

# ღალი ტაბაქაძე

## ტრანსპორტი და ეკოლოგია

შედგენილია აფხაზეთის განათლებისა და კულტურის სამინისტროს  
„აფხაზეთის ახალგაზრდა მეცნიერთა მხარდაჭერის პროგრამის“  
ფარგლებში



გამომცემლობა „უნივერსალი“  
თბილისი 2011

**უაკ (UDC)574+656**  
**ტ-131**

აღნიშნული კურსი განიხილავს თანამედროვე პირობებში არსებულ ეკოლოგიურ პრობლემებს, რომელიც უკავშირდება სამეცნიერო-ტექნიკური პროგრესის განვითარებას.

განსაკუთრებული ყურადღება ეთმობა ტრანსპორტის, კერძოდ: საავტომობილო, სარკინიგზო, საავიაციო ძრავების გამონაბოლქვი ტოქსიკური მინარევების ატმოსფეროში დასაშვები კონცენტრაციის მექანიზმებს, ატმოსფეროს გატუტყვიანების შემცირების ღონისძიებებს, ეკოლოგიური უსაფრთხოების თანამედროვე ასპექტებს.

**რედაქტორი:** ასოცირებული პროფესორი, **თ.მაღლაკელიძე**  
**რეცენზენტები:** სრული პროფესორი, **რ. გახოკიძე**  
პროფესორი, **მ. დევიძე**

**ტექნიკური რედაქტორი:** ქიმიის დოქტორანტი, **თ. კუჭუხიძე**

© ლ. ტაბატაძე, 2011

გამომცემლობა „**უნივერსალი**“, 2011

თბილისი, 0179, ი. ჭავჭავაძის გამზ. 19, : 222 36 09, 5(99) 17 22 30

-მაილ: უნივერსალ ინტერნეტ.გე

ISBN 978-9941-17-2459-9

## შესავალი

მსოფლიოში ბოლო დროს აღინიშნება შეშფოთება ატმოსფერული ჰაერის დაბინძურების მაღალი დონის გამო. ატმოსფერული ჰაერის და მოსახლეობის ჯანმრთელობის მდგომარეობაზე ნეგატიურ ზეგავლენას ახდენს ტრანსპორტის, ენერგეტიკის, მრეწველობისა და სოფლის მეურნეობის სექტორები. მსოფლიოს მრავალ ქვეყანაში მაღალი ხარისხით დაბინძურებული ატმოსფერული ჰაერი მოსახლეობის ავადობის, ინვალიდობისა და სიკვდილიანობის პოტენციური რისკ-ფაქტორი ვახდა. ერთ ადამიანზე ევროპაში საშუალოდ მოდის 36 კგ მყარი შეწონილი ნაწილაკები, ხოლო აზოტის (IV) ოქსიდის პოტენციური ზემოქმედების ქვეშ იმყოფება ევროპის მოსახლეობის 25%.

საქართველოს ტერიტორიაზე სხვადასხვა სახის სამრეწველო საწარმოების არარაციონალური განლაგება, პარალელურად გზის საფარისა და სატრანსპორტო მაგისტრალების არადამაკმაყოფილებელი ტექნიკური მდგომარეობა, დაბალი ხარისხის საწვავის გამოყენება, დასახლებულ ადგილებში ტრანსპორტის მჭიდრო ნაკადები განაპირობებენ მავნე ნივთიერებებით ატმოსფერული ჰაერისა და მოსახლეობის ჯანმრთელობის მდგომარეობაზე არასასურველ ზეგავლენას.

საქართველო წარმოადგენს სატრანსპორტო დერეფანს ევროპისა და აზიის ქვეყნებს შორის, სტრატეგიულად მნიშვნელოვანი გეოგრაფიული მდებარეობის გამო. საქართველოს ტერიტორია უძველესი დროიდან იყო გამოყენებული სავაჭრო-სამიმოსვლო გზებისათვის. აქ გადიოდა ინდო-ჩინეთიდან შავი ზღვისკენ მიმავალი საერთაშორისო მნიშვნელობის სახმელეთო-საზღვაო ე.წ. „აბრეშუმის დიდი გზა“ (ტრანსკონტინენტური სავაჭრო გზა), რომელიც ჩინეთს ხმელთაშუა და შავი ზღვების აუზის ქვეყნებთან აკავშირებდა. ამ გზით ვაჭრობას დასაბამი მიეცა ძვ. წელთაღრიცხვით მე-2 საუკუნეში. აბრეშუმის დიდმა გზამ მნიშვნელობა დაკარგა XVII საუკუნის მიწურულს, როდესაც საბოლოოდ იქნა ათვისებული საოკეანე გზა ამერიკის შემოვლით. ამჟამად, აბრეშუმის გზას დიდი ეკონომიკური და პოლიტიკური მნიშვნელობა აქვს ევროპა – აზიის ქვეყნებისათვის და განსაკუთრებით საქართველოსთვის.

ქვეყნის სოციალურ-ეკონომიკური განვითარება საჭიროებს სატრანსპორტო მომსახურების მოთხოვნების გაზრდას. მის გარეშე შეუძლებელია ეკონომიკის რომელიმე დარგის ფუნქციონირება. საქართველოში საბაზრო ეკონომიკის განვითარების თანამედროვე ეტაპზე ტრანსპორტი ძირითად როლს თამაშობს ქვეყნის ეკონომიკური ზრდისა და სოციალური განვითარების უზრუნველყოფაში. ამჟამად, ტურისტებისა და მგზავრთა გადაყვანები მსოფლიოში მნიშვნელოვნად დაახლოებულია და სატრანსპორტო სახეების მიხედვით 40%-ზე მეტი მოდის საავტომობილო ტრანსპორტზე, 45%-მდე საჰაერო ტრანსპორტზე, სარკინიგზოზე 7% და საზღვაო ტრანსპორტზე – 8%. გამოყენებული სატრანსპორტო სახეებიდან ყველაზე უფრო ოპტიმალური ვარიანტია – რკინიგზის ტრანსპორტი.

საქართველოს რკინიგზა შავი და კასპიის ზღვების დამაკავშირებელი არტერიაა, რომელიც უმოკლესი მანძილით აკავშირებს ევროპას ცენტრალურ აზიასთან, ჩრდილოეთს – სამხრეთთან. შავი ზღვის კასპიის ზღვასთან სარკინიგზო ხაზით დაკავშირების იდეა, ჯერ კიდევ მე-19 საუკუნის 30-იან წლებში ჩაისახა. 1965 წელს ფოთში დაიწყო რკინიგზის პირველი მონაკვეთის სამშენებლო სამუშაოები. 1871 წელს გაიხსნა სარკინიგზო მოძრაობა ფოთი-ყვირილას და ზესტაფონის მონაკვეთზე, ხოლო 1872 წლის 10 ოქტომბერს პირველი მატარებელი ჩავიდა ქ. თბილისში. ეს თარიღი ითვლება საქართველოს რკინიგზის „დაბადების დღედ“. საქართველოს რკინიგზა ჩვენი ქვეყნის მაღალგანვითარებული, სტრატეგიული დარგია და დიდ როლს ასრულებს საქართველოს ეკონომიკის წინსვლასა და განვითარების საქმეში. გადაყვანის ეტაპის ეფექტიანობა განისაზღვრება ტექნიკური პროგრესით. მაგალითად, ორთქლმავლის გამოგონებამ და XIX საუკუნეში რკინიგზის მშენებლობამ კაცობრიობას უდიდესი სტიმული მისცა. ტრანსპორტის ცალკეული სახეებისა და მასიური ტურიზმის განვითარებისათვის რკინიგზის საშუალებით პირველად გახდა შესაძლებელი დაბალ ფასად ადამიანების მასიური და სწრაფი გადაადგილება. დღეს ცივილიზებულმა ქვეყნებმა შექმნეს ჩქაროსნული მატარებლები (სინქარე 360 კმ სთ-ში), რომლებიც ზოგიერთი მიმართულებით გარკვეულ კონკურენციას ავიაციასაც უწევენ. ტურიზმის

განვითარებამდე პირველი ასი წელი სარკინიგზო და საზღვაო საშუალებებს ემყარებოდა.

XX საუკუნის შუა პერიოდში ტექნიკურმა პროგრესმა შესაძლებელი გახადა საჰაერო გადაყვანები განხორციელებულიყო თანამედროვე ავიალინერებით, რომლებიც 300 მგზავრს იტევს და დამატებითი გამართვის გარეშე ახორციელებენ ფრენას 12000 კმ-ს.

ქვეყნის სოციალურ-ეკონომიკური განვითარება საჭიროებს სატრანსპორტო მომსახურების მოთხოვნების გაზრდას. ტრანსპორტის ეკოლოგიური უსაფრთხოების პრობლემა წარმოადგენს ქვეყნის ეკოლოგიური უსაფრთხოების შემადგენელ ნაწილს. ამ პრობლემის მნიშვნელობა და სიმძაფრე ყოველწლიურად იზრდება. სატრანსპორტო საშუალებების გამონაბოლქვებში არსებული მავნე ნივთიერებები ქმნიან მოსახლეობის ჯანმრთელობის დაცვის პრობლემას.

ცივილიზებული სამყაროს კანონშემომქმედთა ბრძოლა მიმართულია გარემოს გაბინძურების შეზღუდვაზე, გამონაბოლქვში მავნე ნივთიერებების წარმომქმნელების მიმართ დამუშავებულია მრავალი ნორმატიული აქტი, რომლებითაც რეგულამენტირებულია მავნე ნივთიერებები – ნახშირბადის (II) ოქსიდი, ნახშირბადის (IV) ოქსიდი, აზოტის ოქსიდები და დაუწვევლი ნახშირწყალბადები. გამონაბოლქვში მავნე ნივთიერებების შემცირება მოითხოვს სპეციალური ღონისძიებების გატარებას, როგორც საკანონმდებლო, ტექნიკურ-ორგანიზაციულ, სამეცნიერო-კვლევით, ისე სპეციალისტთა მომზადების მიმართულებით.

ქვეყნის სრული ეკონომიკური და სოციალური განვითარების აუცილებელი მოთხოვნაა სატრანსპორტო ინფრასტრუქტურის გაუმჯობესება. ამ ამოცანის შესასრულებლად ევროკავშირი აქტიურადაა ჩართული საქართველოში სატრანსპორტო ქსელების (ავიაციის, რკინიგზის, და სხვა ტრანსპორტის) განვითარებაში. ტრანსპორტთან დაკავშირებული ყველაზე უფრო დიდი ინიციატივა, რომელსაც ევროკავშირი ახორციელებს არის ტრასეკას პროგრამა. ტრასეკა ფართომასშტაბიანი რეგიონული პროექტია, რომლის მიზანია შავი ზღვის, კავკასიის და ცენტრალური აზიის რეგიონების პოლიტიკური და ეკონომიკური განვითარება საერთაშორისო სატრანსპორტო საშუალებების

გაუმჯობესების მიზნით. ევროკავშირსა და საქართველოს შორის მიმდინარეობს მოლაპარაკებები საერთო საავიაციო სივრცის შექმნაზე. პროცესის მხარდაჭერისათვის მნიშვნელოვანია საქართველოს ნორმების, კანონმდებლობის და სტანდარტების ჰარმონიზება ევროკავშირის ნორმებთან, კანონმდებლობასა და სტანდარტებთან. საქართველო არის სამიზნე ქვეყანა ევროკავშირის ტრასეკას ფარგლებში მიმდინარე სამოქალაქო ავიაციის უსაფრთხოების პროექტისა.

რკინიგზა მნიშვნელოვან როლს თამაშობს საქართველოს სატრანსპორტო სისტემაში. ევროკავშირმა დააფინანსა რკინიგზის რეაბილიტაციის პროექტი თბილისსა და ერევანს შორის. ეს პროექტი უმნიშვნელოვანესია სომხეთისთვის, რომელიც მთლიანად ხმელეთითაა შემოსაზღვრული. ევროკავშირმა დახმარება გაუწია ამ პროექტს კვლევის ჩატარების საშუალებით, რათა დადგენილიყო ამ სარკინიგზო ხაზის რეაბილიტაციის მნიშვნელობა. ევროკავშირი გეგმავს წვლილის შეტანას სამეზობლოს საინვესტიციო მექანიზმის საშუალებით თბილისის რკინიგზის შემოვლითი გზის დაფინანსებაში გარემოზე ზეგავლენის შემცირების მიზნით. საზღვაო პროექტი, რომელიც ასევე ტრასეკას ფარგლებში ფინანსდება, ითვალისწინებს ბათუმის და ფოთის საზღვაო პორტების გამტარიანობის ზრდას. ევროკავშირის მხარდაჭერით მიმდინარე სხვა მნიშვნელოვანი რეგიონული ინიციატივები სატრანსპორტო სექტორში, რომლებიც საქართველოზეც ვრცელდება, არის საერთაშორისო ლოგისტიკური ცენტრების პროექტი და სატრანსპორტო სექტორში პოტენციალის ზრდის და ტრენინგის მხარდაჭერის პროექტი.

მთავრობის ერთ-ერთი პრიორიტეტია საქართველოს, როგორც სატრანზიტო ქვეყნის კონკურენტუნარიანობის ამაღლება აღმოსავლეთ-დასავლეთის სატრანსპორტო დერეფნის რეაბილიტაციის გზით. ამავე პროექტის ფარგლებში მოხდება მარშრუტის მოდერნიზება სარფში თურქეთის საზღვრიდან აზერბაიჯანის საზღვრამდე, ე.წ. “წითელი ხიდის” სასაზღვრო-გამშვებ პუნქტამდე.

## ეკოლოგია, როგორც მეცნიერება

1866 წელს გერმანელმა მეცნიერმა ე. ჰეკელმა თავის ფუნდამენტურ ნაშრომში „ორგანიზმის საერთო მორფოლოგია“ პირველად შემოიტანა ტერმინი „ეკოლოგია“ იმ მეცნიერების აღსანიშნავად, რომლის შესწავლის საგანს წარმოადგენს ურთიერთქმედება ცოცხალ ბიოლოგიურ ორგანიზმებს შორის და მათი კავშირი გარემოსთან. ეკოლოგია ბერძნული სიტყვაა და ნიშნავს სახლს, საცხოვრებელს, ადგილმდებარეობას. ეკოლოგია არის საგანი ორგანიზმებისა და გარემოს ურთიერთდაშორებულების შესახებ, ანუ ორგანიზმთა ქცევის შესახებ მათ „საკუთარ სახლში“. ეკოლოგია არის მეცნიერება, რომელიც მიმართულია ცოცხალ არსებათა განთავსების და განაწილების, მათ გარემომცველ სამყაროსთან ურთიერთობის და წონასწორობის პირობების შეცნობისაკენ.

თანამედროვე საზოგადოების წინაშე დგას ამოცანა არა მარტო შეინარჩუნოს ბუნების სიმდიდრე და პროდუქტიულობა რაციონალური გამოყენების საფუძველზე, არამედ თავიდან აიცილოს ადამიანის ჩარევით გამოწვეული შედეგები მომავალში. ამისათვის აუცილებელია ბუნებაში მუდმივად მიმდინარე მრავალრიცხოვან პროცესთა ყოველმხრივი შესწავლა და ანალიზი, რასაც საფუძველი ჩაუყარა ბიოსფეროს შესახებ მოძღვრებამ. ტერმინი „ბიოსფერო“ შემოიღო ე. ზიუსმა XIX საუკუნის 70-იან წლებში, ხოლო ვერნადსკიმ მასში ახალი შინაარსი ჩადო. დედამიწის ზედაპირს ვ. ვერნადსკი განიხილავდა როგორც თავისებურ გარსს, რომლის განვითარებას მნიშვნელოვნად განსაზღვრავს ცოცხალ ორგანიზმთა ცხოველმოქმედება. ვერნადსკი ბიოსფეროს განიხილავს არა როგორც ცოცხალ ორგანიზმთა მარტივ ერთობლიობას, არამედ თერმოდინამიკურ ცოცხალ სივრცეს, სადაც ხორციელდება ყველა ცოცხალი არსების მუდმივი ურთიერთქმედება გარემოს არაორგანულ პირობებთან. ბიოსფერო მოიცავს ყოველივე ცოცხალს, დედამიწის იმ გარემომცველ სამყაროს, სადაც ცოცხალი ნივთიერება მოქმედებს როგორც გეოლოგიური ძალა, რომლის საშუალებითაც ხდება დედამიწის სახის ფორმირება. ამით განისაზღვრება ბიოსფეროს საზღვრებიც. ისინი მოიცავენ ჰიდროსფეროს, ე.ი.

წყლის ფენას (12 კმ-ის სიღრმემდე) და ატმოსფეროს ქვედა ფენას (15 კმ სიმაღლემდე).

ბიოსფეროს დინამიკური წონასწორობისა და მდგრადობის საფუძველს წარმოადგენს ნივთიერებათა წრებრუნვა და ენერჯიის გარდაქმნა. ცალკეული ციკლური პროცესები წარმოადგენს ნივთიერების ცვლილების თანმიმდევრულ რიგს, რომელიც მონაცვლეობს წონასწორობის დროებითი მდგომარეობით. როგორც კი გამოვა ნივთიერება მოცემული სისტემიდან, სადაც წონასწორობაში იმყოფებოდა, იგი განიცდის თანმიმდევრულ ცვლილებებს მანამ, სანამ ნაწილობრივ არ დაუბრუნდება საწყის მდგომარეობას. კარგადაა ცნობილი დედამიწაზე წყლის, ჟანგბადის, ნახშირბადის, აზოტის, მინერალურ ნივთიერებათა მიმოქცევის გლობალური პროცესები.

სიცოცხლის წარმოშობამდე დედამიწაზე მოქმედებდა მხოლოდ აბიოტური (არაცოცხალი ბუნების) ფაქტორები. დედამიწაზე სიცოცხლის წარმოშობის მომენტიდან აბიოტურ ფაქტორებს დაემატა ბიოტური (ცოცხალი ბუნების) ფაქტორები, ხოლო ადამიანის გაჩენიდან – ანთროპოგენური ფაქტორები, რაც გამოიწვია ბიოსფეროში მიმდინარე პროცესებში ადამიანის ჩარევამ.

ბიოსფეროს წარმოშობის ისტორიაში გადამწყვეტი როლი შეასრულა დედამიწაზე ავტოტროფული მცენარეების გაჩენამ.

ეს ორგანიზმთა ერთადერთი ჯგუფია, რომელსაც შეუძლია მინერალური ნივთიერებისგან ორგანული ნივთიერების სინთეზი. ქლოროფილშემცველი მცენარეები იღებენ მზის სხივების ენერჯიას და მას ფოტოსინთეზის განხორციელებისათვის იყენებენ. ხმელეთის მცენარეები ორგანული ნივთიერების შესაქმნელად იყენებენ ჰაერის ნახშირორჟანგს, წყალს, მინერალურ ნივთიერებებს. ამ დროს წარმოიქმნება ენერჯიით მდიდარი ორგანული ნივთიერებები – ცოცხალი სამყაროს არსებობისა და განვითარების პირველსაწყისი. ვ. ვერნადსკიმ აჩვენა, რომ ფოტოსინთეზის გამო იცვლება დედამიწის მთელი იერსახე. ფოტოსინთეზის შედეგად ხმელეთზე ყოველწლიურად იქმნება  $5 \cdot 10^{10}$  ტონა მცენარეული ბიომასა. ზღვებსა და ოკეანეებში ფოტოსინთეზის შედეგად ხმელეთთან შედარებით 5-6-ჯერ უფრო მეტი ორგანული მასა წარმოიქმნება. სწორედ მცენარეთა წყალობით დაიწყო დედამიწაზე სიცოცხლის სხვადასხვა ფორმამ



განვითარება და ცოცხალ და არაცოცხალ ბუნებას შორის ნივთიერებისა და ენერჯის აქტიური ცვლა.

თანამედროვე ბიოსფერო წარმოადგენს ცოცხალი და არაცოცხალი ბუნების ხანგრძლივი ევოლუციური პროცესის შედეგს, სადაც მონაწილეობს ადამიანიც. მეცნიერულ-ტექნიკურ პროგრესთან დაკავშირებით ადამიანის გავლენა ბუნებაზე სულ უფრო და უფრო გაიზარდა. ვ. ვერნადსკის განმარტებით, დედამიწის ბიოსფერო გარდაიქმნა ნოსფეროდ – გონების სფეროდ. ნოსფეროში იგი გულისხმობდა დედამიწის მატერიალურ გარსს, რომელიც შეიცვალა ბუნებაზე ადამიანის ზემოქმედების შედეგად. მისი აზრით, ნოსფერო ჩვენს პლანეტაზე ახალი გეოლოგიური მოვლენაა და იგი ბუნებრივი პროცესების მთავარი მამოძრავებელი ძალაა.

ეკოლოგიური კვლევის მნიშვნელოვანი სფეროა აბიოტური გარემოს ზემოქმედება ორგანიზმებზე. აბიოტური ფაქტორები იყოფა ქიმიურ (ატმოსფერული ჰაერის, ზღვებისა და მტკნარი წყლების, ნიადაგების შედგენილობა) და ფიზიკურ (ჰაერისა და წყლის ტემპერატურა, ატმოსფერული წნევა, ქარები, დინება, რადიოაქტიური ფონი) ფაქტორებად. თითოეულ მათგანს გარკვეული წვლილი შეაქვს ეკოლოგიური წონასწორობის შენარჩუნებაში.

აბიოტური და ბიოტური ფაქტორების ყოველმხრივი შესწავლის და ანალიზის შედეგად შესაძლებელია მოსალოდნელი ეკოლოგიური კატასტროფების წინასწარი პროგნოზირება. ამ უაღრესად სასიცოცხლო ეკოლოგიური პრობლემების გადაწყვეტაში ეფექტურად ხდება ქიმიის, ბიოლოგიის და ასევე ბიოტექნოლოგიის მიღწევათა გამოყენება-დანერგვა. ბიოტექნოლოგია მიზნად ისახავს ქიმიური, აგრაული და სამრეწველო ტექნოლოგიების დანერგვის შედეგად წარმოქმნილი ტოქსიკანტებისა და განახლებადი სასოფლო-სამეურნეო ნარჩენების ზემოქმედებისაგან ეკოლოგიური ბალანსის დაცვას, პროდუქტების მასიური წარმოების მცირენარჩენიანი და არაენერგოტევადი ტექნოლოგიების დამუშავებას, არატრადიციული ხერხებით ორგანული ნარჩენებიდან ენერჯის წარმოებას, წყალსაცავებისა და ნიადაგების ეკოლოგიური მდგომარეობის გაუმჯობესებას, ადამიანისა და ცხოველებისათვის ეკოლოგიურად სუფთა საკვების წარმოებას.

ეკოლოგიის ძირითად ცნებას ეკოსისტემა წარმოადგენს. ეკოსისტემა არის ბუნებრივი ან ბუნებრივ-ანთროპოგენური კომპლექსი, რომელიც ფუნქციურად მთლიანია და ცოცხალი ორგანიზმებითა და მათი ბინადრობის გარემოთა შექმნილი. არჩევენ ეკოსისტემის სხვადასხვა დონეებს: მიკროეკოსისტემებს (მცირე ზომის წყალსატევებს, გუბურებს და წყლის წვეთსაც კი, რომელშიც ცოცხალი ორგანიზმები ბინადრობენ); მეზოეკოსისტემებს (ტყეს, მდელოს, მდინარეს, წყალსაცავს); მაკროეკოსისტემებს (ოკეანეს, კონტინენტს, ბუნებრივ ზონებს). ადამიანი და ადამიანთა მოღვაწეობა ემორჩილება ეკოსისტემის კანონებს. ეკოსისტემის სპეციფიკა განისაზღვრება არა მარტო მისთვის დამახასიათებელი ფიზიკური და ბიოლოგიური ფაქტორებით, იგი ყალიბდება სხვა, თვისებრივად ახალი სოციალურ-ეკონომიკური პირობებით. განსაკუთრებით მწვავე პრობლემები ადამიანსა და მის ბუნებრივ გარემოს შორის ურთიერთობათა სფეროში წარმოიშვა მეცნიერულ-ტექნიკურ რევოლუციასთან დაკავშირებით. ამიტომ, თანამედროვე ეკოლოგიის წინაშე რთული და მნიშვნელოვანი ამოცანა დგას: ბიოსფეროს განვითარების კანონების შესწავლა, მეურნეობის კომპლექსური განვითარების სისტემების დამუშავება (მრეწველობისა და ოპტიმალური ბუნებრივი გარემოს ინტერესების შეთავსებით).

ეკოლოგიის კარდინალურ პრობლემათა გადაჭრა მჭიდროდაა დაკავშირებული ეკონომიკის განვითარების უმნიშვნელოვანესი ამოცანების განხორციელებასთან, კაცობრიობის საარსებო პირობების გაუმჯობესებასთან და ატმოსფეროს დაცვასთან. ეს პრობლემებია:

1. გარემოსთან ადაპტაცია – მოიცავს მრავალ აქტუალურ საკითხს, მათ შორის შიგასახეობრივი დაჯგუფებებისა და მრავალსახეობრივი გაერთიანებების შემჯუჭვლობის ვარირებას და ადაპტაციურ რეაქციებს. თანამედროვე პირობებში სიცხვესთან, გვალვასთან, უწონობასთან (კოსმოსის ათვისებასთან დაკავშირებით) და ა. შ. ადაპტაციის პირობების შესწავლას.
2. პოპულაციათა რაოდენობის რეგულაცია. დღეს მნიშვნელოვან პრობლემას წარმოადგენს ტყისა და სასოფლო-სამეურნეო კულტურების მავნებელთა, ადამიანისა და ცხოველთა

დაავადებათა გადამტანების რაოდენობის დინამიკის მართვის ღონისძიებათა შემუშავება.

3. პროდუქციული პროცესების მართვა. ეს პრობლემა მოიცავს ბიოენერგეტიკული პროცესების რაოდენობრივ დახასიათებას. მათ შორის განსაკუთრებით აქტუალურია ფოტოსინთეზის პროცესების მართვა, მისი ინტენსივობის გაზრდა, ნიადაგის ნაყოფიერების შენარჩუნება.
4. ეკოლოგიური ინდიკაცია. იგი გულისხმობს ადამიანის გარემოზე ზემოქმედების შედეგების (ატმოსფეროს, ნიადაგის და წყლის გაბინძურების დონის), გარემოში ადამიანის მოღვაწეობის სხვადასხვა ნარჩენების ზღვრულად დასაშვები კონცენტრაციების მასშტაბების განსაზღვრასა და პროგნოზირებას.
5. მონიტორინგი. იგი მოიცავს გარემოს პარამეტრების მიზანმიმართულ განმეორებით დაკვირვებებს. გარემოს მდგომარეობის შესახებ მიღებული მონაცემები მისი გამოყენების რაციონალური ხერხების დამუშავების საშუალებას იძლევა.

ეკოლოგიური მდგომარეობის გაუარესების მიზეზად შეიძლება დასახელდეს შემდეგი გარემოებები:

1. ეკონომიკის ინტენსიური განვითარება, უზარმაზარი მოცულობის წიაღეული სიმდიდრის მოპოვება და გადაამუშავების არასრულყოფილი ტექნოლოგია, ნარჩენები;
2. გამოყენებითი ტექნიკის სისტემის ჩამორჩენილობა და კვალიფიციური კადრების დეფიციტი;
3. ბუნების დაცვის და ეკოლოგიური რეგულირების არასრულყოფილი სისტემა;
4. ატმოსფეროს გაბინძურება ტრანსპორტიდან (ავტოტრანსპორტი, რკინიგზის ტრანსპორტი, საავიაციო ტრანსპორტი, საზღვაო ტრანსპორტი) გამონაბოლქვი აირებით;
5. ეკოლოგიური განათლებისა და კულტურის დეფიციტი;
6. ბუნებრივი ლანდშაფტის რღვევა-ტყეების განეხვა, ფლორისა და ფაუნის დაზიანება;
7. ანთროპოგენური ზემოქმედება ატმოსფეროზე, ჰიდროსფეროზე, ნიადაგზე;
8. სახალხო მეურნეობის დამახინჯებული სტრუქტურა;

## მეცნიერულ-ტექნიკური პროგრესი და ეკოლოგია

მეცნიერულ-ტექნიკური პროგრესი ადამიანის არსებობისა და ფუნქციონირების აუცილებელი პირობაა. საქმიანობის ყველა ასპექტში ადამიანი შესატყვის ტექნიკას გამოიყენებს. ტექნიკური პროგრესი ისტორიული ხასიათისაა და მოიცავს განვითარების სხვადასხვა ეტაპებს. მას თან ახლავს ბუნებისა და გარემომცველი სამყაროს ექსპლოატაცია, რის გამოც ხშირ შემთხვევაში ირღვევა ადამიანთა და გარე სამყაროს შორის არსებული ბუნებრივი წონასწორობა, რაც ეკოლოგიურ კრიზისს გამოიწვევს მთელ დედამიწაზე.

მეცნიერულ-ტექნიკური პროგრესის არარაციონალურმა გამოყენებამ დღის წესრიგში დააყენა ადამიანის, როგორც ბიოლოგიური სახეობის, არსებობის პერსპექტივა. ეს პრობლემა თავისებურად აისახა თანამედროვე ფილოსოფიურ ლიტერატურაში და მოწოდებად გაისმა მაქს ფრიშის გმირის – ჰომო ფაბერისაგან (მეცნიერების მიერ შექმნილი მწარმოებელი ადამიანი: „ჩვენ ტექნიკის საუკუნეში ვცხოვრობთ. ადამიანი ბუნების დამპყრობელია, ადამიანი ინჟინერია და ვინც ამის წინააღმდეგ ილაშქრებს, არც იმ ხიდზე უნდა გაიაროს, რომელიც ბუნებას არ აუგია“) „ჰომო საპიენსის“ დაცვის საკითხი.

დედამიწას ზოგჯერ ადარებენ ყულაბას, საიდანაც კაცობრიობა იღებს უამრავ სიმდიდრეს. დროის ცვალებადობასთან ერთად ჩნდება რესურსების დეფიციტი. თანამედროვე ეპოქის ერთ-ერთი მოთხოვნაა არ დაირღვეს სიცოცხლისათვის აუცილებელი ოპტიმალური პირობები. ატმოსფერული ჰაერის გამჭუჭყიანებელია ტრანსპორტის ექსპლოატაცია, სათბობის წვა, მყარი ნარჩენების გადამუშავების პროცესში წარმოშობილი ნარჩენები. ამ ფაქტორისაგან თავდაცვის საშუალებაა დედამიწის მწვანე საფარის შენარჩუნება-აღდგენა, კულტივირება.

მეცნიერული ცოდნა ეს ის იარაღია, რომელიც შეიძლება ერთდროულად გუღმომწყალეც იყოს და მომაკვდინებელიც, იმის მიხედვით ადამიანები როგორ გამოიყენებს. მეცნიერება არაა „პირადი საქმე“, იგი უშუალოდ გარდაისახება ტექნიკაში, წარმოებაში, ცვლის ადამიანთა ყოველდღიურ ყოფას. მეცნიერული კვლევის ეთიკამ მწვავედ დააყენა ბევრი საკითხი: ხირო-

სიმა და ნაგასაკი, თერმოატომგულური საფრთხე, ქიმიური, ბაქტერიოლოგიური და მეტეოროლოგიური ომები. ეს ის საკითხებია, რომელიც კაცობრიობას მოუტანა მეცნიერების არასწორმა, ანტიჰუმანურმა გამოყენებამ. ერთ-ერთმა ცნობილმა ამერიკელმა მწერალმა კურტ ვონეგუტმა მწარედ იხუმრა: „რაც არ უნდა გამოიგონონ მეცნიერებმა, მაინც იარაღი გამოუდითო“. ყველასათვის ცნობილია უხმო, ასაფეთქებელი ნივთიერება – დემოლიტი, რომელიც გამოიყენება სამშენებლო საქმეში. მას შეუძლია ააფეთქოს ბეტონის ფუნდამენტი, კედლები რყევისა და გამაყრუებელი ხმაურის გარეშე ისე, რომ მტკვრიც კი არ დააყენოს. მაგრამ, სამწუხაროდ, ეს გამოგონება შეიძლება ადამიანის საწინააღმდეგო იარაღადაც იქცეს სამხედრო უპირატესობისადმი პოლიტიკანთა მანიაკური სწრაფვის გამო.

მეცნიერულ-ტექნიკურმა რევოლუციამ კაცობრიობას სოციალური პროგრესის არნახული შესაძლებლობანი გადაუშალა, მაგრამ ამავე დროს სერიოზული პრობლემები შეუქმნა. გარემოზე ანთროპოგენურმა გავლენამ ბოლო დროს ისეთ მასშტაბებს მიაღწია, რომ სიცოცხლე საბედისწერო კატასტროფის წინაშე დადგა. მეცნიერულ-ტექნიკური რევოლუცია, რომელიც გამოიწვია ფიზიკაში, ქიმიაში, ბიოლოგიასა და სხვა მეცნიერებათა სფეროში უდიდესმა აღმოჩენებმა, აფართოვებს ბუნებრივ რესურსთა ინტენსიური გამოყენების შესაძლებლობას, რაც აუცილებელია საზოგადოების მატერიალურ და სულიერ მოთხოვნილებათა დასაკმაყოფილებლად.

ამჟამად, ატმოსფეროში 1600 სხვადასხვა აირია გაფრქვეული, რაც მანვე გავლენას ახდენს კლიმატზე, ადამიანთა ჯანმრთელობაზე, მთელ ეკოსისტემაზე. საცხოვრებელ სახლებში გროვდება ასობით შხამი, რომელიც გამოიყოფა ავეჯის, ტანსაცმლის, ფეხსაცმლის, კოსმეტიკურ საშუალებათა და საოჯახო მოხმარების ნივთებისაგან. იუნესკოს მონაცემებით თბურ ელექტროსადგურთა და მეტალურგიულ ქარხანათა საკვამლე მიწები 150 მილიონ ტონაზე მეტ გოგირდის (IV) ოქსიდს და 50 მილიონ ტონამდე სხვა მუავურ აირებს აფრქვევენ ატმოსფეროში. “მუავური სტრესი” ბუნების წინააღმდეგ მიმართული კიდევ ერთი ავრესიაა. მუავური წვიმების შედეგად გაჩანაგება იწყებს ტყეებმა, მატერიალური კულტურის ძეგლებმა,

მკვეთრად გაიზარდა პათოლოგიური გადახრები ახალშობილთა შორის.

