევი

შესავალი.....	3
1. რადიაციის სახეები და დოზიმეტრიის ძირითადი ცნებები.....	12
2. ატომბირთვების რადიოაქტიური გარდაქმნების სახეები.....	19
3. რადიოაქტიური დაშლის კანონი.....	25
4. რა არის ენერგია.....	30
5. თერმობირთვული იარაღი.....	33
დასკვნა.....	37

შესავალი

დღესდღეობით მსოფლიოს ეკოლოგიური მდგომარეობა ეგზომსავალალოა. პირველ ადგილზე ატმოსფეროს თანამედროვე ეკოლოგიური მდგომარეობა და გლობალური დათბობის პრობლემები დგას.

ატმოსფერო დედამიწაზე სიცოცხლის არსებობის აუცილებელი პირობაა. ადამიანს საკვების გარეშე შეუძლია იცოცხლოს ორ თვემდე, უწყლოდ ერთ კვირამდე, უჰაეროდ კი მხოლოდ რამდენიმე წუთი ძლებს. იგი არეგულირებს და განსაზღვრავს ჩვენი პლანეტის ჰავას, მის წიაღში ხდება ამინდის ჩამოყალიბება. ატმოსფერო წარმოადგენს ბიოსფეროს სასიცოცხლო თერმორეგულატორს, მის გარეშე დედამიწის ზედაპირზე ტემპერატურის დღეღამური რყევა (ამპლიტუდა) მიაღწევდა 200 გრადუსს (დღისით +100 გრადუსს, ღამით - 100 გრადუსს), რომელსაც ცოცხალი არსება ვერ გაუძლებდა. ასევე იგი იცავს ბიოსფეროს მეტეორიტების "წვიმისაგან" და მავნე რადიაციისაგან (უპირველესად ოზონის გარსი), არეგულირებს ტენიანობას და წნევას.

ატმოსფერული ჰაერი, როგორც ფიზიკური სხეული პრაქტიკულად გამოუღვეველი ბუნებრივი რესურსია, მაგრამ თანამედროვე ეპოქაში ძლიერი ანთროპოგენური გაბინძურება, მას თვისობრივი გამოღვევის საშიშროებას უქადის.

ეკოლოგიური მდგომარეობა

თანამედროვე სამეცნიერო-ტექნიკური პროგრესის ეპოქაში მსოფლიო მეურნეობის კოლოსალურმა მასშტაბებმა, უპირველესად მინერალური საწვავის (ნახშირის, ნავთობის, ბუნებრივი აირის) მოხმარების, აგრეთვე საწარმოების და ტრანსპორტის (ქარხნებში, ფაბრიკებში, თბოელექტროსადგურებში, ატომურელექტროსადგურებში, ავტო, საჰაერო და წყლის ტრანსპორტზე, კომუნალურ მეურნეობაში და სხვა.) გიგანტურმა მოცულობამ გამოიწვია ატმოსფეროს ძლიერი გაბინძურება (დამტვერიანება), გამონაბოლქვი და გამონაფრქვევი მყარი და გაზობრივი ნივთიერებებით.

ატმოსფეროში არსებული მტვერი არის ბუნებრივი და ანთროპოგენური (საწარმოო) წარმოშობის. პირველი ატმოსფეროს მუდმივი შემადგენელია, იგი ეკოლოგიურად უსაფრთხოა მიუხედავად მისი წარმომქმნელი წყაროების სიმრავლისა (ქანების და ნიადაგის გამოფიტვა, ვულკანიზმი, ხანძრები, მტვერიანი ქარიშხლები, აორთქლება ოკეანის

ზედაპირიდან, კოსმოსური მტვერიდან სხვა.). ბუნებრივი მტვერი გარკვეულწილად, დადებით როლსასრულებს რიგპროცესებში, ხელსუწყობს წყლის ორთქლის კონდენსაციას და ნალექების წარმოქმნას, შთანთქავს მზის პირდაპირ რადიაციას, ცოცხალ ორგანიზმებს იცავს მზის საზიანო გამოსხივებისაგან და სხვ.

ატმოსფეროს ანთროპოგენური დამტვერიანება მნიშვნელოვან ზეგავლენას ახდენს კლიმატურ პირობებზე. სხვა და სხვა მექანიკური შედგენილობის მტვერი იჭრება ატმოსფეროს ფენებში და გავლენასახდენს, როგორც მოკლელტალლოვან ისე გრძელტალლოვან რადიაციაზე. გამოანგარიშებულია, რომ ატმოსფეროში ყოველწლიურად ხვდება 300-400 მლნტ. ანთროპოგენური აეროზოლური მასა, რაც მოწმენდილ ამინდში პირდაპირ რადიაციას ამცირებს დაახლოებით 6%-ით, ეს კი შეესატყვისება ჯამური რადიაციის 1%-ით შემცირებას (ბუდიკო, 1977).

საქალაქო დასახლებისა და სამრეწველო ცენტრების არეალში ატმოსფეროში არსებულ მტვერს ემატება მრავალი სახეობის საწარმოო (ანთროპოგენური) მტვერისა და მავნე გაზების კოლოსალური რაოდენობა, რაც იწვევს მის გაბინძურებას, თანმხლები უარყოფითი მოვლენებით.

ცნობილია, რომ ატმოსფეროში არსებული მტვერიდან კოსმოსური მტვერის

წილად მოდის 1%, დედამიწაზე კიდლე-ლამეში 10000ტ კოსმოსური მტვერი ვარდება. ეოლურ მტვერზე კი მოდის 70%, რომლის რაოდენობა წლიდან წლამდე იზრდება; ვულკანური წარმოშობის მტვერმა XIX საუკუნეში დაახლოებით 230 კუბ. (520მრდტ) კმ შეადგინა.მარტო ვულკან კრაკატაუს მტვერი დედამიწის ირგვლივ ვრცელდებოდა 120 კმ/სთსიჩქარით, რამაც ატმოსფეროს გამჭირვალობა 3-4 %-ით შეამცირა და 5 წლის განმავლობაში იწმინდებოდა.

ეკოლოგიური თვალსაზრისით, გადამწყვეტი მნიშვნელობა აქვს არა თავისთავად გამაბინძურებელი ნივთიერებების არსებობას ჰაერში, არამედ მათი კონცენტრაციის დონეს (რაოდენობას). აქედან გამომდინარე, ატმოსფეროს გაბინძურებაში იგულისხმება ეკოლოგიური სიტუაცია, რომლის დროსაც ჰაერში მოხვედრილი სამივე აგრეგატულ მდგომარეობაში არსებული სხვა და სხვა სახის მავნე ნივთიერებათა კონცენტრაცია, აღემატება ზღვრულად დასაშვებ ნორმას, რაც უარყოფითად მოქმედებს ცოცხალ ორგანიზმებზე, აუარესებს სასიცოცხლო პირობებს და იწვევს მნიშვნელოვან მატერიალურ ზარალს.

გამაბინძურებელი წყაროები არის სტაციონარული (სამრეწველო საწარმოები, საქვებები, თბო - და ატომური ელექტრო სადგურები და სხვა.) და გადაადგილებადი (ავტო, სარკინიგზო, საჰაერო, წყლის ტრანსპორტი და სხვა.).

ყველაზე დიდი წილი მოდის სათბობის (ნახშირის, ნავთობი, ბუნებრივი აირი და სხვ.) წვითგამოწვეულგაბინძურებაზე. სათბობის სრული წვისას ატმოსფეროში მოხვედრილ ნივთიერებათა (ნახშიროჟანგი, გოგირდისჟანგი, აზოტიდასხვ.) რაოდენობა არქმნის საშიშ ეკოლოგიურ სიტუაციას, მაგრამ მეტწილ შემთხვევებში წვა არასრულად მიმდინარეობს (განსაკუთრებით ავტოტრანსპორტში), რის გამოც ატმოსფეროში ხვდება და უწვავი სათბობის მყარი ნაწილაკების, ნაცრის, მავნე გაზების დიდი რაოდენობა. მათგან ძირითადად გამაბინძურებელია ნახშირბადის, გოგირდის, აზოტის, ჭვარტლის, მტვრისნაერთები. განსაკუთრებით მავნეა მხუთავიგაზი (ნახშიროჟანგი) და გოგირდოვანი აირი.

ატმოსფეროში მოხვედრილი ნახშიროჟანგის მხოლოდ მცირე ნაწილი მიეკუთვნება ბუნებრივ წარმონაქმნს. ძირითადი ნაწილი ტექნოგენურია, მათგან 80% ავტოტრანსპორტზე მოდის. ავტომობილების გამონაბოლქვში დიდი რაოდენობითაა აგრეთვე ნახშირწყალბადი, გოგირდოვანი გაზი, აზოტის ჟანგი, ტყვია და სხვ. ტექნიკურად გაუმართავი (დაურეგულირებელი) ძრავის მუშაობის პირობებში გამონაბოლქვში მავნე ნივთიერებათა რაოდენობა შეიძლება გაიზარდოს 10-15 -ჯერ, საავტომობილო ტრანსპორტთან დაკავშირებული გაბინძურება მაქსიმალურ კონცენტრაციას აღწევს ინტენსიური მოძრაობის ქუჩებში და მაგისტრალებზე. მკვლევარების შეფასებით ერთი ავტომობილი საშუალოდ ყოველ 1000 კმ-ზე წვავს ერთი ადამიანის წლიურ ნორმა ჟანგბადს.

ატმოსფეროს გაბინძურებაში მნიშვნელოვანი წილი მოდის საჰაერო, სარკინიგზო და წყლის ტრანსპორტზე. ისინი ხარჯავენ ჟანგბადის დიდ რაოდენობას. ერთ თვითმფრინავს 1000 კმ მანძილზე ფრენისას საშუალოდ სჭირდება ერთი ადამიანის წლიური ნორმა ჟანგბადი. ზოგიერთი მკვლევარის შეფასებით ორძრავიანი რეაქტიული თვითმფრინავი სრული დატვირთვით აფრენისას, ასაფრენ ბილიკზე ტოვებს მავნე აირების იმ რაოდენობას, რომელიც 6350 ავტომანქანის გამონაბოლქვის ტოლია. გაბინძურების ყველა წყაროდან ატმოსფეროში წლიურად ხვდება საშუალოდ 2 მილიარდი ტონა მტვერი.

მსოფლიოს ბევრი ინდუსტრიული ქალაქისთვის ნამდვილ უბედურებად იქცაე.წ. "სმოგი" - ტოქსიკური სქელი ნისლი, რომლის მსხვერპლიც ათასობით ადამიანია, მის

“სამშობლოდ” ლონდონითვლება. ბოლო პერიოდში სმოგების “დედაქალაქად” მიჩნეულია ლოს-ანჯელესი (აშშ).

ატმოსფერო სგაბინძურების ცოცხალი ბუნებისათვის ძლიერსაზიანო გამოვლინებას წარმოადგენს მჟავური წვიმები (მჟავური ატმოსფერული ნალექები), რასაც იწვევს ატმოსფეროში გოგირდისა და აზოტის ჟანგების დაგროვება. მჟავური ატმოსფერული ნალექების (იგი შეიძლება მოვიდეს როგორც წვიმის, ასევე თოვლის სახით) ბუნებრივ წყაროს ძირითადად წარმოადგენს ვულკანიზმი, რომელიც მეცნიერთა შეფასებით, ყოველწლიურად ატმოსფეროს “ტვირთავს” 4-16 მლნ ტონა გოგირდის ნაერთებით. ლომის წილი მჟავურ ატმოსფერული ნალექების წარმოქმნაში მაინც ანთროპოგენურ წყაროებს - გოგირდს და აზოტს ეკუთვნის. გოგირდოვანი გაზი წარმოიქმნება ნახშირისა და ნავთობპროდუქტების წვის და ფერადი ლითონების მოპოვება-გადამუშავების პროცესში.

აზოტის ჟანგი წარმოიქმნება ჰაერში აზოტის ჟანგბადთან შეერთების შედეგად, მაღალი ტემპერატურის პირობებში, უმთავრესად შიგაწვის ძრავებში და საქვაბეებში. მჟავური წვიმები დიდ ზიანს აყენებს ბუნებას (განსაკუთრებით ცოცხალ), სოფლის მეურნეობას და თვითშენობა-ნაგებობებსაც. იგი უარყოფითად მოქმედებს ადამიანის ჯანმრთელობაზე. აშშ-ისა და დასავლეთ ევროპის სამრეწველო კომპლექსებისაგან ძლიერ ზარალდება სკანდინავიის ქვეყნები, აგრეთვე ევროპული რუსეთი და ბალტიისპირეთი, ვინაიდან გამაბინძურებელ ნივთიერებათა ნაკადის ტრანსპორტირებას ახდენს დასავლეთი ქარები. არსებული ინფორმაციით, ამ მიზეზით შვედეთის ოთხიათასამდე ტბაში თევზი არ ბინადრობს, ხოლო ნორვეგიის ტბების 80 % მძიმე ეკოლოგიურ მდგომარეობაშია.