დღეს გარემოს დაბინძურება ჩვენი ჯანმრთელობის ძირითად საფრთხეს წარმოადგენს. ჰაერის დაბინძურება მუდმივად იზრდება. დადგინდა, რომ დიდ ბრიტანეთში ყოველწლიურად 24 000 ნაადრევი მშობიარობის სიკვდილიანობის მიზეზი ჰაერის დაბინძურებაა. ფილტვების კიბოთი გარდაცვლილი 10 ადამიანიდან, ერთი ჰაერის დაბინძურების შედეგია. 2000 წლის მონაცემებით სიკვდილიანობის საერთო მაჩვენებლის 6% საფრანგეთში, ავსტრალიასა და შვეიცარიაში ტრანსპორტის გამოწვევით დაბინძურებული ჰაერის შედეგია. ქალაქებში ჰაერის დაბინძურებით გამოწვეული ჯანმრთელობის საფრთხე გაცილებით მაღალია, ვიდრე სიგარეტით გამოწვეული საფრთხე. კალიფორნიის, ლოს-ანჯელესის უნივერსიტეტის ექიმების და მეცნიერების მიერ ჩატარებული ეპიდემიოლოგიური კვლევების შედეგად დაფიქსირდა რომ ჰაერი, რომელსაც ჩვენ ვსუნთქავთ, ისეთ ტოქსიკურ ნაერთებს შეიცავს, რომლებიც ბავშვებში თანდაყოლილ ანომალიებს იწვევენ.

ძირითადი ტოქსიკური ნაერთები, რომლებიც ჰაერს აბინძურებს და კაცობრიობას ემუქრება, ტრანსპორტიდან გამომდინარე (ნახშირორჟანგი, ტყვია, ბენზოლი, აზოტის დიოქსიდი) ტოქსიკური ნაერთებია, რომლებიც ფილტვებში ხვდება და სერიოზულ საფრთხეს არა მარტო უფროსებს, არამედ ბავშვებსაც უქმნის და რაც უფრო სავალალოა, ტოქსიკური ნაერთები ზეგაფლენას ჯერ კიდევ დედის საშოში მყოფ ბავშვებზეც (ემბრიონზე) ახდენენ, რაც ახალშობილის სერიოზული კარდიო-ანატომიური ანომალიებით დაბადების ალბათობას ზრდის.

## ბუნების სასიცოცხლო მნიშვნელობა

ეკოლოგიური პრობლემები – ბუნებასა და საზოგადოებას შორის, ბუნებასა და ადამიანს შორის ურთიერთობის პროცესის უშუალო შედეგია. გარდუვალია ამ პრობლემათა წარმოშობა, მაგრამ შესაძლებელია მათი გადაჭრაც ადამიანსა და ბუნებას შორის ჰარმონიის დამყარებით ისევე მეცნიერების, ტექნიკისა და ტექნოლოგიის მიღწევათა საფუძველზე. „თავდაპირველად დმერთმა შექმნა ცა და მიწა“ და უზრუნველყო სასიცოცხლო პირობებით იდეალურად დარეგულირებული მექანიზმით. ეს მექანიზმებია:

1. დედამიწის მდებარეობა „ირმის ნახტომსა“ და მზის სისტემაში, მისი ორბიტა, დახრილობა, მოძრაობის სიჩქარე და მთვარე;
2. მაგნიტური ველი და ატმოსფერო – დედამიწის ორმაგი დამცავი სისტემა;
3. დედამიწაზე არსებული წყლის მარაგი;
4. ბუნებრივი ციკლები, რომლებიც ბიოსფეროს რესურსების შევსებასა და გასუფთავებას ემსახურება.

მზის სისტემა, რომელიც ირმის ნახტომის იმ ნაწილში მდებარეობს, სადაც სიცოცხლისათვის ხელსაყრელი ყველა პირობაა შექმნილი – გალაქტიკის ცენტრიდან 28 000 სინათლის წლით არის დაშორებული და მასში თავმოყრილია სიცოცხლისათვის აუცილებელი ყველა ქიმიური ელემენტი. მზის სისტემა ცენტრიდან უფრო შორს რომ ყოფილიყო, ქიმიური ელემენტები არასაკმარისად იქნებოდა, უფრო ახლოს ყოფნა კი სახიფათო და მომაკვდინებელი რადიაციისა და სხვა ფაქტორების გამო. ასევე დედამიწის ორბიტაც მზის სისტემაში იდეალურ ადგილას მდებარეობს. იგი მზისგან 150 000 მილიონი კმ-ით არის დაშორებული. დედამიწა ზუსტად იმ სარტყელშია მოქცეული, სადაც ტემპერატურა არც ძალიან მაღალია და არც ძალიან დაბალი. დედამიწა მზის ირგვლივ წრესახზე მოძრაობს, რის გამოც წლის განმავლობაში თითქმის არ იცვლება მისი დაშორება მზისგან. მზე უშრეტი ენერჯის წყაროა. ის ზუსტად იმდენ ენერჯიას გამოყოფს, რამდენიც აუცილებელია სიცოცხლისათვის. პლანეტის ეკოლოგიისათვის განსაკუთრებული მისიას ასრულებს მზის სისტემაში შემავალი, ჩვენი დე-

დამიწის მუდმივი თანამგზავრი – მთვარე. იგი თავისი მიზიდულობის ძალით იწვევს დედამიწაზე ოკეანეების მიმოქცევას. მთვარის გრავიტაცია დედამიწის ღერძის უძრაობას განაპირობებს. ეს პლანეტა ბზრიალასავით დაიწყებდა რყევას, რაც კატასტროფულ ცვლილებებს მოახდენდა დედამიწის კლიმატსა და წყლის მიქცევა-მოქცევაზე. დედამიწის დახრილობა და ბრუნვის სიჩქარე ისეთი სიზუსტით არის დარეგულირებული, რომ ოდნავ ცდომილება კატასტროფას გამოიწვევს. დედამიწის დახრილობა 23,5<sup>0</sup>-ით განისაზღვრება, რაც განაპირობებს წელიწადის დროების მონაცვლეობას, ზომიერ ტემპერატურას და მრავალფეროვანი კლიმატური ზონების არსებობას. დედამიწის ბრუნვის ზომიერი სიჩქარის გამო დღე-ღამის ხანგრძლივობა და მონაცვლეობაც დაბალანსებულია. დედამიწა შემობრუნებას უფრო დიდ დროს რომ ანდომებდეს, მზისკენ მიმართული მისი მხარე გადახურდებოდა, მეორე მხარე კი გაიყინებოდა. დღეების ხანგრძლივობა უფრო მოკლე რომ ყოფილიყო, დედამიწის სწრაფი ბრუნვა ქარიშხლებსა და სხვა უბედურებებს გამოიწვევდა.

დედამიწა კოსმიური მომაკვდინებელი საფრთხისაგანაც საიმედოდ არის დაცული. ეს დამცავი სისტემებია: მძლავრი მაგნიტური ველი და ატმოსფერო. მაგნიტური ველი დედამიწის გარშემო კილომეტრებზე ვრცელდება და უხილავ საფარს, მაგნიტოსფეროს ქმნის. ის იცავს მძლავრი კოსმოსური და მზის მიერ გამოსხივებული რადიაციისაგან. მზის გამოსხივებას იწვევს მზის ქარი, ანუ მაღალი ენერჯის მქონე ნაწილაკების მძლავრი გამოფრქვევა და მზის აფეთქებები, რომელთა შედეგადაც ერთ წუთში გამოთავისუფლებული ენერჯია მილიარდობით წყალბადის ბომბის მიერ გამოყოფილ ენერჯიას უტოლდება. აგრეთვე, მზის გვირგვინიდან პლაზმის გამოფრქვევა, რის შედეგადაც კოსმოსში მილიარდობით ტონა მატერიის ნაწილაკი გამოიტყორცნება. მზის აფეთქებისა და პლაზმის გამოფრქვევის შედეგად წარმოიშობა პოლარული ციალი – ზედა ატმოსფეროს ნაირფეროვანი ნათება, რომელიც იმ მაგნიტურ პოლუსებთან ახლოს ჩნდება, რომლებიც კაცობრიობას იცავს ამ საფრთხისაგან.

ატმოსფერო დედამიწის კიდევ ერთი დამცავი სისტემაა. მის ზედა ფენაში, სტრატოსფეროში გვხვდება ქანგბადის ნაირ-



სახეობა ოზონი, რომელიც ულტრაიისფერი გამოსხივების 99%-ს შთანთქავს. მაშასადამე, მაგნიტური ველი და ატმოსფერო დედამიწის ფხიზელი გეშაგები არიან.

ჩვენი პლანეტის კიდევ ერთი საოცრებაა წყალი - ანუ მაცოცხლებელი სითხე. წყლის გარეშე წარმოუდგენელია სიცოცხლე. ცხოველებმა შეიძლება იშიშვილონ 100 დღე, მაგრამ უწყლობას 10 დღეზე მეტს ვერ გაუძლებენ. წყალი არის საუკეთესო გამსხნელი როგორც ორგანული, ასევე არაორგანული ნივთიერებების. წყლის საშუალებით ხდება ცოცხალ ორგანიზმში ყველა საჭირო ნივთიერებების შეტანა და არასასურველი ნივთიერებების გამოტანა. ზრდადასრული ადამიანი დღე-ღამეში დაახლოებით 2,5 ლიტრ წყალს საჭიროებს. წყალი არის სიცოცხლისათვის აუცილებელი და ძირითადი მასალა ცოცხალი ორგანიზმებისათვის. ცოცხალი ორგანიზმები, ფლორა და ფაუნა შეიცავენ 50% წყალს, ზოგიერთ მათგანში წყლის შემცველობა 98%-ს აღწევს. ადამიანის ორგანიზმში შეიცავს 70% წყალს, საკმარისია ადამიანის ორგანიზმმა დაკარგოს წყლის 20%, ეს გამოიწვევს ორგანიზმის სიკვდილს. წყალი აქტიურად მონაწილეობს მაღალმოლეკულური ბიოპოლიმერების სტრუქტურულ ორგანიზაციაში და ნივთიერებათა ცვლაში. წყლის რაოდენობრივი განაწილება იცვლება სახეობის, ქსოვილის და ასაკის მიხედვით. მაგალითად, კუნთოვან ქსოვილში წყლის შემცველობა მშრალი წონის 75%-ია, ძვლებში 20-40%, სისხლის პლაზმაში 92%. ადამიანის 2 თვის ემბრიონში წყლის შემცველობა 97%-ს აღწევს, 5 თვის ასაკში 87%-მდე მცირდება, ზრდასრულ ორგანიზმში კი 67%-ს არ აღემატება. ღვიძლსა და ელენთაში მისი რაოდენობა 80%-ია. კვების პროცესში წყალი არა მარტო გამსხნელია, არამედ ფიზიკო-ქიმიური გარემოცაა, რომელთან კონტაქტისას ბევრი ნივთიერება კოლოიდურ კონსისტენციას იძენს.

წყლის მიღების დროს გასათვალისწინებელია სამედიცინო რჩევები: 1) ძალზე ცივი წყლის დალევა ჭარბი ცხიმიანი საკვების მიღების შემდეგ ხელს უწყობს საჭმლის გუნდის დიდი ხნით დაყოვნებას, რაც შეიძლება გამოვლინდეს კუჭის არეში არასასიამოვნო შეგრძნებების სახით, ნაწლავების ზედმეტად ინტენსიური პერისტალტიკითა და თხელი განავლით; 2) თბილი ან ცხელი წყლით განზავებული საკვები, რომელსაც ფა-

ფისებური კონსისტენცია გააჩნია, კუჭს უფრო სწრაფად ათავისუფლებს. ამასთან ერთად, შიმშილის გრძნობა გაცილებით უფრო ადრე ჩნდება; 3) მშრალი საკვები ყველასათვის არასასურველია. ბუტერბროდების, ორცხობილებისა და სხვა ასეთი ტიპის საკვების მიღების შემდეგ საჭიროა წყლის დაყოლება. ადამიანი მთელი სიცოცხლის მანძილზე საშუალოდ 75 ტონა წყალს მოიხმარს.

ადამიანი სტრუქტურირებულ წყალს იღებს მცენარეულ და ცხოველურ პროდუქტებთან ერთად, აგრეთვე, ახლად დამდნარი წყლის სმისას, რომელშიც დადნობის შემდეგ მოლეკულების დაახლოებით 80% ყინულისმაგვარ სტრუქტურას ინარჩუნებს. ასეთ წყალს აქვს უფრო მაღალი ბიოლოგიური აქტივობა, ვიდრე ჩვეულებრივს.

ერთი შეხედვით ისეთი უვნებელი სანიტარული საშუალებაა კი, როგორცაა წყლის ქლორირება, ადამიანის ჯანმრთელობის რისკთან არის დაკავშირებული. ქლორირებულ წყალში ორი მუტაგენური ნივთიერება აღმოჩნდა, რომელთაც შეუძლიათ გამოიწვიონ კანცეროგენული ეფექტი, ე.ი. უჯრედის უკონტროლო დაყოფა და კიბოვანი სიმსივნეები. მძიმე წყალი, რომელიც ჩვეულებრივისაგან განსხვავდება დეიტერიუმის (წყალბადის მძიმე იზოტოპის) ჟანგის მაღალი შემცველობითა და დიდი კუთრი წონით, აქვს განსხვავებული ბიოლოგიური მოქმედება ჩვეულებრივ წყალთან შედარებით, რომელიც ამ ნივთიერების 0,025-ს შეიცავს. წყალში დეიტერიუმის ჟანგის კონცენტრაციის მომატებისას იზრდება ცენტრალური ნერვული სისტემის (ცნს) აგზნებადობა, ძლიერდება ადრენალინის გამოყოფა სტრესულ გამლიზიანებლებზე.

წყლის ქიმიური შედგენილობიდან სანიტარული ჰიგიენური თვალსაზრისით საინტერესოა მშრალი ნაშთი: სიხისტე, ქლორიდები, ამონიაკი, აზოტოვანი მარილები (ნიტრატები), წყლის ჟანგბადობა, თავისუფალი ჟანგბადის რაოდენობა, წყალბადიონთა კონცენტრაცია. წყლის სიხისტეს განაპირობებს წყალში გახსნილი კალციუმისა და მაგნიუმის მარილების რაოდენობა. სახელმწიფო სტანდარტით სასმელად ვარგისია ის წყალი, რომლის სიხისტე არ აღემატება 200-ს. ამაზე მეტი სიხისტის წყალი საჭიროებს დარბილებას, რადგან ასეთ წყალში მოხარშული საკვები კარგავს ბიოლოგიურ ღირებულებებს,

ხელს უწყობს კენჭოვანი დაავადების განვითარებას, თირკმლების სტრუქტურულ-ფუნქციურ ცვლილებებს, ათეროსკლეროზის განვითარებას.

სასმელი წყალი კალციუმის, მაგნიუმის, რიგი მიკროელემენტების უმნიშვნელოვანეს წყაროს წარმოადგენს. მათი ათვისება და ბიოლოგიური ღირებულება შეიძლება იყოს უფრო მაღალია, ვიდრე მათი შეწოვისას საკვები ნივთიერებების დაშლის პროდუქტებიდან. მაგალითად, წყლის კალციუმი შეითვისება 90%-ით, ხოლო საკვები ნივთიერებების კალციუმი – მხოლოდ 30%-ით. ქლორიდები წყალში გვხვდება NaCl სახით, შედარებით იშვიათად KCl, CaCl<sub>2</sub>, MgCl<sub>2</sub>-ის სახით. თუ ქლორიდების რაოდენობა წყალში 300-ზე მეტია მგ/ლ-ზე, წყალი მლაშე გემოსია. ქლორიდები წყალში შეიძლება მოხვდეს მიწისქვეშა მინერალური მარილების შემცველი ფენების გამოწვევით. შედეგად, რაც ჰიგიენური თვალსაზრისით საშიში არ არის; ასევე შეიძლება მოხვდეს სხვადასხვა ორგანული გადანაყარის, უმთავრესად ფეკალური მასებისა და შარდის მეშვეობით, რაც ჰიგიენურად ძლიერ საშიშია. აზოტის ნაერთები სასმელ წყალში შეიძლება მოხვდეს როგორც მცენარეული, ისე ცხოველური ცილების დაშლით. დადგენილია, რომ ნიტრატებმა შეიძლება გამოიწვიოს ჰემოგლობინემია (ჰემისმიერი ჰიპოქსია), ამ დროს ჟანგბადი ისეთი ფორმით უკავშირდება ჰემოგლობინის რკინას, რომ იგი მოტანილ ჟანგბადს ვერ გადასცემს ქსოვილებს. ამიტომ ნიტრატების ნორმა არის არა უმეტეს 40მგ/ლ ჰემოგლობინში რკინა დაჟანგულია სამვალენტოვნებად, მაგრამ მოკლებულია უნარს აღდგეს ორვალენტოვნად, ე.ი. გასცეს ჟანგბადი.

წყლის სისუფთავის ერთგვარი მაჩვენებელია მასში გახსნილი თავისუფალი ჟანგბადის რაოდენობა. რამდენადაც მდიდარია წყალი სხვადასხვა სახის ორგანული ნივთიერებებით, იმდენად ნაკლები რაოდენობით რჩება წყალში თავისუფალი ჟანგბადი. თუ წყლის თითოეული ლიტრი თავისუფალი ჟანგბადის 1-2 მლ-ს ან ნაკლებს შეიცავს, ასეთ წყალში თევზი ვერ ძლებს.

წყლის დამბინძურებლები შეიძლება იყოს ქიმიური, ფიზიკური, ბაქტერიული, ვირუსული და ბიოლოგიური (საფუარი, ამინოჟავები, ლურჯ-მწვანე წყალმცენარეების დაშლის პრო-

დუქტები). სინთეზური ქიმიური ნივთიერებები აუარესებს წყლის ბილოგიურ და ორგანოლექტიკურ თვისებებს, რომლებიც მის ზედაპირზე წარმოქმნიან ქაფს, რაც აუარესებს წყალსაცავის სანიტარულ რეჟიმს. წყალი იძენს სპეციფიკურ სუნსა და გემოს. ჯანმრთელობისათვის განსაკუთრებით საშიშია წყალში გახსნილი კანცეროგენული ნივთიერებები: ნიტროზამინები, ქლოროფორმი, ოთხქლორიანი ნახშირბადი). ნიტრატები და ნიტრიტები ურთიერთქმედებაში შედიან ამინებთან და წარმოქმნიან ნიტროზამინებს და ნიტროზამიდებს, რომლებიც ავთვისებიანი სიმსივნეების წარმოქმნის უნართ ხასიათდებიან. წყალს დედამიწის „კონდიციონერს“ უწოდებენ. როგორც ცნობილია, დედამიწის ზედაპირის დაახლოებით 70% წყლით არის დაფარული, რაც დიდ გავლენას ახდენს მის კლიმატზე. ატმოსფეროსა და ოკეანეებს შორის უწყვეტად მიმდინარეობს სითბოს, ტენიისა და აირების ურთიერთგაცვლა. თავის მხრივ, ქარებსა და დინებებს მზისგან მიღებული სითბო ტროპიკებიდან პოლუსებისკენ მიაქვთ, რაც არეგულირებს ტემპერატურას დედამიწაზე.

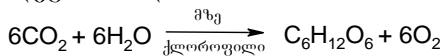
პლანეტის სისუფთავეზე და სიჯანსაღეზე პასუხისმგებელი არიან ბუნებრივი სასიცოცხლო ციკლები. დედამიწაზე ყველაფერი ისეა ორგანიზებული, რომ წყლის, ნახშირბადის, ჟანგბადისა და აზოტის წრებრუნვის ციკლები ბუნებრივად მიმდინარეობს. წყლის წრებრუნვა სამ ეტაპად მიმდინარეობს:

1. მზის ენერგიით ხდება წყლის აორთქლება ატმოსფეროში;
2. გასუფთავებული წყლის კონდენსაციის შედეგად წარმოიშვება ღრუბლები;
3. ღრუბლებიდან კი წყალი დედამიწაზე ბრუნდება წვიმის, სეტყვისა და თოვლის სახით.

ამგვარად იკვრება წრე. ყოველწლიურად იმ რაოდენობის წყალი ბრუნავს, რამდენიც საკმარისი იქნებოდა ყველა კონტინენტის 100 სანტიმეტრზე დასაფარად. ნახშირბადისა და ჟანგბადის ციკლები ორ ძირითად პროცესს ეფუძნება: ფოტოსინთეზსა და სუნთქვას.

მწვანე მცენარეების მიერ ორგანული ნივთიერების სინთეზს ფოტოსინთეზი ეწოდება. ფოტოსინთეზი (ბერძ. ფოტოს – სინათლე, სინთეზი - შეერთება) არის პროცესი, რომლის დრო-

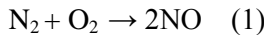
საც მზის სხივების ენერჯის, ნახშირორჟანგისა და წყლის ხარჯზე წარმოებს ნახშირწყლების სინთეზი. უფრო დეტალურად, ფოტოსინთეზი არის პროცესი, რომლის შედეგადაც მზის ელექტრომაგნიტური ენერჯია გადადის ქიმიურში ნახშირორჟანგის აღდგენისა და ატმოსფეროში ჟანგბადის განთავისუფლების გზით, ე.ი. ეს არის არაორგანული ნივთიერებების გარდაქმნა რეაქციისუნარიან ორგანულ ნივთიერებებად მზის ენერჯის გავლენით. ამრიგად, ფოტოსინთეზის პროცესში მზის (სინათლის) ენერჯია გარდაიქმნება ქიმიურ ენერჯიად. ფოტოსინთეზი ასრულებს ერთგვარი ხიდის როლს მზის ენერჯიასა და დედამიწაზე სიცოცხლისათვის აუცილებელ ენერჯიას შორის. რუსი ფიზიოლოგი კ.ა. ტიმირიაზევი წიგნში: “მზე, სიცოცხლე და ქლოროფილი” წერდა: “ცხოველი დამოკიდებულია მცენარეზე, მცენარე კი მზეზე”. ფოტოსინთეზის საბოლოო პროცესი გამოისახება შემდეგნაირად:



მწვანე მცენარეებს გააჩნიათ უნარი გამოიმუშაონ სხვადასხვა ორგანული ნივთიერებები – ნახშირწყლები, ლიპიდები, ცილები. ორგანიზმებს, რომლებიც თვითონ ქმნიან ორგანულ ნივთიერებებს, აუტოტროფები ეწოდებათ. მარტივი არაორგანული ნივთიერებების გარეშე ისინი ამ პროცესს ვერ აწარმოებენ. მზეზე, რომელიც დედამიწიდან დაახლოებით 150 000 000 კმ-ით არის დაშორებული, განუწყვეტლივ მიმდინარეობს თერმობირთვული რეაქციები, რომლებიც აწარმოებენ სითბური და სინათლის ენერჯის უზარმაზარ რაოდენობას. დედამიწაზე ამ ენერჯის მხოლოდ 1/120 000 000 აღწევს, თუმცა ის უმნიშვნელოვანესი ნაწილიც კი სრულიად საკმარისია დედამიწაზე სიცოცხლის უზრუნველსაყოფად მწვანე მცენარეების მეშვეობით. დედამიწაზე ყოველწლიურად  $1 \cdot 10^{10}$  ტონა ჟანგბადი იხარჯება. ჟანგბადის წყაროა ფოტოსინთეზი, რომელსაც ხმელეთის მცენარეულობა და ფიტოპლანქტონი ანხორციელებს, მაგრამ დედამიწაზე მცენარეული საფარი მცირდება, ჰაერის გაჭუჭყიანება მცენარის ზრდა-განვითარებას საშუალოდ 2-ჯერ ამუხრუჭებს. სუნთქვის შედეგად, რომელშიც ჩართულია ადამიანები და ცხოველები, ნახშირწყლების და ჟანგბადისაგან წარმოქმნება ენერჯია, ნახშირორჟანგი და წყალი. ამგვარად, ერთი

ციკლის შედეგად, მიღებული ნივთიერებები მეორე ციკლს ხმარდება. ეს ყველაფერი საათივით არის აწყობილი და ყოველგვარი დაბინძურებისა და დისკომფორტის გარეშე მიმდინარეობს. მზის ენერგიას წყალთან, ნახშირორჟანგთან და მინერალურ მარილებთან ერთად მწვანე მცენარეები ფოტოსინთეზის პროცესში გარდაქმნიან ქიმიურ ენერჯიად - ორგანულ ნივთიერებებად. ცხოველებს ასეთი უნარი არ გააჩნიათ. სასიცოცხლო ენერგიას ცხოველები ღებულობენ პირდაპირ მცენარეული პროდუცენტებისგან. ამრიგად, მცენარის მიერ გადამუშავებული ენერჯია აგრძელებს მიმოქცევას მთელ ეკოსისტემაში ორგანული მატერიის სახით. საესეებით გასაგები ხდება სასიცოცხლო პროცესების შინაგანი ზემოქმედებისა და ბიოლოგიური ერთობლიობის მნიშვნელობა ზედმიწევნით ბალანსირებული წონასწორობისას. ეკოლოგიური სიტემის სიცოცხლისუნარიანობის ხელშემწყობი ფაქტორების დარღვევა იწვევს საგრძნობ გადახრას დამყარებული წონასწორობიდან. რამაც შეიძლება გამოიწვიოს მთელი ეკოსისტემის სრული კატასტროფა.

აზოტის ციკლი გადამწყვეტ როლს თამაშობს ამინომჟავების, ცილებისა და სხვა ორგანული ნივთიერებების წარმოქმნაში. ატმოსფეროს 78% აზოტისგან შედგება. ელვისა და სხვადასხვა ბაქტერიის ზემოქმედებით ჰაერში არსებული აზოტი მცენარეებისათვის ადვილად ასათვისებელ ნაერთებად გარდაიქმნება. აზოტი ხვდება იმ ცხოველების ორგანიზმშიც, რომლებიც მცენარეებით იკვებებიან. მცენარეთა და ცხოველთა კვდომის შემდეგ ბაქტერიათა სხვა ჯგუფი შლის აზოტშემცველ ნაერთებს და აზოტს ნიადაგსა და ჰაერში გამოყოფს:



ჟანგბადისა და წყლის მოქმედებით წარმოიქმნება აზოტის დიოქსიდი, აზოტმჟავა და აზოტოვანი მჟავა:



ეს რეაქციები ატმოსფეროში მიმდინარეობს ჭექა-ქუხილის დროს. ატმოსფეროში და წვიმის წყალში ყოველთვის არის აზოტის ნაერთები. დადგენილია, რომ დედამიწაზე ატმოსფეროში წამში ფეთქდება 100-მდე ელვა, რაც იწვევს 30 მილიონი ტონა ბმული აზოტის წარმოქმნას. შიგა წვის ძრავებში, საწვავის აირთა ნარევის აალება ჰაერთან ერთად ხდება მაღალ ტემპერატურაზე და მიმდინარეობს რეაქცია (1). გამოყოფილი აზოტის (II) ოქსიდი ტრანსპორტის მიერ გამონაბოლქვ აირებთან ერთად ხედება ჰაერში და გარდაიქმნება აზოტის დიოქსიდად და შემდგომ წარმოიქმნება ბმული აზოტი აზოტოვან და აზოტმჟავას ნაერთების სახით (2,3,4). ამრიგად, ყველა სახის ტრანსპორტის (საავიაციო, სარკინიგზო და სახმელეთო) შიგაწვის ძრავები მნიშვნელოვნად აჭუჭყიანებენ გარემოს.

## ეკოლოგიური აღზრდა

ეკოლოგიური პრობლემების მოგვარება შეუძლებელია ერთი რომელიმე კონკრეტული დარგისა და მეცნიერების მიერ. ეს შესაძლებელია სხვადასხვა დარგის მეცნიერებათა ერთობლივი ძალისხმევით. ამ მხრივ მთავარ როლს ასრულებს ფილოსოფია და ფილოსოფიური მეცნიერებანი. მათი საბოლოო მიზანია გლობალურ პრობლემათა სწორად განსაზღვრა, კვლევის მეთოდოლოგიისა და მსოფლმხედველობრივი ასპექტების შემუშავება, მათ შესწავლაში კომპლექსური და სისტემური მიდგომის უზრუნველყოფა. გლობალური პრობლემის ფილოსოფიური, მსოფლმხედველობითი და ზნეობრივი შეფასება კაცობრიობის გადარჩენის აუცილებელი პირობაა.

ეკოლოგიური პრობლემები, რომელთაც ადრე ლოკალური ხასიათი ჰქონდათ, დღეს მსოფლიოს მომცველ გლობალურ პრობლემად იქცა. დღეს, როგორც არასდროს, აუცილებელია ეკოლოგიურ კანონთა ღრმა ცოდნა, ეკოლოგიური აზროვნების გამომუშავება, ეს კი მხოლოდ საყოველთაო ეკოლოგიური განათლებითაა შესაძლებელი. ეკოლოგიურ აღზრდაში იგულისხმება ნებისმიერი ასაკის ადამიანში ეკოლოგიური აზროვნების გამომუშავება, რათა თითოეულმა ადამიანმა იხელმძღვანელოს ეკოლოგიური იმპერატივის პრინციპით: “სჯობს ვიმეგობროთ ბუნებასთან, ვიდრე ვებრძოლოთ მას”. მნიშვნელოვანია ინგლისელი ფილოსოფოსის, ისტორიკოსის და პოლიტიკური მოღვაწის ფრენსის ბეკონის (1561-1826) ბრძნული პრინციპი, რომ ბუნების დაპყრობა მხოლოდ მისდამი დამორჩილებით შეიძლება.

ჯონ კრისტმა, ალაბამას უნივერსიტეტის დედამიწის ეკოსისტემების შემსწავლელი მეცნიერული ცენტრის თანამშრომელმა თქვა: “როცა ვცდილობთ საოცრად რთული კლიმატური პროცესების შეფასებასა და შესწავლას, ზოგს ჩვენგანს უმწეობის გრძნობა გვიჩნდება და ეჭვი გვეპარება იმაში, გვესმის თუ არა, რა ხდება და რატომ”. გიგანტური ეკოსისტემების ურთიერთდამოკიდებულების ობიექტურ კანონზომიერებას წარმოადგენს, ის, რომ ბუნებაში ერთი რომელიმე სისტემის დაზიანებას მოსდევს უცილობლად სხვა სისტემების დაზიანება. ეს კანონებია: 1. ყოველივე ურთიერთკავშირშია და ერთი მეორეს განაპირობებს. თუ მაგალითად, ადამიანს სხეულის ერთი ნაწი-



ლი ასტიკვიდა, მას მთელი სხეული განიცდის. ასევეა ბუნებაშიც. თუ ერთ ბუნებრივ რესურს მიაღება რაიმე ზიანი, შეიძლება მას მოჰყვეს ეკოლოგიური პრობლემების მთელი რიგი. მაგალითად: ტყის გაჩეხვას მოსდევს მეწყერი, ფაუნის დაღუპვა, საცხოვრებლების, სავარგულების დაზიანება, კლიმატური საზიანო ცვლილებები და ა. შ.

2. ბუნებაში უკვალოდ არაფერი არ ქრება. ამის ასახსნელად საკმარისია დასახელდეს ნარჩენებისა და საშიშ ნივთიერებათა ჩამარხვა, ან კიდევ აორთქლებადი ნივთიერებები, მეტეორიტები და ა. შ. შეერევა ან ატმოსფეროს, ან წყლებს: ზღვებს, მდინარეებს, ოკეანებს და იქნენ ახალ დამღუპველ ფუნქციებს. აკლდება ერთს, მეორეს ემატება ან საზიანოდ ან სასარგებლოდ.

3. მესამე ეკოლოგიური კანონი მდგომარეობს იმაში, რომ ბუნება არ აკეთებს ნახტომებს, არამედ წინ მიდის თანდათანობით. ეს იმას ნიშნავს, რომ ადამიანმა უნდა დაიცვას ბუნებაში არსებული წესრიგი. პედაგოგიკის კლასიკოსს იან ამოს კომენსკის ამ კანონის ასახსნელად მოჰყავს ასეთი მაგალითი: ჩიტის წარმოშობას აქვს თავისი საფეხურები. ჩვენ მას ვერანაირად ვერ დავაჩქარებთ. როცა მას დაუდგება დრო, კვერცხის ნატყუქს თვითონ გასტეხს და გარეთ გამოვა და, როცა ეს მოხდება დედაჩიტი არ აიძულებს მას მაშინათვე დაიწყოს ფრენა და საკვების ძებნა, არამედ თვითონ კვებავს, ავარჯიშებს და თანდათანობით ასწავლის ფრენას მანამ, სანამ თვითონ არ შეძლებს ამას თავისუფლად.

ბუნებაში არსებულ წესრიგსა და ჰარმონიას უმდერის დიდი ვაჟა და ნატრობს იხილოს ასეთი ჰარმონია ადამიანთა საზოგადოებაშიც. ნიმუშად მოვიყვანთ ლექსიდან “ღამე მთაში” ნაწყვეტს: “ხევი მთას მონებს, მთა ხევსა, წყალნი ტყეს, ტყენი მდინარეთ, ყვავილი მიწას და მიწა თავის აღზრდილთა მცენარეთ და მე ხომ ყველას მონა ვარ შუბლზედ ოფლგადამდინარე”.

ხემოთ აღნიშნული კანონების დარღვევამ განაპირობა ჩვენი პლანეტის – დედამიწის დაავადება. ვინ დაარღვია ეს კანონები და რატომ? ამას ერთი მარტივი პასუხი აქვს: იმან, ვის საკეთილდღეოდაც იყო ის შექმნილი. მთავარი პასუხი და მიზეზთა მიზეზი არის ადამიანისა და საზოგადოების სულიერებისა და ეკოლოგიური განათლების დეფიციტი და ზნეობრივი

დეგრადაცია, რაც გამოიხატება შემდეგ არაზნეობრივ თვისებებში: ეგოიზმი, ეგოცენტრიზმი, სიხარბე და გაუმაძღრობა, შური და უმეცრება, არაშორსმჭვრეტელობა და სხვა. ეგოიზმი და ეგოცენტრიზმი ორივე საზიანოა. ეგოიზმია, როცა ადამიანს არ აღარდებს პლანეტისა და მისი ბუნებრივი სიმდიდრის ბედი, თაობათა მომავალი, ოღონდ აწმყო იყოს მისთვის უზრუნველი. ეგოცენტრიზმია საკუთარ “მე”-ზე უზომოდ შეყვარება. ფიგურალურად რომ ვთქვათ, მთელი პლანეტის თავზე შემოვლება.

სიხარბე და გაუმაძღრობა ისეთი უზნეო თვისებებია, რომელიც ყველაფერს აკადრებინებს ადამიანს. ასეთი ადამიანები ეკოლოგიურ წესებს არაფრად დაგიდევენ, თუ დასჭირდათ, კანონსაც კი შეცვლიან ბუნების საზიანოდ, ოღონდ ფლობის მანია დაიკმაყოფილონ, ეკონომიური უპირატესობა მოიპოვონ. კაცობრიობის ყველაზე დიდი მტერი - ეს არის უმეცრება, ჭეშმარიტი ცოდნის დეფიციტი, ყოვლისშემოქმედისა და მისი ქმნილებების, სამყაროსა და სიცოცხლის წარმოშობის შესახებ ცრუ წარმოდგენები. მსოფლმხედველობა ცოდნას ეფუძნება, თუ ცოდნა მცდარია, მცდარია ადამიანის დამოკიდებულება გარე სამყაროსადმი. უმეცრება არის მიზეზთა მიზეზი, რამაც ბუნება მიიყვანა ეკოლოგიურ კრიზისამდე.

შორსმჭვრეტელობის, წინდახედულობის უნარის დეფიციტი საზიანოა ცხოვრების ყველა სფეროში, მაგრამ განსაკუთრებით დამღუპველია ბუნებასთან ურთიერთობაში. ეკოლოგიური კრიზისი არის ეკოლოგიური კულტურის დაბალი დონე. ეკოლოგიური შეგნება ეფუძნება ეკოლოგიურ განათლებას, სწავლებისა და პირადი გამოცდილების გზით მიღებული ეკოლოგიური ცოდნის შესაბამისი მსოფლმხედველობის, მრწამსის, იდეების, პოზიციის, დამოკიდებულებების გამოუმუშავება, ეკოლოგიური კანონების, პრინციპებისა და წესების დაცვის, დედაბუნებასთან ურთიერთობაში თავისი წილი პასუხისმგებლობის აღების აუცილებლობის გაცნობიერებას.

ეკოლოგიური აღზრდის ორგანიზაციულ ფორმებს შორის აღსანიშნავია მიზნობრივი ექსკურსიები ბუნებაში, თემატური დისკუსიები, მრგვალი მაგიდა, ტრენინგები და სხვა. ეკოლოგიურ აღზრდაში საკმაოდ ეფექტურად გამოიყენება ვერბალური, პრაქტიკულ-ლაბორატორიული და იმიტაციური მეთოდები. ვერ-

ბალური ანუ სიტყვიერი მეთოდები, როგორცაა: ინფორმაციული, ინსტრუქტაჟი, ინტერაქტიული, კითხვა-პასუხები, კომენტარი და ა.შ. ძირითადად ემსახურება ეკოლოგიის შესახებ თეორიული ცოდნის ათვისებასა და ამ ცოდნისადმი დამოკიდებულების, ეკოლოგიური მსოფლმხედველობის გამომუშავებას, ეკოლოგიური შეგნების ამაღლებას. პრაქტიკულ-ლაბორატორიული მეთოდები ეკოლოგიურ აღზრდაში ემსახურება ბუნებასთან უშუალო კავშირის დამყარებას. იმიტაციური მეთოდი ეკოლოგიურ აღზრდაში გულისხმობს ბუნებასთან ურთიერთობის სასწავლო პროცესში მოდელირებას და განამტკიცებს ეკოლოგიურ აზროვნებას, განზოგადოებისა და სისტემატიზაციის უნარს.

ეკოლოგიური აღზრდის მიზანია ახალგაზრდობამ შეცვალოს უდიერი დამოკიდებულება ბუნებისადმი და იზრუნოს თავისი წვლილი შეიტანოს დაზიანებული დედამიწის მოვლასა და გაფრთხილებაში, მასებში ეკოლოგიური კულტურის ამაღლებაში. ეკოლოგიური აღზრდის აქტუალობა გლობალური ეკოლოგიური კრიზისით არის განპირობებული, რადგან ამ პრობლემის გამომწვევი მიზეზია ადამიანის უმეცრება და ზნეობრივი დეგრადაცია.

## ეკოლოგიური პრობლემები დედამიწაზე

ეკოლოგიური პრობლემა დღეს გლობალურ მოვლენათა დონეზეა ასული და თანამედროვე მსოფლიოს ერთ-ერთ ძირითად წინააღმდეგობას წარმოადგენს, რომელიც კაცობრიობის ცივილიზაციას ემუქრება.

ეკოლოგიური კატასტროფა არის ორგანიზმებისა და გარემოს ისეთი ურთიერთობა, როდესაც ერთ ნაწილში მიმდინარე ცვლილებები მეორე ნაწილზე დამლუპველად მოქმედებს. ეკოლოგიური პრობლემები გვხვდება დედამიწის პირობებში ატმოსფეროში, წყალში, ნიადაგში, ფლორასა და ფაუნაში. ადამიანთა მოდგმა არასოდეს არ მდგარა ისე ახლოს გლობალურ ეკოლოგიურ კატასტროფებთან, როგორც დღეს. ცივილიზაციის ველურმა შემოჭრამ ზოგიერთ ქვეყანაში ფსიქოლოგიურ ტრავმებამდე მიიყვანა მოსახლეობა. პორმონალურმა სამედიცინო პრეპარატებმა, კონსერვანტებით დამზადებულმა პროდუქტების ინტერვენციამ კითხვის ქვეშ დააყენა ადამიანის ჯანმრთელობა და მის სიცოცხლეს საფრთხე შეუქმნა.

დღეს მსოფლიო შემფოთებულია ისეთი აშკარა ეკოლოგიური პრობლემებით, როგორცაა: ოზონის ხვრელი, გლობალური დათბობა, წყლის მარაგის შემცირება; რაც იწვევს საშინელ ავადმყოფობას, სიკვდილიანობას, გაუგონარ სიღარიბეს, ცხოვრებისგან განაწყენებას, ზნეობრივ და სულიერ დეგრადაციას, ბუნების სამყაროს განადგურებას. ჯანდაცვის საერთაშორისო სტატისტიკური მონაცემებით ყოველწლიურად 19 მილიონი ადამიანი იღუპება, აქედან 75% ნაადრევად, გარემომცველი ბუნების დაზიანების შედეგად. აქედან, 5 მილიონი – დაბინძურებული წყლისა და საკვების, ანტისანიტარული მდგომარეობით, 3 – მილიონი ტუბერკულოზით, 3,5 მილიონი – დაბინძურებული ჰაერით. ყოველწლიურად 2,5 მილიარდზე მეტი ადამიანი იტანჯება ავადმყოფობით ან წყლის უკმარისობის, ან მისი დაბინძურებისა და ცუდი სანიტარული პირობებით. სახალხო მეურნეობის, მრეწველობის ნარჩენების, უზარმაზარი მასის მომწამვლელი ნივთიერებით ატმოსფეროს დაბინძურებით. მაგალითად, რუსეთის ერთ-ერთ ქალაქში, კარაბაშში ქარხანა ყოველწლიურად 162000 ტონა მომწამვლელ ნივთიერებას ყრის.

ანთროპოგენური ზემოქმედების შედეგად ბოლო ათწლეულებში გაძლიერდა ოზონის კონცენტრაციის მკვეთრი შემცირება. სტრატოსფერული ოზონი დედამიწის ზედაპირს მზის ულტრაიისფერი გამოსხივებისაგან იცავს. ოზონის ხერედი დიამეტრით 1000 კმ პირველად აღმოაჩინეს 1986წელს სამხრეთ ნახევარსფეროში ანტარქტიდის თავზე. იგი ჩნდებოდა ყოველ აგვისტოს, ხოლო დეკემბერში ან იანვარში ქრებოდა. ჩრდილოეთ ნახევარსფეროში არქტიკაზე ჩნდებოდა გაცილებით მცირე ზომის მე-2 ხერედი.

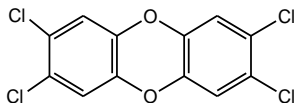
ომები, ხანძრები, ინდუსტრია, ტრანსპორტი, დემოგრაფიული სიჭარბე და მსგავსი წვასთან დაკავშირებული მოვლენები იწვევს სითბური ბალანსის რღვევას, რაც გლობალური დათბობით ემუქრება კაცობრიობას. დედამიწის ჩრდილოეთ და სამხრეთ პოლუსებში (ჩრდილოეთის ყინულოვანი ოკეანე, ანტარქტიდა) უკვე შემჩნეულია ტემპერატურის მომატებით გამოწვეული მარადიული ყინულების დნობის და ადგილიდან დაძვრის ფაქტები, წყალდიდობები, რომელიც გამოუსწორებელ ზიანს აყენებს ბუნებას, მოსახლეობას, ეკონომიკას.

დედამიწზე ყველაზე დიდ ეკოლოგიურ საფრთხეს წარმოადგენს რადიოაქტიური ნარჩენები. როგორც მეცნიერები ადასტურებენ, ათასწლეულებიც რომ გავიდეს, მისი უკვალოდ გაქრობა შეუძლებელია. წყლიდან, ატმოსფეროდან, ნიადაგიდან, მცენარეებიდან ერთი მეორესთან გადადის და მთელ დედამიწას ზიანს აყენებს.

ქიმიური მეცნიერების განვითარების თანამედროვე ეტაპზე სოფლის მეურნეობის წარმოებაში და მის სხვადასხვა დარგებში სულ უფრო ფართოდ გამოიყენება ბუნებრივი და სინთეზური ორგანული პრეპარატები. სასურსათო პროდუქტების დაჭუჭყიანების თვალსაზრისით პესტიციდები ყველაზე დიდ საშიშროებას წარმოადგენენ. ქიმიური ბუნების მიხედვით არჩევენ: ქლორორგანულ, ფოსფორორგანულ, ვერცხლისწყლისშემცველ, დარიშხანშემცველ და სხვა ქიმიური ჯგუფების პესტიციდებს. პესტიციდი ლათინურად (პესტის – მავნე; caed ვკვლავ) მავნებელთა მკვლელს ნიშნავს. ეკოსისტემაში ბიოაკუმულირებისა და ბიოტრანსფორმაციის პროცესში პესტიციდები წამლავენ მცენარეებს, შინაურ ცხოველებს, მიკროორგანიზმებს. ადამიანის ორგანიზმში შეჭრისას იწვევენ საერთო ავადობის ზრდას,

ორსულობის პათოლოგიას, სასქესო ფუნქციის მოშლას, ფსიქიურ დეპრესიებს, კანცეროგენული პროცესების სტიმულირებას.

1976 წლის 10 ივლისს იტალიის ქალაქ სევეზოს თავს დაატყდა არნახული ეკოლოგიური კატასტროფა. ერთ-ერთ ქარხანაში მოხდა აფეთქება და ჰაერში გაიფრქვა მომწამვლავი დრუბელი, რომელმაც დაფარა რამდენიმე ახლომდებარე ქალაქი და სოფელი, მოიწამლა ათასობით მოქალაქე, დაიღუპა 80 000-მდე შინაური ცხოველი. ამ ინციდენტის სალიკვიდაციოდ იძულებული გახდნენ დიდ ტერიტორიაზე მოეცილებინათ ნიადაგის ზედა ფენა. ეს შხამი იყო დიოქსინი. დიოქსინით გარემოს გაბინძურება დაიწყო II მსოფლიო ომის პერიოდში, როდესაც ამერიკაში შექმნეს პირველი ჰერბიციდები: 2,4 დიქლორ და 2,4,5 ტრიქლორ-ფენოქსიმრის მჟავები, რითაც შეაიარაღეს არმია იაპონიაში საბრძოლველად. მისი სამრეწველო სინთეზის პროცესში ადგილი ჰქონდა ძლიერ ტოქსიკური ნივთიერების - დიოქსინის სინთეზს.



დიოქსინი

დიოქსინი ძალზე მცირე კონცენტრაციით იწვევს კანის დაავადებას, იმუნური და სისხლწარმომქმნელი სისტემის რღვევას, ღვიძლისა და თირკმლების დაზიანებას და კიბოს, ორსულობის ანომალიას და ტერატოგენურ ეფექტს (მახინჯი ბავშვების დაბადებას). 1961-1972 წლებში ვიეტნამის ომის დროს 2,4,5 ტრიქლორ-ფენოქსიმრის მჟავების გამოყენება უკვე აღარ წარმოებს. დიოქსინი და მისი ანალოგები იმ მრავალრიცხოვან ტექნოლოგიათა თანამდევნი პროდუქტებია, სადაც იყენებენ ქლორსა და მის ნაერთებს. დიოქსინით დაბინძურების წყაროა პესტიციდები. მათ წარმოებასთან ერთად მკვეთრად იმატა მდინარეებსა და ტბებში დიოქსინურმა დაბინძურებამ. დიოქსინი წარმოიქმნება ქალაქისა და ქსოვილების წარმოებაში (ქლორით გათეთრების დროს, საყოფაცხოვრებო ნარჩენების დაწვისას, განსაკუთრებით მეტალურ კონტეინერებში); წყლის ქლო-

რირებისას (წყალში არსებული ფენოლებისა და ქლორის ურთიერთმოქმედებით, განსაკუთრებით რკინის ოქსიდების თანაობისას.

**სათბურის ეფექტი. გლობალური დათბობა.** ტრანსპორტის საწვავის წვის და ცოცხალ ორგანიზმთა სუნთქვის შედეგად ატმოსფეროში ნახშირორჟანგი გამოიყოფა, რომელიც აზოტის ოქსიდებთან, მეთანთან, წყლის ორთქლთან და ზოგიერთ სხვა გაზთან ატმოსფეროში გროვდება და ისეთივე როლს ასრულებს გარემოში როგორსაც სათბურში მინა: ისინი დაუბრკოლებლად ატარებენ სინათლის სხივებს, რომელთაც დედამიწა შთანთქავს, მაგრამ არ ატარებენ დედამიწის მიერ გამოსხივებულ სითბოს. ამ მოვლენას სათბურის ეფექტი ეწოდება. ექსპერტების თქმით, თუ ატმოსფეროს დაბინძურება ამ ტემპებით გაგრძელდა, დედამიწის საშუალო ტემპერატურა 3,5-4 გრადუსით აიწევს. ეს დიდ პრობლემას შეუქმნის მოსახლეობას. სტატისტიკის მიხედვით გლობალური დათბობით მსოფლიოს 54 ქვეყანა დაზარალდება. მეცნიერების თქმით 2030 წლისათვის დედამიწა საშინელ მდგომარეობაში იქნება. შემცირდება საკვები და ყოველწლიურად ერთი მილიონი ადამიანი დაიღუპება. ამ ყველაფრის შედეგად დაიწყება დიდი ეკონომიკური ნგრევა. რომელიც უპ. ყ. ისეთ ქვეყნებს შეეხება, როგორებიცაა: ამერიკა, გერმანია, იაპონია და სხვა.

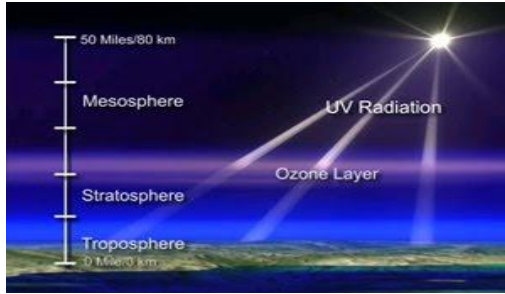
სამრეწველო საწარმოები, ენერგეტიკული კომპლექსები და ტრანსპორტი ყოველ წელს ატმოსფეროში უშვებს 20 მილიარდ ტონაზე მეტ ნახშირორჟანგს და 700 მილიონ ტონამდე სხვადასხვა (აზოტის, გოგირდის, ქლორის, ტყვიის და სხვა ელემენტთა შემცველ) ნივთიერებას.



სათბურის ეფექტის გამო დედამიწის საშუალო წლიური ტემპერატურა  $0,3^0-0,6^0$ -ით გაიზარდა და მოსალოდნელია მისი შემდგომი მატება, რაც გლობალური დათბობის წინაპირობას წარმოადგენს. გლობალური დათბობის შეჩერება მხოლოდ მწვანე მცენარეებს შეუძლიათ, რადგან ისინი შთანთქავენ ნახშირორჟანგს და გამოყოფენ ჟანგბადს. მიუხედავად ამისა, ადამიანები ვერ აცნობიერებენ მოსალოდნელ საფრთხეს და კვლავ უმოწყალოდ მიმდინარეობს ტყეების გაჩეხვა-განადგურება, რის შედეგადაც ბოლო 30 წლის განმავლობაში დედამიწამ თავისი ტყეების ნახევარი დაკარგა.

**სტრატოსფერული ოზონის შრის დაშლა.** ოზონი  $O_3$  აირი, რომელიც განსაზღვრავს დედამიწის ატმოსფეროში მზის რადიაციის შთანთქმის ხასიათს. ოზონს ატმოსფერო მცირე რაოდენობით შეიცავს. მისი ძირითადი მასა ატმოსფეროში მოთავსებულია ოზონოსფეროში – ფენა, რომელიც განლაგებულია 10-50 კმ სიმაღლეზე. ოზონოსფეროში მზის ულტრაიისფერი გამოსხივების ხარჯზე მიმდინარეობს ჟანგბადის იონიზაცია, რასაც თან სდევს ოზონის წარმოქმნა. ოზონის მაღალი კონცენტრაცია შთანთქავს საშიშ ულტრაიისფერ სხივებს და ამით ხმელეთზე გავრცელებულ სიცოცხლეს იცავს დამღუპველი გამოსხივებიდან. ოზონის ფენა უნიკალური თვითბალანსირებადი სისტემაა. ოზონის წარმოქმნა და ატმოსფეროში მისი განაწილება კარგად აიხსნება ფოტოქიმიური თეორიით. ოზონი ყველაზე მეტად 2900 Å-ზე უფრო მოკლე ტალღის სიგრძის მქონე რადიაციას შთანთქავს, ამიტომ რადიაციის ბიოლოგიურად ყველაზე აქტიური ნაწილი არ აღწევს დედამიწის ზედაპირს. რადიაციის შთანთქმის გამო ოზონის ფენის T მატულობს, რაც მნიშვნელოვან გავლენას ახდენს ატმოსფეროს სითბურ რეჟიმზე.





ცნობილმა ინგლისელმა ბიოფიზიკოსმა სიდნი ჩეპმენმა (1888-1970) შექმნა ოზონის წარმოქმნის და ხარჯვის მექანიზმი, რომელიც მის სახელს ატარებს. მოლეკულური ჟანგბადის ფოტოლისოციაციის შედეგად ოზონის წარმოქმნის რეაქცია:



ატომური ჟანგბადის ურთიერთქმედებით მოლეკულურ ჟანგბადთან წარმოიქმნება ოზონი.



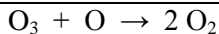
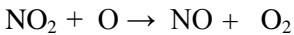
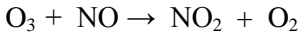
ატმოსფეროში ოზონის კონცენტრაცია დამოკიდებულია ორ ფაქტორზე:

1. ჟანგბადის დისოციაციისათვის საჭიროა ინტენსიური მოკლეტალღიანი გამოსხივება, რომელიც შთაინთქმება დედამიწასთან მიახლოების ხარისხის მიხედვით. მაგალითად,  $\text{O}_2$ -ის დისოციაცია ატომებად ხდება ზედა ფენებში.
2. ოზონის მოლეკულის სტაბილიზაციისათვის საჭიროა მისი შეჯახება სხვა ნაწილაკებთან, ე.ი. ჰაერის გაიშვიათება არ უნდა იყოს ძალიან დიდი და სიმაღლეც არ უნდა იყოს დიდი. ეს ორი ფაქტორი, რომლებიც ურთიერთსაწინააღმდეგოდ მოქმედებენ, განაპირობებს ოზონის დაგროვებას ატმოსფეროს გარკვეულ ფენებში.

70-იანი წლებში დაწვებული დაკვირვებები ცხადყოფს, რომ სტრატოსფეროში ოზონის ( $\text{O}_3$ ) რაოდენობა კვლავ მცირდება. ეს პროცესი ყველაზე მეტად შეინიშნება ანტარქტიდისა და არქტიკის რაიონებში. დადგენილია, რომ ოზონს შლის ქლორისა და ბრომის შენაერთები. ეს ნივთიერებები სტრატოსფეროში ძირითადად ხვდება ატმოსფეროში ქლორფტორნახშირბადებისა და ბრომქლორ-ნახშირბადების ემისიის გზით, რომელთა წარ-

მოება მე-20 საუკუნის 20-იან წლებში დაიწყო და საუკუნის ბოლოს 2 მლნ ტ-ს მიაღწია. 1974 წელს ამერიკელმა მეკვლევერებმა მ. მოლინმა და შ. როუდმა ოზონოსფეროს დეგრადაცია სტრატოსფეროში ფრეონების – ფტორნახშირწყალბადების არსებობით ახსნეს. თვლიან, რომ ატმოსფეროში მოხვედრილი ორგანულ ნაერთთა ქვანახშირისა და ბქნ-ის მოლეკულები ათწლეულების განმავლობაში არ იშლება და სტრატოსფერომდე აღწევს, სადაც მზის ულტრაიისფერი გამოსხივების შედეგად იშლება და ქლორის ატომებს გამოყოფს. ეს უკანასკნელი კი შემდგომ მუშაობს, როგორც ოზონის მოლეკულების დაშლის კატალიზატორი. ითვლება რომ თითო მოლეკულა ქლორ-ფტორ-ნახშირბადი ათიათასამდე ოზონის მოლეკულას შლის. მაშინ არსებული მონაცემების გათვალისწინებით გაკეთებული პროგნოზით 2050 წელს ატმოსფეროში ოზონის შემცველობა უნდა განახევრდეს. ფრეონები 1-ად 1928 წელს მიიღეს დიუპონის ფირმის ლაბორატორიაში. ისინი იაფი, ცეცხლგამძლე ნივთიერებებია და ჰაერთან არ წარმოქმნის ფეთქებად ნარევებს. ამ თვისებამ განაპირობა მისი გამოყენება მაცივარ-დანადგარებში და კონდენციონერებში (ლათინურად, ფრიგორ – სიცივეს ნიშნავს). ფრეონების ატმოსფეროში დაგროვებას სხვა თვისებებთან ერთად ხელს უწყობს მათი მდგრადობა. F-11 და F-12-ის 70 - 100 წლის განმავლობაში არ იშლება.

ატმოსფეროში ოზონის კონცენტრაცია დამოკიდებულია მასში ქვანახშირის, ბქნ-ის და აზოტის ოქსიდების შემცველობაზე. აზოტის ოქსიდებს მუდმივად შეიცავს ატმოსფერო მცირე კონცენტრაციით. აზოტისა და ჟანგბადის ფოტოქიმიური ურთიერთქმედების გამო აზოტის (II) ოქსიდი შლის ოზონს, ხოლო აზოტის (IV) ოქსიდი იკავშირებს ატმოსფეროში ჟანგბადს. აზოტის ოქსიდები ოზონის დაშლაში ასრულებენ კატალიზატორის როლს. რეაქცია წარმართება შემდეგნაირად:



ოზონის საფარის შეთხელების შედეგად იზრდება დედამიწის ზედაპირზე მოხვედრილი ულტრაიისფერი გამოსხივების ინტენსივობა, რაც თავის მხრივ იწვევს კანის დაავადებათა ალბათობის ზრდას. სტრატოსფერული ოზონის დაშლა განაპი-

რობებს კოსმოსიდან მომდინარე ულტრაიისფერი გამოსხივების უფრო მეტი რაოდენობით მოხვედრას დედამიწის ზედაპირზე, რასაც მოჰყვება არასასურველი ქიმიური და ბიოლოგიური პროცესები ცოცხალ ორგანიზმებში. ულტრაიისფერმა სხივებმა შეიძლება გამოიწვიოს კანის კიბო, იმუნური სისტემის რღვევა და ადამიანის ჯანმრთელობისათვის საშიში სხვა დაავადებები, აგრეთვე, ფლორისა და ფაუნის სახეობების განადგურება.

საქართველო მხარს უჭერს მსოფლიო საზოგადოების ძალისხმევას, რომელიც სტრატოსფერული ოზონის შრის შემცირების აღკვეთისკენაა მიმართული. ამასთან, ქვეყნის ხელისუფლებას მიაჩნია, რომ პრობლემის გადასაწყვეტად მეტად მნიშვნელოვანია საერთაშორისო დონეზე თანამშრომლობა.

1995 წელს 20-მა ქვეყანამ ხელი მოაწერა ოზონის შრის დაცვის შესახებ ვენის კონვენციას. საქართველო შეუერთდა ოზონის შრის დაცვის შესახებ ვენის კონვენციას (ვენა, 1985) და ოზონდამშლელ ნივთიერებათა შესახებ მონრეალის ოქმს (მონრეალი, 1987). ამ ოქმის თანახმად დადგინდა ოზონის შრის დამშლელი ნივთიერებების ხმარებიდან ამოღების ეტაპობრივი გრაფიკი. შემდგომში ამ ხელშეკრულებებს მთელი მსოფლიო შეუერთდა. დღეს ყველაზე აგრესიული ქუნ-ები უკვე ამოღებულია ხმარებიდან. თუმცა სტრატოსფეროდან მათ გაქრობას კიდევ რამოდენიმე ათეული წელიწადი დასჭირდება.

დღეისათვის საქართველოში არ არსებობს ოზონდამშლელ ნივთიერებათა მწარმოებელი ობიექტები. 1997 წელს გლობალური გარემოს დაცვითი ფონდის ფინანსური დახმარებით დაზუსტდა საქართველოში ოზონდამშლელ ნივთიერებათა მოხმარების დონე საბაზო (1996) წლისათვის, შედგა ამ დონის ცვლილების პროგნოზი მომდევნო წლებისათვის, შემუშავდა ოზონდამშლელ ნივთიერებათა ხმარებიდან ამოღების ეროვნული პროგრამა და მოქმედებათა გეგმა. გამოკვლევების მიხედვით, საქართველოში 1996 წელს მოხმარებული იქნა ოზონდამშლელ ნივთიერებათა დაახლოებით 26 ტონა. ამ რაოდენობის უმთავრესი ნაწილი სამაცივრო ტექნიკის შეკეთებისა და მომსახურების სექტორზე მოდის. შესაბამისად, ჩამოყალიბდა მაცივარაგენტების მართვის გეგმა, რომელიც გულისხმობს მაცივარაგენტების იმპორტზე კონტროლის გაძლიერებას, მაცივრის ტექნი-

კოსთა გადამზადებას, სამაცივრო ტექნიკის შეკეთებისას ნახ-  
მარი მაცივარაგენტების შეგროვებასა და რეციკლირებას.

ოზონოსფეროს დეგრადაცია თანამედროვეობის მწვავე  
ეკოლოგიური პრობლემაა. გლობალური კატასტროფის თავი-  
დან აცილების მიზნით იაპონიაში დაიწყო ახალი, შედარებით  
უმდგრადი ფრეონების წარმოება, რომლებიც სტრატოსფეროში  
მოხვედრამდე უნდა დაიშალონ.

**აფეთქება ჩერნობილის ატომურ ელექტროსადგურში.** 40-იანი  
წლებიდან ატომური ელექტროსადგურების, სამთომომპოვებელი  
და სამთოგადამამუშავებელი საწარმოების და რადიოქიმიური  
ქარხნების მიერ დაგროვილ რადიოაქტიურ ნარჩენებთან ერთად  
აღმოცენდა დაბინძურების ახალი წყარო – ბირთვული იარა-  
ღის გამოცდა და ავარიები ატომურ ელექტროსადგურებზე.  
1945-86 წლებში მსოფლიოში 1500-მდე ბირთვული აფეთქება  
განხორციელდა, რის შედეგადაც ატმოსფეროში რადიონუკლი-  
დების უზარმაზარი რაოდენობა გავრცელდა და შემდეგ დედა-  
მიწის სხვადასხვა რეგიონში დაილექა, რამაც მნიშვნელოვნად  
შეცვალა პლანეტის რადიოეკოლოგიური მდგომარეობა.

1986 წლის 25 აპრილს ჩერნობილის ატომური ელექტრო-  
სადგურის მე-3 ენერგობლოკში რადიაციამ გაჟონა. ეს ბლოკი  
უნდა გაჩერებულიყო ტექნიკური ოპერაციების ჩასატარებლად,  
მაგრამ ენერგობლოკი არ დაემორჩილა სტანდარტულ ქმედ-  
ებებს და არ გაჩერდა. რის შედეგადაც რეაქტორში ტემპერატუ-  
რამ თანდათან იმატა და გაჩნდა ხანძარი. მე-2 დღეს მოხდა  
ორი აფეთქება, რამაც რეაქტორის მკვრივი მეტალის გარსი  
გაგლიჯა და 180 ტონა აალებული ურანი გამოვარდა გარეთ.  
ჩერნობილის ატომური ელექტროსადგურის რეაქტორში 4 დღის  
განმავლობაში იწვოდა გავარვარებული ურანი. დაფიქსირდა  
ძლიერი ბირთვული გამოსხივება. აღმოდებული რეაქტორის  
დასამარხავად ჰაერიდან შეუელმფრენებით ყრიდნენ ბეტონსა  
და დამსხვრეულ ტყვიას. ჩერნობილის მოვლენის შემდეგ პრინ-  
ციპულად ახალი ერა დაიწყო პლანეტაზე. აფეთქების შედე-  
გად დაიღუპა 10000 ადამიანი. ჩერნობილის რადიაციულმა  
ღრუბელმა ევროპის ქვეყნებში მოწამლა ნიადაგი, მცენარეუ-  
ლობა და ცხოველები. სკანდინავიის ქვეყნებში დახოცეს 40000  
შინაური ცხოველი. გერმანიაში ათასობით ტონა რძე გადაღვ-  
რეს. ევროპის სხვადასხვა ქვეყნებში დღესაც მკურნალობენ

ჩერნობილის ბავშვებს, რომლებმაც მიიღეს რადიაციული გამოსხივების მაღალი დოზა. კატასტროფას 8 მილიარდ მანეთზე მეტი მატერიალური ზარალი მოჰყვა. ბიბლიაში მოცემულია ატომური კატასტროფის სურათი და მითითებულია ადგილსამყოფელი: „მესამე ანგელოზმა დაუკრა ბუკი და ციდან ჩამოვარდა დიდი ვარსკვლავი, გახურებული ჩირაღდანივით იწვოდა და დავარდა მდინარეების მესამედ ნაწილზე და წყალთა წყაროებზე. ამ ვარსკვლავის სახელი იყო აბზინდა და წყლების მესამედი ნაწილი აბზინდად იქცა, დიდძალი ხალხი დაიხოცა წყლებისაგან, ვინაიდან მწარე გახდნენ ისინი“ (გამოცხადება იოანესი 8:10,11). აბზინდა შხამიანი მცენარის სახელწოდებაა. მას ძველ სლავურად „ჩერნობილი“ ეწოდება.

როგორც რადიაციის დონით, ისე გაბინძურებული ტერიტორიის სიდიდით, ჩერნობილის ავარია ყველაზე დიდი იყო. ჩერნობილის კატასტროფის შემდეგ წვიმის საშუალებით რადიონუკლიდები მთელ მსოფლიოში გავრცელდა. მის დაშლას რამდენიმე ასეული წელი სჭირდება ეს კაცობრიობის ისტორიაში უდიდესი ეკოლოგიური კატასტროფაა. ჩერნობილის ავარიის შედეგად უამრავი ადამიანი დაზარალდა. ინგლისელი მეცნიერების აზრით, მრავალი ინფექციური ქრონიკული დაავადების განვითარებისათვის საკმარისია მცირე დოზის გამოსხივებაც კი. მისი ზემოქმედებით იზრდება სიკვდილიანობა კიბოვანი დაავადებებით, რაც გამოწვეულია ორგანიზმის უნარის დაქვეითებასთან, წინააღმდეგობა გაუწიოს სიმსივნის უჯრედების ზრდასა და გავრცელებას.

**ატომური ბომბის აფეთქება ხიროსიმასა და ნაგასაკში.** მე-20 საუკუნის 40-იანი წლებიდან ატომური ენერჯის შეუზღულავმა გამოყენებამ, ამერიკელების მიერ იაპონიაში ხიროსიმასა და ნაგასაკის დაბომბვამ კაცობრიობის ყურადღება მიიქცია.

1945 წლის 6 აგვისტოს ამერიკელმა მფრინავმა ატომური ბომბი ჩამოაგდო ჯერ ხიროსიმაში, სამი დღის შემდეგ კი იგივე განმეორდა ნაგასაკში. აფეთქების შემდეგ ეს ქალაქები ცეცხლის ალში გაეხვია. აფეთქების ცენტრიდან 300 მეტრის რადიუსში მყოფი ადამიანები პირდაპირ აორთქლდნენ, ფერფლად გადაიქცნენ. იმ ადამიანებმა ვინც ეპიცენტრიდან 1კმ მანძილზე იმყოფებოდნენ, მიიღეს გამოსხივების სასიკვდილო დოზა. აფეთქების შედეგად წარმოქმნილმა ცეცხლმა ყველაფე-

რი დაწვა და გაანადგურა 1 კვ/კმ ტერიტორიაზე. აფეთქების შემდეგ, ამერიკის იმდროინდელი პრეზიდენტი ტრუმენი გამარჯვებას ზეიმობდა, იგი აღტაცებული იყო ბომბის სიმძლავრით. „ამ ბომბს, ამბობდა იგი, უფრო მეტი დამანგრეველი ძალა აქვს, ვიდრე 20000 ტონა ტრინიტროტოლუოლს (ტრიტოლს). მსოფლიოს ისტორიის ყველაზე დიდ ახარტულ მეცნიერულ თამაშში ჩვენ რისკზე დაედეთ 2 მილიარდი დოლარი და მოვიგეთ“. ატომური ბომბის აფეთქების დროს, ხიროსიმაში ცხოვრობდა 430000 ადამიანი. 1946 წლის თებერვალში სტატისტიკის მიხედვით, დაიღუპა 78150 ადამიანი, უკვალოდ დაიკარგა 13983, მძიმედ დაავადდა 9428, მსუბუქი დაზიანება მიიღო 27997 ადამიანი.

**სმოგი.** გაზისა და მყარი ნაწილაკების 300 ნივთიერებაზე მეტი, რომელნიც გამოიტყორცნებიან ჰაერში სამრეწველო საწარმოების მიერ, საცხოვრებლების გათბობისა და ტრანსპორტის მუშაობის შედეგად, ძლიერად ცვლის ატმოსფეროს.

მისი დაბინძურება პირდაპირ ან ირიბად აყენებს ზიანს ადამიანს, ცხოველებს, მცენარეებს, ასევე შენობებს. ჭვარტლი – ესაა რუხი „საბურველი“, რომელიც ხშირად აღიმართება სამრეწველო რაიონების თავზე, აკავებს მზიური რადიაციის დაახლოებით 30%-ს და შთანთქავს სიცოცხლისათვის აუცილებელ ულტრაიისფერ სხივებს. მტვრით და გაზით დაბინძურება ამცირებს ცხოველებისა და მცენარეების ბიოლოგიურ პროდუქტულობას და სამეურნეო ნაყოფიერებას. საკვებ ჯაჭვებში გროვდება მანე ნივთიერებები, მაგალითად: ტყვია და ფტორი, რაც მომხმარებელს ზოგჯერ სასიკვდილო საშიშროებას უქმნის. წვიმა და ბურუსი ხელს უწყობს ჰაერიდან შხამიან ნივთიერებათა შეღწევას ნიადაგში და მათ მონაწილეობას წყლის მიმოქცევაში.