ატმოსფეროს გაბინძურებასთან დაკავშირებულ გლობალური პრობლემებიდან ერთ-ერთი ყველაზე უფრო საგანგაშოა გლობალური დათბობის ტენდენცია. მისი მიზეზია სათბური ეფექტის წარმოქმნა, რაც დაკავშირებულია ატმოსფეროში სათბური გაზების, უპირველესად ნახშირორჟანგის, მეთანის წყლის ორთქლის, ფრეონის, ოზონისდასხვ. კონცენტრაციით. ყველაზე დიდი წილი მის შექმნაში CO₂-ს აქვს. სათბური გაზები მზის სითბოს თავისუფლად ატარებენ დედამიწის ზედაპირისაკენ, ხოლო მისგან გრძელტალღოვან სითბურ გამოსხივებას აკავებენ. ამიტომ ატმოსფეროს მიწისპირაფენაში გროვდება სითბო და აღინიშნება პლანეტარული დათბობა, რაც მეტეოროლოგიურ პროცესებში გამოიწვევს მსოფლიო ოკეანის დონის აწევას, რაც კატასტროფის ტოლფასი

იქნება, ვინაიდან მსოფლიო მოსახლეობის და დიდი ქალაქების მნიშვნელოვანი ნაწილი თავმოყრილია მსოფლიო ოკეანის სანაპირო ზოლში.

გლობალური დათბობის ერთ-ერთი ხელშემწყობია ტექნოგენური სითბოს გამოყოფა, რაცუდაოდ, გარკვეულ გავლენას ახდენს ტემპერატურის გლობალურ აწევაზე, რაზეც ჯერ კიდევ გასული საუკუნის 70-იან წლებში მიუთითებდნენ მეცნიერები (მილანოვა, რიაზიკოვი, 1979), რომ წარმოების ზრდის და ენერჯის მოხმარების ახლანდელი ტემპით (წლიურად 5,5-6 %), 2050 წლისათვის ის გაიზრდება 60-70 %-ით, რაც გამოიწვევს პლანეტის ჰაერის საშუალო ტემპერატურის ნორმიდან მნიშვნელოვან გადახრას. ეს მოსაზრება, როგორც ჩანს მართლდება კიდევ.

ატმოსფეროს გაბინძურებასთან დაკავშირებული მწვავე ეკოლოგიური (გლობალური მასშტაბის) გართულებებიდან ერთ-ერთი ყველაზე საგანგაშოა ბიოსფეროს, მზის მომაკვდინებელი ულტრასიფერი გამოსახივებისაგან დამცავი ფარის, სტრატოსფერული ოზონისფენის რღვევის ნიშნები, ოზონისხვრელების წარმოქმნა და გაფართოება. იგი ძირითადად გამოწვეულია ატმოსფეროში ფრეონის და აზოტის ჟანგის კონცენტრაციით. პირველის წყაროსძირითადად წარმოადგენს აეროზოლური ბალონებისა და საყოფაცხოვრებო ქიმიისპროდუქტების მოხმარება. აზოტოვანი ჟანგისა კი - ზებგერთი თვითმფრინავების ძრავების მუშაობა და აზოტოვანი სასუქების გამოყენება.

ეკოლოგიური სიტუაცია სახარბიელო არცსაქართველოს თავზეა. არსებული ინფორმაციით (ახლოწარსულში), რესპუბლიკის ტერიტორიიდან ატმოსფეროში მოხვედრილი (გამოფრქვეული) მავნენივთიერებათა მთელი მასა შეადგენდა თითქმის მილიონნახევარ ტონას, აქედან სამრეწველო საწრამოებზე მოდიოდა დაახლოებით 35 %, ხოლო ავტოტრანსპორტზე 65%. გაბინძურების ყველაზე მაღალი მაჩვენებელი აღინიშნება მთავარ სამრეწველო და ინტენსიური ავტოსატრანსპორტო მოძრაობის ქალაქებში. ატმოსფეროს გაბინძურებაში ავტოტრანსპორტის წილი ყველაზე დიდია (80%-ზემეტი) ქალაქ თბილისში. ერთსულმოსახლეზეგაბინძურებისმასამაქსიმალურიყო (დაახლოებით 2400 კგ) ზესტაფონში (ძირითადიწყარო "ფერომშენი"), ასევე მაღალიმაჩვენებელია რუსთავში და კასპში.

ატმოსფეროს ანთროპოგენური გაბინძურებისაგან დაცვის ღონისძიებებიდან უმთავრესია:

წარმოებაში უახლესი ტექნოლოგიების დანერგვა;

ეკოლოგიურად უსაფრთხო ალტერნატიული ენერგეტიკისგან ვითარება (მზის, ქარის, ჰიდრო, ზღვისტალღებისდასხვ.);

საკვამლე მიწების ეფექტური მტვერ - და გაზდამჭერი მოწყობილობებით უზრუნველყოფა;

ტყის არაგონივრული ჭრის აღკვეთა და მისი მასივების გაფართოება;

ავტოტრანსპორტის გადაყვანა ეკოლოგიურად უსაფრთხო ენერგოწვავზე (ელექტროდამზის);

მსოფლიო ოკეანის დაცვა გაბინძურებისაგან, ვინაიდან ატმოსფერული პროცესები და მასში ჟანგბადისა და ნახშირორჟანგის კონცენტრაცია ბევრად არის დამოკიდებული ოკეანის საერთოდ და კერძოდ, ფიტოპლანქტონის ეკოლოგიურ მდგომარეობაზე;

იურიდიულ-საკანონმდებლო უზრუნველყოფა და ადამიანის ეკოლოგიური კულტურის ამაღლება;

ატმოსფეროს ძლიერი ანთროპოგენური დაბინძურების პირობებში, მისი თვითგაწმენდის უნარი ვერ უზრუნველყოფს კონცენტრაციის დონის უსაფრთხომდგომარეობის შენარჩუნებას. რის გამოც აუცილებელი ხდება გლობალური მასშტაბის ეფექტურ ღონისძიებათა გატარება, რათა თავიდან იქნას აცილებული კრიზისული (ზოგჯერ კატასტროფული) ეკოლოგიური სიტუაციის წარმოქმნის საფრთხე. საქართველოს შემთხვევაში, იმასთან დაკავშირებით, რომ სამრეწველო საწარმოთა მეტი წილი გაჩერებულია (ზოგი ჭირი მარგებელია) ნაწილი კი არასრული დატვირთვით მუშაობს, საგრძნობლად შემცირდა ატმოსფეროს დაბინძურების სტაციონარული წყაროების წილი. ატმოსფეროს დაბინძურების წინააღმდეგ მიმართულ ღონისძიებათა შორის ასევე ერთ-ერთი უმთავრესია გაზდამჭერი დანადგარების მოწყობა და მავნენივითიერებათა გამონაბოლქვის შემცირება ტექნოლოგიური პროცესების სრულყოფის გზით.

მოსახლეობის რიცხოვრივ ზრდასთან ერთად იზრდება ტურისტულ-რეკრეაციული ნაკადების სიმძლავრე, განსაკუთრებით კი ურბანიზებულ ქვეყნებსა და რაიონებში. შესაბამისად იზრდება ანთროპოგენულ-რეკრეაციული დატვირთვები და ზემოქმედება ბუნებრივ ლანდშაფტებზე. მდინარეების, ტბებისა და წყალსატევების სტიქიურმა და არარაციონალურმა გამოყენებამ შეიძლება ბუნებრივ იწონასწორობის სერიოზული დარღვევა გამოიწვიოს.

ზოგიერთი მკვლევარის მიერ "რეკრეაციის" ცნება ცალსახად არის გაგებული - "ბუნებაში დასვენება", მაგრამ ასეთი განმარტება არასწორია. რეკრეაცია - უპირველესად ეს არის ადამიანის ბუნებასთან კავშირ-ზემოქმედების პროცესი, როდესაც ადამიანი ფიზიკური და სულიერი ძალების აღსადგენად პირდაპირ ან არაპირდაპირ იყენებს სხვა და სხვა ბუნებრივ რესურსებს: ჰიდროთერმულ, მინერალურ, მიწის, ხმელეთისა და წყლის ფიტო და ზოორესურსებს და სხვ.

მოსახლეობის დასვენებასა და ბუნებრივი რესურსების გამოყენებას შორის შეინიშნება პირდაპირი და უკუკავშირები. ამ პროცესში მონაწილე ორივე მხარის რთული ურთიერთზემოქმედების შედეგი რეკრეაციისათვის შეიძლება დადებითიც იყოს და უარყოფითიც, რაც საზოგადოებასა და გარემოზე ერთდროულად ვლინდება. და დებითი შედეგია, რომ ადამიანი აღიდგენს ძალებს და ჯანმრთელობას, ხოლო შედეგი უარყოფითი იქნება, თუ მოხდებ აბუნებრივი რესურსების უკონტროლო გამოყენება.

გარემოს შენარჩუნების აღდგენის მიზნით აუცილებელია ბუნებაზე რეკრეაციული ზემოქმედების კონტროლი, პროგნოზი და მართვა.

წყალსატევების სანაპიროები მეტად მგრძობიარეა, მათი რეკრეაციული ტევადობა და აღდგენის უნარი კი - საკმაოდ შეზღუდული. დაკვირვებებმა ცხადყო, რომ დამსვენებლები დასვენების ზონაში ტოვებენ ნარჩენებს და ნაგავს, ხელსუწყობენ ნაპირები სეროზიას, ტყეში ხანძრის გაჩენას, სანაპიროს ხედები კი შეცვლილი და დამახინჯებულია რეკრეაციული ნაგებობების სტიქიური მშენებლობების გამო.

წყალსატევებზე ჰიდროკვანძების პროექტირებისას მნიშვნელოვანია რეკრეაციული ზემოქმედების გათვალისწინება, რაც საშუალებას იძლევა მოხდეს მისი გარემო ზეგავლენის უფრო საფუძვლიანი პროგნოზირება. წყალსაცავის შექმნიდან რამდენიმე წლის შემდეგ დასვენების საგარეუბნო ზონაში თავს იჩენს დამსვენებელთა ზეგავლენა მცენარეულ საფარზე, რის შედეგადაც თითქმის მთლიანად ნადგურდება ქვეტყედა ნაზარდი, იცვლებანია და გისფიზიკური თვისებები.

ტურიზმი იწვევს პლაჟების შემცირებას, ის ხელს უწყობს ქვიშის დიუნების გადაადგილებას და ნგრევას. ირლანდიაში, დიდ ბრიტანეთში, დანიასა და ნიდერლანდებში მნიშვნელოვანმა რეკრეაციულმა დატვირთვებმა გამოიწვიეს დიუნების ეროზია და სერიოზული ზიანი მიაყენეს სანაპიროს მცენარეულობას.

გარემოზე ტურისტთა ნაკადისა და დამსვენებელთა უშუალო ზეგავლენის გარდა გასათვალისწინებელია აგრეთვე, იგივე გარემოზე საკურორტო დასახლებების, სპეციალური შენობა-დაწესებულებების, სატრანსპორტო კომუნიკაციების, წყალგაყვანილობისა და საკანალიზაციო ქსელის და ა.შ. ზეგავლენაც. შიდა წყალსატევების სანაპიროებზე რეკრეაციული ობიექტების დიდი კონცენტრაცია იწვევს ნეგატიურ ეკოლოგიურ და სანიტარულ-ჰიგიენურ ეფექტს.

წყლის ობიექტის სანაპიროებზე დასვენების ზონების ქოტურმა არამართულმა განვითარებამ რამდენიმე წლისშემდეგ შეიძლება ბუნებრივი ლანდშაფტების ნგრევის შეუქცევადი პროცესი გამოიწვიოს.

ამრიგად, წყალსატევების ნაპირებზე რეკრეაციის შედეგად ძირითადი ნეგატიური ეკოლოგიური ზემოქმედებებია:

ტყისა და მინდვრების მცენარეული საფარის დიგრესია, რაც იწვევს მეწყერს, წყლისა და ქარისმიერ ეროზიას;

საგზაო-საბილიკო ქსელის გადატვირთვა, რაც ლანდშაფტის დეგრადაციას იწვევს.