მე-20 საუკუნის შუა წლებში აშშ-ს ინდუსტრიულ ქალაქებში ზამთრის პერიოდში სმოგი, ანუ ბოლ-ნისლი იმდენად ძლიერი იყო, რომ შესამჩნევად გაიზარდა სიკვდილიანობა. 1952 წელს ლონდონში რამდენიმე დღის განმავლობაში 4000 ადამიანი დაიღუპა მურისა და გოგირდის ნაერთების მაღალი კონცენტრაციისაგან, რომელიც უძრავი სქელი ნისლის სახით დაბინძურებული ჰაერის მასისაგან წარმოიშვა. ყველაზე მეტად ბრონქული პრობლემების მქონე ხანშიშესული ადამიანები და პატარა ბავშვები დაზარალდნენ. ამჟამად, სმოგი აღარ წარ-

მოადგენს პრობლემას დასავლეთ ევროპაში ჰაერის დაბინძურებაზე მკაცრი კონტროლის დაწესების გამო. განვითარებული ქვეყნების ჰაერის სისუფთავის ხარისხი განუხრელად უმჯობესდება სამრეწველო და სატრანსპორტო სექტორში ძვირადღირებული ფილტრების და კატალიზატორების დანერგვის ხარჯზე. იმ ქვეყნებში კი, რომლებიც ეკონომიკურ კრიზისს განიცდიან, ატმოსფერული ჰაერის მდგომარეობა მნიშვნელოვნად უარესდება.

**მჟავე წვიმები.** ბევრი რეგიონისათვის გარემოს გაბინძურების თვალსაზრისით ერთ-ერთი მნიშვნელოვანი პრობლემაა მჟავე წვიმები. ეს დასახელება ისეთ მოვლენებს აერთიანებს, როგორიცაა: მჟავე ნისლი, მჟავე თოვლი და ა.შ. თითოეული მათგანი ატმოსფერულ ტენში მჟავათა არსებობას და გარემოზე მათ დამაზიანებელ მოქმედებას გულისხმობს. მჟავე წვიმის მოვლენა 1800 წელს ბრიტანეთში ანგუს სმიტის მიერ იქნა აღწერილი და 1950 წლამდე მივიწყებული იყო. ეს პროცესი ბუნებრივ წვიმასთან შედარებით წვიმის წყლის მჟავიანობის მომატებას გულისხმობს. მჟავე წვიმის ორი უმთავრესი კომპონენტია გოგირდმჟავე და აზოტმჟავე. ზოგჯერ მჟავე წვიმები საკმაოდ შორს მოდის იმ ადგილებიდან, სადაც პირველადი დამაბინძურებელი ნაერთების წყაროებია. ამრიგად, მჟავე წვიმების პრობლემა ამა თუ იმ ქვეყნის ფარგლებით არ შემოიხაზღვრება, რადგანაც ატმოსფერული დამაბინძურებლები დიდი მასშტაბით გადაადგილებას ხშირად განიცდიან. მაგალითად, მჟავე წვიმების უმეტესობა, რომელიც ნორვეგიაში, შვეციასა და ნიდერლანდებში მოდის, ევროპის სხვა ქვეყნებში გამოყოფილი გოგირდისა და აზოტის ოქსიდებიდან წარმოიქმნება. მჟავიანობის მომატება უარყოფითად მოქმედებს როგორც მცენარეულ, ისე ცხოველურ სამყაროზე. გაზრდილი მჟავიანობა თევზის პოპულაციის მკვეთრ შემცირებას იწვევს. თევზების სახეობათა მხოლოდ მცირე რიცხვს შეუძლია გადარჩეს და მჟავე არეში რეპროდუქცია განახორციელოს.

**დაბინძურება ნავთობპროდუქტებით.** აზერბაიჯანის საზღვრიდან სუფსის ტერმინალამდე საქართველოს ტერიტორიაზე გადის ნავთობის სატრანსპორტო დერეფანი. ამიტომ, განსაკუთრებული ყურადღება უნდა მიექცეს ნავთობსადენის ექსპლოატაციის პირობების დაცვას, რათა თავიდან იქნას აცილებული ის ეკოლოგიური პრობლემები, რაც შეიძლება ნავთობსადენის დაზიანების შემ-

თხვევაში ხმელეთზე ნავთობის დაღვრამ გამოიწვიოს. ანთროპო-გენური სტრესის მიმართ განსაკუთრებული “სიმყიფით” ე.ი. სენ-სიტიურობით გამოირჩევა ნოტიო სუბტროპიკულ ოლქში შემავალი თითქმის ყველა რაიონი, განსაკუთრებით კი კოლხეთის დაბლობის დასავლეთ-ცენტრალური ნაწილი. აქ ატმოსფერული ნალექების დიდი რაოდენობის პირობებში გრუნტის წყლების მაღალი დონის ფონზე შეიძლება განვითარდეს ლოკალური ხასიათის ეკოლოგიურად უარყოფითი პროცესები, კერძოდ, ტერიტორიის გრუნტის წყლებით დატბორვა, რაც დიდ თავსატეხს გაუჩენს ადგილობრივ მოსახლეობას. აღსანიშნავია, რომ ნიადაგის ფენებში დაბრუნებულ-ჩაუონილ წყალს შეიძლება შეერიოს ტერმინალის არასწორი ექსპლოატაციის შედეგად ნავთობშერეული წყლის მასა, რომელიც მნიშვნელოვნად დააბინძურებს გრუნტის წყლებს.

სერიოზულ შემოფოთებას იწვევს განსაკუთრებით ოკეანეების ნავთობით დაბინძურება, რომლის მიზეზებდაც ტანკერების კატასტროფებს და ღია ზღვაში განლაგებული ჭაბურღილებიდან ნავთობის გადინებას ასახელებენ.

ცხრილი 1

ნავთობით ოკეანეების დაბინძურების წყაროები

წყარო	მლნტ/წელი	%	წყარო	მლნტ/წელი	%
ტრანსპორტირება	2,12	34,8	ჩამდინარე წყლები	0,5	9,8
მდინარეები	1,9	31,2	ნავთობის გადამამუშავებელი ქარხნები	0,2	3,3
ატმ. ნალექები	0,6	9,8	ზღვაში მოპოვება	0,08	1,3
ბუნებრივად გაუონილი	0,6	9,8	სულ	6,1	100

ნავთობის მოპოვება 1880 წელს დაიწყო და წლიურად 3,2 მლრ ტონას შეადგენს. მისი ძირითადი მომპოვებელი რეგიონებია: სპარსეთის ყურე, ვენესუელა, ციმბირი, ალასკა და სხვა. მოპოვებული ნავთობის 60%-ი ძირითად მომხმარებელთან (ჩრდილოეთ ამერიკა, ევროპა, იაპონია) ტანკერებით ტრანსპორტირდება.

გასული საუკუნის დასასრულს ტრანსპორტირებულ იქნა 2,5 მლრდ/ტ ნავთობი. ნავთობის ტრანსპორტირების დროს ჩატვირთვისა და გადმოტვირთვისას საწვავის დაახლოებით 1% ორთქლდება და იღვრება. გასული საუკუნის შუა წლებში ცნობილი ნორვეგიელი მეცნიერი, მოგზაური და მწერალი ტურ ჰეი-



ერდალი "კონ-ტიკით" წყნარ ოკეანეში მოგზაურობის შემდეგ გაოცებული დარჩა შუა ოკეანეში ნავთობის უამრავი ლაქის არსებობით. სწორედ ნორვეგიელი სწავლული გახდა პირველი, ვინც ნავთობით დაბინძურების პრობლემებზე გაამახვილა საზოგადოების ყურადღება. სადღეისოდ, აშშ-ის ეროვნული მეცნიერებათა აკადემიის მონაცემების მიხედვით, ერთ წელიწადში მსოფლიო ოკეანეში საშუალოდ 1.3 მილიონი ტონა ნავთობი და ნავთობპროდუქტები ხვდება, თუმცა ვარაუდობენ, რომ უარეს შემთხვევაში ამ რაოდენობამ შეიძლება 8.5 მლნ/ტ მიაღწიოს.

ნავთობი და ნავთობპროდუქტები გარემოს ყველაზე მეტად გავრცელებულ დამაბინძურებელ ნივთიერებებს წარმოადგენენ. ნავთობის მოპოვება, მისი მომქმედი ჭაბურღილები, გადამუშავება, ნავთობპროდუქტების მრავალმხრივი და ფართო გამოყენება გარემოს დაბინძურების წყაროებია. აღსანიშნავია, რომ ძირითადი ნავთობმოპოვებელი ქვეყნები დაშორებულია მომხმარებელი რეგიონებიდან, ამიტომ აუცილებელი ხდება მისი გადაზიდვა საზღვაო და სახმელეთო ტრანსპორტით, აგრეთვე მილსადენებით, რომელთა ავარიები ტრასების დაბინძურების მიზეზი ხდება. დაბინძურების სხვა წყაროებიდან აღსანიშნავია ნავთობგადამამუშავებელი ქარხნებიდან წყალსატევებში ჩამდინარე წყლები, ტანკერების ნარეცხი და ბალასტი წყლები, ქალაქის ქუჩების ნარეცხი, ნავთობპროდუქტების გასამართი სადგურები. სადაზღვევო ფირმა „ლოიდის“ მონაცემებით, ყოველწლიურად ავარიას განიცდის 250-მდე გემი, რომელთა ბორტზე არსებული საწვავი გარკვეული დროის შემდეგ ოკეანეში ხვდება. ბოლო 80 წლის მანძილზე 1000-ზე მეტმა ტანკერის კატასტროფის შედეგად ზღვაში ჩაიღვარა 120000 ტ ნედლი ნავთობი. 1978 წელს ბრეტანის სანაპიროსთან სუპერტანკერის „ამოკო კადისის“ ჩაძირვის შედეგად 223000 ტ ნავთობპროდუქტი ჩაიღვარა, რამაც საკურორტო ზონის 130 კმ დააზიანა. 1970 წელს შტორმის შედეგად დაზიანდა კომპანია „არამკო“-ს (საუდის არაბეთი) ნავთობსადენი, რის შედეგადაც ზღვაში ჩაიღვარა 18 მილიონი ტონა ნავთობი. გარემოს პოტენციური დაბინძურების წყაროს წარმოადგენენ შეღფის ზონაში არსებული საბურღ-მოპოვებელი პლატფორმები.

ნავთობი რთული შედგენილობისაა. მასში იდენტიფიცირებულია 1000-ზე მეტი ნივთიერება, რომელთა შორის საკმაოდ ბევრი ნივთიერება ცოცხალი ორგანიზმების მიმართ ტოქსიკუ-

რი მოქმედებით ხასიათდება და გავლენას ახდენს გარემოს ეკოლოგიაზე. ნავთობის მსუბუქი ფრაქციები ცოცხალი ორგანიზმების მიმართ გარკვეული ტოქსიკურობით ხასიათდებიან. მასში შემავალი ალკანები ნახშირბადატომებით  $H_{10}$  და ნაკლები ( $C \leq 10$ ) ავლენენ ნარკოტიკულ მოქმედებას, მაღალი ტოქსიკურობით ხასიათდებიან მსუბუქ ფრაქციებში შემავალი არომატული ნახშირწყალბადები (ბენზოლი, ტოლუოლი, ნაფთალინი), მაგრამ მსუბუქი ფრაქციების ადვილად აქროლადობის გამო გარემო მათგან ადვილად სუფთავდება. მაღალი რიგის პარაფინები ნიადაგებში, ზღვებსა და ოკეანეებში არსებულ ცოცხალ ორგანიზმებზე ძლიერ ტოქსიკურ მოქმედებას არ ახდენენ, მაგრამ მათთვის დამახასიათებელი მაღალი გამყარების ტემპერატურის გამო, არსებით გავლენას ახდენენ ნიადაგების ფიზიკურ თვისებებზე. განსაკუთრებით ტოქსიკურობით გამოირჩევა ნავთობში შემავალი გოგირდშემცველი ნაერთები და კანცეროგენული ბუნების პოლიციკლური არომატული ნახშირწყალბადები. ნიადაგში მოხვედრილი ნავთობი იწვევს რიგ ნეგატიურ შედეგებს. ნავთობის მოპოვებისა და გადამუშავების რაიონებში შეინიშნება ნიადაგების მორფოლოგიური და ფიზიკურ-ქიმიური თვისებების ინტენსიური ტრანსფორმაცია. ხდება ნიადაგის სტრუქტურის გაუარესება, ფერის ცვლილება, მცირდება ნიადაგების პროდუქტიულობა, რიგ შემთხვევაში სასოფლო-სამეურნეო დანიშნულების მიწები ხდება უვარგისი; ნავთობის ხანგრძლივი მოქმედება იწვევს ნიადაგის მიკრობიოლოგიურ ცვლილებას. განსაკუთრებით უარყოფითად მოქმედებს ნავთობი მანიტრიფიცირებელ ბაქტერიებზე. მნიშვნელოვანი რაოდენობით ნავთობის შემცველობისას ნიადაგში ითრგუნება ცელულოზის დამშლელი მიკროორგანიზმების განვითარება. ამასთანავე აღსანიშნავია, რომ ნავთობის ხანგრძლივი მოქმედების შედეგად ნიადაგში ხდება სპეციფიკური ფორმის მიკროორგანიზმების წარმოქმნა, რომლებიც აპრობებენ ნიადაგში მნიშვნელოვანი პროცესების წარმართვას - პარაფინებისა და არომატული ნახშირწყალბადების დაჟანგვას. ნავთობი ხასიათდება წყალში განთხევის დიდი უნარით - ზღვებსა და ოკეანეში მოხვედრილი ნავთობი წყლის ზედაპირის დიდ ფართობზე განითხევა. 1 ტ ნავთობი თხელი აკის სახით ფარავს 12 კმ<sup>2</sup> წყლის ზედაპირის ფართობს. ყოველწლიურად ოკეანეში ხდება და-

ახლოებით და ყოველწლიურად ნავთობის აპკით იფარება მსოფლიო ოკეანის 150-180X106კმ<sup>2</sup> ზედაპირი; ნავთობის დიდ ფართობზე განთხევა განაპირობებს ნავთობის აორთქლებას, რაც, თავის მხრივ, დამოკიდებულია ნახშირწყალბადების მოლეკულურ მასაზე, ტემპერატურაზე და ქარის სიჩქარეზე. პირველ 24 სთ-ში ქროლდება იმ ნახშირწყალბადების 50%, რომლებიც მოლეკულაში შეიცავენ 14-მდე ნახშირბადატომს. შემდეგ 7 დღე-ღამეში C<sub>14</sub>-C<sub>17</sub> ნახშირბადატომების შემცველი ნახშირწყალბადების 50% აღნიშნული ნახშირწყალბადების აქროლების შემდეგ დარჩენილი „დამძიმებული“ ფრაქცია ილექება ფსკერზე. ოკეანის ზედაპირზე წარმოქმნილი ნავთობის მონომოლეკულური ფენა 50%-ით ამცირებს აირის გატარებას და აბრკოლებს აირისა და სითბოს მიმოცვლას ატმოსფეროსა და ჰიდროსფეროს შორის, სითბოს მიმოცვლის დარღვევამ შეიძლება პლანეტის კლიმატის ცვლილებაზე მოახდინოს გავლენა. ადგილი აქვს აპკის ქვეშ სინათლის ინტენსივობის მკვეთრ შემცირებას, რაც ძალიან უარყოფითად მოქმედებს წყალსატევებში მიმდინარე ფოტოქიმიურ და ბიოქიმიურ პროცესებზე, ხდება წყალსატევებში არსებული ცოცხალი ორგანიზმების განადგურება. მოქცევის ზონაში ადგილი აქვს პლანქტონების, მცირე ზომის მცენარეებისა და ფრინველების განადგურებას. ჩრდილოეთ ზღვასა და ჩრდილო ატლანტიკაში ნავთობით დაბინძურების შედეგად წელიწადში იღუპება 150000-450000 ფრინველი. ყურეებში, სადაც შენელებულია წყლის მიმოცვლა, შემჩნეულია ზღვის ფლორისა და ფაუნის სრული განადგურება. ფიტოპლანქტონების მასიურმა განადგურებამ შეიძლება გამოიწვიოს დედამიწაზე ჟანგბადის ბალანსის სერიოზული დარღვევა, რადგან ზოგიერთი მონაცემებით ჟანგბადის დაახლოებით 70% პროდუცირდება ფიტოპლანქტონებით. განსაკუთრებული ტოქსიკურობით (ძლიერი კანცეროგენური თვისებებით) გამოირჩევა პოლიციკლური არომატული ნახშირწყალბადები. წყლებში ნავთობის ძალიან მცირე კონცენტრაციების დროსაც კი შესაძლებელია ზღვის ბიოტების ორგანიზმების დაზიანება მათ ქსოვილებში არომატული ნახშირწყალბადების დაგროვების შედეგად, რასაც ადგილი აქვს ნავთობით დაბინძურებულ არეში ცოცხალი ორგანიზმების დიდი ხნით ყოფნის შემთხვევაში. ზღვის მოზრდილი ორგანიზმების სიკვდილს იწვევს

ხსნარში არომატული ნახშირწყალბადების მაღალი კონცენტრაცია. კანცეროგენური პოლიციკლური არომატული ნახშირწყალბადების დაგროვება საჭმელ მოლუსკებსა და თევზებში დიდ საფრთხეს უქმნის ადამიანთა ჯანმრთელობას მათი საკვებად მოხმარების შემთხვევაში.

გარემოში მოხვედრილი ნავთობი რთულ ტრანსფორმაციას განიცდის. მასში შემავალი დაბალმოლეკულური ნაერთები ორქლდება, ნაწილი ნაერთებისა იხსნება წყალში, ნაწილი იჟანგება და ა.შ. დაკვირვებების შედეგად დადგენილია, რომ წყალსატევებში ზედაპირზე განთხმული ნავთობის თხელი ფენის 25% რამოდენიმე დღეში ქრება. ნავთობისაგან ოკეანის თვითგაწმენდისას მნიშვნელოვანია ჟანგვითი პროცესები, რომელთა შედეგად წარმოქმნილი პროდუქტები წყალში ხსნადებია. ბუნებრივია, ჟანგვითი პროცესის სიჩქარე ჟანგბადის რაოდენობაზეა დამოკიდებული.

## ტრანსპორტის სახეები საქართველოში

საავტომობილო და საჰაერო ტრანსპორტის ინტენსიურ განვითარებამდე, XIX საუკუნის ბოლოს და XX საუკუნის პირველ ნახევარში რკინიგზა იყო მგზავრთა გადაადგილების ერთ-ერთი ძირითადი საშუალება. დროთა განმავლობაში საავტომობილო და საჰაერო ტრანსპორტის წილი გადაზიდვებში დიდად გაიზარდა, მაგრამ სწრაფი სარკინიგზო მაგისტრალების მშენებლობის შედეგად რკინიგზამ მოიპოვა კონკურენტუნარიანობა. ამჟამად მგზავრების შორ მანძილზე გადაყვანაში რკინიგზას მე-2 ადგილი უჭირავს საჰაერო ტრანსპორტის შემდეგ.

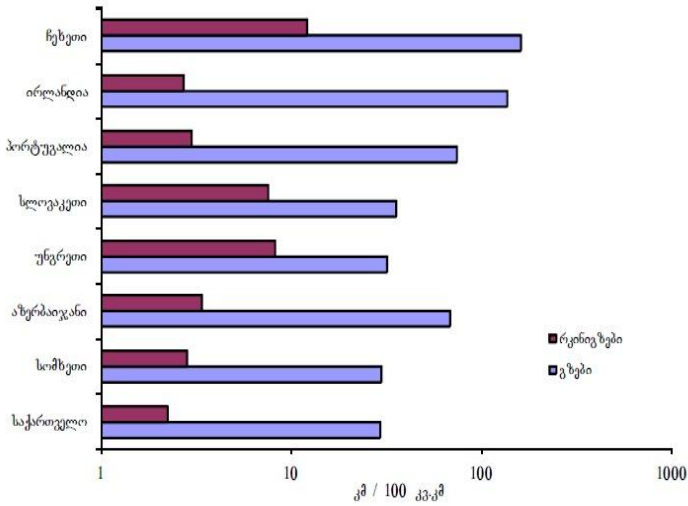
თბილისის ფარგლებში არსებული სარკინიგზო ხაზი წარმოადგენს აღმოსავლეთ-დასავლეთ სატრანსპორტო დერეფანში საქართველოს გავლით წარმოებულ გადაზიდვების ერთ-ერთ უმთავრეს რგოლს. თბილისის ცენტრალური ნაწილის შემოვლითი სარკინიგზო ხაზის მშენებლობის გზით „საქართველოს რკინიგზის“ პროექტი გაზრდის თბილისის ფარგლებში რკინიგზის ოპერირების ეფექტურობასა და უსაფრთხოებას. აღნიშნული პროექტი ხელს შეუწყობს სარკინიგზო ინფრასტრუქტურის მიერ გაყოფილი ქალაქის ნაწილების ინტეგრირებას, მნიშვნელოვნად შეამცირებს რკინიგზის ფუნქციონირებით გამოწვეულ ეკოლოგიურ პრობლემებს, განტვირთავს ქალაქის საავტომობილო ტრანსპორტის მოძრაობას.

საქართველოს ტრანსპორტის სექტორი გარემოზე სერიოზული დატვირთვის წყაროა. 2001 წლის შემდეგ გაორმაგდა სამგზავრო ავტომობილების რაოდენობა, ხოლო ავტობუსებისა – გასამმაგდა. კერძო ავტოტრანსპორტის მფლობელთა უმრავლესობა ურბანულ ცენტრებშია კონცენტრირებული (განსაკუთრებით თბილისში), და ეს ტენდენცია სავარაუდოდ გაგრძელდება. საქართველოში ატმოსფეროს დამაბინძურებლების ჰაერში გაფრქვევის 90%-ზე მეტი ავტოტრანსპორტზე მოდის. ქალაქების ზოგიერთი უბნის ჰაერის დაბინძურება რამდენიმე პარამეტრით მუდმივად აჭარბებს დასაშვებ ზღვარს. საქართველოს აქვს ავტოტრანსპორტიდან გაფრქვევის შეზღუდვის ევროსტანდარტების ანალოგიური მოთხოვნები, მაგრამ მათი აღსრულება რეალურად არ ხდება, ვინაიდან სოციალური ფონის გათვა-

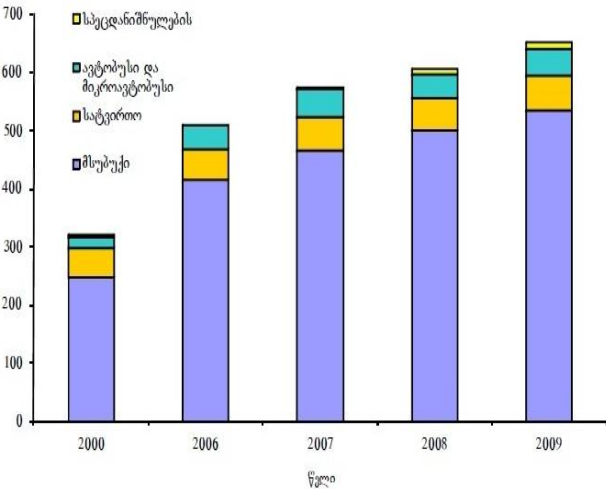
ლისწინებით, კერძო მფლობელობაში არსებული მსუბუქი ავტომანქანების სავალდებულო ტექნიკური შემოწმება შეჩერებულია 2013 წლამდე. აგრეთვე გასათვალისწინებელია საავტომობილო პარკის მაღალი ასაკი და საწვავის ხარისხის არასაკმარისი კონტროლი ქვეყანაში. ამ მხრივ მკვლევართა აზრით მეტი ყურადღებაა საჭირო ტრანსპორტის ინტეგრირებულ დაგეგმვაზე, ელექტროტრანსპორტის განვითარებაზე, მცირენახშირბადიანი საწვავისა და ახალი ტექნოლოგიების – ჰიდრიდულის, ენერგოუჯრედის დანერგვასა და განვითარებაზე ქვეყანაში.

ტრანსპორტის სფეროს ზემოქმედება გარემოზე სერიოზულია ჰაერის დაბინძურების თვალსაზრისით ხოლო წყლისა და ნიადაგის დაბინძურებას ნაკლები მასშტაბი აქვს და ამასთან დაკავშირებული სტატისტიკაც მწირია.

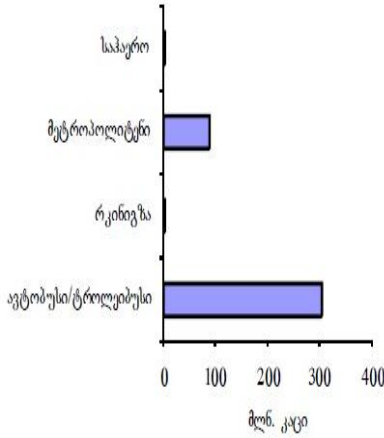
ცნობილია, რომ სარკინიგზო ტრანსპორტის მუშაობის საზომი ერთეულია ტონა-კილომეტრები (ტ.კმ) სატვირთო მოძრაობაში და მგ ზავრი კილომეტრები (მგ ზ. კმ) სამგ ზავრო მოძრაობაში. აღნიშნული მაჩვენებლები მაქსიმალური იყო 1985 წელს საბჭოთა პერიოდში, როდესაც წლიურმა ტვირთბრუნვამ შეადგინა 12,48 მილიარდი ტ.კმ, ხოლო მგ ზავრთბრუნვამ 2,95 მილიარდი მგ ზავრ. კმ. საბჭოთა კავშირის დაშლის შემდეგ ეს მაჩვენებლები მკვეთრად დაეცა. 1995 წელს ტვირთბრუნვა შემცირდა 1,25 მილიარდ ტ.კმ-მდე, ხოლო მგ ზავრთბრუნვა 0,18 მილიარდ მგ ზ. მ-დე. 1995 წლიდან დაიწყო აღნიშნული მაჩვენებლების ზრდა და 2004 წლის მონაცემებით შესაბამისად შეადგინა 4,86 მილიარდი ტ.კმ და 0,614 მილიარდი მგ ზ.კმ.



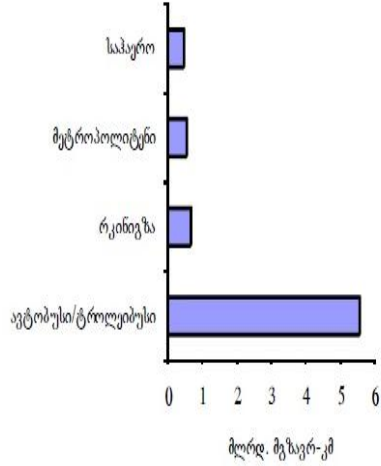
დიაგრამა 1. საავტომობილო გზებსა და რკინიგზების ქსელის სიმჭიდროვე საქართველოში და სიდიდის მიხედვით შესადარებელ ქვეყნებში



დიაგრამა 2. საქართველოში რეგისტრირებული ავტომობილების რაოდენობა

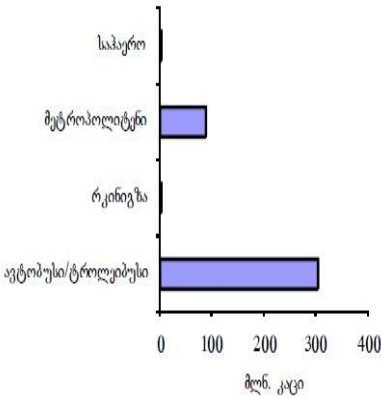


3

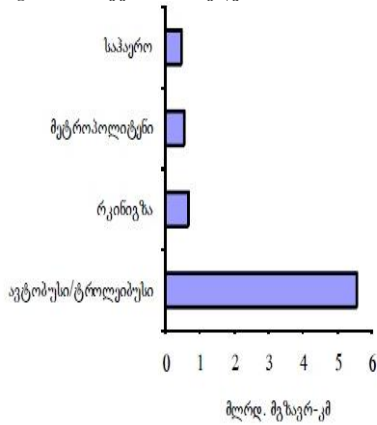


4

დიაგრამა 3. მგზავრთა გადაყვანა ტრანსპორტის სახეების მიხედვით  
 დიაგრამა 4. მგზავრთბრუნვა ტრანსპორტის სახეების მიხედვით



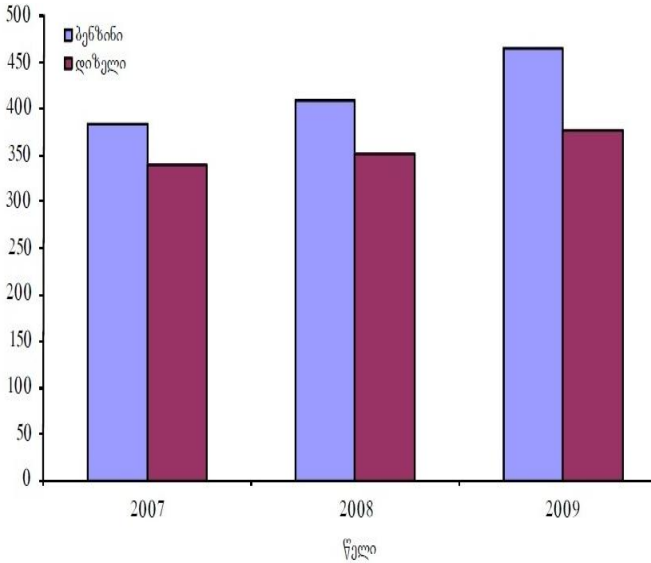
5



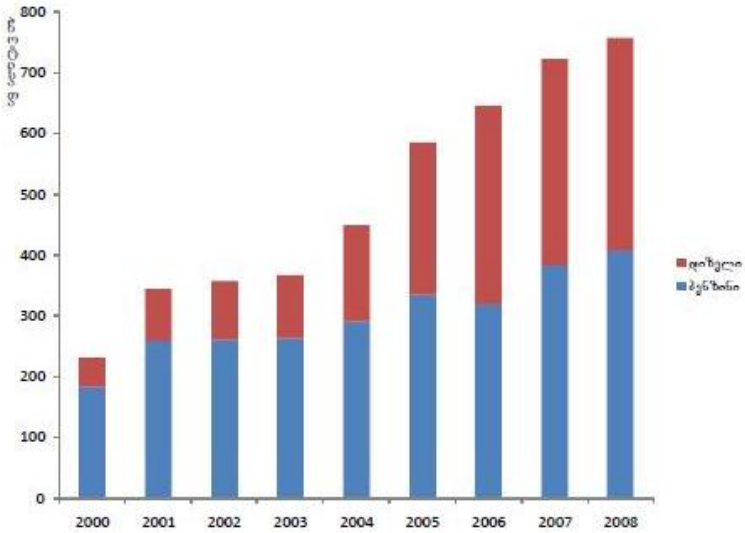
6

დიაგრამა 5. ტვირთის გადატანა საერთო სარგებლობის ტრანსპორტის სახეების მიხედვით  
 დიაგრამა 6. ტვირთბრუნვა საერთო სარგებლობის ტრანსპორტის სახეების მიხედვით

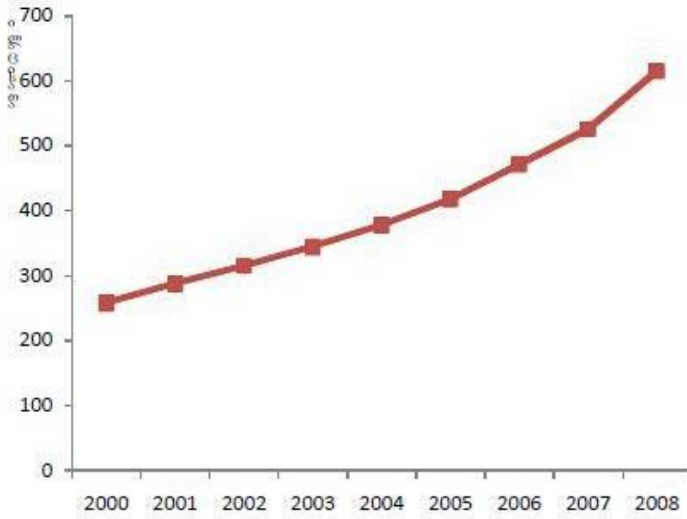




დიაგრამა 7. საავტომობილო საწვავის იმპორტი საქართველოში



დიაგრამა 8. საავტომობილო საწვავის მოხმარების დინამიკა წლების მიხედვით



დიაგრამა 9. ავტომანქანათა რაოდენობის ცვლილება წლების მიხედვით

## ტრანსპორტის ისტორია

მე-19 საუკუნის I ნახევრამდე თბილისში გადასაადგილებლად და ტვირთის გადასატანად იყენებდნენ სხვადასხვა საშუალებებს: ურემი, ჩარდახი, სახედარი, ტივი. მე-19 საუკუნის მე-2 ნახევრიდან თბილისში მგზავრთა გადაყვანა ძირითადად ეტლებით ხდებოდა. მათში ყველაზე გამორჩეული იყო „დროშკა“ (ფაეტონი, ლინეიკა, დილიჟანსი). 1870 წლისათვის 439 ორცხენიანი, 117 ერთცხენიანი ეტლი და 672 საზიდარი მოძრაობდა ქ. თბილისში.

თბილისის ფართობისა და მოსახლეობის ზრდასთან ერთად ქალაქის ხელმძღვანელობამ გადაწყვეტილება მიიღო, რომ თბილისში შექმნილიყო საცხენოსნო რკინიგზა, ანუ ე.წ. „კონკა“. პირველი კონკა ქალაქში 1883 წლის 10 მარტს გამოჩნდა.

ეს ტრანსპორტი კერძო მეწარმემ, ვინმე შეეცოვმა აამუშავა ვაგზლის მოედნიდან ვორონცოვის მოედნამდე. რკინიგზის ტრანსპორტის ამ სახემ დავით აღმაშენებლის გამზირის (მაშინდელი მიხეილის ქუჩის) გავლით, რკინიგზის სადგური და დღევანდელი ზაარბრიუკენის მოედანი დააკავშირა ერთმანეთთან. 1899 წელს თბილისში კონკას 22,4 კმ ლიანდაგი იყო გაყვანილი. კონკამ 1910 წლამდე იარსება.

ქალაქის განვითარებასთან და ცხოვრების ტემპის მატებასთან შესაბამისად, ქალაქის ადმინისტრაციამ გადაწყვიტა ცხენის ძალა ელექტროენერჯით ჩაენაცვლებინა, რისთვისაც ბელგიელი სპეციალისტების მიერ დაიწყო ტრამვაის მოდერნიზება. ტრამვაის როლი საქალაქო გადაადგილებაში განსაკუთრებით გაიზარდა საბჭოთა რეჟიმის დამყარების შემდეგ. უკვე 1940 წელს თბილისში ტრამვაიმ რეკორდული რაოდენობის მგზავრი გადაიყვანა – 194 მილიონი, ხოლო 1985 წლისათვის ქალაქის ტრამვაის ქსელი 100 კმ-ს აჭარბებდა.

1933 წელს თბილისის საზოგადოებრივ სატრანსპორტო სისტემას ავტობუსი დაემატა. 1937 წელს ტროლეიბუსი გამოჩნდა თბილისში. 90-იან წლებში მეტროსთან ერთად, ტროლეიბუსი ერთადერთი რეალურად მოქმედი საზოგადოებრივი ტრანსპორტი იყო. 2006 წელს ტროლეიბუსებმა არსებობა შეწყვიტეს.

1966 წლის 11 იანვარს თბილისში გაიხსნა საზოგადოებრივი ტრანსპორტი – მეტრო, რომელიც ფრანგი მეცნიერის ბალზაკ პასკალის გამოგონებაა. მეტრო პირველად გამოჩნდა პარიზში 1662 წელს, შემდეგ ევროპაში 1820 წელს. მეტრო თავდაპირველად ექვსი სადგურისაგან შედგებოდა და მისი სიგრძე 6,5 კმ-ს შეადგენდა. 1979 წლის სექტემბერში ექსპლოატაციაში შევიდა მეტროპოლიტენის მეორე ხაზი 5,8 კმ სიგრძით, რომელმაც დააკავშირა სადგურის მოედანი საბურთალოს რაიონს. 1985 წლისათვის მეტროს ხაზი 26 კმ-ს შეადგენდა.

### საქართველოს რკინიგზა

საქართველოში, ისევე როგორც მთელ მსოფლიოში, სამგზავრო მომსახურების ტრანსპორტის ერთ-ერთ სახეობას წარმოადგენს სარკინიგზო ტრანსპორტი, რომელიც უზრუნველყოფს მგზავრთა გადაყვანის მასობრიობას, უწყვეტობას, კომფორტს. თბილისის ფარგლებში არსებული სარკინიგზო ხაზი წარმოადგენს აღმოსავლეთ-დასავლეთ სატრანსპორტო დერეფანში საქართველოს გავლით წარმოებულ გადაზიდვების ერთ-ერთ უმთავრეს რგოლს. თბილისის ცენტრალური ნაწილის შემოვლითი სარკინიგზო ხაზის მშენებლობის გზით „საქართველოს რკინიგზის“ პროექტი გაზრდის თბილისის ფარგლებში რკინიგზის ოპერირების ეფექტურობასა და უსაფრთხოებას. აღნიშნული პროექტი ხელს შეუწყობს სარკინიგზო ინფრასტრუქტურის მიერ გაყოფილი ქალაქის ნაწილების ინტეგრირებას, მნიშვნელოვნად შეამცირებს რკინიგზის ფუნქციონირებით გამოწვეულ ეკოლოგიურ პრობლემებს, განტვირთავს ქალაქის საავტომობილო ტრანსპორტის მოძრაობას. შპს „საქართველოს რკინიგზა“ ახორციელებს “თბილისის შემოვლითი რკინიგზის პროექტს”, რომლის მიზანია თბილისის ცენტრალური ნაწილის შემოვლა ახალი სარკინიგზო ტრასის საშუალებით. აღნიშნული პროექტი ხელს შეუწყობს სარკინიგზო ინფრასტრუქტურის მიერ გაყოფილი ქალაქის ნაწილების ინტეგრირებას, მნიშვნელოვნად შეამცირებს რკინიგზის ფუნქციონირებით გამოწვეულ ეკოლოგიურ პრობლემებს და განტვირთავს

ქალაქს რკინიგზის ფუნქციონირებით გამოწვეული ეკოლოგიური პრობლემებისაგან და რკინიგზის ტრანსპორტის მოძრაობისაგან. ახალი შემოვლითი რკინიგზის მშენებლობით საქართველოს რკინიგზა გააუმჯობესებს უსაფრთხოებას და რკინიგზის მუშაობის ეფექტურობას. 27 კმ სიგრძის ახალი ორლიანდაგიანი ელექტრიფიცირებული სარკინიგზო ხაზი არსებულ ხაზს გამოეყოფა ზაჰესთან, გაივლის ავჭალასა და გლდანის ტერიტორიებს, თბილისის ზღვის ჩრდილოეთით მდებარე მაღლობს და შეუერთდება კახეთის გზატკეცილთან არსებულ რკინიგზის ხაზს სადგურ ლილოსთან. გათვალისწინებულია კახეთის გზატკეცილთან არსებული რკინიგზის ხაზის 10 კმ-იანი მონაკვეთის სადგურ ლილოსთან შეერთების წერტილიდან თბილისის მიმართულებით – გადაკეთება ორლიანდაგიან სარკინიგზო ხაზად არსებული ხაზის რეაბილიტაციისა და ახალი ხაზის დამატების გზით. პროექტი ასევე გულისხმობს სადგურ „დიდუბესა“ და სადგურ „ნავთლულს“ შორის მდებარე მონაკვეთზე სარკინიგზო ინფრასტრუქტურის დემონტაჟს, რაც საერთო ჯამში, 86 ჰექტარს მიწის ნაკვეთს გამოათავისუფლებს. აღნიშნული ტერიტორია გამოყენებული იქნება ქალაქის განვითარებისათვის. თბილისის ცენტრალური სადგური გაუქმდება, ხოლო „დიდუბესა“ და „ნავთლულის“ სადგურებს რეაბილიტაცია ჩაუტარდება. სადგური „ნავთლული“ მოემსახურება აღმოსავლეთი მიმართულების მგზავრებს, ხოლო სადგური „დიდუბე“ დასავლეთ მიმართულებას.

**რკინიგზის ისტორია.** შპს „საქართველოს რკინიგზა“ ევრაზიის სატრანსპორტო დერეფნის ერთ-ერთი უმნიშვნელოვანესი ნაწილია, რომელიც უმოკლესი გზით ევროპას ცენტრალურ აზიასთან აკავშირებს. ორი კონტინენტის ერთმანეთთან დაკავშირების იდეა ჯერ კიდევ XIX საუკუნის 30-იან წლებში გაჩნდა. ამიერკავკასიის სხვა ქვეყნებისაგან განსხვავებით, საქართველო პრივილეგირებულ მდგომარეობაში აღმოჩნდა. შავი და კასპიის ზღვების დამაკავშირებელი სარკინიგზო მაგისტრალის მშენებლობა 1865 წელს დაიწყო. პირველმა მატარებელმა, რომელიც დამზადებული იყო საფრანგეთში “ბონეფონდის” ქარხანაში (Ch. Bonnefond pres არის), 1871 წელს გაიარა რკინიგზის მონაკვეთი ფოთი-ყვირილა (ამჟამად ზესტაფონი), ხოლო 1872 წლის 10 ოქტომბერს (საქართველოს რკინიგზის დაბადების

დღე) თბილისიდან ფოთში პირველი მატარებელი ჩავიდა. საქართველოს რკინიგზის მშენებლობა ჩქარი ტემპებით ხორციელდებოდა. დაიგო რკინიგზის მონაკვეთები: რიონი – ქუთაისი (1887), სამტრედია – ბათუმი (1883), რიონი – ტყიბული (1887), ხესტაფონი – ჭიათურა (1895).

ამიერკავკასიაში რკინიგზის მშენებლობაში განსაკუთრებული წვლილი ქართველმა საზოგადო მოღვაწემ ნიკო ნიკოლაძემ შეიტანა. ფოთი-თბილისის რკინიგზის მშენებლობის პროცესში შეტანილი წვლილისათვის ნიკო ნიკოლაძე რკინიგზელის “ოქროს სამკერდე ნიშნით” დაჯილდოვდა. საქართველოს რკინიგზის მშენებლობის მეორე ეტაპს განეკუთვნება ბაქო, რომელიც ასევე ევრაზიის დერეფნის ნაწილი იყო. რკინიგზის ხაზი თბილისი ბაქო ექსპლოატაციაში 1883 წელს შევიდა. ამ ფაქტმა საფუძველი ჩაუყარა ბათუმის პორტიდან შავი ზღვის გავლით, აზერბაიჯანული ნავთობის მსოფლიო ბაზარზე გატანას. 1899 წელს გაიხსნა რკინიგზის ხაზი, რომელიც საქართველოს და სომხეთთან აკავშირებდა.

ბორჯომის ხეობა, საკურორტო პირობებითა და მთელ მსოფლიოში განთქმული მინერალური წყლით “ბორჯომი”, ყოველთვის წარმოადგენდა განსაკუთრებულ ინტერესს. ბორჯომის ბუნებრივი სიმდიდრის კომერციული სარგებლის მიზნით „რომანოვებმა“ ხაშური – ბორჯომის რკინიგზის მონაკვეთის მშენებლობა დაიწყეს. ახალი ხაზი ექსპლოატაციაში 1894 წელს შევიდა. ვიწროლიანდაგიანი სარკინიგზო ხაზის მშენებლობა 1897 წელს დაიწყო და რთული კლიმატური პირობების გამო, 4 წლის განმავლობაში გაგრძელდა. 1902 წლის იანვრიდან ვიწროლიანდაგიანი რკინიგზის ხაზით ბორჯომი – ბაკურიანი, პირველმა “კუკუშკა” მატარებელმა გაიარა. “კუკუშკა” დღემდე ემსახურება სათხილამურო სპორტის მოყვარულებსა და ტურისტებს. მაღალმთიან რაიონებში კურსირებისათვის სპეციალურად ინგლისიდან იქნა ჩამოყვანილი “პორტერის” ტიპის ორთქლმავალი. მატარებელს ებმოდა ღია ტიპის ვაგონები, რომლებიც მხოლოდ მოაჯირებით იყო შემორაგული. 1967 წლიდან პატარა ორთქლმავალი ელექტრომატარებელმა ჩაანაცვლა. ხიდი, რომელიც წაღვერს ცემთან „ბორჯომი – ბაკურიანის” რკინიგზით აკავშირებს, „რომანოვმა“ სპეციალურად შეუკვეთა საფრანგეთში. ფრანგი ხიდმშენის ალექსანდრ გუს-

ტავ ეიფელის მიერ კონსტრუირებული ხიდი საქართველოში 1902 წელს ჩამოიტანეს და მდინარე ცემისწყალზე ააგეს.

კახეთის რკინიგზის ხაზის მშენებლობა 1915 წელს დასრულდა. ამ მონაკვეთის აშენებამ განვითარების საშუალება მისცა იმ რაიონებს, რომლებიც მსოფლიოში ცნობილ ღვინოებს აწარმოებენ: “მუკუხანი”, “წინანდალი”, “რქაწითელი”, “მანავის მწვანე” და სხვა. 1923 წელს “ფერლის” სერიის ორთქლმავლები “E” და “CY” სერიის ელექტრომავლებმა ჩაანაცვლეს.

სურამის უღელტეხილის ელექტრიფიკაციის შედეგად, ექსპლუატაციაში შევიდა ფირმა “ჯენერალ ელექტრიკის” “C-10” სერიის ელექტრომატარებელი. 1932 წელს ხაშურში 1-ლი ელდემო აშენდა. სწორედ ამ დეპოში გაიარა შემოწმება „БЛ-19” სერიის პირველმა საბჭოთა ელექტრომატარებელმა.

საქართველოს რკინიგზის ერთ-ერთ მნიშვნელოვან თარიღს წარმოადგენს 1932 წლის 16 აგვისტო. ამ დღეს სურამის უღელტეხილზე პირველმა ელექტრომატარებელმა გაიარა. ამ მომენტიდან რკინიგზა ეტაპობრივად ელექტრიფიკაციაზე გადადის. 1967 წლის ნოემბერში საქართველოს რკინიგზის ყველა მონაკვეთზე, მათ შორის ვიწროლიანდაგიან ბორჯომი-ბაკურიანის ხაზზე, ელექტრიფიკაციის პროცესი დასრულდა. 1975 წლიდან რკინიგზაზე ჩნდება ახალი, თანამედროვე „БЛ-10” და „БЛ-11” სერიის ელექტრომატარებლები, რომლებიც თბილისის ელექტროვაგონმშენებელ ქარხანაში იყო დამზადებული.

ქვეყნის მრეწველობის წამყვანი დარგებისა და სოფლის მეურნეობის ისეთი დარგების, როგორცაა მებაღეობა, მეღვინეობა, ციტრუსისა და ჩაის კულტურების განვითარებასთან ერთად, დაიწყო რკინიგზის ახალი ხაზების მშენებლობა: ნატანები – ოზურგეთი (1924), ბროწეულა – წყალტუბო (1935), სენაკი – ინგირი – გალი (1930), გალი – ოჩამჩირე – სოხუმი (1938), გორი – ცხინვალი (1940). რკინიგზის ხაზის სოხუმი – ადღერის მშენებლობამ, რომელიც მეორე მსოფლიო ომის დროს დაიწყო, საქართველოს რკინიგზა რუსეთის სარკინიგზო ქსელთან დააკავშირა. აღნიშნული 1949 წელს დასრულდა. 1986 წლის 31 დეკემბერს დასრულდა მარაბდა – ახალქალაქის რკინიგზის ხაზის მშენებ-

ლობა. საქართველოს რკინიგზის საერთო სიგრძე 2344,2 კილომეტრია.

**მოდერნიზაციის პროექტი – სწრაფი რკინიგზა.** საქართველოს რკინიგზამ დაიწყო მოდერნიზაციის პროექტის განხორციელება. პროექტის ძირითადი მიზნებია: მაქსიმალური უსაფრთხოების უზრუნველყოფა, გამტარუნარიანობის გაზრდა, მგზავრობის დროის შემცირება (ბათუმი-თბილისი 3 საათი). აღნიშნული მიზნების მისაღწევად, პროექტის ფარგლებში განხორციელდება არსებული სარკინიგზო ინფრასტრუქტურის სრული მოდერნიზაცია. მთავარ ხაზზე განახლება და კაპიტალურად შეკეთდება სარკინიგზო ლიანდაგი, ელექტრომომარაგების სისტემები, სარკინიგზო ნაგებობები, ხიდები, გზაგამტარები და გვირაბები. ულელტეხილის მონაკვეთზე აშენდება სრულიად ახალი სარკინიგზო ხაზი, მათ შორის 10 კმ-მდე სიგრძის ახალი სარკინიგზო გვირაბი. დაინერგება თანამედროვე სიგნალიზაციისა და დისპეჩერიზაციის სისტემები. პროექტის ტექნიკურ-ეკონომიკურ დასაბუთებასა და პირველად სამშენებლო პროექტს, რკინიგზის დაკვეთით ასრულებს ფრანგულ-ქართული კონსორციუმი, საფრანგეთის ნაციონალური რკინიგზის შვილობილი კომპანია SYSTR-ის ხელმძღვანელობით.

**რკინიგზა – ყველაზე უსაფრთხო ტრანსპორტი.** საქართველოს რკინიგზაზე მუდმივად მიმდინარეობს მოძრაობის უსაფრთხოებაზე ზრუნვა. ყოველდღიურად მოწმდება როგორც მოძრავი ტრანსპორტის, ასევე ლიანდაგების მდგომარეობა. თუმცა სინქარების მატებასთან ერთად იზრდება უსაფრთხოების დაცვის მოთხოვნები. მიმდინარე წლის მარტის თვეში შპს „საქართველოს რკინიგზამ“ შეიძინა კომპიუტერული სისტემით აღჭურვილი უსაფრთხოების ყველაზე თანამედროვე მანქანა ლიანდაგმშობი ვაგონი“KBJ-II 2,1“, რომელიც ერთადერთია ამიერკავკასიის რკინიგზაზე. მანქანა აღჭურვილია თანამედროვე კომპიუტერული და ნავიგაციის სისტემებით, ლიანდაგის გეომეტრიული პარამეტრების კონტროლისა და შეფასების უნარით, გრძივი პროფილის მაკონტროლებელი სისტემითა და ლიანდაგის აღჭურვილობის მდგომარეობის ვიდეო ხედვისა და ნავიგაციის სისტემებით. სისტემა მთლიანად ახდენს ლიანდაგის ტექნიკური მდგომარეობის უზუსტეს ანალიზს, რაც მატარებლით მგზავრობას ყველაზე უსაფრთხო გადაადგილების უპირატესობას ანიჭებს.



## გარემოს ანთროპოგენური დაბინძურებლები

სამეცნიერო-ტექნიკურმა რევოლუციამ დააჩქარა მრეწველობის, ენერგეტიკის, მშენებლობისა და ტრანსპორტის განვითარება. ადამიანი თავისი საქმიანობით ხშირად აზიანებს ბუნებას. გარემო განიცდის ანთროპოგენურ ზემოქმედებას. გარემოს დაბინძურების ანთროპოგენური წყაროებია: ენერგეტიკა, ტრანსპორტი, მრეწველობა.

**ენერგეტიკა** კაცობრიობის არსებობის და კეთილდღეობის უმთავრეს პირობას წარმოადგენს. ენერჯის ძირითადი მომწოდებელი არის თბო, ჰიდრო და ატომური ენერგეტიკა. საქართველოში ენერგოსექტორს (მძლავრი თბოელექტროსადგურები), წარმოადგენს გარდაბანში განთავსებული სამი მსხვილი ობიექტი, რომელთა ძირითადი საწვავია ბუნებრივი აირი. ეს საწარმოებია: “ენერჯი ინვესტი”, შპს “მტკვარი ენერგეტიკა” და “თბილსრესი”. ენერგეტიკის სექტორიდან ატმოსფეროს დაბინძურების დიდი წილი მოდის ნახშირწყალბადებზე ნახშირბადის აქსისზე, აზოტის ოქსიდებზე და მყარ ნაწილაკებზე(მტვერი). ამ სექტორიდან ატმოსფერულ გაფრქვევათა რაოდენობრივი ცვლილება განპირობებულია მოხმარებული ენერგორესურსების (ქვანახშირი, ნავთი, მაზუთი, ბუნებრივი აირი) სახეობით: მაზუთის და ქვანახშირის წვისას ჰაერში მეტი დაბინძურებელი ნივთიერება გაიფრქვევა, ვიდრე ბუნებრივი და თხევადი აირის წვისას. რაც შეეხება ენერჯის სხვა წყაროებს: მზე, ქარი, დედამიწის სითბო, ეკონომიკური უპირატესობის გამო მათი როლი თანდათან იზრდება. ენერჯის ძირითად წყაროს დღეს სათბობი წარმოადგენს. თბოენერგეტიკის ძირითადი ნედლეულია ქვანახშირი, ნავთობი და ბუნებრივი საწვავი აირი. ნაკლებად გამოიყენება მურა ნახშირი და მერქანი. ტრანსპორტირების და ეკოლოგიური თვალსაზრისით უპირატესობა აქვს საწვავ აირებს და ნავთობპროდუქტებს. მაგრამ მათი მარაგი შეზღუდულია და ის მკვლევარების აზრით 50 წელიწადში ამოიწურება. ქვანახშირის წვის დროს იხარჯება დიდი რაოდენობით ჟანგბადი და მასზე მოდის ატმოსფეროს გლობალური დაბინძურების 29%, რის შედეგად ყოველწლიურად ატმოსფეროში ხვდება  $4.10^8$ ტ  $CO_2$ ,  $2.10^7$ ტ  $SO_2$ ,  $2.5.10^8$ ტ აეროზოლები და სხვა. განვითარებად ქვეყნებში სათბობის ძირი-

თად წყაროდ რჩება განახლებადი ნედლეული – მერქანი. ყოველწლიურად ფოტოსინთეზის შედეგად დედამიწაზე  $8.10^{10}$  ტ ორგანული მასა წარმოიქმნება, რაც 14-ჯერ მეტია მოპოვებული სათბობის როდენობაზე. მერქანი დაბალკალორიულობის გამო ენერგეტიკაში არ გამოიყენება. თავისი ტექნიკური და ეკონომიკური მახასიათებლებით თვლიან მერქნის გადამუშავებას პერსპექტიულ საწვავად მეთანოლად – ხის სპირტად.

სათბობად ბოლო დროს დაიწვეს ბიოგაზის – ცხოველური ნაკელის გამოყენება. დადგენილია, რომ 1 ტონა ცხოველური ნაკელის ბიოქიმიური გადამუშავებით შესაძლებელია 450-660 მ<sup>3</sup> ბიოგაზის მიღება. ინდოეთში და ჩინეთში 4-25 მილიონი ბიოგაზის მისაღები დანადგარი მოქმედებს. ინგლისში ბიოგაზის მისაღებად გამოყენებულია კომუნალური ჩამდინარე წყლები. ბიოგაზის გამოყენება საქართველოშიც დაიწვეს გარკვეულ რაიონებში.

ჰიდროენერგეტიკას – წყლის ენერჯიას სხვა წყაროებთან შედარებით ბევრი უპირატესობა აქვს: განახლებადია, კაშხალების საშუალებით შესაძლებელია წყლის დაგროვება, მისი ზომიერი ხარჯვა, წყალდიდობების თავიდან აცილება, ეკოლოგიური თვალსაზრისით სუფთაა. ამით აიხსნება ჰიდრორესურსების გამოყენების მაღალი ხარისხი, რომელიც საფრანგეთსა და შვეიცარიაში 90%-ია, იტალიაში 75%, საქართველოში კი 20%.

ატომური ენერგეტიკა ძალიან ეკონომიურია და ბევრ ქვეყანაში ენერჯიის ძირითადი წყარო გახდა. მისი დადებითი მხარეა პრაქტიკულად შეუზღუდავი პოტენციალი. თუ 1 გ ქვანახშირი 7 კალორია ენერჯიას იძლევა, იგივე რაოდენობის ბირთვული საწვავი 20 მლნ კკალ ენერჯიის ტოლია. თავისი ეკონომიური მახასიათებლებით ატომური ენერგეტიკა ბევრ ქვეყანაში ენერჯიის ძირითადი წყარო გახდა. მაგალითად, საფრანგეთში ატომურ ენერჯოსადგურებზე მოდის გამომუშავებული ენერჯიის 87%, ბელგიაში 66%. მკვლევართა მონაცემებით, ურანის მსოფლიო მარაგი ( $1,7.10^7$  ტ) ენერჯიაზე გადათვლით 15-20-ჯერ მეტია, ვიდრე ქვანახშირის. ენერგეტიკის პრობლემა მსოფლიოში დიდი ხნით მოიხსნება, თუ პრაქტიკაში დაინერგა ჩქარ ნეიტრონებზე მომუშავე რეაქტორები. ატომური ენერგეტიკა წარმოადგენს ერთის მხრივ, ენერგეტიკის მუდმივი კრი-

ზისიდან გამოსავალს, ხოლო მეორეს მხრივ, კაცობრიობას ახსოვს გრანდიოზული ჩერნობილის ატომური ელექტროსადგურის კატასტროფა.

ენერჯის სხვა წყაროებიდან მნიშვნელოვანია და ხელმისაწვდომია მზის ენერჯია. დედამიწაზე მზის ენერჯის მხოლოდ  $2,2 \cdot 10^9$  წილი აღწევს, რაც წლიურად  $5,7 \cdot 10^{24}$  ჯოჯულს უდრის და 20000-ჯერ აღემატება ენერჯის ყველა სხვა წყაროს სიმძლავრეს. მზის ენერჯის ფართომასშტაბიან გამოყენებას აფერხებს მისი წყვეტილობა, რომლის გამოსწორებაც მეცნიერთა აზრით შესაძლებელია ენერჯის აკუმულირებით.

დედამიწაზე დაცემული მზის ენერჯის 20% გარდაიქმნება ქარის ენერჯიად. ქარის ენერჯიაზე მომუშავე სადგურების სიმძლავრე და გამოყენების ხარისხი დაბალია და ტექნიკურ სირთულეებთან არის დაკავშირებული, ამის მიზეზია ერთეული სიმძლავრის მაღალი ღირებულება.

**ტრანსპორტი.** ატმოსფერული ჰაერის ხარისხის ფორმირებაში საქართველოში მნიშვნელოვანი დამბინძურებელია ტრანსპორტი. ჰაერის ხარისხზე ტრანსპორტის გამონაბოლქვის ინტენსივობა დამოკიდებულია:

- ტრანსპორტის საშუალო ასაკზე და გამონაბოლქვი აირების გაფრქვევების ნორმებზე;
- ტრანსპორტის ტექნიკურ გამართულობაზე და გამონაბოლქვი აირების გაფრქვევათა რეგულარულ შემოწმებაზე;
- საწვავის ხარისხის ნორმებზე (მაგ, გოგირდის დაშვებულ შემცველობაზე საწვავში), სხვადასხვა საწვავზე მომუშავე ტრანსპორტის წილზე;
- სატრანსპორტო ნაკადების მართვაზე, ანუ რამდენად ხშირია საცობები და სატრანსპორტო ნაკადის სხვა შეფერხებები;
- ადამიანთა ცნობიერებაზე.

ტრანსპორტის მრავალფეროვანი სახეობებიდან ეკოლოგიური თვალსაზრისით, განსაკუთრებით აღასანიშნავია ბენზინის ძრავაზე მომუშავე ავტომანქანები. მათზე მოდის ატმოსფეროს გლობალური დაბინძურების 40% დიდი ქალაქებისა და ავტოტრასების ახლომდებარე უბნების დაბინძურებაში კი მათი

წილი კიდევ უფრო დიდია. ამჟამად, მსოფლიოში 500 მლნ-მდე ავტომანქანაა. ახლო მომავალში ვარაუდობენ მათი რაოდენობის გაორმაგებას. აქედან გამომდინარე, თუ არ იქნება გატარებული სათანადო ღონისძიებათა კომპლექსი, ავტოტრანსპორტით გამოწვეული გარემოს ანთროპოგენური გაბინძურება მკვეთრად გაიზრდება და შეუქცევად სავალალო შედეგებს გამოიწვევს. ქალაქის ჰაერის გაბინძურების 70-80 % ბენზინის წვის პროდუქტებზე მოდის. მოსახლეობის ჯანმრთელობისათვის ერთ-ერთ უდიდეს საფრთხეს ე.წ. „ეთილირებული ბენზინი“ წარმოადგენს. იგი ანტიდეტონაციური დანამატის სახით შეიცავს ტეტრაეთილტყვიას, რომელიც ადვილად იწოვება კანიდან და წარმოადგენს ძლიერ მომწამლავე ნივთიერებას. ტრანსპორტის გამონაბოლქვ აირებში შემავალ ტყვიას ადვილად ითვისებს მცენარეები, ამიტომ ავტოტრასებთან მდებარე ტერიტორიაზე მოყვანილი სასოფლო-სამეურნეო კულტურები ადამიანისათვის მავნეა. ეკოლოგიური თვალსაზრისით, მნიშვნელოვანი უპირატესობა აქვს დიზელის ძრავაზე მომუშავე ავტომანქანებს: დიზელის ძრავაში საწვავი სრულად იწვის, რადგან ჭარბად მიეწოდება ჰაერი, გამონაბოლქვ აირებში შემცირებულია CO-ის და სხვა მავნე ნივთიერებების კონცენტრაციები.

დაბინძურების წყარო ძირითადად არის გემის ძრავები. საჰაერო ტრანსპორტსაც დიდი წვლილი შეაქვს ატმოსფეროს დაბინძურებაში. თვითნფრინავი აფრენისას ტოვებს შხამიან გამონაბოლქვს, რომელიც გაჯერებულია მომწამლავი აირით.

ცხრილი 2

ტრანსპორტის გამონაბოლქვი აირების ქიმიური შედგენილობა

№	ნივთიერება	განზომილება	ბენზინის ძრავა	დიზელის ძრავა
1	CO <sub>2</sub>	%	0,5-10	0,01-0,1
2	CO	%	0,5-12	0,001-0,05
3	NO <sub>2</sub>	%	0,001-0,8	0,005-0,5
4	SO <sub>2</sub>	%	0,006	0,02
5	ნახშირწყალბადები	%	0,2-3	0,01-0,5
6	აღდეკიდები	მგ/ლ	0-0,02	0,001-0,01
7	ჰვარტლი	მგ/ლ	0-0,04	0,01-0,1

ცხრილში ჩამოთვლილი ყველა ნივთიერება მავნეა, ნახშირბადის (II)ოქსიდი CO სისხლის ჰემოგლობინთან წარმოქმნის

კარბოქსიჰემოგლობინს და ამდენად, შეუქცევადად აფერხებს ორგანიზმისათვის ჟანგბადის მიწოდებას.  $\text{NO}_2$  და  $\text{SO}_2$  მჟავე წვიმების, ნახშირბადის (IV) ოქსიდი – გლობალური დათბობის გამომწვევი ნივთიერებებია. ასევე  $\text{NO}_2$  ჭვარტლთან, ნახშირწყალბადებთან და ალდეჰიდებთან ერთად, ცნობილ ფოტოქიმიურ სმოგს წარმოქმნის.

გაეროს მონაცემებით ჰაერის გაჯუჭვიანების ძირითად კომპონენტებში მე-2 ადგილი უჭირავს ნახშირბადს. 80-90 კმ/სთ სიჩქარით მოძრაობის დროს ერთი ავტომობილი ნახშირმჟავად გარდაქმნის იმდენ ჟანგბადს, რამდენსაც მოიხმარს 300-350 ადამიანი. ერთი ავტომანქანის გამონაბოლქვი წელიწადში შეადგენს 800კგ ნახშირბადის მჟავას, 40კგ აზოტმჟავას და 20კგ-ზე მეტ ნახშირწყალბადებს. აღნიშნულიდან გამომდინარე, განსაკუთრებით არასასურველია ნახშირბადი, ვინაიდან მაღალი ტოქსიკურობის გამო მისი დასაშვები კონცენტრაცია ატმოსფეროში არ უნდა აღემატებოდეს 1 მმკბ.მ; ცნობილია ადამიანების ტრაგიკული დაღუპვის ფაქტები, როდესაც ისინი ავტომანქანის ძრავას ამუშავებდნენ დახურულ ავტოფარეხში. ერთ ადგილიან ავტოფარეხში ნახშირჟანგის სასიკვდილო კონცენტრაცია წარმოიქმნება ძრავის ამუშავებიდან უკვე 2-3 წუთის შემდეგ. ტყვიის მარილები და აეროზოლები მავნე ზემოქმედებას ახდენს დედამიწის მცენარეულ საფარზეც. ტყვიის მარილებით გაჯუჭვიანებულ ნიადაგზე მცენარის ფესვები წყვეტენ ზრდას და ფერს იცვლიან. ფოთლებს ძლიერი ქლოროზი უვითარდებათ და მცენარე იღუპება.

ტრანსპორტის სფეროსთანაა დაკავშირებული პოტენციური გაბინძურების ცალკეული კერების არსებობა. კერძოდ, მომსახურების დაწესებულებებში(ავტოსერვისები, ავტოსამრეცხაოები) ნარჩენების არაადეკვატური მართვის გამო გარემოში ხვდება გამოყენებული ზეთები და სხვა მავნე ნარჩენები, თუმცა სტატისტიკა ამ მხრივ არ იწარმოება.

ნებისმიერი საწვავის წვა რაოდენობრივად იჭრება ჟანგბადის ჩამოყალიბებულ ბალანსში. შესაძლებელია, რომ  $\text{CO}_2$  -ის შემცველობის ამაღლება დროთა განმავლობაში ატმოსფეროში საგრძნობლად გაზრდის მცენარეების აქტივობას და ფოტოსინთეზის ინტენსივობას.

მკვლევართა აზრით, საუკუნის დასასრულს საწვავის მოთხოვნილებამ შეიძლება მიაღწიოს 18 მლრდ ტ-ს, ხოლო ჟანგბადის მოთხოვნამ მის წვაზე 48-50 მლრდ ტონას. ეს მდგომარეობა შედარებითაა მცენარეების ფოტოსინთეზის ინტენსივობის შეფასების დაბალ ზღვართან(60-10<sup>9</sup> ტ/წელიწადში). ჟანგბადის მაქსიმალური მოთხოვნა და მისი მინიმალური წარმოება მოდის სწორედ იმ ადგილებზე, სადაც მოსახლეობა მჭიდროდაა დასახლებული. მსხვილ ქალაქებში ამ პრობლემამ შეიძლება მალე შეიძინოს არა მარტო თეორიული, არამედ საყოველთაო მნიშვნელობა. განსაკუთრებით სწრაფად აისახება ეს თბილისზე, ქუთაისზე, ზესტაფონზე, ფოთზე, ბათუმზე, ჭიათურაზე, ტყიბულზე.

ცხრილი 3.

მავნე ნივთიერებების კონცენტრაცია ატმოსფეროში

ქალაქი	კონცენტრაცია მგ/მ <sup>3</sup>										
	მტვერი		SO <sub>2</sub>		CO <sub>2</sub>		NO <sub>2</sub>		MnO <sub>2</sub>		
	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	
ახალციხე	1,2						2				
ბათუმი	0,2	0,5	0,10	0,15	-	-	0,05				
ზესტაფონი	0,5	2,0	0,12	0,18			0,04	0,07	0,06	0,014	
თბილისი					2	12					
კასპი											
რუსთავი					3	5					
ქუთაისი	0,6	1,5	0,05	0,10	2	5					

სადაც, 1 – საშუალო წლიური, 2 – მაქსიმალური

ჰაერის გაჭუჭყიანების ძირითად მიზეზს წარმოადგენს საწვავის არასრულყოფილი და არათანაბარი წვა. საწვავის მხოლოდ 15% იხარჯება ავტომანქანის მოძრაობაზე, ხოლო 85% იფრქვევა ჰაერში. ამასთან ერთად ავტომანქანის ძრავის წვის კამერა წარმოადგენს თავისებურ ქიმიურ რეაქტორს, რომელიც ახდენს მომწამლავი ნივთიერებების სინთეზს და გამოაფრქვევს მათ ატმოსფეროში, თვით ატმოსფეროში არსებული უწყინარი აზოტი ხვდება რა წვის კამერაში, გარდაიქმნება მომწამლველ აზოტის მუავად.