სანაპირო ფერდობების რეკრეაციული დაწესებულებებით გადატვირთვა, რაც იწვევს მეწყერებს, ხრამებს და აუარესებს ლანდშაფტის ესთეტიკურ-თვისებებს;

პლაჟების, წყალსატევების სანაპირო ზოლის გადატვირთვა, რაც იწვევს მათ ქიმიურ და ბაქტერიალურ დაჭუჭყიანებას.

გამოკვლევები ამტკიცებს, რომ წყლის ობიექტების რეკრეაციული გამოყენება იწვევს არახელსაყრელ ზემოქმედებას, კერძოდ კი ხელს უწყობს წყლის ფიზიკურ-ქიმიურ მახასიათებლების ცვლილებებს, მის ბაქტერიალურ დაჭუჭყიანებას, წყალსატევების ევტროფიკაციის განვითარებას, ცალკეულ შემთხვევაში კი შეიძლება ეკოსისტემის შეცვლაც კი გამოიწვიოს. უნდა აღინიშნოს რომ რეკრეაციული ზეგავლენა წყალსატევებზე ნაკლებადაა შესწავლილი.

ხმელეთისა და წყლის ბუნებრივი კომპლექსების რღვევა წყლის ობიექტების რეკრეაციული გამოყენებისას, შეიძლება სხვა და სხვა მექანიკური დაზიანებების შედეგადაც მოხდეს; აგრეთვე წყლის ობიექტებში დასვენების ზონიდან დამაჭუჭყიანებელი და

ევტროფირებული ნივთიერებების მოხვედრით. წყლის ობიექტების რეკრეაციული გამოყენების ერთ-ერთი მნიშვნელოვანი არახელსაყრელი შედეგია წყლის დაჭუჭყიანება, რაც მის სანიტარიულ-ჰიგიენური პირობების გაუარესებას იწვევს. მართალია, რეკრეაცია წყალსატევების დაჭუჭყიანების ერთადერთი მიზეზი არ არის, მაგრამ ბევრ რაიონში აღმავებს მას, რამაც თავის მხრივ შეიძლება ტურიზმისა და რეკრეაციის პირობებზე დამლუპველად იმოქმედოს. ასე მაგალითად, 1972 წელს მთელი რიგი ქვეყნების ადმინისტრაციულმა ორგანოებმა ევროპის ზოგიერთი სანაპიროს დაჭუჭყიანების გამო ზღვა საბანაოდ არახელსაყრელად გამოაცხადეს. მართალია, ეს დაჭუჭყიანება ძირითადად ტურიზმით არ იყო გამოწვეული, მაგრამ იგი ამძლიერებდა მას.

დაჭუჭყიანებამ ასევე დიდი ზიანი მიაყენა ზღვის ფლორასა და ფაუნას. ტურიზმის განვითარებამ ხელი შეუწყო ხმელთაშუა ზღვის დაჭუჭყიანებას, რამაც თავის მხრივ, სერიოზული გავლენა მოახდინა ტურიზმზე.

დასვენების მასიურ ზონებში წყლის ნაკადები საშიშია ბაქტერიალური კუთხითაც. გამოკვლევებით დადგინდა, რომ აშშ-ს სხვა და სხვა შტატებში მდებარე 18 წყალსატევზე წყლის ხარისხის ბაქტერიალური მაჩვენებლის გაუარესებ ადაკავშირებულია რეკრეაციული დატვირთვების ხასიათსა და დონეზე. ეს მონაცემები ეხება ნაწლავური ჩხირების ბაქტერიების ჯგუფსა და ფეკალურ სტრუპტოკოკებს. მნიშვნელოვნად იყო დაჭუჭყიანებული ამ წყალსატევების ნაპირებიც საბანაო და თევზჭერის ზონებში.

ევტროფიკაციის შედეგად წარმოიქმნება ფერადი წყლები, კლებულობს მისი გამჭვირვალობა, წყალს უჩნდება უსიამოვნო გემო და სუნი, შეინიშნება ჟანგბადის დეფიციტი, იცვლება იხტიოფაუნის სტრუქტურა, ქრება თევზის ძვირფასი სახეობები.

წყლის ობიექტების მდგომარეობა ზეგავლენას ახდენს დასვენების ისეთი სახეები, როგორცაა დასვენება სანაპიროზე (ტურიზმი, ჰაერისა და მზის აბაზანების მიღება, პიკნიკი და სხვ.), ბანაობა, სამოყვარულო თევზჭერა (ზაფხულსა და ზამთარში), მცირე ტონაჟის ფლოტის გამოყენება, ექსკურსიები გემებით. რეკრეაციამ მნიშვნელოვანი როლი შეიძლება შეასრულოს სანაპიროდან ჩამდინარე კომუნალურ-საყოფაცხოვრებო ნაკადების ფორმირებაშიც.

სანაპიროზე არაორგანიზებული დასვენება - ტურიზმი, პიკნიკები, მზისა და ჰაერის აბაზანების მიღება და სხვ. მთელი რიგი მდინარეების, ტბებისა და წყალსაცავების დაჭუჭყიანების ერთ-ერთი მნიშვნელოვანი წყაროა. გამოკვლევებით დადგენილია, რომ

სანაპიროებისა და თავთხელი ზონების ბუნებრივ კომპლექსებში ხვდება სხვა და სხვა დამაჭუჭყიანებელი და ბიოგენური ნივთიერებები ამ ადგილებში დამსვენებელთა დიდი კონცენტრაციის გამო. ისინი უშუალოდ ან წყალში ხვდებიან, ან ნაპირებზე რჩებიან, და შემდეგ კი ჩამდინარე ნაკადებით ირეცხებიან, ან ნიადაგში ჩაირეცხებიან და გრუნტის წყლებით ხვდებიან წყალსატევებში.

აშშ-ში წყლის ეკოსისტემებზე და წყლის ხარისხზე ტურისტების მავნე ზეგავლენის შესაფასებლად მოდელირების სხვა და სხვა მეთოდების გამოყენებით გამოკვლევები ჩატარდა ჯორჯიის ტბაზე. ამ შეფასების ეფექტური საშუალება იყო მკვდარი და ტომური წყალმცენარეების გროვების მრავალფაქტორული ანალიზი, რომელიც ტბის ირგვლივ მდებარე 125 საცდელ სადგურში აიღეს. შედეგად მიღებული იქნა ტბის ცალკეულ ადგილებზე მკვებავი ნივთიერებების ზეგავლენის რუკა. იმიტაციური მოდელის საფუძველზე შესწავლილი იქნა ამ ტბის ეკოსისტემების რთული ურთიერთკავშირები.

ძირითადი მოდელების ცვლილებით, როგორცაა წყალში ფოსფატების შემცველობა, მოდელირებული იყო ეკოსისტემების ყველა კომპონენტის მიხედვით დატვირთვების ზემოქმედება გარემოზე.

დასვენების მრავალ ზონაში არ არის გადაწყვეტილი ტერიტორიების სანიტარული დასუფთავების საკითხი; ნარჩენებს ნაპირზე მარხავენ, ყრიან ბუნებრივ ღრმულებში ან ტოვებენ ადგილზე.

1. რადიაციის სახეები და დოზიმეტრიის ძირითადი ცნებები

რადიაციის ზემოქმედება ნივთიერებაზე მიმდინარეობს სხვადასხვაგვარად იმის და მიხედვით, თუ რა სახის გამოსხივებებთან გვაქვს საქმე, როგორია მათი მუხტი, მასა და ენერჯია. დამუხტული ნაწილაკები ახდენენ ნივთიერების ატომების იონიზაციას. ნეიტრონები და γ -კვანტები, ეჯახებიან რა ნივთიერებაში არსებულ დამუხტულ ნაწილაკებს, გადასცემენ თავის ენერჯიას, γ -კვანტების შემთხვევაში შესაძლებელია ელექტრონ-პოზიტრონული წყვილის წარმოქმნა. ეს მეორადი დამუხტული ნაწილაკები, ნივთიერებაში

დამუხრუჭებისას იწვევენ მის იონიზაციას. რადიაციული დაზიანება ძირითადად გამოწვეულია ამ მეორადი ნაწილაკებით, რამდენადაც ისინი ურთიერთქმედებენ ატომების უფრო მეტ რაოდენობასთან, ვიდრე პირველადი გამოსხივების ნაწილაკები. საბოლოოდ, პირველადი ნაწილაკის ენერგია ტრანსფორმირდება გარემოს დიდი რაოდენობის ატომების კინეტიკურ ენერგიად და იწვევს ამ გარემოს გახურებას და იონიზაციას. ეს პროცესები უდევს საფუძვლად გამოსხივების ბიოლოგიურ ზემოქმედებას.

ნივთიერებაზე მაიონებელი გამოსხივების ზემოქმედების შესაფასებლად, პირველ რიგში, ერთმანეთისგან უნდა გავარჩიოთ კორპუსკულარული და ელექტრომაგნიტური გამოსხივებები.

კორპუსკულარული გამოსხივება მოიცავს ნულისგან განსხვავებული მასის მქონე ნეიტრალურ ან დამუხტულ ნაწილაკებს:

1. α - გამოსხივება წარმოადგენს ჰელიუმის ბირთვებს, რომლებიც გამოსხივდებიან ტყვიაზე მძიმე ელემენტების რადიოაქტიური დაშლის ან ბირთვული რეაქციების შედეგად.

2. β - გამოსხივება ეს არის ელექტრონები და პოზიტრონები, რომლებიც წარმოიქმნებიან ცალკეული ელემენტების (დაწყებული ყველაზე მსუბუქიდან – ნეიტრონი, დამთავრებული ყველაზე მძიმე ელემენტით) β -დაშლის დროს.

3. კოსმოსური გამოსხივება, რომელიც მოდის კოსმოსიდან და მის შემადგენლობაშია ძირითადად პროტონები და ჰელიუმის ბირთვები. სუფრო მძიმე ელემენტები შეადგენენ 1%-ზე ნაკლებს. ატმოსფეროს სიღრმეში კოსმოსური სხივები ურთიერთქმედებენ ატმოსფეროს შემადგენლობაში შემავალ ბირთვებთან და წარმოქმნიან მეორადი ნაწილაკების ნაკადებს (მეზონები, γ -კვანტები, ნეიტრონები და სხვა).

4. ნეიტრონები წარმოიქმნება ბირთვულ რეაქციებში (ბირთვულ რეაქტორებში და სხვა საწარმოო და სამეცნიერო დანადგარებში, ასევე ბირთვული აფეთქებების დროს).

5. დაშლის პროდუქტები, რომლებსაც შეიცავს ბირთვული რეაქტორების გადამუშავებული საწვავის ნარჩენები.

6. პროტონები, იონები – ძირითადად მიიღება ამაჩქარებლებში.

ელექტრომაგნიტური გამოსხივება წარმოიქმნება სხვადასხვა წყაროებიდან: ატომბირთვების γ -გამოსხივება, აჩქარებული ელექტრონების დამუხრუჭების გამოსხივება, რადიოტალღები და სხვა.

მაიონებელი გამოსხივების რაოდენობრივი შეფასებისათვის გამოიყენება შემდეგი ძირითადი ცნებები და ერთეულები:

რადიონუკლიდის აქტიურობა. აქტიურობა ეს არის წყაროში დროის მცირე ინტერვალში მოცემული ენერგეტიკული მდგომარეობიდან სპონტანური ბირთვული გარდაქმნების მოსალოდნელი რიცხვის - dN შეფარდება, ამ დროის ინტერვალთან - dt :

$$A = \frac{dN}{dt}$$

აქტიურობის ერთეულად SI – სისტემაში მიღებულია ბეკერელი (ბკ)

ერთი ბეკერელი - ეს არის ერთი დაშლა ერთ წამში, $1 \text{ ბკ} = 1 \text{ დაშლა/წმ}$

აქტიურობის სისტემის გარეშე ერთეულად გამოიყენება კიური (კი).

ერთი კიური - ეს არის ერთი გრამი - ^{226}Ra -ის აქტიურობა $1 \text{ კი} = 3,7 \cdot 10^{10} \text{ ბკ}$

ექსპოზიციური დოზა. რენტგენისა და გამა გამოსხივების რაოდენობრივ ზომად მიღებულია ექსპოზიციური დოზა, რომელიც განისაზღვრება გამოსხივების ზემოქმედების შედეგად მცირე მოცულობის მქონე ჰაერის - dm მასაში წარმოქმნილი მეორადი ნაწილაკების

dQ - მუხტით: $X = \frac{dQ}{dm}$

ექსპოზიციური დოზა იზომება სისტემის გარეშე ერთეულით – რენტგენი (რ).