შიგა წვის ძრავების გამონაბოლქვ აირებში 170-ზე მეტი მავნე კომპონენტი, რომელთაგან 160-მდე ნახშირწყალბადის წარმოებულა, რაც უშუალოდ უკავშირდება საწვავის არასრულყოფილ წვას ძრავაში. ნამუშევარი აირები, მექანიკური ნაწილაკები, საბურავების, საგზაო საფარის ცვეთის პროდუქტე-

ბი – შეადგენენ ატმოსფეროში ანთროპოგენური წარმოშობის გაფრქვევის დაახლოებით ნახევარს. ამ ნაფრქვევების შემაღ-გენლობაში აზოტის, ჟანგბადის, ნახშირმჟავა აირის და წყლის გარდა არის ისეთი მავნე ნივთიერებები, როგორებიცაა ნახში-რორჟანგი, ნახშირწყალბადები, აზოტის ჟანგი და გოგირდი, მყარი ნაწილაკები. გამონახობლქვი აირის შემაღგენლობა დამო-კიდებულია გამოყენებული საწვავისა და ზეთის მარკაზე, ძრავის მუშაობის რეჟიმზე და ა.შ. კარბურატორიანი ძრავების გა-მონახობლქვი აირების ტოქსიკურობა ძირითადად განპირობებუ-ლია ნახშირორჟანგით და ნახშირჟანგით, ხოლო დიზელის ძრავებისა – აზოტის ჟანგით და ჭვარტლით.

მავნე კომპონენტებს მიეკუთვნება ასევე მყარი გამონაფ-რქვევები, რომელთა შემაღგენლობაშია ტყვია და ჭვარტლი, რომელთა ზედაპირზეც ხდება ციკლური ნახშირწყალბადის აღსორბირება. მყარი გამონაფრქვევების გაფრცელების კანონ-ზომიერება გარე სამყაროში განსხვავდება აირისნაირი პრო-დუქტების გაფრქვევის კანონზომიერებისაგან. მსხვილი ფრაქ-ციები (დიამეტრით 1 მმ-ზე მეტი), ილექება ემისიის ცენტრიდან მცენარეებისა და ნიადაგის ზედაპირზე და საბოლოო ჯამში გროვდება ნიადაგის ზედა ფენაში. მეორე ფრაქციები (დიამეტ-რით 1 მმ-ზე ნაკლები) წარმოქმნიან აეროზოლს და ჰაერის მა-სებთან ერთად ვრცელდება დიდ მანძილზე. აზოტის ჟანგი ასე-ვე ტოქსიკურია ადამიანისათვის და ამასთან ერთად გააჩნია გამაღიზიანებელი თვისება. გამონახობლქვი გაზების ყველაზე საშიშ შემაღგენელს წარმოადგენს კანცეროგენული ნახშირ-წყალბადები. რაც შეეხება ავტომობილის ძრავის მიერ გამონა-ბოლქვს, განსაკუთრებით აღსანიშნავია ტყვიის შენაერთები, რომლებიც ხვდებიან ადამიანის ორგანიზმში ჰაერით და საკვე-ბით. ისინი ძალზე მავნედ ზემოქმედებენ ადამიანის ჯანმრთე-ლობაზე. ადამიანის ორგანიზმის მიერ დღის განმავლობაში მიღებული ტყვიის ნაერთების 50% მოდის ჰაერზე და მათ შო-რის მნიშვნელოვანი წილი მოდის ავტომობილის გამონახობლ-ქვზე.

საიდან ხვდება ტყვია გამონახობლქვ აირებში? შიგაწვის ძრავის მუშაობა დამოკიდებულია საწვავის ბუნებაზე. რაც უფ-რო მეტად შეიკუმშება ცილინდრში შეწოვილი საწვავის ორ-თქლის და მჟანგავის ნარევი, მით უფრო გაიზრდება ძრავის

სიმძლავრე. ასეთ შეკუმშვას ყველა ნივთიერება ვერ უძლებს. მაღალი დეტონაციური მედეგობა აქვს არომატულ, ციკლურ და პარაფინულ ნახშირწყალბადებს.

**მრეწველობა.** მეცნიერების პროგრესის ძირითად და გადამწყვეტ ფაქტორს წარმოადგენს მრეწველობის განვითარება. მსოფლიოში ორი დიდი ნიკელმწარმოებელი საწარმოო იმდენ მძიმე მეტალებსა და შხამებს უშვებს ატმოსფეროში, რამდენსაც მთელი რუსეთის მსგავსი საწარმოები ერთად (“ნიუ-იორკ ტაიმსი”). საქართველოს გეოლოგიურ თავისებურებას განსაზღვრავს მისი მდებარეობა ევრაზიულ და უფრო არაბულ გზათა შესაყარზე. არაერთგვაროვანი ტერიტორია თავისი აგებულებითა და გეოლოგიური განვითარების ისტორიით განაპირობებს წიაღისეული საბადოების მრავალფეროვნებას. ქვეყნის ეკონომიკური განვითარებისათვის აუცილებელია მინერალური სასუქების მოპოვება და გადამუშავება, თუმცა ამ პროცესებს თან ახლავს გარემოზე მავნე ზემოქმედება. საქართველოში ყველა სახის მინერალური რესურსი სახელმწიფო საკუთრებას წარმოადგენს. მათ დამუშავებას სპეციალური ნებართვა, სასარგებლო წიაღისეულის მოპოვების ლიცენზია ესაჭიროება. ლიცენზიის მიღების შემდეგ აუცილებელია გარემოზე ზემოქმედების ნებართვის აღება და ბუნებრივი რესურსების სამინისტროში გარემოზე ზემოქმედების შეფასების პროექტის წარდგენა. დღევანდელი მონაცემებით საქართველოს მყარი მინერალური რესურსების ფონდი მოიცავს 552 საბადოს. საქართველოში განსაკუთრებით მნიშვნელოვანი საბადოებია: შპს „ჯორჯიან მანგანეზი“ ჭიათურის წერეთლის მაღარო, შპს „ჯორჯიან მანგანეზი“ ზესტაფონის ფეროშენადნობთა ქარხანა, რაჭის დარიშხანის სულფიდური მადნების მაღარო, კაზრეთის შპს „კვარციტი“ ოქროს საბადო, ბოლნისის სს „მადნეულის“ სპილენძ-ბარიტის პოლიმეტალური საბადო. ასევე, არამადნიანი საბადოებიდან ცეოლითშემცველი (ძეგვი, თეძამი, ახალციხე) საბადოები და სამშენებლო-მოსაპირკეთებელი მასალები.

მე-19 საუკუნის ბოლოს საქართველოში დაიწყო მანგანუმის მოპოვება და დღესაც აქტიურად გრძელდება. დღეისათვის გაცემული ლიცენზიის პირობების მიხედვით, ჭიათურის მანგანუმის საბადოდან 2008-2011 წლებში მოპოვებული უნდა ყოფილიყო 1,6 მლნ ტ ლითონი, მომდევნო წლებში 40000 ტ წელიწად-



ში, ჯამური მინიმალური მოპოვება 200000 ტონა. ჩხარი-აჯამეთის საბადოზე ლიცენზია გაცემულია 27 წლის ვადით.

საქართველოში ამჟამად მოქმედი სამთო-გადამამუშავებელი საწარმოდან გარემოს აქტიური დამაბინძურებელია მანგანუმის მოპოვება, რომელიც აბინძურებს მდ. ყვირილას მანგანუმის იონებით. მაგალითად, 2009 წლის იანვარში ქ. ჭიათურის შესასვლელთან გარემოს დაცვის ინსპექციის მონაცემებით მდ. ყვირილას წყალში Mn-ის იონების შემცველობა 3,9 მგ/ლ დაფიქსირდა (Mn-ის იონების ზღვრულ წყლებში 0,1 მგ/ლ). საწარმოო დაბინძურებას აძლიერებს ის გარემოებაც, რომ მდინარე თავის მხრივ რეცხავს მადნიან ჰორიზონტებს. გარემოსათვის დიდი ზიანის მომტანია ასევე ბოლნისის ჯგუფის პოლიმეტალური საბადოების მადნების საქმიანობა, სადაც მადნის მოპოვება ღია კარიერული წესით ხდება. კარიერის დამუშავების სიღრმემ 300 მ-ს მიაღწია. კარიერზე წარმოებს ბურღვა-აფეთქებითი სამუშაოები, რასაც ემატება კარიერის ტერასებზე და კარიერთან მისასვლელ გზებზე ავტოთვითმძღველების აქტიური ორმხრივი მოძრაობა, რაც კარიერში მტვრისა და სხვა დამაბინძურებელი ნივთიერებების გაფრქვევას იწვევს. ატმოსფერული ნალექების ზეგავლენით ამ მტვრიდან გამოტუტული მძიმე ლითონების გარემოში მოხვედრა სერიოზულ ზიანს აყენებს ნიადაგსა და გრუნტის წყლებს.

ეკოლოგიური თვალსაზრისით სერიოზული მდგომარეობაა კაზრეთის მიდამოებში ოქროს მოპოვების საბადოზე. წინა წლებში ჩატარებული მდინარეების წყლის ხარისხი აჩვენებს რომ მდ. კაზრეთულას მონაკვეთში (კარიერის ნაჟური წყლების ჩადინებიდან მდ. მაშავერას შესართავამდე) თითქმის არანაირი პირობაა იმისა, რომ მასში ცოცხალი ორგანიზმები არსებობდეს. მნიშვნელოვან საფრთხეს შეიცავს საბადოები, რომლებზეც დროებით შეჩერებულია სასარგებლო წიაღისეულის მოპოვება. ეს გარემოება განსაკუთრებულ შემფოთებას იწვევს, რადგან საქმე ეხება ვერცხლისწყლის, დარიშხანისა და ძლიერმომწამლავი ნივთიერებების გატანას საბადოს კონსერვაციის ადგილიდან. საქმე ეხება რაჭის (ლუხუნის ოქრო-დარიშხანის) და სვანეთის (ცანას დარიშხანის) საბადოებს. მე-20 საუკუნის 90-იან წლებამდე რაჭის და სვანეთის სამთო-ქიმიური ქარხნები აწარმოებდნენ მაღალი სისუფთავის დარიშხანს ნახევარგამტარული სისტემებისათვის და 16 დასახელების სხვადასხვა და-

რიშხანშემცველ პრეპარატს. დარიშხანისა და მისი ნაერთების მიღების მიზნით კონცენტრატს წვაავდნენ სპეციალურ ღუმელში, რის შედეგადაც მთელი ტერიტორია 20 კმ რადიუსზე სისტემატურად ბინძურდებოდა დარიშხანის სულფიდური ფორმების გამოწვის გამონაბოლქვი გაზებისაგან, რომლებიც დასაშვებ ნორმაზე მეტი რაოდენობით შეიცავდა „თეთრ დარიშხანს“. ამ საქმიანობის შედეგად რაჭა და სვანეთი ეკოლოგიური კატასტროფის წინაშე აღმოჩნდა. დღეს ეს წარმოებები არ მუშაობენ, მაგრამ დარიშხანის შემცველობა ნიადაგში 20-30-ჯერ არის მომატებული, რამაც გამოიწვია პირუტყვისა და ადამიანებში ონკოლოგიური დაავადებების რიცხვის გაზრდა.

აღსანიშნავია, რომ დღეისათვის ცემენტის ქარხნებში დამონტაჟებულია მტერის გამწმენდი სისტემები, რომლებიც უზრუნველყოფენ ემისიის დასაშვებ დონეებს, ასევე ზესტაფონის ფეროშენადნობთა ქარხანაში მიმდინარეობს მტვერდამჭერი სისტემების პროექტირებისა და მონტაჟის სარეაბილიტაციო სამუშაოები, თუმცა დღევანდელი მდგომარეობით ფეროშენადნობთა ქარხანა დაბინძურების მნიშვნელოვანი წყაროა ამ რეგიონში მანგანუმის მტერის ემისიის დონით, რაზედაც მეტყველებს გარემოს მონიტორინგის სადამკვირვებლო ქსელის უკანასკნელი პერიოდის მონაცემები.

## ატმოსფერული ჰაერის დაბინძურება ტრანსპორტით

ატმოსფერო შეადგენს აირის ნაერთთა გარსს, რომელიც გარს აკრავს დედამიწას. ატმოსფერული ჰაერი შეიცავს თითქმის ყველა ქიმიურ ელემენტს. პოტენციურად ყველაზე დიდი რაოდენობით ჰაერი შეიცავს აზოტს დაახლოებით 78%-ს, მოლეკულურ ჟანგბადს 21%-ს, ხოლო დანარჩენი 1% წარმოადგენს დანარჩენ გაზებს. ატმოსფერო არეგულირებს დედამიწის კლიმატს. წიაღისეული საწვავის გამოყენება  $SO_2$ -ის,  $NO_2$ -ის და  $CO_2$ -ის გამოყოფას იწვევს, მეტალურგიულ წარმოებას ახლავს ტოქსიკური მეტალების გამოყოფა. გარკვეული რეაქციების შედეგად ეს გაზები გარდაიქმნება აზოტის და გოგირდის მჟავებად, რომლებიც იხსნებიან წყალში და მჟავე ნალექებს ქმნიან.

ატმოსფერო წარმოადგენს ორი ფენისაგან შემდგარ სფეროს: ჰომოსფეროს და ჰეტეროსფეროს. ჰომოსფერო მიწის ზედაპირიდან 95-100 კმ-ითაა დაშორებული და ჰეტეროსფერო ჰომოსფეროს ზემოთ ატმოსფეროს საზღვრამდე 2000-3000 კმ-ით. ჰომოსფეროში ჰაერის მოლეკულები კარგადაა ერთმანეთში შერეული და ცალკეული ელემენტების კონცენტრაცია პოტენციურად დაახლოებით ისეთივეა, როგორც დაახლოებით მიწის ზედაპირზე. ეს გამოწვეულია ჰაერის მასების ჰორიზონტალური, ვერტიკალური და ტურბულენტური მოძრაობით. სწორედ ამის გამო, დედამიწის რომელიმე წერტილში ლოკალური დაბინძურების შედეგად გამოყოფილი ელემენტები შეიძლება გავრცელდეს სივრცეში ძალიან შორს, როგორც ვერტიკალურად, ასევე ჰორიზონტალურად. რაც შეეხება ჰეტეროსფეროს, აქ იშვიათად გვხვდება მძიმე ელემენტები.

ასევე მნიშვნელოვანია ატმოსფეროს აგებულება ტემპერატურის განაწილების მიხედვით სიმაღლეზე. ატმოსფერო ქვემოდან ზემოთ შედგება 5 ძირითადი და 4 გარდამავალი ფენებისაგან. ძირითადი ფენებია: ტროპოსფერო, სტრატოსფერო, მეზოსფერო, თერმოსფერო, ეგზოსფერო. გარდამავალია: ტროპოპაუზა, სტრატოპაუზა, მეზოპაუზა, თერმოპაუზა.

ქვეყნის რელიეფური პირობები, სატრანსპორტო მაგისტრალების არარსებობა, დასახლებულ ადგილებში ავტოტრანსპორტის მჭიდრო ნაკადები მავნე ნივთიერებებით მისი დაბინძურე-

ბის მაღალ დონეს განაპირობებენ. უკანასკნელ წლებში სამრეწველო საწარმოთა უდიდესი ნაწილის გაჩერებამ მისი ხვედრითი წილი დაბინძურების საერთო მაჩვენებელში 3%-მდე შეამცირა. სამაგიეროდ გაიზარდა ავტოტრანსპორტის წილი, რომელმაც დაბინძურების საერთო მაჩვენებლის 97% შეადგინა.

საქართველოში ტრანსპორტის მუშაობაზე ბევრად არის დამოკიდებული ქვეყნის ეკონომიკური აღმავლობა და სოციალური ინფრასტრუქტურის განვითარება. ავტოტრანსპორტი საერთაშორისო მიმოსვლის საშუალებაცაა. ქვეყნის საავტომობილო გზების სიგრძე 20200 კმ-ია. უკანასკნელ წლებში სულ უფრო იზრდება საავტომობილო ტრანსპორტის ტვირთბრუნვის და მგზავრთა გადაყვანის მაჩვენებელი. თუმცა უნდა ითქვას იმ არასახარბიელო ვითარებაზეც, რასაც ავტოტრანსპორტის მიერ ატმოსფეროში გაფრქვეული მავნე ნივთიერებების ზემოქმედება იწვევს ბუნებაზე და ადამიანთა ჯანმრთელობაზე.

ტრანსპორტის სახეობებიდან ეკოლოგიური თვალსაზრისით განსაკუთრებით საყურადღებოა ბენზინის ძრვაზე მომუშავე ავტომანქანები. მათზე მოდის ატმოსფეროს გაბინძურების 40% და ატმოსფეროში მოხვედრილი ანთროპოგენური ნივთიერებები 75-80%. ერთი მანქანა წელიწადში საშუალოდ 4 ტ ჟანგბადს ხარჯავს და ატმოსფეროში გამოყოფს 800-900 კგ CO-ს, 30-40 კგ NO<sub>2</sub>-ს, 150-200 კგ ჰალოგენნაწარმებს, აღდეჭილებსა და სხვა ნივთიერებებს. საქართველოს ქალაქებში ატმოსფეროში ჰაერის გაბინძურება ძირითადად ხდება სატრანსპორტო საშუალებებით:

- ავტოსატრანსპორტო საშუალებათა უდიდეს ნაწილს შეადგენს საბჭოთა წარმოების, მოძველებული მანქანები და უცხოეთიდან იმპორტირებული, ამორტიზებული (საშუალოდ 8-10 წლის) ავტომობილები, რომელთაგან მავნე ნივთიერებათა გამონაბოლქვების დონე მრავალჯერ აღემატება დასაშვებ ნორმებს. ავტომობილთა უმეტესობას არ გააჩნია კატალიზური გარდამქმნელები. ბოლო წლებში საზოგადოებრივი ტრანსპორტის შემცირება ხელს უწყობს კერძო ავტოტრანსპორტის მზარდ გამოყენებას, რაც ზრდის ტრანსპორტირების ერთეულზე (კაცი/კმ, ტ/კმ) გამონაბოლქვის დონეს;

- ავტოსატრანსპორტო საშუალებებისათვის გამოიყენება დაბალი ხარისხის საწვავი, რაც იწვევს მავნე ნივთიერებათა მაღალი კონცენტრაციით ემისიას;
- გზებზე არსებული სატრანსპორტო საცობები ხელს უწყობს მავნე გამონაბოლქვების ზრდას;
- საქართველო სატრანზიტო ქვეყანაა. სახმელეთო გზები გამოიყენება გადაზიდვებისათვის ჩრდილოეთიდან სამხრეთისაკენ და აღმოსავლეთიდან დასავლეთისაკენ. ამ გზების უმრავლესობა ქალაქებში გადის, რაც კიდევ უფრო აუარესებს ატმოსფერული ჰაერის ხარისხს;
- სატრანსპორტო საშუალებებიდან გამონაბოლქვების კონტროლის სისტემა ცუდად არის განვითარებული;
- საწარმოებისა და მცირე რაოდენობის მოქმედი კომუნალური გათბობის სისტემების საქვაბუებს არ გააჩნიათ გამონაბოლქვების გამწმენდი საშუალებები. ამასთან, ეს საქვაბუები ამორტიზებულია და საწვავის მოხმარების თვალსაზრისით მეტად არაეფექტური. ცენტრალური თბომომარაგების სისტემის მოშლამ და ელექტროენერჯის დეფიციტმა განაპირობა საცხოვრებელ სახლებსა და დაწესებულებებში დიზელ-გენერატორებისა და ინდივიდუალური გათბობის საშუალებების მზარდი გამოყენება, რის შედეგადაც გაიზარდა შენობების შიდა დაბინძურება. საქართველოში შენობების დაბალი თბოეფექტურობა ხელს უწყობს საწვავის ჭარბ მოხმარებას. ინდივიდუალური გამათბობლების გამოყენება არა მარტო საფრთხეს უქმნის ადამიანის ჯანმრთელობას ჰაერის დაბინძურების გზით, არამედ ზრდის ლეგალურ შემთხვევებს და მატერიალურ დანაკარგებს მათი არასწორი და დაუდევარი მოხმარებისას ხანძრების გაჩენასთან დაკავშირებით. ასეთი შემთხვევები არც ისე მცირეა საქართველოში. შენობებში ადამიანის ჯანმრთელობისათვის საშიშ წყაროს შეიძლება წარმოადგენდეს აზბესტი, რომელიც ფართოდ გამოიყენებოდა მშენებლობაში თბოიზოლაციის მიზნით. არ არსებობს ოფიციალური ინფორმაცია იმის თაობაზე, თუ რამდენი ადამიანი განიცდის აზბესტის უარყოფით ზეგავლენას და რა კონკრეტული შედეგები მოჰყვება ამას ჯანმრთელობისათვის. აზბესტის მავნე ზემოქმედების შესახებ მოსახლეობაც არასაკმარისად არის ინფორმირებული.

ატმოსფერული ჰაერის დაბინძურება მსოფლიოს ხალხთა სამართლიან უკმაყოფილებას იწვევს, ამიტომაც განიხილება ეკოლოგიური კრიზისი გლობალურ პრობლემათა რიგში. ეს პრობლემა თითქმის ყველა დიდ ქვეყანაშია. იაპონიაში დიდი ხანია ქუჩაში დგას ავტომატები, სადაც თანხის გადახდის შემდეგ ადამიანს შეუძლია ჩაისუნთქოს სუფთა ჰაერი.

ავტომანქანების გამონაბოლქვში, ბენზინის ნაცვლად საწვავად ბუნებრივი აირის გამოყენების შემთხვევაში, ნახშირბადის (II) ოქსიდი 5-ჯერ ნაკლებია, აზოტის ოქსიდები 2-ჯერ, ნახშირწყალბადები 1-ჯერ, კანცეროგენული (კიბოს წარმოქმნელი ნივთიერებები) კი 100-ჯერ ნაკლები.

1999 წლის მონაცემებით, დაბინძურების ყველა წყაროდან გაფრქვეული იყო 555000 ტონა ადამიანის ჯანმრთელობისათვის მავნე ნივთიერება, ავტოსატრანსპორტო საშუალებების მიერ მავნე ნივთიერებების ატმოსფერულ ჰაერში გამოფრქვევის ინტენსივობა მათი მოძრაობის ზრდის პარალელურად იზრდება. ამასთანავე უნდა აღინიშნოს ის ფაქტიც, რომ მნიშვნელოვან პრობლემად იქცა ატმოსფერული ჰაერის ტყვიით დაბინძურება. ქ. თბილისის ინტენსიური მოძრაობის მაგისტრალებზე (დ. აღმაშენებელი, თამარ მეფის გამზირი) ჩატარებული გამოკვლევებით დადგინდა, რომ ტყვიის შემცველობა ტრანსპორტის ინტენსიური მოძრაობის რაიონის ატმოსფერულ ჰაერში აღემატებოდა ქალაქის განაპირა უბნის ჰაერში ტყვიის შემცველობის კონცენტრაციას. როგორც ცნობილია, ტყვია ძვლის უჯრედებში გროვდება და ვიტამინის შებოჭვით კალციუმის მეტაბოლიზმს აფერხებს. ქალაქის ატმოსფერულ ჰაერში ტყვიის შემცველობა დაკავშირებულია ეთილირებული ბენზინის მოხმარებასთან, რომელიც შეიცავს ტეტრაეთილტყვიას, როგორც ანტიდეტონატორს. ტეტრაეთილტყვია ძრავაში იწვის, წარმოქმნის ტყვიის არაორგანულ ნაერთებს, რომლებიც გამონაბოლქვთან ერთად ხვდება ჰაერში. როდესაც უცხოელმა მეცნიერებმა შეისწავლეს ქუჩებში ავტოინსპექტორების ჯანმრთელობის მდგომარეობა, აღმოჩნდა, რომ თითქმის ყველას აღენიშნებოდა სისხლში და შარდში ტყვიის მომატებული შემცველობა, ძვლის ტვინის და გენეტიკური აპარატის ცვლილებები. ეჭვს აღარ იწვევს ის ფაქტი, რომ მძიმე მეტალების ჭარბი კონცენტრაციები ონკოლოგიური დაავადებების გამომწვევეები და ხე-

ლისშემწეობნი არიან. თბილისის ცენტრალურ მაგისტრალზე მცხოვრებ პირთა უმრავლესობის 25%-ს შარდსა და თმაში ტყვიის საკმაოდ მაღალი კონცენტრაცია აღმოაჩნდა. მოქალაქეებს აღენიშნებოდათ გულ-სისხლძარღვთა სისტემის პათოლოგია, ჰიპერტონული და გულის იშემიური დაავადებები. შესწავლილ პირთა 60%-ს სისხლში კარბოქსიჰემოგლობინი აღმოაჩნდა. თუ გავითვალისწინებთ იმას, რომ საქართველო სატრანზიტო ქვეყანაა, სადაც ყოველწლიურად იზრდება სატრანსპორტო საშუალებების მოძრაობის ინტენსიურობა, ხოლო 0,1 ლ/კმ ბენზინის ხარჯვის დროს, თითოეული მანქანის მიერ გამოიყოფა 40-60 გრამამდე ტყვია, რომლის 20% კონცენტრირდება უშუალოდ მანქანასთან, დანარჩენი კი ჰაერში იფანტება, ამასთანავე ერთი ლიტრი ბენზინის დაწვისას გამოიყოფა 750 გ ადამიანის ჯანმრთელობისათვის მავნე ნივთიერება, მაშინ ცხადი ხდება, რომ ატმოსფერული ჰაერის სანიტარული დაცვისათვის აუცილებელია გადაუდებელი ზომების მიღება.

ჰაერის გატუჭყიანებაში წვლილი შეაქვს თითოეულ ადამიანს (ტრანსპორტის მართვა, ელექტროენერჯის მოხმარება). ერთი კატეგორიის დაბინძურება შეიძლება გარდაიქმნას სხვა კატეგორიაში, რადგან ზოგიერთი გამტუჭყიანებელი რეაგირებს ერთმანეთთან გარემო არეში და წარმოქმნის მეორეულ გამტუჭყიანებელს. მაგ, ორი კომპონენტი სინათლის არის ზემოქმედებისას გამოტყორცნილი – წარმოქმნის ახალ კიდევ უფრო შხამიან ნივთიერებას, რომელიც ცნობილია „ფოტოქიმიური ჭვარტლის“ სახელწოდებით. აზოტის ოქსიდებისა და ნახშირწყალბადების შეერთებით მიიღება ულტრაიისფერი პეროქსიაცეტილნიტრატი (პან) და ოზონი – ჰ; ორივე ნივთიერება ხასიათდება ცრემლდენი მოქმედებით, ასევე სასუნთქ ორგანოებზე გამაღიზიანებელი ზემოქმედებით; გარდა ამისა, ისინი ძალიან ტოქსიკურები არიან მცენარეებისათვის. ოზონი აძლიერებს ფოთლების სუნთქვას, რაც იწვევს გამოფიტვას და მცენარეთა დაღუპვას, პანი კი ახდენს ფოტოსინთეზში „ბიოქიმიური რეაქციის“ ბლოკირებას და მცენარე იღუპება საკვები ნივთიერებების სინთეზის არასაკმარის ინტენსიურობის გამო.

## გაჭუჭყიანების რეგისტრაცია და კონტროლი

საწარმოებიდან გამოდევნილი მავნე ნივთიერებებით იწამლებიან საკვები ჯაჭვის თავში მდგომი მცენარეები. მცენარეთა ბაგეებიდან მომწამვლელი ნივთიერებანი აღწევენ ქსოვილებში და იწვევენ ნივთიერებათა ცვლის დარღვევას. ატმოსფეროში არსებული მკვრივი მინარეები ხელს უშლიან მცენარეთა მიერ სინათლის აღქმას და ე.ი ფოტოსინთეზსაც, თუმცა მცენარეთა მაღალი რეგენერაციული უნარი არცთუ იშვიათად ესმარება მათ მიყენებული ზარალის თავიდან აცილებაში.

დაბინძურების შესამცირებელი ღონისძიებების წარმატება დამოკიდებულია არა მხოლოდ გადამუშავებასა და კონტროლზე, არამედ ასევე გარემო არის საერთო მდგომარეობაზე, ეფექტურ რეგისტრაციასა და მონიტორინგზე, რომელიც ხორციელდება ორი ძირითადი ფორმით:

1. გამჭუჭყიანებლების ან ძირითადი ნივთიერებების პირდაპირი გაზომვა, ისეთებისა, როგორცაა ჟანგბადი, რომლის შემცველობა დაბინძურებისას მცირდება;

2. ბიოლოგიური მაჩვენებლების გამოყენება, როგორცაა მიკრობიოლოგიური მეთოდები და ინდიკატორებით გაზომვა.

პირველი ტიპის კონტროლის კარგი მაგალითია კალიფორნიის დიდ ქალაქებში ჰაერის გაჭუჭყიანების განუწყვეტელი რეგისტრაცია, რაც ხორციელდება გადამცემებით, რომლებიც ჩამონტაჟებულია თვითმფრინავზე. გადამცემები ყოველდღიურად ახდენენ გაზომვასა და რეგისტრაციას  $SO_2$ -ის,  $NO_2$ -ის,  $CO$ -სა და სხვა გამჭუჭყიანებლების დიდ ოლქზე.



## ატმოსფერულ ჰაერში გაფრქვეული მავნე ნივთიერებები და ზემოქმედების ძირითადი ობიექტები

ატმოსფეროს დამაბინძურებელი ქიმიური ელემენტებია: ნახშირორჟანგი, აზოტისა და გოგირდის ოქსიდები, ნახშირწყალბადთა სხვადასხვა ნაერთები და აგრეთვე მყარი ნაწილაკები, რომლებიც გვხვდებიან ჰაერში მტვრის სახით. ასეთ მყარ ნაწილაკებს ეწოდებათ აეროზოლები. გარდა ამისა, ნავთობპროდუქტების წვის პროცესში დიდი რაოდენობით გვხვდება ატმოსფეროში გამოტყორცნილი არასასურველი ქიმიური ელემენტები სხვადასხვა მომწამლავი და მხუთავი აირები მურისა და ჭვარტლის სახით.

ატმოსფეროს ყოველი კომპონენტი სიცოცხლეზე ახდენს ზეგავლენას. ყოველ წელს მსოფლიოში 20 მილიარდი ტონა ჟანგბადი იხარჯება. ეს კი უმძიმეს შედეგებს იწვევს, ადამიანსა და ცხოველებს აკლდებათ სუნთქვისათვის აუცილებელი ჟანგბადი. სამრეწველო საწარმოები, ენერგეტიკული კომპლექსები და ტრანსპორტი ყოველ წელს ატმოსფეროში უშვებს 20 მილიარდ ტონაზე მეტ ნახშირორჟანგსა და 700 მილიონ ტონამდე სხვადასხვა (აზოტის, გოგირდის, ქლორის, ტყვიის და სხვა ელემენტთა შემცველ) ნივთიერებას. უფრო და უფრო „გამჭვირვალე“ ხდება ოზონის ფენა მზის ულტრაიისფერი რადიაციისათვის. 1900 წელს ჰაერში ნახშირორჟანგის შემცველობა 0,029%-ს შეადგენდა. 1960 წელს, მრეწველობისა და ტრანსპორტის განვითარების გამო, მისი რაოდენობა 0,0334%-მდე გაიზარდა. ამ უმნიშვნელო 4 მეათასედი %-ის გამო ატმოსფეროს საშუალო ტემპერატურა 1,5<sup>0</sup>-ით გაიზარდა. კიდევ ამდენივე ნამატი და დნობას დაიწყებს გრენლანდიის, ჩრდილოეთის ყინულოვანი ოკეანის და ანტარქტიდის ყინულები.

ტრანსპორტის მიერ ატმოსფერულ ჰაერში გამოიყოფა მტვერი, ნახშირორჟანგი, აზოტის დიოქსიდი, გოგირდის ანჰიდრიდი, ჭვარტლი, ნახშირწყალბადები, ნახშირორჟანგი. ზემოთხაზვლი ნივთიერებებს (გარდა CO<sub>2</sub>-სა) გააჩნიათ გარემოზე მავნე ზემოქმედების უნარი. ნახშირორჟანგი არ განეკუთვნება მავნე ნივთიერებას, მაგრამ ის გათვლებში შეტანილია, როგორც სათბურის ეფექტის მქონე აირი.

**ნახშირჟანგი CO** – ნახშირბადის მონოოქსიდი, რომელიც ნახშირბადშემცველი ნაერთების არასრული წვის დროს წარმოიქმნება, ერთ-ერთი ყველაზე ტოქსიკური აირადი დამბინძურებელია. სადღეისოდ მთელს ატმოსფეროში დაახლოებით 60 მილიონი ტონა ნახშირბადის მონოოქსიდია. CO-ს ანთროპოგენური წარმოქმნა, უპირველეს ყოვლისა, საწვავის წვასთანაა დაკავშირებული. CO-ს კონცენტრაცია ატმოსფეროში  $(0,06-0,2) \cdot 10^{-6}$  %-ს შეადგენს, ზღკ კი  $0,4 \cdot 10^{-3}$  %-ია. ძირითადი წყაროა ავტომობილების გამონაბოლქვი, წარმოიქმნება საწვავის არასრული წვისას, რასაც განაპირობებს არასაკმარისი ტემპერატურა ან შიდა წვის ძრავაში ჰაერის მიმწოდებელი სისტემა, ნავთობისა და ქვანახშირის წვა, მეტალურგიული წარმოება, იგი აქვეითებს ჟანგბადის სისხლით გადატანის უნარს. ნახშირჟანგით ატმოსფეროს დაბინძურება შიგაწვის ძრავაზე მომუშავე ავტომანქანების გამონაბოლქვი აირებით ხდება, რითაც აიხსნება მისი მაღალი კონცენტრაცია ქალაქში და ავტონისპექტორების სისხლში. შიდაწვის ძრავებში საწვავის წვისათვის ოპტიმალური პირობები მხოლოდ გარკვეულ სამუშაო რეჟიმში მიიღწევა, როდესაც ძრავის სიმძლავრე დაახლოებით 75%-ით გამოიყენება. CO-ს გამოყოფა ამ დროს მინიმალურია. ყველა დანარჩენ შემთხვევებში კი, განსაკუთრებით "უქმ" რეჟიმში მუშაობისას და ძრავის ამუშავებისას, CO-ს შემცველობა გამონაბოლქვში განსაკუთრებით მაღალია. ნახშირბადის მონოოქსიდის გარემოში გამოყოფისაგან თავის ასაცილებლად მოწინავე ავტომწარმოებელი კომპანიები ავტომობილის მაყუნში ამონტაჟებენ სპეციალურ კატალიზატორებს, რომლებიც საწვავის ბოლომდე, CO<sub>2</sub>-მდე დაჟანგვას უწყობენ ხელს.

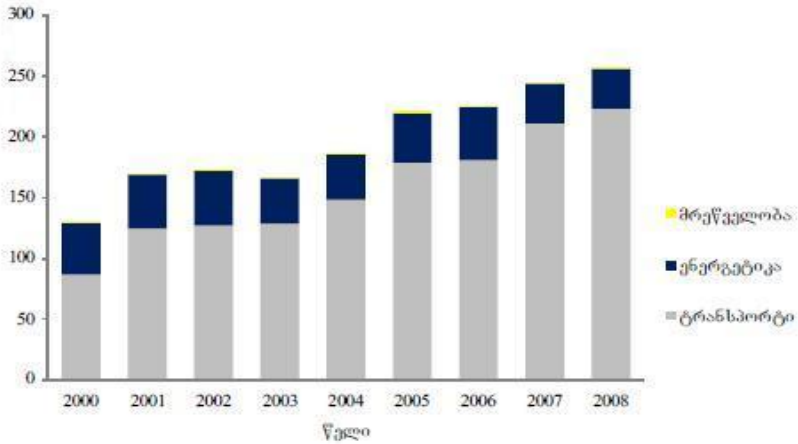
ატმოსფეროში, როგორც ღია სივრცეში, ნივთიერებები სწრაფად გადაადგილდება და ზავდება, ამიტომ ავტომობილების გამონაბოლქვში შემავალი CO ჰაერში საშიში რაოდენობით არ უნდა გროვდებოდეს. მიუხედავად ამისა, ზოგიერთ პირობებში ნახშირჟანგით ჰაერის ლოკალურმა დაბინძურებამ შეიძლება განსაკუთრებით საშიშ ზღვრებს მიაღწიოს. ეს ხდება დიდი ქალაქებისა და ავტოსტრადების თავზე, როდესაც მაღალი ატმოსფერული წნევისა და ტემპერატურული ინვერსიის გამო ჰაერის მასების გადაადგილება იზღუდება და ე.წ. "კანიონის ეფექტი" იქმნება.

ადამიანისათვის ნახშირბადის მონოოქსიდი პირველ რიგში იმიტომაა სახიფათო, რომ მას სისხლის ჰემოგლობინთან დაკავშირების უნარი აქვს. ნახშირბადის მონოოქსიდი, ჟანგბადის მსგავსად, ჰემოგლობინის ჰემში გარკვეულ კოორდინაციულ მდგომარეობას იკავებს. CO-ს მიმართ ჰემოგლობინის რაოდენობა 200–300-ჯერ აღემატება ჟანგბადის რაოდენობას, ამიტომ CO-სთან დაკავშირებული ჰემოგლობინი, ანუ კარბოქსიჰემოგლობინი, ჟანგბადის გადატანის უნარს კარგავს, რაც საბოლოოდ ადამიანის დაღუპვის მიზეზი ხდება. ჰემოგლობინი შედგება ორი კომპონენტისაგან: წითელი პიგმენტის არაცილოვანი ნაწილის ანუ პროსთეტიული ჯგუფის ჰემისა და ცილა გლობინისაგან. ჰემის რაოდენობა ჰემოგლობინში 4%-ს აღწევს, დანარჩენი 96% გლობინია. ჰემოგლობინის დანიშნულებაა ფილტვებიდან ჟანგბადის ტრანსპორტირება ქსოვილებში. ამ ფუნქციას ასრულებს პიგმენტი, რომლის შენებაში მონაწილეობს რკინა.

ჰემოგლობინში, ჟანგბადის გარდა, ხშირად სხვა ლიგანდი იკავებს მის ადგილს. მაგალითად, ნახშირბადის (II) ოქსიდის მსუთავი ზემოქმედება ადამიანის ორგანიზმზე იმით აიხსნება, რომ იგი ჟანგბადზე უფრო მტკიცედ უკავშირდება  $Fe^{2+}$  იონს და, აქედან გამომდინარე, ახდენს ჰემოგლობინის მოქმედების ბლოკირებას. ჰემოგლობინის რომელიმე ჯაჭვის სტრუქტურის შეცვლა იწვევს გარკვეულ დაავადებებს. მაგ, ნორმალური ჰემოგლობინის სტრუქტურის მემკვიდრეობითი ცვლილება იწვევს ე.წ. “მოლეკულურ დაავადებებს”, რომლებიც ცნობილია ჰემოგლობინოპათიების სახელწოდებით. ასეთი დაავადებაა ნამგლისებური უჯრედული ანემია, რომელიც არის გავრცელებული სამხრეთ ამერიკისა და აფრიკის ქვეყნებში. ამ დაავადების დროს, ჟანგბადის მცირე პარციალური წნევის პირობებში, სისხლის ერთროციტები იღებს ნამგლის ფორმას. ასეთი ჰემოგლობინი ნორმალური ჰემოგლობინისაგან იმით განსხვავდება, რომ ქსოვილებში ჟანგბადის გადაცემის შემდეგ იგი გარდაიქმნება ცუდად ხსნად ფორმად და იწყებს დაღეჟვას. წარმოქმნილი ნალექი კი ახდენს უჯრედის დეფორმაციას და იწვევს ჰემოლიზს. დაავადება ძალზე მწვავედ მიმდინარეობს, ხშირია სიკვდილიანობაც. სწორედ, ამიტომ ნახშირბადის მონოოქსიდს "მსუთავ გაზს" უწოდებენ. გამოთვლილია, რომ ჰა-

ერში 0.006%-ის ტოლი "მხუთავი გაზის" მოცულობითი კონცენტრაცია საკმარისია იმისათვის, რომ CO სისხლის ჰემოგლობინის ნახევარს შეუერთდეს. ეს საკმაოდ ახლოა ლეტალურ დოზასთან, რომლის დროსაც კარბოქსიჰემოგლობინის კონცენტრაცია სისხლში ჰემოგლობინის საერთო შემცველობის 60%-ს აღემატება. ცხადია, ჰაერში ნახშირბადის მონოოქსიდი ასეთ კონცენტრაციას მხოლოდ დახურულ შენობაში, ვენტილაციის არარსებობისას თუ მიაღწევს. ასეთი პირობები იქმნება უსაფრთხოების აბსოლუტური უგულვებელყოფით დამონტაჟებული გამათბობელი დანადგარების ექსპლუატაციის დროს, რაც, სამწუხაროდ, ჩვენს სინამდვილეში არცთუ იშვიათად ხდება. უკანასკნელ წლებში სწორედ "მხუთავი გაზით" მოწამვლა სახელდება იმ ტრაგედიების მთავარ მიზეზად, რომელმაც ბევრი ჩვენი თანამემამულის, მათ შორის უმაღლესი სახელმწიფო მოღვაწის სიცოცხლეც შეიწირა. ატმოსფეროში ნახშირბადის მონოოქსიდი ზოგიერთ აბიოტურ გარდაქმნას, მაგ, ფოტოქანგვას ექვემდებარება, მაგრამ გარემო პირობების მიმართ მაინც საკმაოდ მდგრადობით გამოირჩევა. არსებული ანთროპოგენური და ბუნებრივი წყაროებიდან ნახშირბადის მონოოქსიდის უწყვეტი ემისია ატმოსფეროში CO-ს იმაზე უფრო მაღალი კონცენტრაციით დაგროვებას უნდა იწვევდეს, ვიდრე ეს ფაქტობრივად ხდება. ამის მიზეზია უმაღლესი მცენარეები, წყალმცენარეები და ნიადაგის მიკროორგანიზმები, რომლებიც CO-ს ფიქსაციას ახორციელებენ. ეს ორგანიზმები ნახშირბადის მონოოქსიდს ამინომჟავა სერინის საშუალებით იკავშირებენ, ან CO<sub>2</sub>-მდე ჟანგავენ.

ნახშირბადის მონოოქსიდი თავისი ტოქსიკურობით მიეკუთვნება მე-4 კლასს. ძლიერ საშიში მომწამვლელია, რადგან არც ფერი აქვს და არც სუნი. იგი გაურცვლებული აირია. წარმოიქმნება ორგანული ნივთიერებების არასრული წვის შედეგად. მოწამვლის პირველი ნიშნები: თავის ტკივილი და თავბრუსხვევა, შემდგომში კი – გრძნობის დაკარგვა. ნახშირჟანგით მოწამვლას ხელს უწყობს ისიც, რომ სისხლის ჰემოგლობინი 200-ჯერ ხარბად ეტანება ნახშირჟანგს, ვიდრე ჟანგბადს. იზრდება ჟანგბადის ნაკლებობა სისხლში – ჰიპოქსემია, ან ჟანგბადის უქონლობა – ანოქსემია.

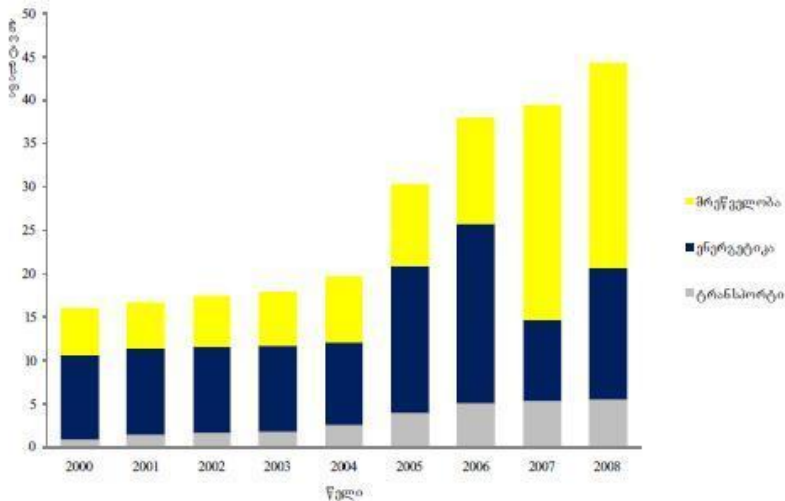


დიაგრამა 10. ატმოსფერულ ჰაერში ეკონომიკის ძირითადი სექტორებიდან ნახშირჟანგის გაფრქვევები

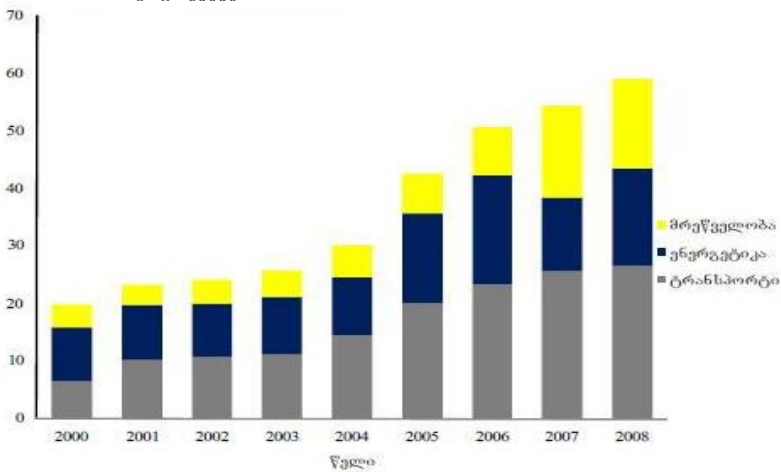
**ჭვარტლი** – ტოქსიკურობით მიეკუთვნება მე-3 კლასს. ის ითვლება კანცეროგენულ ნივთიერებად.

**მტვერი** – აეროზოლის სახეობაა, შედგება აირის არეში შეწონილი ნებისმიერი ფორმისა და შედგენილობის პატარა, მყარი, ელექტრული მუხტის მქონე ან ნეიტრალური ნაწილაკებისგან, რომელიც ჰაერში საწვავის წვისა და სხვა პროცესების შედეგად ხვდება. ამ პროცესებში ძირითადად მონაწილეობს ავტოტრანსპორტი, ცემენტის ქარხნები და ქვანახშირის წვა. შესუნთქვისას ჰაერში შეწონილმა მყარმა ნაწილაკებმა შეიძლება გამოიწვიოს სასუნთქი გზების გაღიზიანება. მტვერი სხვადასხვა ზომის ნაწილაკებისგან შედგება. მტვერის უწვრილესი ნაწილაკებია: ე.წ. 10 ნაწილაკები 10 მიკრომეტრზე ნაკლები აეროდინამიკური დიამეტრით და 2,5 ნაწილაკები 2,5 მიკრომეტრზე ნაკლები აეროდინამიკური დიამეტრით. რაც უფრო მცირეა მყარი ნაწილაკის ზომა, მით უფრო ღრმად აღწევს იგი ადამიანის ორგანიზმში და უფრო მავნეა. ჰიგიენური თვალსაზრისით დიდი მნიშვნელობა აქვს მტვერის კონცენტრაციასა და ქიმიურ შემადგენლობას, ნაწილაკების სტრუქტურასა და ფორმას, ხსნადობას, რადიაქტიულობას და სხვ. იგი განსაკუთრებით ცუდად მოქმედებს სასუნთქ ორგანოებზე, კანსა და თვალებზე. იგი იწვევს ჰიპერტროფიულ, ატროფიულ, ჩირქოვან და

სხვა ცვლილებებს ღორწოვან გარსში, ბრონქებსა და ფილტვის ქსოვილებში. ტყვიის, დარიშხანის, მანგანუმისა და სხვ. ნივთიერებების მტკვრს შეუძლია მოწამვლა. ლითონის მტკვრმა შეიძლება გამოიწვიოს თვალის ტრამეული დაზიანებები.

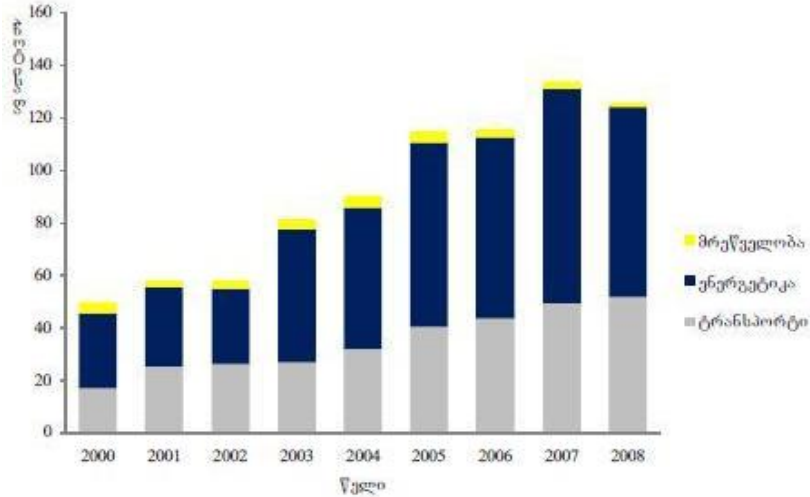


დიაგრამა 11. ატმოსფერულ ჰაერში ეკონომიკის ძირითადი სექტორებიდან მტვრის გაფრქვევები



დიაგრამა 12. 10 მიკრომეტრზე მცირე შეწონილი ნაწილაკების ფორმირების პოტენციალის მქონე აირების გაფრქვევების დინამიკა საქართველოში

**ნახშირწყალბადები** – წარმოადგენენ ნარკოტიკული მოქმედების ნივთიერებებს. უმაღლეს ალკანებს ნარკოტიკული ქმედებების გარდა გააჩნია კრუნჩხვის გამომწვევი უნარი. პოლიციკლური ნახშირწყალბადები იწვევს კანისა და ლორწოვანი გარსის გაღიზიანებას, მოქმედებს სისხლზე, სისხლწარმომქმნელ ორგანოებზე. ნახშირწყალბადებით მოწამვლის საშიშროება გამოწვეულია მათი აქროლადობით, სწორედ ამიტომ განეკუთვნებიან ისინი მავნე ნივთიერებათა კლასს.



დიაგრამა 13. ატმოსფერულ ჰაერში ეკონომიკის ძირითადი სექტორებიდან აქროლადი ორგანული ნაერთების გაფრქვევები

**ნახშირორჟანგი.** ნახშირბადის დიოქსიდი, ანუ ნახშირორჟანგი, ნორმალურ ბუნებრივ პირობებში ატმოსფეროს მოცულობის დაახლოებით 0.03%-ს შეადგენს. ატმოსფერული CO<sub>2</sub> ნიადაგთან, წყალთან და ცოცხალ ორგანიზმებთან (განსაკუთრებით, მცენარეებთან) მუდმივ ცვლაშია, რაც ნახშირორჟანგის ბუნებრივ წრებრუნვას ქმნის. ნახშირბადის დიოქსიდის ბუნებრივი ემისიის წყარო მრავალგვარია: ვულკანების ამოფრქვევა, სუნთქვის პროცესი, ორგანული ნაერთების მიკრობიოლოგიური დაშლა, ტყის მასივების ხანძრები. ამას ემატება დიდი მოცულობის "ანთროპოგენური CO<sub>2</sub>", რომელიც სხვადასხვა სახის სათბობის წვის დროს გამოიყოფა. ცხადია, ასეთი მასშტაბური ემისია ატმოსფეროში კატასტროფული რაოდენობის CO<sub>2</sub>-ის დაგროვებას

გამოიწვევდა, რომ არ ხდებოდა მისი უწყვეტი ბუნებრივი ფიქსაცია, რომელიც ძირითადად ფოტოსინთეზით, ოკეანის წყალში გახსნილ, ტუტემიწა მეტალების ოქსიდების მიერ შეერთებით და ზოგიერთი სხვა პროცესის საშუალებით ხორციელდება. ნახშირბადის დიოქსიდის გამოყოფისა და მისი შებოჭვის პროცესებს შორის დედამიწაზე დინამიკური წონასწორული მდგომარეობაა დამყარებული, რომელიც მატერიკებისა და ოკეანისათვის ერთნაირადაა დამახასიათებელი. ამ წონასწორობის დარღვევა, ცხადია, დიდ საფრთხეს შეუქმნის პლანეტაზე სიცოცხლის არსებობას. ამ მხრივ უაღსესად დიდ ეკოლოგიურ პრობლემებს ქმნის ერთი მხრივ, საწვავის შეუზღუდავი რაოდენობით წვის შედეგად CO<sub>2</sub>-ის ემისიის ზრდა, მეორე მხრივ კი CO<sub>2</sub>-ის ფიქსაციის შეფერხება მცენარეული საფარის შემცირების გამო, რაც თან სდევს ურბანიზაციას, ტყეების ჩეხვას და ა.შ.

მე-20 საუკუნის ბოლოს CO<sub>2</sub>-ის კონცენტრაცია ტროპოსფეროში 350-360•10<sup>-4</sup> % იყო. მისი წილი ჩრდილოეთ ნახევარსფეროში 4-5•10<sup>-4</sup> %-ით მეტია, ვიდრე სამხრეთ ნახევარსფეროში. CO<sub>2</sub>-ის დინამიკა სეზონურად იცვლება. მაქსიმუმია ზამთარში, მინიმუმი ზაფხულში. CO<sub>2</sub> –ის საერთო შემცველობა ატმოსფეროში არის 2,3-2,6•10<sup>12</sup> ტონა. ოკეანეში გახსნილი CO<sub>2</sub> –ის კონცენტრაცია საშუალოდ 1,5 მგ/ლ შეადგენს. ბუნებაში გავრცელებით და მიმოქცევით ნახშირორჟანგი მხოლოდ წყალს ჩამორჩება. ვარაუდობენ, რომ 2035-2040 წლებში ნახშირორჟანგის შემცველობა ჰაერში (400-450)•10<sup>-4</sup> %-ს მიაღწევს, ხოლო 10 წლის შემდეგ 550•10<sup>-4</sup> გახდება, ე.ი. 2000 წელთან შედარებით 50-60% იქნება, ხოლო 1860 წელთან შედარებით 90% იქნება.

ნახშირორჟანგის კონცენტრაციის მატება პლანეტის გლობალურ ეკოლოგიურ პრობლემას – ე.წ. "სათბურის ეფექტს" ქმნის. ამ ეფექტის არსი შემდეგში მდგომარეობს: მზის სხივების თბური ენერჯიის ნაწილი დედამიწას ათბობს, ნაწილი კი ინფრაწითელი სხივების სახით დედამიწის ზედაპირიდან აირეკლება და ვარსკვლავთშორის სივრცეში ბრუნდება. ამით პლანეტაზე ნორმალური სითბური ბალანსი მყარდება. ატმოსფეროში ზოგიერთი აირი, მათ შორის ნახშირორჟანგი, ამ ინფრაწითელ სხივებს შთანთქავს, რის გამოც არეკლილი სითბოს ნაწილი ტროპოსფეროში რჩება და კოსმოსში აღარ ბრუნდება. ჰაერში ნახშირბადის



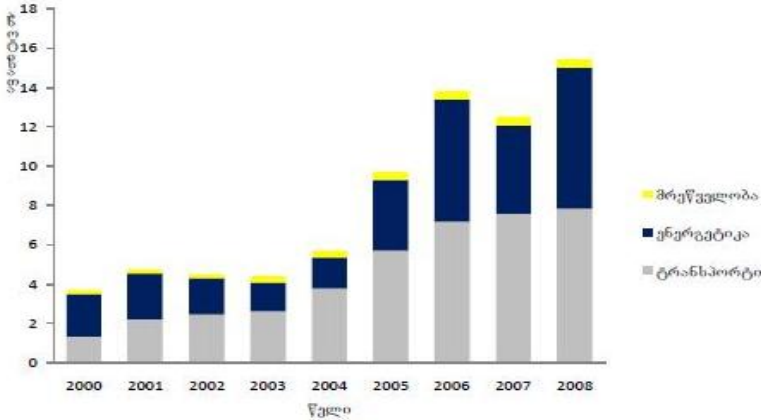
დიოქსიდის კონცენტრაციის კრიტიკულ დონემდე გაზრდისას სიბოლს შეკავების პროცესმა შეიძლება ისეთი მასშტაბი მიიღოს, რომ პლანეტის სიბოლური ბალანსი დაირღვეს და დედამიწა მართლაც საბოლურს დაემსგავსოს. ყოველივე ამას კი გლობალური დაბობობის გამოწვევა და დედამიწისათვის აუნაზღაურებელი ზარალის მიყენება შეუძლია.

დედამიწაზე კლიმატის გლობალური შეცვლის პრობლემასთან დაკავშირებით მსოფლიოს წამყვანი სახელმწიფოების მიერ 1992 წელს ხელმოწერილ იქნა ე.წ. "კიოტოს პროტოკოლი", რომლის მიხედვითაც მონაწილე სახელმწიფოებმა ვალდებულება აიღეს შეემცირებინათ ატმოსფეროში CO<sub>2</sub>-ის გამოყოფა და სახელმწიფო კონტროლზე აყვანათ ეს პროცესი. აქვე უნდა აღინიშნოს, რომ თათბირის მონაწილე ზოგიერთმა დიდმა სახელმწიფომ ხელშეკრულების დადებას თავი აარიდა და მხოლოდ დიდი დაგვიანებით შეუერთდა "კიოტოს პროტოკოლს", რადგან ქვეყნის სამრეწველო კომპლექსების ისეთ რეჟიმზე გადაყვანა, რომლის დროსაც CO<sub>2</sub>-ის ემისია მინიმალური იქნება, საკმაოდ რთული განსახორციელებელი და სახელმწიფოს ეკონომიკისათვის ძალზე არახელსაყრელი აღმოჩნდა. ინგლისელმა მეცნიერებმა 1996 წელს ატმოსფეროში CO<sub>2</sub>-ის გამოყოფის შემცირების ორიგინალური მეთოდი შეიმუშავეს, რომლის არსი იმაში მდგომარეობს, რომ ნავთობისა და ბუნებრივი გაზის ამოღების შედეგად წარმოქმნილი ცარიელი სივრცე ნახშირორჟანგის "ჩასამარხად" გამოიყენება. ამ მიზნით მათ წარმატებული ექსპერიმენტიც განახორციელეს – ნავთობის ერთ-ერთ ყოფილ წყალქვეშა საბადოში მაღალი წნევით ჩატუმბეს დიდი რაოდენობით CO<sub>2</sub>.

**გოგირდის დიოქსიდი** – ატმოსფეროში ხვდება გოგირდის შემცველი საწვავის წვისას. მისი ძირითადი წყაროა მაზუთზე ან ქვანახშირზე მომუშავე ელექტროსადგურები, საქვებები, მეტალურგიული საწარმოები, აგრეთვე დიზელის საწვავზე მომუშავე ავტომობილები. ბუნებრივ წყაროებს, პირველ რიგში, მიეკუთვნებიან: ვულკანები, ტყის ხანძრები, გოგირდის შემცველი ნაერთების მიკრობიოლოგიური გარდაქმნები და სხვ. ატმოსფეროში გამოყოფილი გოგირდის დიოქსიდი შეიძლება შეუერთდეს კირის მინერალებს, რის გამოც ჰაერში მისი მუდმივი კონცენტრაცია ნარჩუნდება.

ატმოსფერულ ჰაერში დაშვებულზე მაღალი კონცენტრაციის არსებობისას გოგირდის ორჟანგი აღიზიანებს ზემო სასუნთქ გზებს. ის პირდაპირ ტოქსიკურ ზემოქმედებას ახდენს ორგანიზმზე.  $\text{SO}_2$ -ის რეაქციისუნარიანობა ბევრად უფრო მაღალია, ვიდრე  $\text{CO}_2$ -ის. ატმოსფეროში  $\text{SO}_2$  უცვლელი სახით საშუალოდ ორი კვირის მანძილზე შეიძლება არსებობდეს. დროის ამ მონაკვეთის განმავლობაში აირი ვერ ასწრებს გლობალური მასშტაბით გავრცელებას. ამიტომ შესაძლებელია, რომ ემისიის წყაროს ირგვლივ გოგირდის (IV) ოქსიდმა ატმოსფეროს ლოკალური დაბინძურება გამოიწვიოს.

გოგირდის დიოქსიდი აზოტის ოქსიდებთან ერთად ატმოსფეროში მთელ რიგ ქიმიურ გარდაქმნებს განიცდის, მათგან მთავარია ჟანგვა და მჟავების წარმოქმნა, რაც ე.წ. "მჟავა წვიმებს" იწვევს. ამ რეაქციების ინიციაცია ხდება ულტრაიისფერი სხივებით და ისინი ჰაერის ჟანგბადის ან ოზონის მონაწილეობით მიმდინარეობს. გამოანგარიშებულია, რომ მჟავე წვიმების 60–70% გოგირდის დიოქსიდით არის გამოწვეული.  $\text{SO}_2$  და მჟავე ნალექები იწვევენ მეტალის ნაკეთობათა კოროზიას და ორგანული მასალების – ტყავის, ქაღალდის, ქსოვილების, რეზინისა და საღებავების დაშლას. მცენარეებისათვის განსაკუთრებით ტოქსიკურია ჰიდროსულფიტ-იონი ( $\text{HSO}_3^-$ ), რომელიც მოქმედებს ფოსფოლიპიდების უჯერი ცხიმოვანი მჟავების ზეჟანგებთან და წარმოქმნის არაორგანულ და ორგანულ რადიკალებს: რადიკალები იწვევენ ბიომემბრანების სტრუქტურის დარღვევას. ქლოროპლასტების მემბრანების დაზიანებისას  $\text{HSO}_3^-$ -ის და  $\text{RCO}$ -ს რადიკალები ჟანგავენ და აუფერულებენ ქლოროფილს.  $\text{HSO}_3^-$ -ის იონები აინჰიბირებენ ფერმენტებს, რომლებიც მონაწილეობენ კალვინის ციკლში ფოტოქიმიური ფიქსაციის პროცესში. ამის გამო,  $\text{SO}_2$ -ის მოქმედების შედეგად ფოთოლი ყვითლდება და კარგავს ფოტოსინთეზის უნარს.



დიაგრამა 14. ატმოსფერულ ჰაერში ეკონომიკის ძირითადი სექტორებიდან გოგირდის გაფრქვევები

**აზოტის ოქსიდები** – ატმოსფეროს აქტიური ქიმიური გამბინძურებლების კიდევ ერთი ჯგუფია. წარმოიქმნება ძალიან მაღალ ტემპერატურაზე და ჟანგბადის სიჭარბის პირობებში საწვავის წვის დროს. აზოტის ოქსიდების ძირითადი წყაროა ავტომობილების გამონაბოლქვი, ბუნებრივი აირის ნამწვი, თბოელექტროსადგურების გამონაბოლქვი, უხეში ნარჩენების წვის დროს წარმოქმნილი კვამლი. ბუნებაში აზოტის ოქსიდების წარმოქმნა დაკავშირებულია ელექტრონულ განმუხტვასთან ჭექა-ქუხილის დროს. ნიადაგში ჟანგბადის დეფიციტის დროს მიმდინარეობს ნიტრატების მიკრობიოლოგიური დენიტრიფიკაცია და აზოტის წარმოქმნა. შუალედური პროდუქტებია აზოტის (I) და (II) ოქსიდები. ამ პროცესში ნიტრატ-იონების სიჭარბე  $N_2O$ -ის  $N_2$ -ად გარდაქმნას აბრკოლებს და ამით ხელს უწყობს  $N_2O$ -ის გამოთავისუფლებას. ამიტომ, ნიადაგიდან გამოყოფილი აზოტის ნაერთები ნახევრად ან მეტად აზოტის (I) ოქსიდისაგან შედგება.

ანთროპოგენური წარმოშობის აზოტის ოქსიდები ძირითადად წარმოადგენენ  $N_2O$ -ს და  $NO_2$ -ს. ატმოსფეროში  $NO_2$ -ის გამოყოფის ძირითადი წყაროა ბენზინზე მომუშავე საავტომობილო ტრანსპორტი. ავტომრეწველობის განვითარების მუდმივი ტენდენციაა ძრავაში საწვავის სრული წვის პირობების შექმნა, რიც შედეგადაც იზრდება წვის ტემპერატურა და მნიშვნელოვ-

ნად მატულობს ძრავის სიმძლავრე. მაგრამ, გარემოსათვის ეს ეფექტი დადებითი არაა: მართალია, გამონაბოლქვში CO-ს შემცველობა მცირდება, მაგრამ ამ ტემპერატურაზე წარმოიქმნება აზოტის ოქსიდები და პოლიციკლური არომატული ნახშირწყალბადები. ფაქტიურად, ერთი ტოქსიკანტი სხვა, არანაკლებ ტოქსიკური და სახიფათო ნაერთებით იცვლება.

შიდაწვის ძრავების გარდა, აზოტის ოქსიდები ფორმირდება ნიტრირების პროცესში, სუპერფოსფატის წარმოების დროს, შენადნობების დამზადებისას, აზოტმჟავათი მეტალების გაწმენდისას, ფეთქებადი ნივთიერებების წარმოებისას და ა.შ. აზოტის ოქსიდებით ანთროპოგენური დაბინძურება კრიტიკულ ზღვარს მჭიდროდ დასახლებულ სამრეწველო ქალაქებში აღწევს. აზოტის დიოქსიდი ( $\text{NO}_2$ ) და მონოქსიდი ( $\text{NO}$ ) მთელ რიგ ფოტოქიმიურ რეაქციებში მონაწილეობენ, რითაც ხელს უწყობენ ოზონისა და პეროქსიაცეტილნიტრატის წარმოქმნას, რომლებიც სმოგის შემადგენლობაში შედიან. აზოტის ოქსიდებიდან უფრო მეტად მავნებელია აზოტის ოქსიდი, მაგრამ ატმოსფერულ ჰაერში იგი სწრაფად იჟანგება აზოტის დიოქსიდად, ამიტომ წარმოებაში აზოტის ოქსიდებით მოწამვლის წყაროდ მიიჩნევენ აზოტის დიოქსიდს. მოწამვლის პირველი ნიშნებია: ხველება, სისუსტე, თავის ტკივილი. შემდეგ იწყება ფილტვების შეშუპება და ადგილი აქვს ჟანგბადის უკმარისობას. შემდეგ წარმოიშობა ტკივილი გულის არეში. თავისი ტოქსიკურობით აზოტის დიოქსიდი მიეკუთვნება მე-2 კლასს. გათვლებში მიღებულია აზოტის ოქსიდის და დიოქსიდის თანაბარი რაოდენობით გამოყოფა. აზოტის ნაერთები ტოქსიკურია ორგანიზმისათვის. აზოტის მონოქსიდი ( $\text{NO}$ ) მოქმედებს ადამიანის ლორწოვან გარსზე, იწვევს წნევის დაცემას და გრძნობის დაკარგვას. მისი ჩასუნთქვისას სისხლი ხდება შოკოლადისფერი. აზოტის დიოქსიდით ( $\text{NO}_2$ ) მოწამვლისას ხდება ფილტვების ტოქსიკური შეშუპება, რაც იწვევს ხველას, თავის ტკივილს, რასაც თან ახლავს სისუსტე, ტკივილი მკერდში და ქოშინი. აზოტოვანი მჟავით ( $\text{HNO}_2$ ) და მისი მარილებით მოწამვლა იწვევს სახის შეწითლებას, სისხლის წნევის დაწევას, მხედველობისა და გულის მოქმედების მოშლას.

ჰაერში არსებული აზოტის ორჟანგი აღიზიანებს სასუნთქი სისტემის ქვედა ნაწილს, განსაკუთრებით ფილტვების

ქსოვილს. ჩასუნთქვისას ჰემოგლობინთან წარმოქმნის არამდგრად ნიტროზონაერთს, რომელიც სწრაფად გადადის მეტ-ჰემოგლობინში. მეტ-ჰემოგლობინის  $Fe^{3+}$ -ს უნარი არ შესწევს  $O_2$  შექცევადად დაიკავშიროს და მონაწილეობა მიიღოს ქანგბადის გადატანის პროცესში. სისხლში მეტ-ჰემოგლობინის 60-70%-იანი კონცენტრაცია ლეტალურ დოზად ითვლება. მიღებული მოყვითალო-მეწამული აირი განსაკუთრებით ძლიერად აღიზიანებს ღორწოვან გარსს. ორგანიზმში სასუნთქი გზების ღორწოვან გარსთან კონტაქტის შედეგად აზოტის დიოქსიდისაგან წარმოიქმნება აზოტოვანმჟავა და აზოტმჟავა, რითაც ისინი შლიან ფილტვების ალვეოლების კედლებს, რომელიც გამჭოლი ხდება სისხლის შრატისათვის. ამის შედეგად სისხლიდან სითხე ფილტვის ღრუში გადადის და ჩასუნთქულ ჰაერთან შერევისას ქაფდება, რაც ფილტვსა და ჰაერს შორის აირცვლას აბრკოლებს. ყოველივე ეს მნიშვნელოვნად ზღუდავს სუნთქვას. ორგანიზმზე ასეთი ზემოქმედების გამო აზოტის ოქსიდები სერიოზულ საფრთხეს წარმოადგენენ ადამიანის ჯანმრთელობისათვის მაშინაც კი, როდესაც ჰაერში მათი შემცველობა დასაშვებ ზღვარზე დაბალია. მჟავა წვიმების სახით აზოტის ოქსიდები იწვევენ მცენარის უჯრედებში მჟავიანობის ზრდას, რაც სერიოზულ ზიანს აყენებს მცენარეებს. აზოტის დიოქსიდის მცენარესთან უშუალო კონტაქტის შედეგად ფოთლები (ან წიწვები) ყვითლდება (ან მეწამულ ფერს იღებს). ეს მოვლენა შემდეგი მექანიზმით მიმდინარეობს:  $NO_2$  მოქმედებს მემბრანების უჯერ ცხიმოვან მჟავებთან წყალბადის მოხლეჩით, რასაც თან სდევს ზეჟანგური ქანგვის ინიციაცია და ცხიმოვანი მჟავების ან მათი ჰიდროჟენგების რადიკალების ფორმირება. გარდა ამისა,  $O_2$ -ს შეუძლია უჯერი ცხიმოვანი მჟავების ორმაგ კავშირებს მიუერთდეს და წარმოქმნას აქტიური რადიკალები. ყველა ეს რადიკალი, თავის მხრივ, იწვევს მემბრანების რღვევას, უჯრედების ნეკროზს, კაროტინოიდების დაშლას.