ერთი რენტგენი – ეს არის რენტგენის ან γ -კვანტებით დასხივების ისეთი დოზა, რომლის დროსაც 1 სმ^3 მშრალ ატმოსფერულ ჰაერში 0°C -ის და $760 \text{ მმ. ვწყ. სვ. წნევის}$ დროს წარმოიქმნება 1 CGSE ჯამური მუხტის მქონე ერთ-ერთი ნიშნის მატარებელი იონები. 1რ ექსპოზიციურ დოზას შეესაბამება $2,08 \cdot 10^9$ წყვილი იონი. თუ ჩავთვლით, რომ ჰაერში ერთი წყვილი იონის წარმოქმნისათვის საჭირო ენერგია $\cong 33,85 \text{ ევ-ს}$, მაშინ 1რ ექსპოზიციური

დოზის დროს 1 სმ^3 ჰაერს გადაეცემა ენერგია : $2,08 \cdot 10^9 \times 33,85 \times \frac{1}{4,8 \times 10^{-10}} = 0,133 \text{ ერგი}$, ხოლო

1გ ჰაერს გადაეცემა : $\frac{0,133}{\rho_H} = \frac{0,113}{0,00129} = 87,3 \text{ ერგი}$, სადაც ρ_H - ჰაერის სიმკვრივეა.

მაიონებელი გამოსხივების ენერჯის შთანთქმა წარმოადგენს პირველად პროცესს, რომელიც საწყისია ფიზიკო-ქიმიური გარდაქმნების დასხივებულ ქსოვილში და რომელსაც მივყავართ დაკვირვებად რადიაციულ ეფექტამდე. ამიტომ, ბუნებრივია, აღნიშნული რადიაციული ეფექტი შევადაროთ შთანთქმულ ენერჯიას ან შთანთქმულ დოზას.

შთანთქმული დოზა - ეს არის ძირითადი დოზიმეტრიული ერთეული და იგი ტოლია მაიონებელი გამოსხივების მიერ ელემენტარულ მოცულობაში არსებული ნივთიერებისადმი გადაცემული dE - საშუალო ენერჯიის ფარდობისა ამ ნივთიერების dm -

მასასთან:
$$D = \frac{dE}{dm}$$

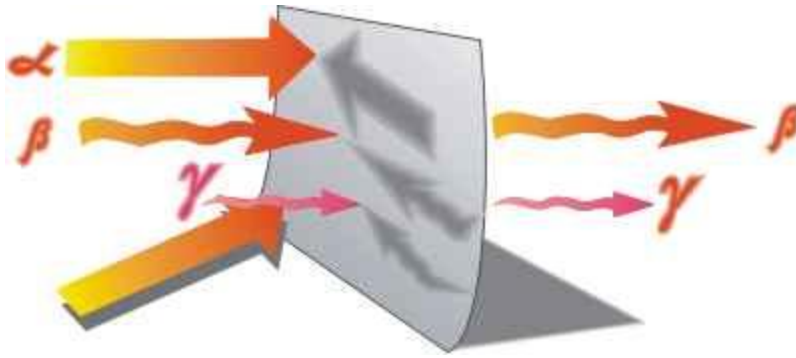
შთანთქმული დოზის ერთეულად SI- სისტემაში მიღებულია გრეი (გრ),

$$1 \text{ გრ} = 1 \text{ ჯ/კგ}$$

შთანთქმული დოზის სისტემის გარეშე ერთეულად გამოიყენება რადი (რად)

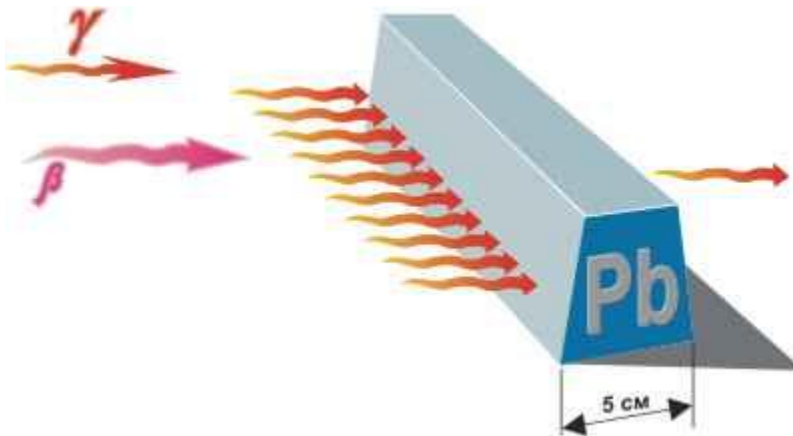
1რადი = 100 ერგი/გ, რადგან $1\text{ჯ}=10^7\text{ერგ}$, ამიტომ $1\text{გრ} = 100\text{რად}$

ბიოლოგიურ ორგანიზმზე გამოსხივების ზემოქმედების დახასიათებისას მნიშვნელოვანია არა მარტო მისთვის გადაცემული ენერჯიის რაოდენობა, არამედ ამ ენერჯიის გადაცემის გზა, გამოსხივების გვარობა, ენერჯიის დიაპაზონი. სხვადასხვა სახის გამოსხივებას ახასიათებს სხვადასხვა ბიოლოგიური ეფექტურობა, რაც დაკავშირებულია მათ შეღწევის უნარიანობასთან და დამოკიდებულია ცოცხალ ორგანოებსა და ობიექტებზე ენერჯიის გადაცემის ხასიათსა და პირობებზე. მაგალითად, α -გამოსხივებას აქვს მცირე განარბენი და ხასიათდება მცირე შეღწევის უნარიანობით. ჰაერში მისი საშუალო განარბენი , 4მეგ ენერჯიის დროს, შეადგენს ~2,5 სმ – ს, ხოლო ბიოლოგიურ ქსოვილებში მხოლოდ 31 მკმ–ს. -გამოსხივება ვერ აღწევს ადამიანის კანში(Mმისი “შეჩერება” შეუძლია ქალაქის ფურცელსაც კი). თუმცა, α -გამოსხივებადი ნუკლიდები ძალიან საშიშია ორგანიზმის შიგნით მოხვედრის შემთხვევაში.



β-გამოსხივებას აქვს მეტი შეღწევის უნარი. ჰაერში იგივე 4მეგ ენერგიის ელექტრონების საშუალო განარბენი არის 17.8 მ, ბიოლოგიურ ქსოვილებში კი მხოლოდ 2,6 სმ.

γ-გამოსხივებას ბევრად მეტი შეღწევის უნარიანობა აქვს. მაგალითად, კობალტის γ-გამოსხივების (E=1,17მეგ და E=1,33მეგ) 10_ჯერ შესამცირებლად საჭიროა 5სმ სისქის ტყვიის ფენა. მისი ზემოქმედებით მიმდინარეობს მთელი ორგანიზმის დასხივება.



ამდენად, ბიოლოგიურ ორგანიზმზე სხვადასხვა სახის გამოსხივების ზემოქმედების შესაფასებლად შემოაქვთ წილითი ანუ ხარისხის კოეფიციენტები.

ხარისხის კოეფიციენტების მნიშვნელობების გამოყენებით შეიძლება დავწეროთ მიღებული დოზის სიდიდე ბიოლოგიურ ორგანიზმზე სხვადასხვა სახის გამოსხივების ზემოქმედების თავისებურებათა გათვალისწინებით. ამ დოზას ეწოდება ექვივალენტური.

ექვივალენტური დოზა ტოლია ორგანოს ან ქსოვილის მიერ შთანთქმული დოზის ნამრავლისა მოცემული სახის გამოსხივების შესაბამის ხარისხის კოეფიციენტზე:

$$H_{TR} = W_R \cdot D_{TR}$$

სადაც D_{TR} – საშუალო შთანთქმული დოზაა T ორგანოში ან ქსოვილში, W_R ხარისხის კოეფიციენტი R გამოსხივებისათვის. (ცხრ. #1).

ცხრილი # 1. ხარისხის კოეფიციენტი გამოსხივების სხვადასხვა სახეებისათვის

გამოსხივების სახე	W_R
ნებისმიერი ენერგიების ფოტონები	1
ნებისმიერი ენერგიის ელექტრონები და მიუონები	1
ნეიტრონები ენერგიებით	
ნაკლებით 10კევ.-ზე	5
10კევ.-დან 100კევ.-მდე	10
100კევ.-დან 2მევ.-მდე	20
2მევ.-დან 20მევ.-მდე	10
20მევ.-ზე მეტი	5
პროტონები ენერგიებით მეტით 2მევ.-ზე	5
α -ნაწილაკები,დაყოფის ნამსხვრევები,მძიმე ბირთვები	20

თუ გამოსხივების ველი შედგება რამოდენიმე სახის R_i გამოსხივებისაგან, მაშინ:

$$H_T = \sum_i H_{TR_i} ,$$

სადაც i სიმბოლოთი აღნიშნულია ცალკეული სახის გამოსხივება.

SI - სისტემაში ექვივალენტური დოზის ერთეულად მიღებულია ზივერტი (რ. ზივერტი – შვედი ფიზიკოსი, 1896 _ 1966).

$$1 \text{ ზვ} = 1 \text{ ჯ} / \text{კგ} = 10^4 \text{ერგ} / \text{გ} .$$

ექვივალენტური დოზის სისტემის გარეშე ერთეულია ბერი (1 ზვ = 100 ბერ).

რადგანაც განსხვავებულ ორგანოებსა და ქსოვილებს გამოსხივებისადმი სხვადასხვა მგრძობიარობა ახასიათებთ, დიდი მნიშვნელობა ენიჭება იმას, თუ კერძოდ რომელი ორგანო მოხვდა მაიონებელი ზემოქმედების ქვეშ. რადიაციის მიმართ განსაკუთრებით მგრძობიარეა სისხლმზადი ორგანოები, გონალები, ფილტვები, ფარისებრი ჯირკვალი, კუჭი.

სიდიდეს, რომელიც ახასიათებს ადამიანზე გამოსხივების ზემოქმედების ზომას E-ის ორგანოების რადიომგრძობელობის გათვალისწინებით ეწოდება ეფექტური დოზა. იგი წარმოადგენს ორგანოებსა და ქსოვილებში ექვივალენტური დოზების შესაბამის ხარისხის კოეფიციენტებზე ნამრავლების ჯამს:

$$E = \sum_T W_T \cdot H_T$$

სადაც H_T – ექვივალენტური დოზაა T ორგანოსა ან ქსოვილში, W_T კი ამ ორგანოს ან ქსოვილისათვის ხარისხის კოეფიციენტი (ცხრ. #2). ეფექტური დოზის ერთეულია – ზივერტი (ზვ).

ცხრილი # 2. ხარისხის კოეფიციენტები ქსოვილებისა და ორგანოებისათვის

ქსოვილი ან ორგანი	W_T
გონალები	0,2
ძვლის წითელი ტვინი	0,12
ფილტვები	0,12
კუჭი	0,12
ფარისებლი ჯირკვალი	0,05
კანი	0,01

დოზიმეტრიაში ერთ-ერთ არსებით სიდიდეს წარმოადგენს დოზის სიმძლავრე. დოზის სიმძლავრე არის დოზა, მიღებული დროის გარკვეულ შუალედში (საათში, დღე-ღამეში, წელიწადში).

2. ატომბირთვების რადიოაქტიური გარდაქმნების სახეები

რეზერვორდმა რადიოაქტიური გამოსხივების შეღწევადობის უნარის გაანალიზების დროს აღმოაჩინა E ამ გამოსხივების ორი შემადგენელი: ნაკლებად შეღწევადი, რომელსაც უწოდა α -გამოსხივება და მეტად შეღწევადი, რომელსაც უწოდა β -გამოსხივება. ურანის გამოსხივების მესამე, ყველაზე უფრო მაღალი შეღწევადობის უნარის მქონე, კომპონენტი აღმოჩენილ იქნა მოგვიანებით, 1900 წელს პოლ ვილარდის მიერ და მას რეზერვორდის რიგის ანალოგიით γ -გამოსხივება უწოდეს. რეზერვორდმა და მისმა თანამშრომლებმა აჩვენეს, რომ რადიოაქტიურობა დაკავშირებულია ატომების დაშლასთან (საკმაოდ მოგვიანებით გახდა ცხადი, რომ საქმე ჰქონდათ ატომბირთვების დაშლასთან), რასაც თან ახლავს მათგან გარკვეული ტიპის გამოსხივების გამოტყორცნა. ამ დასკვნამ გამანადგურებელი დარტყმა მიაყენა ფიზიკასა და ქიმიაში გაბატონებულ ატომის განუყოფლობის კონცეფციას.

რეზერვორდის შემდგომ გამოკვლევებში ნაჩვენები იყო, რომ α -გამოსხივება წარმოადგენს α -ნაწილაკების ნაკადს, რომლებიც სხვა არაფერია, თუ არა ${}^4_2\text{He}$ იზოტოპის ბირთვები, β -გამოსხივება კი შედგება ელექტრონებისაგან. დაბოლოს, γ -გამოსხივება აღმოჩნდა სინათლისა და რენტგენის გამოსხივების მონათესავე და წარმოადგენს მაღალი სიხშირის ელექტრომაგნიტური კვანტების ნაკადს, რომელიც გამოსხივდება ატომის ბირთვიდან აღზნებული მდგომარეობიდან უფრო დაბალ ენერგეტიკულ მდგომარეობაში გადასვლისას.

რადიოაქტიურობის მეოთხე სახე, აღმოჩენილი რუსეთში ახალგაზრდა ფიზიკოსების გ.ნ. ფლეროვის და კ.ა. პეტრჟაკის მიერ, უკავშირდება ბირთვების სპონტანურ დაყოფას, რომლის პროცესშიც ზოგიერთი საკმაოდ მძიმე ბირთვი იშლება ორ თითქმის თანაბარი მასის ნამსხვრევად.

მაგრამ, დაშლამაც ვერ ამოწურა ატომბირთვების რადიოაქტიური გარდაქმნების ყველა სახე. 50-იანი წლებიდან დაწყებული ფიზიკოსები მეთოდურად უახლოვდებოდნენ ბირთვების პროტონული რადიოაქტიურობის აღმოჩენას. იმისათვის, რომ ძირითად მდგომარეობაში მყოფმა ბირთვმა თავისთავად შეძლოს პროტონის გამოსხივება, აუცილებელია, რომ ბირთვიდან პროტონის გამოსვლის ენერჯია იყოს დადებითი. მაგრამ ასეთი ბირთვები დედამიწაზე არ არსებობენ და ისინი ხელოვნურად უნდა შეექმნათ. პროტონული რადიოაქტიურობა გერმანელმა ფიზიკოსებმა აღმოაჩინეს 1982 წელს დარმშტადტში, იყენებდნენ რა მსოფლიოში ყველაზე მძლავრ მრავალმუხტიანი იონების ამაჩქარებელს.

დასასრულ, 1984 წელს მეცნიერთა ჯგუფებმა დამოუკიდებლად ინგლისში და რუსეთში აღმოაჩინეს კლასტერული რადიოაქტიურობა ზოგიერთი მძიმე ბირთვებისა, რომლებიც თავისთავად ასხივებენ კლასტერებს – ატომის ბირთვებს 14-დან 34-მდე მასური რიცხვით.

დრო გვიჩვენებს, ამოიწურა თუ არა რადიოაქტიური გამოსხივების ყველა შესაძლო სახე. ჯერჯერობით კი ინტენსიურად მიმდინარეობს ისეთი ბირთვების ძიება, რომლებიც ძირითადი მდგომარეობიდან გამოსხივებენ ნეიტრონს (ნეიტრონული რადიოაქტიურობა) ან ორ პროტონს (ორპროტონიანი რადიოაქტიურობა).

ჯერ კიდევ 1866 წელს ინგლისელმა მეცნიერმა ვილიამ კრუქსმა წამოაყენა ჰიპოთეზა, რომ ყოველი ელემენტი წარმოადგენს ერთნაირი თვისებების, მაგრამ სხვადასხვა ატომური მასის მქონე ნივთიერებათა ნარევს. თუმცა, იმ დროისათვის ამ ვარაუდს არ ჰქონდა ექსპერიმენტული დასაბუთება და უყურადღებოდ დარჩა. მოგვიანებით (XX საუკუნის დასაწყისში) არაერთი ექსპერიმენტის საფუძველზე დადგინდა, რომ ქიმიური ელემენტები მართლაც წარმოადგენენ ნარევს ატომებისა, რომელთაც აქვთ ერთნაირი მუხტის მქონე ბირთვები (შესაბამისად პრაქტიკულად ერთნაირი ელექტრონული შრეები), მაგრამ განსხვავდებიან მასის მიხედვით. ანუ, როგორც ამბობდა ცნობილი მეცნიერი ფედერიკ სოდი, ეს ატომები “გარედან” ერთნაირია, მაგრამ “შიგნით” განსხვავებული. სწორედ ასეთ ატომებს სოდიმ უწოდა იზოტოპები.

იზოტოპები – ეს არის ერთი და იგივე ქიმიური ელემენტის ატომთა სახესხვაობა, რომლებიც თავისი ფიზიკო-ქიმიური თვისებებით ახლოს არიან ერთმანეთთან. სახელწოდება

“იზოტოპი” არის ორი ბერძნული სიტყვის გაერთიანება: ისოს – ერთნაირი და ტოპოს – ადგილი. იზოტოპებს პერიოდულ სისტემაში უკავია ერთი და იგივე უჯრედი.

1932 წელს აღმოჩენილ იქნა ნეიტრონი და შეიქმნა ბირთვის პროტონ-ნეიტრონული მოდელი. შედეგად, მეცნიერებაში დამკვიდრდა საბოლოო თანამედროვე განმარტება: იზოტოპები – ეს არის ერთი და იგივე ქიმიური ელემენტის ატომთა სახესხვაობა, რომელთა ბირთვები შეიცავენ ერთი და იმავე რაოდენობის პროტონებს და განსხვავებული რაოდენობის ნეიტრონებს.

ყოველი იზოტოპი აღინიშნება შემდეგი სიმბოლოებით: ${}^A_Z X$, სადაც X ქიმიური ელემენტის სიმბოლოა, Z ატომის ბირთვის მუხტი (პროტონების რაოდენობა), A – იზოტოპის მასური რიცხვი (ნუკლონების – პროტონების და ნეიტრონების საერთო რაოდენობა ბირთვში $A = Z + N$). რამდენადაც ბირთვის მუხტი ცალსახად არის დაკავშირებული ქიმიური ელემენტის სიმბოლოსთან, ხშირად, შემოკლებისათვის, ნაცვლად ${}^A_Z X$, იზოტოპისათვის წერენ უბრალოდ X .

დღეისათვის ცნობილი ყველა იზოტოპიდან მხოლოდ წყალბადის იზოტოპებს აქვთ თავისი სახელწოდებები: 1H – პროტიუმი, 2H – დეიტერიუმი (D), 3H – ტრიტიუმი (T). ამჟამად ცნობილია ~ 270 სტაბილური იზოტოპი, თანაც სტაბილური იზოტოპები გააჩნიათ მხოლოდ იმ ელემენტებს, რომელთა რიგითი ნომერი $Z \leq 83$. არასტაბილური (რადიოაქტიური) იზოტოპების რაოდენობა აღემატება 2000-ს. (არსებული შეფასებით მოსალოდნელია ატომბირთვების რაოდენობა შეადგენდეს ~ 6500-ს). მათი უდიდესი ნაწილი მიღებულია ხელოვნური გზით. რადიოაქტიური იზოტოპების რაოდენობა ბევრი ელემენტისათვის ორ ათეულზე მეტია, სტაბილური იზოტოპები – მნიშვნელოვნად ნაკლები. ზოგიერთი ქიმიური ელემენტი შეიცავს მხოლოდ ერთ სტაბილურ იზოტოპს (ბერილიუმი, ფტორი, ნატრიუმი, ალუმინი, ფოსფორი, მარგანეცი, ოქრო და სხვა), ყველაზე მეტი – 10 სტაბილური იზოტოპი აქვს კალას. დანარჩენებს, მაგალითად, რკინას აქვს 4 სტაბილური იზოტოპი, ვერცხლისწყალს – 7 და ა.შ.

ატომბირთვების თვისებები განისაზღვრება ერთდროულად ძლიერი, ელექტრომაგნიტური და სუსტი ურთიერთქმედებებით. ატომბირთვები მოიცავენ პროტონების Z და

ნეიტრონების N სხვადასხვა რაოდენობათა ერთიანობას. სტაბილური ბირთვების არეში ნეიტრონებისა და პროტონების რაოდენობრივი დამოკიდებულება ხასიათდება ფორმულით

$$N/Z = 0,98 + 0,015 A^{2/3}$$

სადაც $A = Z + N$ მასური რიცხვია.

იზოტოპების სისტემატიზაციისათვის სასარგებლოა გამოვიყენოთ ნეიტრონ-პროტონული დიაგრამა, რომელიც ყველა სტაბილური და რადიოაქტიური ბირთვის კომპაქტურად განლაგების საშუალებას იძლევა. ასეთი დიაგრამის მცირე მონაკვეთი ნაჩვენებია ნახაზზე. ნეიტრონ-პროტონული დიაგრამიდან ჩანს, რომ მსუბუქი სტაბილური ბირთვებისათვის ($A < 40$) ნეიტრონებისა და პროტონების რაოდენობა დაახლოებით ერთნაირია. შედარებით მძიმე ბირთვებისათვის ეს ფარდობა იწყებს მატებას და $A + 250$ ის რაიონში აღწევს 1,6-ს. ეს ცვლილება იოლი ასახსნელია,

თუ გავითვალისწინებთ ბირთვული ძალების ახლოქმედების თვისებას და პროტონების კულონური ურთიერთქმედების როლის ზრდას A – მასური რიცხვის ზრდასთან ერთად.

გარდა “იზოტოპებისა”, ხშირად გვხვდება ტერმინები “იზობარები” და “იზომერები”.

იზობარები (ისოს – ერთნაირი, ბაროს – სიმძიმე, წონა) – ატომების ან ატომბირთვების სახესხვაობაა, რომელთაც აქვთ ერთნაირი მასური რიცხვი, მაგრამ განსხვავებული პროტონების რაოდენობა ანუ ბირთვის მუხტი (რიგითი ნომერი პერიოდულ სისტემაში).

მაგალითად, იზობარებია ${}_{18}^{40}\text{Ar}$, ${}_{19}^{40}\text{K}$, ${}_{20}^{40}\text{Ca}$.

იზომერები (ისოს – ერთნაირი, მეროს – წილი, ნაწილი) – ქიმიური ნაერთებია ერთნაირი შედგენილობითა და მოლური მასით, მაგრამ განსხვავებული აგებულებითა და ატომების განლაგებით სივრცეში, შესაბამისად, განსხვავებული ფიზიკური და ქიმიური თვისებებით.

ატომბირთვების იზომერია – მოვლენაა, როდესაც ატომის ბირთვები იმყოფებიან მეტასტაბილურ (იზომერულ) მდგომარეობაში საკმაოდ დიდი სიცოცხლის ხანგრძლივობით. ბირთვის იზომერული მდგომარეობა ჩვეულებრივი აღზნებული მდგომარეობისაგან განსხვავდება იმით, რომ მისი გადასვლის ალბათობა უფრო დაბალ მდგომარეობაში ჩახშობილია სპინისა და ლუწობის აკრძალვის კანონებით. იზომერული მდგომარეობისას სიცოცხლის ხანგრძლივობა აჭარბებს ნანოწამებს (შეიძლება წლებითაც იზომებოდეს), იმ დროს, როდესაც არაიზომერული აღზნებული მდგომარეობის ტიპური სიცოცხლის ხანგრძლივობა პიკოწამების და ნაკლები რიგისაა.

რადიოაქტიური ნივთიერებების აღმოჩენა შესაძლებელია მთელი რიგი ნიშან-თვისებების მიხედვით, რომლებსაც ისინი გარემოსთან ურთიერთქმედებისას ავლენენ. ასე მაგალითად: ისინი იწვევენ ფოტოფირფიტის გაშვებას, გაზების იონიზაციას, ზოგიერთი ფლუორესცენტული ნივთიერების ნათებას და ა.შ.

რადიოაქტიური იზოტოპის ყოველი ატომი ადრე თუ გვიან განიცდის გარდაქმნას – იშლება. მაგრამ ერთი და იმავე იზოტოპის ყველა ატომი არ ცოცხლობს ერთნაირი ხანგრძლივობით: – ზოგი იშლება მალე, ზოგი კი უცვლელი რჩება დიდი ხნის განმავლობაში.

როგორც უკვე აღვნიშნეთ, რადიოაქტიური გარდაქმნები შეიძლება განხორციელდეს რამდენიმე გზით:

1. თუ საწყისი – “დედა” ბირთვში არის ჭარბი ნეიტრონები (ბირთვის მდგრადი მდგომარეობის შესაბამის რაოდენობასთან შედარებით), მაშინ ხდება β^- – დაშლა, ამ დროს მიღებული ბირთვის მუხტი ერთი ერთეულით მეტია საწყისი ბირთვის მუხტზე.
2. თუ საწყისი – “დედა” ბირთვში პროტონების რაოდენობაა ჭარბი, მაშინ ხდება β^+ – დაშლა. ამ დროს მიღებული ბირთვის მუხტი ერთი ერთეულით ნაკლებია საწყისი ბირთვის მუხტზე.
3. რადიოაქტიური გარდაქმნა შეიძლება განხორციელდეს K შრიდან ელექტრონის ჩაჭერის გზით. ამ დროს საწყისი ბირთვის მუხტი მცირდება ერთი ერთეულით.

4. რადიოაქტიური დაშლა შეიძლება განხორციელდეს α - ნაწილაკის გამოსხივებით. ამ დროს მიღებული ბირთვის მუხტი ნაკლებია ორი ერთეულით, ხოლო მასური რიცხვი კი ოთხი ერთეულით.

5. γ - კვანტის გამოსხივება, რაც უმრავლეს შემთხვევაში თან ახლავს ამ ბირთვულ პროცესებს.

ბუნებრივი რადიოაქტიური ელემენტებისათვის დამახასიათებელია შემდეგი თავისებურება: ისინი განიცდიან მთელ რიგ თანმიმდევრულ გარდაქმნებს, თანაც დაშლის პროდუქტები ერთმანეთთან დაკავშირებულია - ისინი მიიღებიან ერთიმეორისაგან თანმიმდევრული გარდაქმნების პროცესში. ეს გარდაქმნები შეწყდება მაშინ, როდესაც უკანასკნელი დაშლის აქტის შემდეგ მიიღება სტაბილური იზოტოპი (ტყვიის რომელიმე იზოტოპი).

ელემენტების იმ რიგს, რომლებიც მიიღებიან თანმიმდევრული რადიოაქტიური გარდაქმნების შედეგად, უწოდებენ “რადიოაქტიურ ოჯახს”.

არსებობს შემდეგი რადიოაქტიური ოჯახები:

1. ურანის ოჯახი. იგი იწყება ურანის α -რადიოაქტიური ${}_{92}^{238}U$ იზოტოპით და თავდება ტყვიის სტაბილური ${}_{82}^{206}Pb$ იზოტოპით. ურანის ოჯახში შემავალი ელემენტების მასური რიცხვი A გამოსახება ფორმულით $A = 4n + 2$, სადაც n - მთელი რიცხვია.

2. თორიუმის ოჯახი მასური რიცხვებით $A=4n$ იწყება თორიუმის α -რადიოაქტიური ${}_{90}^{232}Th$ იზოტოპით და მთავრდება ტყვიის სტაბილური ${}_{82}^{208}Pb$ იზოტოპით.

3. აქტინიუმის ოჯახი მასური რიცხვებით $A = 4n + 3$, იწყება ურანის სხვა α -აქტიური ${}_{92}^{235}U$ იზოტოპით და მთავრდება ტყვიის მესამე სტაბილური ${}_{82}^{207}Pb$ იზოტოპით (რაც მიუთითებს $Z=82$ -ის მქონე ტყვიის ბირთვების განსაკუთრებულ მდგრადობაზე).

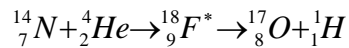
4. ნეპტუნიუმის ოჯახი მასური რიცხვებით $A=4n+1$. იგი იწყება α -აქტიური ${}_{93}^{237}Np$ იზოტოპით და მთავრდება სტაბილური ბისმუტის ${}_{83}^{209}Bi$ იზოტოპით. ეს ოჯახი ბუნებაში არ იყო აღმოჩენილი, რადგან მასში შემავალი ელემენტებიდან არცერთი არაა გრძელპერიოდური იზოტოპი, მაგრამ ამ ოჯახის ყველა წევრი მიიღეს ხელოვნური გზით.

ბუნებრივად რადიოაქტიური ელემენტების გარდა არსებობენ კიდევ ხელოვნური რადიოაქტიური ელემენტები, რომლებიც ბუნებრივი რადიოაქტიური ელემენტებისაგან განსხვავებით ხასიათდებიან ერთი ან რამდენიმე იზოლირებული დაშლის აქტით. ეს ელემენტები მიიღებიან ბირთვული რეაქციების შედეგად.

სქემატურად ხელოვნური ბირთვული რეაქცია შეიძლება გამოვსახოთ შემდეგნაირად:



პირველი ბირთვული რეაქცია განახორციელა რეზერფორდმა:



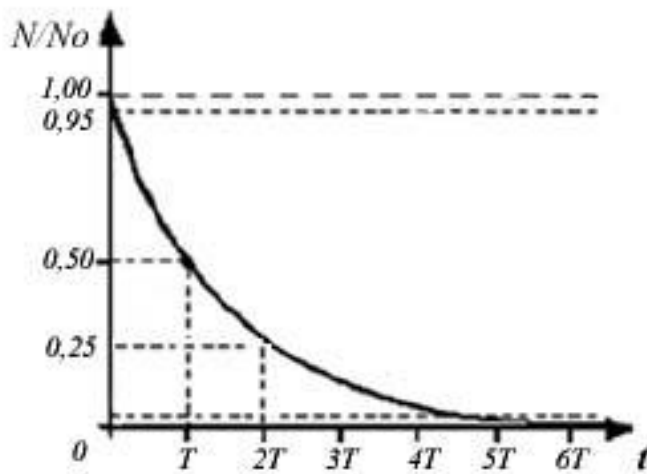
როგორც ამ რეაქციიდან ჩანს, მეორე ეტაპზე წარმოიქმნება ჟანგბადის იზოტოპი და გამოიტყორცნება ნაწილაკი – პროტონი (წყალბადის ატომის ბირთვი).

3. რადიოაქტიური დაშლის კანონი

ბირთვული რეაქციის ტიპისაგან დამოუკიდებლად რადიოაქტიური დაშლა მიმდინარეობს განსაკუთრებული კანონის მიხედვით, რომლის თანახმადაც მოცემული იზოტოპის არსებული ატომბირთვების ნახევარი, როგორც არ უნდა იყოს ეს რიცხვი, იშლება ყოველთვის ერთიდაიმავე დროის განმავლობაში. ეს დრო ახასიათებს მოცემულ რადიოაქტიურ ელემენტს და მას უწოდებენ ნახევრად დაშლის პერიოდს. უნდა აღინიშნოს,

რომ ასეთივე კანონით მცირდება ნივთიერების რაოდენობაც და მოცემული რადიოაქტიური ნივთიერებისათვის დამახასიათებელი გამოსხივების აქტიურობაც.

რადგანაც რადიოაქტიური გამოსხივების პროცესი მიმდინარეობს უწყვეტად, ჩვენ შეგვიძლია იგი უწყვეტი მრუდით გამოვსახოთ. ორდინატთა ღერძზე გადაზომილია ატომბირთვების რაოდენობა, რომელთა აღმოჩენაც ხდება მათი გამოსხივებით მოცემული მომენტისათვის, ხოლო აბსცისათა ღერძზე კი – დრო, გამოსახული ნახევრად დაშლის პერიოდებში.



ნახ. 2. რადიოაქტიური დაშლის მრუდი

ექსპერიმენტალურად აღმოჩნდა, რომ იმ ატომბირთვების რაოდენობა, რომლებიც გარდაქმნას განიცდიან დროის ერთეულში, პროპორციულია ატომბირთვების თავდაპირველი N_0 რიცხვისა. სწორედ ესაა შეუქცევადი იონომოლეკულური რეაქციის განმასხვავებელი ნიშანი. მათემატიკურად ეს დამოკიდებულება შემდეგნაირად გამოისახება:

$$-\frac{\Delta N}{\Delta t} = \lambda \cdot N$$

(1) სადაც N – ატომის ბირთვების რაოდენობაა, t – დრო, λ – რაღაც მუდმივა.

ამ განტოლებაში $\frac{\Delta N}{\Delta t}$ ფარდობა გვიჩვენებს, რომ ატომბირთვების რაღაც მცირე ΔN რაოდენობა დაიშლება მცირე Δt დროში, ე.ი. ეს ფარდობა ფაქტიურად ახასიათებს რადიო აქტიური დაშლის პროცესის სიჩქარეს. თუ $\Delta t \rightarrow 0$ შეგვიძლია გადავიდეთ დიფერენციალებზე და მივიღებთ:

$$-\frac{dN}{dt} = \lambda N$$

(2)

$$-\frac{dN}{N} = \lambda dt \quad (3)$$

დავუშვათ, $t = 0$ მომენტში გვაქვს N_0 ატომი. ნებისმიერ შემდეგ t მომენტში ატომების რიცხვი N_t შეიძლება ვიპოვოთ (3) განტოლების ინტეგრებით. ე.ი.

$$-\int_{N_0}^{N_t} \frac{dN}{N} = \int_0^t \lambda \cdot dt = \lambda \int_0^t dt \quad (4)$$

$$-\ln \frac{N_t}{N_0} = \lambda \cdot t \quad (5)$$

აღვნიშნოთ, რომ არაფერი შეიცვლება, თუ (5) განტოლების მარჯვენა მხარეს გავამრავლებთ 1-ზე, რომელიც ჩვენ შემოგვაქვს $\ln e$ –ს სახით ($\ln e = 1$).

$$-\ln \frac{N_t}{N_0} = \lambda \cdot t \cdot \ln e \quad (6)$$

ამ განტოლების პოტენცირებით მივიღებთ:

$$\frac{N_t}{N_0} = e^{-\lambda \cdot t} \quad (7)$$

ახ

$$N_t = N_0 \cdot e^{-\lambda \cdot t} \quad (8)$$

პროპორციულობის კოეფიციენტი λ ს ეწოდება რადიოაქტიური დაშლის მუდმივა. (3) განტოლებიდან მივიღებთ:

$$\lambda = -\frac{dN}{N \cdot dt} \quad (9)$$

(9) გამოსახულებიდან ცხადია, რომ λ წარმოადგენს დაშლის ალბათობას დროის ერთეულში. λ კოეფიციენტი შეიძლება გამოვსახოთ ნახევარდაშლის T პერიოდით. რადგანაც ერთი ნახევარდაშლის პერიოდის შემდეგ $\frac{N}{N_0} = \frac{1}{2}$, მაშინ (5)

თანაფარდობიდან მივიღებთ:

$$\ln \frac{1}{2} = -\lambda \cdot T ; \quad -\ln 2 = -\lambda \cdot T, \quad \text{აქედან } \lambda =$$

$$\lambda = \frac{\ln 2}{T} = \frac{0,693}{T} \quad (10).$$

ამგვარად დაშლის მუდმივა λ და პერიოდი T დაკავშირებულია ერთმანეთთან (10) თანაფარდობით.

t დროის შემდეგ დარჩენილი ატომების რიცხვი შეიძლება გამოისახოს ნახევრად დაშლის პერიოდით:

$$N_t = N_0 e^{-\frac{\ln 2}{T} t} \quad (11)$$

დროის ერთეულში დაშლილი ატომების რიცხვი (თვლის სიჩქარე ანუ აქტიურობა) ცხადია ტოლია

თუ ამ განტოლებას ჩავწერთ დროის სხვადასხვა t_1 და t_2 მომენტებისათვის და ამოვხსნით T -ს მიმართ, მივიღებთ:

$$T = \frac{\ln 2}{\ln \frac{v_1}{v_2}} (t_2 - t_1) \quad (12) \text{ სადაც}$$

$$v_1 = \left(\frac{dN}{dt} \right)_{t_1} \quad \text{და} \quad v_2 = \left(\frac{dN}{dt} \right)_{t_2}$$

განტოლება (12) შეიძლება გამოვიყენოთ ნახევრად დაშლის პერიოდის გამოსათვლელად.

4. რა არის ენერგია

ხშირად ვხმარობთ სიტყვა „ენერგია“. ფიზიკოსები სწავლობენ მაღალ ენერგიებს: ქარის, მზის, ატომურს და მათ გამოყენებას. მაგრამ მეცნიერებსაც უჭირთ პასუხის გაცემა, რა არის ეს ენერგია.

ენერგია საჭიროა იმისთვის, რომ დაიწყო რაიმე მოძრაობა, დააჩქარო გადაადგილება, რაღაც აწიო, გაათბო და გაანათო. ენერგიის გარეშე სიცოცხლისუნარიანობა შეუძლებელია, არ მოძრაობენ ავტომობილები, არ მუშაობენ წარმოებები და სხვა საციცოცხლო საშუალებები.

ენერგია თავისით არ მოდის და არც ქრება უკვალოდ, მაგრამ ის შეიძლება მივიღოთ ბუნებრივი რესურსებისგან, როგორც არის ნახშირი, ბუნებრივი აირი, ან ურანი და ჩვენთვის საჭიროდ გარდავქმნათ, მაგალითად სითბოდ და სინათლედ.

ბუნებაში ხშირად ვპოულობთ სხვადასხვა სახით დაგროვილ ენერგიას მაგალითად წყალი და წყალსაცავები, მოძრავი ავტომობილი, მოჭიმული ისარი, მზის სხივები, ნავთობი ან ურანი, რომელიც ატომური ენერგიის მასაზრდოებელია. ენერგია არის მუშაობის შესრულების საშუალება.

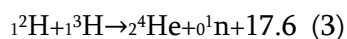
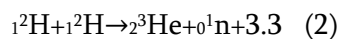
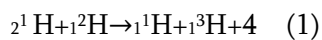
ბირთვების სინთეზის ენერგეტიკა

როგორც ცნობილია მსუბუქი ბირთვების (პროტონების) მასა ან უძრაობის ენერგია ყოველთვის მეტია ვიდრე მათგან წარმოქმნილი ბირთვისა. თუ ამ მსუბუქ ბირთვებს მივიყვანთ შეხებაში ისე რომ წარმოიქმნას ე.წ. ჯამური ბირთვი, მაშინ მისი მასა როგორც ავლნიშნეთ ნაკლები აღმოჩნდება შემადგენელი ბირთვების მასების ჯამზე და მასათა ეს სხვაობა გამოსხივდება ენერგიის სახით. ამგვარად თუ ჩვენ შევძლებთ ორი მსუბუქი ბირთვის– დეიტრონის შეერთებას(სინთეზს) და მივიღებთ ჰელიუმის ბირთვს, რომლის მასა 24 MeV ნაკლები აღმოჩნდება დეიტრონის ბირთვის მასათა ჯამზე მაშინ შესაძლებელი გახდება ამ 24 მეტი ენერგიის გამონთავისუფლება, ე.ი. მსუბუქი ბირთვების სინთეზის შედეგად მიღება უფრო მძიმე ბირთვი და გამოყოფა ენერგია. ჩვენს მიერ მოყვანილი მაგალითის შემთხვევაში, დეიტრონის ბირთვის ჰელიუმის ბირთვად სინთეზის შედეგად წარმოიქმნება დეიტრონის ამ ორი ბირთვის უძრაობის მასის 0.6%. თუ შესაძლებელი გახდება სინთეზის ამ პროცესის გამოყენება ენერგიის წარმებისათვის, მაშინ ის დაახლოებით 6– ჯერ უფრო ეფექტური აღმოჩნდება ვიდრე ეს იყო ურანის ბირთვის გაყოფის დროს ენერგიის მიღებისას. გარდა ამისა ტბების, ზღვების და ოკეანეების წყლის სახით კაცობრიობას გააჩნია ფაქტიურად ამოუწურავი რაოდენობის საწვავი(დეიტერიუმი), რაც არ შეიძლება ითქვას სხვა სახის ე.წ. ტრადიციული სახის საწვავების მისამართით. ენერგიის ამ სახეობის მიღებისას განსაზღვრული რაოდენობით ტბების, ზღვების და ოკეანეების წყლიდან მეცნიერები აწყდებიან ერთ სერიოზულ წინააღმდეგობას. ესაა დეიტრონების სინთეზის დროს წარმოქმნილი ელექტროსტატიკური ძალების მოქმედება(კულონის კანონი) ორი დეიტრონის

ელექტროსტატიკური განზიდვის ძალა დაბალ ტემპერატურაზე(მაგალითად ოთხის ტემპერატურაზე) არ იძლევა იმის საშვალებას, რომ ეს ორი დეიტრონი ერთმანეთს მიუახლოვდეს ე.წ. ბირთვულ მანძილზე, რომ ამოქმედდეს ბირთვული ე.წ. მიზიდითი ძალები, რათა განხორციელდეს მსუბუქი ბირთვების სინთეზი და ედნერგის გამოყოფა. გამოთვლილია, რომ თუ ჩვენ დეიტერიუმს გავახურებთ $\sim 5 \cdot 10^8 \text{K}$ ტემპერატურამდე მაშინ განხორციელდება სინთეზის რეაქცია.

ისეთი სახის ბირთვულ რეაქციებს რომელთა განხორციელებისათვის საჭიროა მილიონობით კელვინი ტემპერატურა თერმობირთვული რეაქციები ეწოდება.

ცნობილია ,რომ რაც უფრო დაბალია(მცირეა) მსუბუქი ბირთვების მუხტი, მით უფრო დაბალი ტემპერატურა საჭირო მათი სინთეზისათვის. ამიტომ მსუბუქი ბირთვების როლში ყველაზე უფრო ხელსაყრელია გამოყენებული იყოს წყალბადის იზოტოპები ^1H -პროტონი, ^2H -დეიტერიუმი , ^3H -ტრიტიუმი ,ხოლო ყველაზე უფრო მომგებიანია შემდეგი თერმობირთვული რეაქციები:



(3)რეაქცია ენერგეტიკულად ყველაზე უფრო მომგებიანია, მაგრამ (1) და (2) რეაქციების უპირატესობა ისაა, რომ მათში მონაწილეობენ მხოლოდ დეიტერიუმის ბირთვები, რომლის მარაგი დედამიწის წყლებში $4 \cdot 10^{13}$ ტ.

თერმობირთვული რეაქტორის შექმნისათვის სამუშაოები მიმდინარეობს 50 წელზე მეტი ხანია, რუსეთში, აშშ-ში, ინგლისში, საფრანგეთში, გერმანიაში და რამოდენიმე სხვა ქვეყანაში. ვარაუდობენ რომ პირველ ენერგეტიკულ რეაქტორს გამოუშვებენ 20–30 წელიწადში. შესაძლოა ეს ვადა ცოტათი შეამციროს მაღალტემპერატურული ზეგამტარობის აღმოჩენამ.

მთავარ დადებით ფაქტორს თერმობირთვული რეაქტორის შექმნაში წარმოადგენს, ირ რომ მისი გავლენა გარემოზე გაცილებით ნაკლებია, ვიდრე დღევანდელი

ელექტროსადგურებისა, ვინაიდან ამ შემთხვევაში არ გახდება საჭირო უზარმაზარი ქარხნების აშენება, რეაქტორის მახლობლად მაღალაქტიური საწვავის მოსამზადებლად და რადიოაქტიური ნარჩნების გადასამუშავებლად. არ გახდება ასევე საჭიროება რეაქციის ბირთვული პროდუქტების დამარხვისა, რადგანაც თერმობირთვული რეაქტორის მიერ გამომუშავებულ საბოლოო პროდუქტს წარმოადგენს ჰელიუმი, რომელიც სრულიად უვნებელია და უფრო მეტიც, მისი (ჰელიუმის) გამოყენება შესაძლებელია გამოყენებულ იყოს მეცნიერებისა და ტექნიკის სხვა სფეროებში. ამგვარად თერმობირთვული ენერგეტიკა წარმოადგენს უდანაკარგო წარმოების მაგალითს.

მიუხედავად აღნიშნულისა თერმობირთვული ენერგეტიკის საშიშროებას წარადგენს ისრადიაცია, რომელსაც გამოიწვევს რეაქციის დროს წარმოქმნილი ნეიტრონები, ასევე ტრიტიუმის გაჟონვა, რომელიც წარმოადგენს β -რადიოაქტიულ ბირთვებს 12.3 წელიწადი დაშლის ნახევარპერიოდით. საჭირო გახდება ასევე წარმოქმნილი მაღალტემპერატურული პლაზმის დასაკავებლად შექმნილი მაღალი სიმკვრივის მაგნიტური ველების ცოცხალ ორგანიზმებზე ბიოლოგიური ზემოქმედების საშიშროების შესწავლა.

მნიშვნელოვან პრობლემას უნდა წარმოადგენდეს ასევე გარემოში დაღვრილი დიდი რაოდენობით თბილი წყალი, რომელიც მიიღება ენერგეტიკული ბლოკის ზოგიერთი კვანის და სითბოსგადამტანის გაგრილებისას. ამ წყლის ტემპერატურა დაბალია და ვერ მოხერხდება მისი გამოყენება მრეწველობაში და სამეურნეო სფეროში.

თერმობირთვულ რეაქტორში 1გ ჰელიუმის სინთეზისას დეიტერიუმისა და ტრიტიუმისაგან გამოიყოფა ენერგია $4.28 \cdot 10^{11}$ ჯოული. ამრაოდენობის ენერგია მიიღება 10გ დიზელის საწვავის დაწვისას.

იმისათვის რომ ბირთვული სინთეზის შედეგად გამოყოფილი ენერგია გამოყენებული იქნას მშვიდობიანი მიზნებისათვის, საჭიროა თერმობირთვული რეაქციები გავხადოთ მართვადი. ეს იმას ნიშნავს, რომ საჭიროა მოინახოს მეთოდიდა საშვალეები თერმობირთვული რეაქციების დროს მიღებული მრავალმილიონიანი ტემპერატურის მქონე პლაზმის შეკავებისა . აქ თავს იჩენს ერთი ტექნიკური პრობლემა კერძოდ ის, რომ მაღალტემპერატურიანი გაზი ანუ პლაზმა შევაკავოთ ისე, რომ არ დადნეს იმ მოცულობის კედლები, რომელშიც მოთავსებულია იგი ამ ტექნიკური პრობლემის გადასაწყვეტად

უდიდესი შრომაა გაწეული, მაგრამ დღეისათვის არ არის გადაწყვეტილი. ყოველ შემთხვევაში პლაზმა მოცულობაში შეკავებულია იმ დროზე 50ჯერ ნაკლები დროით ვიდრე საჭიროა. შეკავების საჭირო დრო კი იმდენი უნდა იყოს, რომ მოესწროს იმაზე მეტი სიმძლავრის გაიომუშავება, რაც დახარჯული იყო თერმობირთვული რეაქტორის გასაშვებად.

თერმობირთვული ენერჯის მოპოვების კიდევ ერთი გზის გარდა თერმობირთვული რეაქტორისა, წარმოადგენს პრაქტიკული გზების გამოძებნა იმისათვის, რომ შესაძლებელი გახდეს წყალბადის ბომბის აფეთქებისას გამოყოფილი ენერჯის გამოყენება შეისწავლებოდა შესაძლებლობა მცირე ზომის წყალბადის ბომბების ღრმად მიწისქვეშ აფეთქებებისა და ამ დროს გამოყოფილი ენერჯის გამოყენებისა.

არსებობს ზემოთ აღნიშნული მეთოდის მინიატურული ვარიანტი. აქ გამოყენებული უნდა იყოს ძალიან მცირე ზომის-დიამეტრით 1სმ-ზე ნაკლები "წყალბადის" ბომბები. კერძოდ შეიძლება სწრაფად შევკუმშოთ თერმობირთვული საწვავისაგან შედგენილი მცირე ზომის აბები და ამ გზით მიღებულ მასაზე მივმართოდ მძლავრი ნაკადი ლაზერული გამოსხივებისა და ამ გზით მივიღოთ მაღალი ტემპერატურა საჭირო თერმობირთვული რეაქციებისათვის. ასეთი ტიპის ლაზერული დანადგარების საშვალეებით ჩატარებული ექსპერიმენტებში მიღებულია პლაზმა რამოდენიმე ატეული მილიონი კელვინი ტემპერატურით. ენერჯის საჭირო რაოდენობის მისაღწევად საკმარისია დახარჯოთ რამოდენიმე აბი წუთში.

5. თერმობირთვული იარაღი

მეცნიერთა აზრით, ბიბლიაში აღწერილი სოდომისა და გომორას უფლის მიერ განადგურება, სხვა არა არის, თუ არა თერმობირთვული იარაღის გამოყენების კვალი. ინდური ეპოსის რამაიანაში დეტალურად არის აღწერილი თერმობირთვული იარაღის მოქმედების შედეგები. ადამიანი ყოველთვის ილტვოდა საკუთარი კეთილდღეობის გაუმჯობესებისათვის, მაგრამ ამისათვის ყველა დიდი გამოგონება საბოლოოდ საკუთარი

სიცოცხლის გასანადგურებლად იქნა გამოყენებული. ეზოთერიზმისა და მისტიკის ფრაგი მკვლევარები, ლუი პოველი და ჟაკ ბერჟიე თავიანთ წიგნში, მაგების განთიადი წერენ, რომ ჯერ კიდევ ომამდე გერმანიაში ატომური იარაღის გამოგონებაზე მომუშავე მეცნიერებს ერთი ალქიმიკოსი აფრთხილებდა, რომ ატომური ბომბის გაკეთება არ შეიძლება, რადგან ამ მეთოდით მიღებული უდიდესი ენერგია პრაქტიკულად უმართავი და დამანგრეველი იქნება. თქვენ პანდორას ყუთს გახსნით და მერე ველარასდროს დახურავთო, ამბობდა ალქიმიკოსი. ასეთი ენერგიის მიღების მეთოდიკა დედამიწაზე დიდი ხანია ცნობილია და იგი ზესუფთა რადიაქტიური ნივთიერებების გეომეტრიული განლაგებით შეიძლება თანაც ისე, რომ მისი გაკონტროლებაც ხდება. ამ წიგნში აღწერილი უფრო მისტიკის სფეროს განეკუთვნება, ვიდრე სამეცნიეროს, მაგრამ 1945 წელს 6 და 9 აგვისტოს ჰიროსიმასა და ნაგასაკში აშშ-ს მიერ ატომური ბომბის ჩამოგდებას უდიდესი მასშტაბის ნგრევა, ათეულ ათასობით ადამიანის წამიერად გაქრობა, ხოლო ასეულ ათასის კი სამუდამოდ დასახიჩრება გამოიწვია. ამ აქტით მსოფლიოს ისტორიაში ნამდვილად სრულიად ახალი ფურცელი გადაიშალა. პანდორას ყუთი ნამდვილად გაიხსნა და ახლა მხოლოდ დროის ფაქტორზეა დამოკიდებული, თუ როდის დატრიალდება დიდი უბედურება დედამიწაზე.

1945 წელს მეორე ქვეყანა სსრკ კავშირი იყო, რომელმაც ატომური იარაღი შექმნა. როგორც მკვლევარები წერენ, 1945 წლის აპრილის ბოლოს, დანრეულ ბერნილში ცალკე ამერიკული და ცალკე საბჭოთა სპეცსამსახურები გამაწერული დაემბდნენ ქართველების ყოფილი სიძის, გერმანელი ფიზიკოსის და მეცნიერის, ჰელმუთ ვინერის და მისი ჯგუფის მიერ შემუშავებულ ატომური იარაღის შესაქმნელ ნაშრომებს. წლების შემდეგ, ატომური ბომბის ამერიკელი გამომგონებელი, ოპენჰეიმერი თავის მემუარებში წერდა, რომ მას შემდეგ რაც აშშ-ში პირველი ატომური ბომბი გამოსცადეს, იგი მიხვდა, ეს კატასტროფა იყო მთელი მსოფლიოსთვის თვით ამერიკისთვისაც. ატომური იარაღის ერთ ხელში მოხვედრა მსოფლიოში ძალათა ბალანსს არღვევდა, ეს კი ახალი ომების უეჭველი საწინდარი გადებოდა. შინაგანად ის მომხრე იყო იმისა, რომ ბომბი მეორე მხარესაც, კონკრეტულად კი სსრკ კავშირსაც უნდა ჰქონოდა და გარკვეულწილად მას ხელი არ შეუშლია იმაში, რომ ეს ასეც მომხდარიყო. ამით ბალასი შედგა. ე.წ. შეკავების თეორიამ მოქმედება დაიწყო. თუმცა ამის შემდეგ ბევრმა წყალმა ჩაიარა და მასობრივი განადგურების იარაღმა უამრავი სახეცვლილება მიიღო და მისი უამრავი ვარიანტი შეიქმნა, ატომური, წყალბადის,

ნეიტრონული თუ თერმობირთვული. მცირე-600 კმ-მდე სიშორის, საშუალო 600-დან 1500კმ-მდე სიშორის და საკონტინენტთაშორისო 15 000 კილომეტრამდე რადიუსში მოქმედების რაკეტები. თერმობირთვული იარაღის გავრცელების არე ძალიან გაფართოვდა და დღეისათვის ოფიციალურად ან არაოფიციალურად მფლობელი, ან კიდევ მასზედ ადრე მომუშავე, თუ დამზადების სტადიაში მყოფი ბევრი ქვეყანაა. ამერიკამ ატომური ბომბის პირველი გამოცდა ნევადის შტატის პოლიგონზე 1945 წლის 16 ივლისს გააკეთა. სსრკ-მ 1949 წლის 29 აგვისტოს ყაზახეთის სტეპებში საკუთარი პირველი "სატანის" იარაღი. საინტერესოა ისიც, რომ ნახევარტონიანი ბომბის ატომური შიგთავსი, მხოლოდ 485 გრამ გამდიდრებულ ურანს იწონიდა და მისი დამზადება სოხუმის ფიზიო-ტექნიკურ ინსტიტუტებში მოხდა. ამის შემდეგ აკრძალული საზღვრები მოიშალა და მთელ მსოფლიოში დაიწყო იარაღის გავრცელება.

1952 წლის 3 ოქტომბერს დიდმა ბრიტანეთმა განახორციელა ამ იარაღის გამოცდა.

1960 წლის 13 თებერვალს ათოლ მუროროაზე ფრანგებმა გამოცადეს საკუთარი იარაღი.

1964 წლის 16 ოქტომბერს ჩინეთმა,

1974 წლის 18 მაისს ინდოეთმა,

1998 წლის 28 მაისს პაკისტანმა.

2006 წლის 9 ოქტომბერს კი კორეის სახალხო დემოკრატიულმა რესპუბლიკამ.

ყველაზე საინტერესო და ბურუსით მოცული ისრაელის თერმობირთვული პროგრამაა. ოფიციალურად ისრაელს ასეთი იარაღი არ გააჩნია, მაგრამ მსოფლიოს მეცნიერები ფიქრობენ, რომ ისრაელმა სამხრეთ აფრიკის რესპუბლიკასთან ერთად 1979 წელს სამხრეთ ატლანტიკაში განახორციელა თერმობირთვული იარაღის გამოცდა, რომელიც ისტორიაში ველას (კუნძულის სახელის მიხედვით) ინციდენტიტაა ცნობილი. თვით სამხრეთ აფრიკის რესპუბლიკამ 1990 წელს ოფიციალურად დახურა თერმობირთვული იარაღის შექმნის პროგრამა და ვალდებულება აიღო, რომ არასდროს ექნებოდა ამ ტიპის იარაღი. ოფიციალურად ამ იარაღის მქონედ აღიარებული ქვეყნების გარადა, ღიად თუ მალულად მის შექმნაზე ამჟამადაც მუშაობენ ან ადრე მუშაობდნენ შემდეგი ქვეყნები: სირია,

რომლის ქარხანაც, სადაც ამ იარაღის შექმნაზე მუშაობდნენ, ისრაელის ავიაციამ გაანადგურა 2007 წლის 7 სექტემბერს. სირია ამტკიცებს, რომ ისრაელმა მხოლოდ ჩვეულებრივი ქარხანა დაბომბა და მეტი არაფერი; ლიბია- მისმა 40 წლის განმავლობაში უცვლელმა მმართველმა, მოამარკ კადაფიმ 1980 წელს დაიწყო სსრკ-ს დახმარებით ამ იარაღის შექმნაზე მუშაობა, მაგრამ სსრკ-ს დაშლის შემდეგ მუშაობა შეაჩერეს სპეციალისტების, ნედლეულის დალახსრების უქონლობის გამო; ეგვიპტე; საუდის არაბეთი; მნიანმა(ყოფილი კამბოჯა-კამპუჩია) კი ექსპერტთა შეფასებით, თერმობირტვულ პროგრამას პაკისტანის და კსდრ-ს დახმარებით ავითარებს; ბრაზილია მსოფლიოს ერთ-ერთი წამყვანი ქვეყანაა თავისი ეკონომიკური სიმძლავრით და მას აქვს პრეტენზია, რომ თერმობირთვული არსენალი მასაც ჰქონდეს. არგენტინამ იმ იარაღზე მუშაობა დიდ ბრიტანეთთან 1977 წლის ფოლკლენდის კუნძულების ინციდენტის შემდეგ დაიწყო, თუმცა ჯერ მის შექმნამდემორსაა: ერაყის ბირთვული პროგრამის შესახებ ბევრი ურთიერთსაწინააღმდეგო ვერსია არსებობდა, თუმცასადამ ჰუსეინის ჩამოგდების შემდეგ ნატოს წევრი ქვეყნების სპეცსამსახურებმა ასეთი პროგრამის არსებობის შესახებსერიოზული მამტკიცებელი საბუთები ვერ იპოვეს.

დასკვნა

ენერგია ბუნებაში არსებობს მრავალი სახის: ქარის, მზის, ატომური და ასე შემდეგ. ყველანაირი მოქმედების შესასრულებლად საჭიროა ენერგია. ბუნებაში ხშირად ვპოულობთ სხვადასხვა სახით დაგროვილ ენერგიას.

დიპლომში საუბარია ახალ ალტერნატიულ ენერგეტიკაზე, რომელსაც თერმობირთვული ენერგეტიკა ეწოდება. ისეთი სახის ბირთვულ რეაქციებს, რომელთა განხორციელებისათვის საჭიროა მილიონობით კელვინი ტემპერატურა, თერმობირთვული რეაქციები ეწოდება. თერმობირთვული ენერგიის მიღება ხდება ბირთვების სინთეზის შედეგად. უკვე დიდი ხანია მიდის მუშაობა თერმობირთვულ რეაქტორზე. ყველასთვის ცნობილია ის მძიმე ეკოლოგიური მდგომარეობა, რომელიც არსებობს როგორც საქართველოში ასევე მთელ მსოფლიოში. დამაბინძურებლებიდან ძირითადი წილი მოდის ელექტროსადგურებზე და რეაქტორებზე. თერმობირთვული ენერგეტიკის მთავარ დადებით ფაქტორს წარმოადგენს ის რომ, მისი გავლენა გარემოზე გაცილებით ნაკლებია, ვიდრე დღევანდელი ელექტროსადგურებისა, ვინაიდან ამ შემთხვევაში არ გახდება საჭირო უზარმაზარი ქარხნების აშენება, რეაქტორის მახლობლად მაღალაქტიური საწვავის მოსამზადებლად და რადიოაქტიური ნარჩენების გადასამუშავებლად. ასევე არ იქნება საჭიროება რეაქციის ბირთვული პროდუქტების დამარხვისა, რადგანაც თერმობირთვული რეაქტორის მიერ გამომუშავებულ საბოლოო პროდუქტს წარმოადგენს ჰელიუმი, რომელიც სრულიად უვნებელია და უპრო მეტიც, მისი გამოყენება შესაძლებელია მეცნიერების მიერ და ტექნიკის სხვა სფეროებში. ამგვარად თერმობირთვული ენერგეტიკა წარმოადგენს უდანაკარგო წარმოების მაგალითს.

მიუხედავად აღნიშნულისა თერმობირთვული ენერგეტიკის საშიშროებას წარმოადგენს ის რადიაცია, რომელსაც იწვევს რეაქციის დროს წარმოქმნილი ნეიტრონები, ასევე ტრითიუმის გაჟონვა, რომელიც წარმოადგენს ბეტა რადიაციულ ბირთვებს 12.3 წელიწადი დაშლის ნახევარპერიოდით. ასევე მნიშვნელოვან პრობლემას წარმოადგენს გარემოში დაღვრილი თბილი წყალი, რომელიც მიიღება ენერგეტიკული ბლოკის ზოგიერთი

კვანძის და სიტბოგადამტანის გაგრილებისას. ამ წყლის ტემპერატურა დაბალია და ვერ მოხერხდება მისი გამოყენება მრეწველობაში და მეურნეობაში.

იმისთვის, რომ ბირთვული სინთეზის შედეგად გამოყოფილი ენერგია გამოყენებულ იქნას მშვიდობიანი მიზნებისათვის, საჭიროა თერმობირთვული რეაქციები გახდეს მართვადი.

გამოყენებული ლიტერატურა:

1. Физическая энциклопедия. М 1988г
2. Куклин физическая экология. М 2004г
3. ნ.დოლიძე -რადიაციის ფიზიკური და ტექნიკური საფუძვლები.2011წ
4. გ.ქაჯაია-გარემოს დაცვის ეკოლოგიური პრინციპები.2008წ
5. ზ.კვინიკაძე-ეკოლოგიის მოკლე კურსი.2010წ
6. კ.გელაშვილი-რადიაციული ჰიგიენა.1983