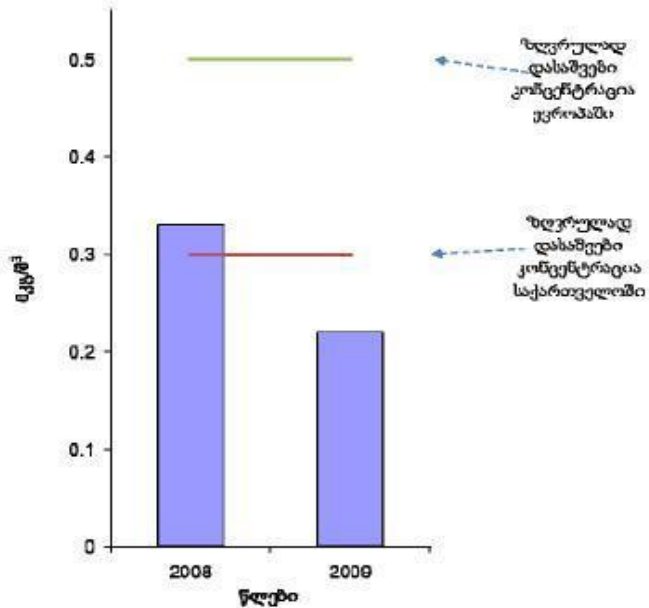


დიაგრამა 15. ატმოსფერულ ჰაერში ეკონომიკის ძირითადი სექტორებიდან აზოტის უანგეულების გაფრქვევები

**ტყვია** – მეტადი, რომელმაც რომის იმპერია იმსხვერპლა. ძველად რომის იმპერიაში ოქროსა და ვერცხლის გარდა ტყვიას თვლიდნენ ძვირფას ლითონად. მისგან მზადდებოდა ჭურჭელი და სასმისები. ტყვია და მისი ნაერთები ძალიან საშიშია ადამიანის ორგანიზმისათვის, განსაკუთრებით საშიშია იგი ნერვების, ქსოვილისა და სისხლისათვის. სწორედ ეს გარემოება აღმოჩნდა საბედისწერო რომაელთათვის. განსაკუთრებით იწამლებოდნენ მდიდარი პატრიციები, რომლებიც უფრო მეტად ხმარობდნენ ამ “ძვირფასი” ლითონის ჭურჭელს. მათი ორგანიზმი იმდენად უძლურდებოდა, რომ 20-25 წლის ჭაბუკი უკვე ღრმა მოხუცებულად გრძნობდა თავს, სუსტდებოდა და ბეჩადებოდა, ქალებს კი ტყვია უკარგავდა შვილოსნობის უნარს. ტყვიისა და მისი ნაერთების ატმოსფეროში მოხვედრის წყაროს წარმოადგენს ავტოტრანსპორტის გამონაბოლქვი (ეთილირებული ბენზინის გამოყენებისას), მეტალურგიული წარმოება. ტყვიის ტოქსიკური ზემოქმედება ვლინდება მოლექულო და უჯრედულ დონეზე. იგი აფერხებს ადამიანის ნერვულ, ფსიქიურ და ფიზიკურ ზემოქმედებას.

მას შემდეგ, რაც საქართველო გახდა ევროპისა და აზიის დამაკავშირებელი სატრანზიტო ქვეყანა, უმწვავესად დადგა გზებზე აირისა და ნიადაგში ტყვიის გავრცელების პრობლემა. საზღვარგარეთ, ტრასიდან 500 მეტრის სიახლოვეს, მიუხედავად მცენარეული საფარისა, კატეგორიულადაა აკრძალული საკვების მოპოვება და საქონლის ძოვება, ტყვიის ნაერთებისგან განსაკუთრებით ტოქსიკურია ტეტ – ტეტრაეთილტყვია, რომლის გამოყენება 1960 წლიდან დაიწყო ანტიდეტონატორად.

მის წარმოებაზე ყოველწლიურად იხარჯება მსოფლიოში მოპოვებული ტყვიის 20%. 1921 წლიდან დღემდე წარმოებაში გამოყენებული იყო 4 მლნ ტონა ტეტ, რომელიც თითქმის მთლიანად გარემოში გაიფანტა. ტყვიის ერთ-ერთი ყველაზე ძლიერი დეპონატორია ძვალი. ტყვიის მაღალი კონცენტრაციისას ირღვევა გაძვალეების პროცესი, ვიტამინ D-ს მეტაბოლიზმი, აღინიშნება ძვლების დეკალციპიკაცია და მტვრევალობა. სისხლში ტყვიის სიჭარბისას ქვეითდება ბავშვების ინტელექტი, მესხიერება.



დიაგრამა 16. ტყვიის საშუალო წლიური კონცენტრაცია თბილისში

როგორც დიაგრამიდან ჩანს ბოლო 5 წლის განმავლობაში ატმოსფერულ ჰაერში მავნე ნივთიერებათა კონცენტრაცია აჭარბებს ზღვრულად დასაშვებ ნორმებს, თუმცა ბოლო 2 წლის განმავლობაში ზრდის ტენდენცია არ შეინიშნება.

**ოზონი – O<sub>3</sub>** ჟანგბადის ალოტროპიული სახეცვლილებაა, ლურჯი ფერის მკვეთრი სუნის მქონე ფეთქებადი აირია. ოზონი წარმოიქმნება ჟანგბადის ორატომიანი მოლეკულის გახლეჩვის შედეგად. დედამიწის ატმოსფეროში ოზონის შემცველობა 0,01%-ია, მაგრამ მიუხედავად ასეთი მცირე რაოდენობისა, ოზონის შრე უმნიშვნელოვანეს როლს თამაშობს დედამიწაზე სიცოცხლის წარმოშობასა და შენარჩუნებაში. 800 მილიონი წლის წინათ სიცოცხლის გაჩენა ხმელეთზე პალეოზოურ ერაში შესაძლებელი გახდა მხოლოდ მას შემდეგ, რაც ოზონის შრემ გარკვეულ სისქეს მიაღწია.

ოზონის შრე წარმოადგენს ბუნებრივ ეკრანს და იცავს დედამიწას და მასზე არსებულ სიცოცხლეს მზის მავნე ულტრაიისფერი გამოსხივების (UV) ზემოქმედებისაგან. რადიაციის შთანთქმის გამო ოზონის ფენის ტემპერატურა მატულობს, რაც მნიშვნელოვან გავლენას ახდენს ატმოსფეროს სითბურ რეჟიმზე.

ულტრაიისფერი გამოსხივების დონე დღეს ბევრად უფრო მაღალია, ვიდრე 100 წლის წინ. ეს გამოიწვია ოზონის შრის შემცირებამ, რის შედეგადაც მეტი ულტრაიისფერი გამოსხივება აღწევს დედამიწამდე. ჩვეულებრივ პირობებში ატმოსფეროში დაცულია ბალანსი ოზონის წარმოქმნასა და დაშლას შორის, რაც ოზონის შრის მუდმივობის შენარჩუნებას უწყობს ხელს. მაგრამ გარეშე ფაქტორების ზემოქმედების გამო (ტრანსპორტის გამონაბოლქვი, სამრეწველო გამონაბოლქვი) ეს ბალანსი დაირღვა და უფრო მეტი ოზონი იშლება, ვიდრე წარმოიქმნება, რაც ოზონის შრის გამოფიტვას იწვევს. 1957 წელს ინგლისელმა მეცნიერებმა ანტარქტიდის თავზე გაზომეს ოზონის რაოდენობა და დააფიქსირეს ოზონის შრის სისქის მნიშვნელოვანი ცვლილებები. 1985 წელს ინგლისელი მეცნიერების მ. მოლინისა და დ. როულინგის მიერ სამხრეთ პოლუსის თავზე უკვე ოზონის ხვრელი იქნა აღმოჩენილი. ბოლო მონაცემების თანახმად, ოზონის შრე მკვეთრად გაიზარდა, შესაბამისად იმატა ულტრაიისფერი სხივების ინტენსივობამ, რომელიც დე-



დამიწას აღწევს და სახიფათოა დედამიწაზე არსებული ყველა ფორმისათვის. დიდი რაოდენობით ულტრაიისფერი გამოსხივება იწვევს სხვადასხვა დაავადებებს. განსაკუთრებით იმატა კანის სიმსივნურმა ფორმებმა. სტატისტიკის მიხედვით, ოზონის შრის 10 %-ით შემცირება იწვევს კანის სიმსივნით დაავადებუბის 26 %-ით გაზრდას.

საქართველოში 1991 წლამდე არ არსებობდა ჰაერის ხარისხის მონიტორინგის კარგად ორგანიზებული სისტემა. დაკვირვებები წარმოებდა საქართველოს 11 ქალაქში არსებულ სადგურებზე, სადაც დღე-ღამეში სამჯერ იზომებოდა 4 ძირითადი პარამეტრი: მტვერი, ნახშირჟანგი და აზოტისა და გოგირდის დიოქსიდები. ატმოსფეროს ისეთი დამბინძურებლები, როგორცაა: სულფატები, გოგირდწყალბადები, ფენოლი, ფორმალდეჰიდი, ამიაკი, ოზონი და მძიმე მეტალები მხოლოდ ზოგიერთ პუნქტში იზომებოდა. ხოლო რაც შეეხება სათბურის ეფექტის გამომწვევ გაზებს: ნახშირორჟანგს, მეთანს, დაკვირვება არ წარმოებდა.

**ბენზოლი.** ბენზოლი და მისი ჰომოლოგები ლეიკემიის გამომწვევი კანცეროგენებია. თვით ბენზოლი საკმაოდ მდგრადი ნაერთია, მაგრამ ღვიძლში მოხვედრისას იგი ციტოქრომ 450-შემცველი მონოოქსიგენაზის მიერ იჟანგება და წარმოიქმნება ბენზოლ-ოქსიპინი ან ბენზოლის ოქსიდი. ბენზოლის ოქსიდი და ბენზოლ-ოქსიპინი ბენზოლთან შედარებით უკეთესი ხსნადობითა და რეაქციისუნარიანობით ხასიათდებიან. ისინი სისხლის ნაკადით ღვიძლიდან სხვა ორგანოებში გადაიტანება. ძვლის ტვინის ქსოვილის უჯრედებში მოხვედრისას ბენზოლის პირველადი გარდაქმნის პროდუქტები თავდაპირველად ფენოლამდე აღდგებიან, შემდეგ კი საფეხურებრივად იჟანგებიან პიროკატეჰინამდე და ჰიდროჰინონამდე, შემდეგ კი შესაბამის ქინონებამდე. ყველა ეს გარდაქმნა ფერმენტულია. წარმოქმნილი ქინონები ოქსო-ჯგუფების ხარჯზე იკავშირებენ ცილების ან ნუკლეინის მუკავების ორ-ორ მოლეკულას, იწვევენ მათ გადაჯვარედინებას, რაც ხელს უშლის ამ ბიოპოლიმერებს ნორმალური ბიოლოგიური ფუნქციის შესრულებაში. სწორედ, ასეთ პირობებში შეიძლება განვითარდეს ისეთი პათოლოგია, როგორც ლეიკემია.

პოლიციკლური არომატული ნახშირწყალბადები სამრეწველო მასშტაბით პრაქტიკულად არ იწარმოება და წარმოიქმნება ორგანული ნაერთების წვის შედეგად. ისინი გვხვდება ფისებში, ბიტუმებში, ჭვარტლში, ნიადაგის ჰუმინურ კომპონენტებში, შიგაწვის ძრავების გამონაბოლქვში, თამბაქოს კვამლსა და შებოლილ პროდუქტებში. პოლიციკლური არომატული ნახშირწყალბადები წყალში პრაქტიკულად უხსნად ნაერთებს წარმოადგენენ, ახასიათებთ დნობისა და დუღილის მაღალი ტემპერატურა, გამოირჩევიან ქიმიური მდგრადობით. მიუხედავად ამისა, ეს ლიპოფილური ნაერთები ფართოდაა გავრცელებული ნიადაგში, წყალსა და ჰაერში, რაც ცოცხალ ორგანიზმებში მათი ბიოკონცენტრირების რეალურ საშიშროებას განაპირობებს.

**მეთანი და ორგანული ნაერთები.** მეთანი ატმოსფეროს მუდმივი კომპონენტია, სადაც მისი სართო რაოდენობა  $4,8 \cdot 10^9$  ტ შეადგენს. დიდი ქალაქების თავზე მეთანის შემცველობა გაზრდილია და  $2,6 \cdot 10^{-4}\%$ -ს აღწევს. მეთანი თერმოაქტიური აირია. მისი წილი სათბურის საერთო ეფექტში 2,4-ს უდრის. სტრატოსფეროში მეთანის ფოტოქიმიური ტრანსფორმაციის საბოლოო პროდუქტებია: ფორმალდეჰიდი და ნახშირბადის (II) ოქსიდი. მეთანის ძირითადი ნაკადი ატმოსფეროში ბიოპოლიმერების (ცელულოზა) ანაერობული ბაქტერიებით დაშლის შედეგად ხდება. ორგანული ნივთიერებების წარმოქმნის წყაროა ტყის ხანძრები. ხანძრის დროს მექრქნის მხოლოდ 20% ასწრებს დაწვას. დარჩენილი ორგანული ნივთიერება ან ქროლდება, ან აეროზოლების სახით იფანტება.

მე-20 საუკუნეში ორგანული ნივთიერებების უმთავრესი წყარო გახდა ტრანსპორტი. ბენზინის ძრავიანი მანქანების გამონაბოლქვ აირებში ასობით ნახშირწყალბადი, ჰალოგენნაწარმი, ალდეჰიდი, ნიტრონაერთია აღმოჩენილი. მათი ჯამური კონცენტრაციაა 0,2-0,3%. ეკოლოგიური უპირატესობა ამ მხრივ დიზელის ძრავიან სატრანსპორტო საშუალებებს აქვთ. ნახშირწყალბადების წყაროს წარმოადგენს ასევე სტაციონალური ენერგეტიკული დანადგარები. მაგალითად, 1 ტ ნავთობპროდუქტების და 1 ტ ქვანახშირის დაწვისას საშუალოდ 0,25 და 0,16 კგ ნახშირწყალბადი ქროლდება. ორგანული ნივთიერებებით გარემოს დაბინძურების წყაროებია: ნავთობქიმიური, კოქსქიმიური, კაუჩუკის და პლასტმასების წარმოებები.

მაგნე ნივთიერებათა ზღვრულად დასაშვები  
კონცენტრაციის სიდიდეები

ზღვრულად დასაშვები კონცენტრაცია, მკ/მ <sup>3</sup>				
კოდი	მაგნე ნივთიერ. დასახელება	მაქსიმალური ერთეუ- რადი	საშუალო, დღე-ღამური	მაგნე ნივთიერებ. საშიშროების კლასი
908	მტვერი	0,5	0,15	3
300	ჭვარტლი	0,15	0,5	3
200	აზოტის დიოქსი- დი	0,085	0,04	2
701	გოგირდის ანჰიდ- რიდი	0,5	0,05	3
322	ნახშირქანგი	5	3	4
314	ნახშირწყალბადები	1	–	4

## გარემოს ხმაურით დაბინძურება

თბილისში არსებული რკინიგზის ხაზი გადის ქალაქის მჭიდროდ დასახლებულ რაიონებში და გარდა ტექნიკური პრობლემებისა, რკინიგზის მოძრაობისას წარმოქმნის ხმაურის მაღალ დონეებს, რომელიც ვრცელდება ქალაქის მიმდებარე ტერიტორიაზე. დიდუბიდან ქალაქის საკვანძო სადგურამდე რკინიგზის მიმდებარე ტერიტორიაზე (განსაკუთრებით, მაღალსართულიანი) სახლები 100-200 მეტრით არის დაცილებული რკინიგზის ხაზებიდან, მაგრამ არის ისეთი მონაკვეთები, სადაც დაბალსართულიანი საცხოვრებელი შენობები განლაგებულია ლიანდაგის კიდურა ხაზიდან 30-70 მ მანძილზე. სატვირთო მატარებლის გავლის დროს ასეთ შენობებთან ბგერის დონეების საშუალო მნიშვნელობა შეადგენს 74 - 79 დბ A-ს მატარებელთა სიჩქარისა და მიმდებარე ტერიტორიაზე არსებული რელიეფის მიხედვით. არსებული მონაცემების მიხედვით, თბილისის ფარგლებში ღამის საათებში (23:00 სთ-დან 07:00 სთ-მდე) მოძრაობს 19 სატვირთო მატარებელი, რომლებიც მიმდებარე ტერიტორიაზე წარმოქმნიან ხმაურის მაღალ დონეებს. მაგალითად, რკინიგზის ხაზიდან 50 მ მანძილზე განლაგებულ შენობებთან ხმაურის ეკვივალენტური დონეები ღამის საათებისათვის შეადგენს 60 დბ A-ს, და 15 დბ A-თი აჭარბებს ღამის საათებში განსაზღვრულ ხმაურის სიდიდეებს. სტანდარტული მეთოდის გამოყენებით შესრულებულ იქნა საავტომობილო გზის ხმაურის მახასიათებლების შესწავლა. დადგინდა რომ საავტომობილო გზის კიდურა სავალი ნაწილის შუა ხაზიდან 7.5 მ მანძილზე ხმაურის ეკვივალენტური დონე დღის საათისათვის შეადგენს 71 დბ A-ს, ხოლო ღამის საათისათვის 65 დბ A-ს. ასევე, შემოწმებულ იქნა ვაზიანის მიმართულებით სატვირთო მატარებლების რეისები, რომელთა შემადგენლობაში არის 3-40-მდე ვაგონი. დღის მონაცემებით, ლილოს სადგურთან გაიარა 8 მატარებელმა, ხოლო ღამის საათებში სამმა სატვირთო მატარებელმა. დასახლებული სარკინიგზო შემადგენლობების გავლის დროს გაზომვის წერტილში (კიდურა ლიანდაგის შუა ხაზიდან 25 მ მანძილზე) წარმოქმნილი ხმაურის საშუალო დონე 70-74 დბ A ფარგლებშია, ხოლო მაქსიმალური

მნიშვნელობები შეიძლება იყოს 6-8 დბ სიდიდით უფრო მაღალი. საავტომობილო მაგისტრალზე (კახეთის გზატკეცილზე), რომელიც 200 მ-ზე მეტი მანძილით არის დაშორებული სარკინიგზო ხაზიდან, სატრანსპორტო ნაკადების მიერ წარმოქმნილი ხმაურის მახასიათებლები დღის საათებში შეადგენს 72-74 დბ A-ს. ხოლო ღამის საათებში 57-60 დბ A-ს. დღისით ამ მაგისტრალზე ორივე მიმართულებით ყოველ საათში გადაადგილდება 2.000-2.400 ავტომობილი.

ასევე შემოწმებულ იქნა საავიაციო ხმაურის ზემოქმედება. თბილისის საერთაშორისო აეროპორტის ასაფრენ-დასაფრენი ზოლის ღერძის ხაზის ორივე მხრიდან თვითმფრინავების აფრენისას წარმოიქმნება ხმაურის მაღალი დონეები. არსებული მონაცემებით დღის საათებში სრულდება 10-13-მდე („ბონგ 737” ან 320 ტიპის) თვითმფრინავის აფრენა, ხოლო ღამის საათებში ეს რაოდენობა 5-8 -მდეა. რკინიგზის ხაზის ზევიდან გადაფრენისას თვითმფრინავები არსებული მონაცემებით იმყოფებიან მიწის ზედაპირიდან 150 მ სიმაღლეზე. ამ დროს წარმოქმნილი ხმაური დიდ გავლენას ახდენს აეროპორტის, ალექსეევსკისა და ორხევის რაიონის მცხოვრებლებზე.

ამრიგად, თბილისში გამავალი სარკინიგზო ხაზის მიმდებარე ტერიტორიებზე ფონური ხმაური აღემატება დასაშვებ დონეებს, ვინაიდან საცხოვრებელი სახლები განლაგებულია რკინიგზის ხაზის ახლოს ზოგიერთ შემთხვევაში კი 20-30 მ-ში. ამ პირობებში რკინიგზის მიმდებარე ტერიტორიაზე მოძრავი შემადგენლობები დღის და ღამის საათებში წარმოქმნიან ხმაურის ზენორმატიულ დონეებს. ვიბრაციის დონეებიც ასევე აჭარბებენ დასაშვებ ნორმას. ამ ადგილების მცხოვრებლები განიცდიან ზენორმატიული ვიბრაციის ზემოქმედებას. რაც შეეხება შემოვლითი რკინიგზის ხაზის ახალი „ზაჰესი – ლილოს” მონაკვეთის მიმდებარე ტერიტორია ფონური ხმაურითა და ვიბრაციით დაბინძურებული არ არის.

ხმაურით დაბინძურება – “არასასურველი ბგერები”, გადმოსროლილი ატმოსფეროში ადამიანის საცხოვრებელი ადგილისათვის სერიოზული საფრთხეს წარმოადგენს. ტერმინი ხმაური გამოიყენება ელექტრონიკასა და კავშირგებნელობაში. ეს ხმაური მატულობს ყველა სისტემების ინფორმაციული მოცულობის ზრდით. ასე წარმოიშვა ახალი პრობლემა ელექტრული

„გაჭუჭყიანებისა“, რაც კიდევ უფრო მატულობს რადიოკავშირის განვითარების გამო. როგორც ცნობილი გახდა, ძლიერი ხმაური, რომელსაც იწვევს მრავალი სამრეწველო დანადგარი თუ თვითმფრინავი, ხანგრძლივი დროით არა მარტო აწუხებს ადამიანს, არამედ ასევე აუარესებს სმენადობას. მის შესაბამისად ბგერას განიხილავენ, როგორც პოტენციურად ძლიერ გამაჭუჭყიანებელს და სერიოზულ საფრთხეს გარემო არის “ჯანმრთელობისათვის”. ამიტომ, ხმაურით დაბინძურების რეგულაციის შემცირება და შეზღუდვა, კანონმდებლობით დაუყოვნებლივ უნდა დაიწყოს იმ ღონისძიებებთან ერთად, რომლებიც ტარდება ჰაერის ქიმიურ გამაჭუჭყიანებლებთან საბრძოლველად. ხმაურის საფრთხე კიდევ ერთი დამატებითი მიზეზია იმისათვის, რომ ადამიანს მიეცეს მინიმალურზე უფრო დიდი საცხოვრებელი სივრცე, რაც აუცილებელია ყოველდღიური ფსიქოლოგიური და ფიზიოლოგიური საჭიროებისათვის. ასევე ზონალური დაგეგმარება, სადაც სამრეწველო საწარმოები, საგზატკეცილო გზები და ა.შ. განცალკევებული იქნება საცხოვრებელი მასივებისაგან. კალიფორნიის სამხრეთ შტატში გზატკეცილის გასწვრივ აყენებენ გამზომებს და აჩერებენ ავტომანქანებს არა მარტო სიჩქარის გადაჭარბებისას, არამედ ხმაურისას 82 დეციბალი და მეტი, უფრო დიდი მნიშვნელობა ენიჭება კანონებს, რომლებიც უზრუნველყოფენ ბგერათა გაუმტარობას სამრეწველო, ადმინისტრაციული და საცხოვრებელი შენობების დროს. ცენტრალურ რაიონებში დიდი ქალაქების მწვანე ზოლებსა და გაზრდილ სივრცეებს არანაკლები როლი ენიჭება ხმაურის შესამცირებლად, ვიდრე ჰაერის გასაწმენდად, მცენარეები ეფექტურად შთანთქავენ განსაკუთრებით მაღალი სიხშირის ბგერებს, მაგ. 10 დბ-ით (ე.ი. 10-ჯერ) ამცირებენ ხმაურს, რომელსაც იწვევენ ნავაგსაყრელი მანქანები.

ქალაქში ხმაურის ძირითად წყაროს წარმოადგენს ტრანსპორტი, რომლის მოძრაობის ინტენსივობაც გამუდმებით იზრდება. ხმაურის დონე ქუჩაში განპირობებულია სატრანსპორტო ნაკადის ინტენსივობით, სიჩქარით და შემადგენლობით. ქალაქის მაგისტრალურ ქუჩებში სატრანსპორტო ხმაურის დონე მერყეობს 85-95 დეციბალის ფარგლებში. გარდა ამისა, იგი დამოკიდებულია ქალაქის დაგეგმარებაზე (ქუჩის პროფილი, ნაგებობების სიმჭიდროვე და სიმაღლე) და კეთილმოწყო-

ბის ისეთ ელემენტებზე, როგორცაა სავალი ნაწილის საფარი და მწვანე ნარგავების არსებობა. აღნიშნული ფაქტორებიდან თითოეულს შეუძლია შეამციროს სატრანსპორტო ხმაური 10 დბ-ის ფარგლებში. სამრეწველო ქალაქებში მაგისტრალებზე დიდია სატვირთო ავტომანქანების კუთრი წონა. საერთო სატრანსპორტო ნაკადში განსაკუთრებით დიდი ტვირთამწვობისა და დიზელის ძრავებიანი სატვირთო ავტომობილების რაოდენობის გაზრდა იწვევს ხმაურის დონის ამაღლებას, მთლიანობაში სატვირთო და მსუბუქი ავტომანქანები ქალაქში ქმნიან მძიმე ხმაურიან რეჟიმს. ხმაური, რომელიც წარმოიქმნება მაგისტრალების სავალ ნაწილზე, ვრცელდება არა მარტო მაგისტრალების მიმდებარე ტერიტორიაზე, არამედ საცხოვრებელი ნაგებობების სიღრმეშიც. ხმაურის ზემოქმედებას ყველაზე მეტად ექვემდებარებიან კვარტლებისა და მიკრორაიონების ის უბნები, რომლებიც მაგისტრალების გასწვრივ არიან განლაგებული (ხმაურის დონე აღწევს დაახლოებით 70 დბ-ს) სატრანსპორტო საშუალების მიერ წარმოქმნილი ხმაური დამოკიდებულია მრავალ ფაქტორზე: ძრავის სიმძლავრეზე და მუშაობის რეჟიმზე, მოძრავი შემადგენლობის ტექნიკურ მდგომარეობაზე, საგზაო საფარის ხარისხზე, მოძრაობის სიჩქარეზე. გარდა ამისა ტრანსპორტის ხმაურიანობა დამოკიდებულია მძღოლის კვალიფიკაციაზე. დიდ ხმაურს იწვევს ასევე ავტომანქანის მკვეთრი დამუხრუჭება დიდი სიჩქარის პირობებში.

ქალაქის ხმაურის პირობებში სმენის ანალიზატორი მუდმივად დაძაბულია. ზიანი, რომელსაც ხმაური აყენებს სმენას, დამოკიდებულია ხმის რხევის სპექტრზე და მისი ცვალებადობის ხასიათზე. ძლიერი ხმაურის მუდმივი ზემოქმედება უარყოფითად მოქმედებს სმენაზე და იწვევს სხვა მავნე შედეგებსაც – წივილს ყურებში, თავბრუსხვევას, თავის ტკივილს, გადაღლილობას. დიდ ქალაქებში ხმაური უარყოფითად მოქმედებს ადამიანის სიცოცხლის ხანგრძლივობაზე. ავსტრალიელი მკვლევარების მონაცემებით ამ შემთხვევაში სიცოცხლის ხანგრძლივობა მცირდება 8-12 წლამდე. ზედმეტმა ხმაურმა შეიძლება გამოიწვიოს ნერვული სისტემის გამოფიტვა, ფსიქიკური დათრგუნვა, ვეგეტატიური ნევროზი, ენდოკრინული და გულ-სისხლძარღვთა სისტემის ფუნქციების დარღვევა. ხმაური ხელს უშლის ადამიანებს დასვენებასა და შრომაში, უარყოფითად

მოქმედებს შრომის ნაყოფიერებაზე. ხმაურისადმი ყველაზე მეტად მგრძობიარენი არიან ხანდაზმული ასაკის ხალხი. იგივე ავსტრიელი მკვლევარების მიერ დადგენილია, რომ 27 წლამდე ასაკის მოსახლეობიდან ხმაურზე რეაგირებას ახდენს ადამიანების 46%, 28-37 წლის ასაკისა – 57%, 38-57 წლის ასაკისა-62 %, ხოლო 58 წელს ზევით - ადამიანების 72%. ხმაურზე ჩივილების დიდი რაოდენობა ხანდაზმულ მოსახლეობას შორის დაკავშირებულია ასაკობრივ თავისებურებებთან. ძლიერმა ხმაურმა, რომელიც ითვლება ცენტრალური ნერვული სისტემის ერთ-ერთ გამაღიზიანებლად, შეიძლება გამოიწვიოს გულ-სისხლძარღვთა სისტემის სერიოზული დაავადებები გულის იშემიური დაავადება, ჰიპერტონია, სისხლში ქოლესტეროლის მომატებული რაოდენობა.

ქალაქში ხმაურის შემცირება შესაძლებელია პირველ რიგში სატრანსპორტო საშუალებების ხმაურიანობის შემცირების გზით. ასევე, მოსახლეობის დაცვა ხმაურისაგან შეიძლება ქალაქის დაგეგმარებითი ღონისძიებების გატარებით, რომლებსაც მიეკუთვნება მანძილის გაზრდა ხმაურის წყაროსა და დასაცავ ობიექტს შორის, გამწვანების ხმაურდამცავი სპეციალური ზონების შექმნა, დაგეგმარების სხვადასხვა ხერხების გამოყენება, მიკრორაიონების რაციონალური განლაგება და ა.შ. ხმაურის სტანდარტები. საქართველოს შრომის, ჯანმრთელობისა და სოციალური დაცვის სამინისტროს მიერ მოწოდებულია ხმაურის სტანდარტები. საცხოვრებელ სახლებთან ხმაური არ უნდა აღტარებდეს ბგერის არც ეკვივალენტური და არც მაქსიმალური დონეების დასაშვებ სიდიდეებს. ხმაურის დასაშვები ნორმები განსაზღვრულია „გარემოს ხარისხობრივი მდგომარეობის ნორმების დამტკიცების შესახებ” (საქართველოს შრომის, ჯანმრთელობისა და სოციალური დაცვის მინისტრის 2001 წლის 16 აგვისტოს ბრძანება 297/6 „საქართველოს საკანონმდებლო მაცნე №90 24.08.2001), სადაც მოცემულია, როგორც მისაღები, ასევე მაქსიმალურად დასაშვები ხმაურის დონეები სხვადასხვა ზონებისათვის.



**ცხრილი 5.**

**საქართველოში მიღებული ხმაურის ნორმები  
დასახლებული ადგილებისათვის**

დრო	ხმაურის საშ. დონის მისაღები სიდიდეები	ხმაურის მაქსიმალურად და- საშვები ნორმები დბ
საცხოვრებელი სახლები, სასწავლო დაწესებულებები და მათი მოსაზღვრე ტერი- ტორიები 7.00 – 23.00	55	70
საავადმყოფოები და მათი მოსაზღვრე ტერიტორიები 23.00 – 7.00	45	60

საქართველოში შემუშავებული ხმაურის სტანდარტები უფრო მკაცრია, ვიდრე შვეიცა-  
რიისა და გერმანიის ნორმები.

**ცხრილი 6.**

**საქართველოსა და შვეიცარიის ხმაური ნორმების  
შედარება**

ადგილის ტიპი	საქართველოს სანიტა- რული ნორმები (2.2.4/2.18.000-00)		შვეიცარიის ხმაურის ღირებულება (15.12.1986)	
	ექვივლენ- ტური დონე დბ	მაქსიმა- ლური დონე დბ	ზღვრული ექ- ვივლენტური- სიდიდეები, საპროექტო ხმაური წყარო- ებისათვის დბ	ზღვრული ექ- ვივლენტური სიდიდეები, არსებული ხმა- ურის წყარო- ებისათვის დბ
საცხოვრებელი სახლები, სას- წავლო დაწესე- ბულებები და მათი მოსაზ- ღვრე ტერიტო- რიები 7.00 – 23.00 სთ 23.00 – 7.00 სთ	55	70	55	60
	45	60	45	50
საავადმყოფოე- ბი და მათი მოსაზღვრე ტე- რიტორიები 23.00 – 7.00 23.00 – 7.00 სთ	45	60	50	55
	35	50	45	45

## რკინიგზის ტრანსპორტით გამოწვეული ხმაურისა და ვიბრაციის ზემოქმედება ატმოსფეროზე

სარკინიგზო მონაკვეთის ექსპლოატაციისას წარმოქმნილი ხმაურის გარემოზე შესაძლო ზემოქმედების შესაფასებლად აუცილებელია მოძრავი შემადგენლობების ხმაურის მახასიათებლების და მოძრაობის ინტენსივობის ცოდნა დროის 8 საათიან პერიოდში. ზოგადად, სატრანსპორტო ნაკადების მოძრაობისას წარმოქმნილი ხმაურის გარემოზე ზემოქმედების შეფასებისას აწარმოებენ დღის (07:00 საათიდან 23:00 საათამდე) და ღამის (23:00-დან 07:00 საათამდე) პერიოდებისათვის. სარკინიგზო ნაკადების ხმაურის მახასიათებლების განსაზღვრის მეთოდი წარმოდგენილია ეროვნულ სტანდარტში 20444.85. ამ მეთოდის შესაბამისად შესაძლებელია ცალკეული შემადგენლობის ეკვივალენტური დონის გაანგარიშება, თუ გაზომილ იქნება ბგერის დონე  $L_{At}$  სარკინიგზო მაგისტრალური ხაზის კიდურა ლიანდაგის ღერძიდან  $r_0=25\text{მ}$  მანძილზე განლაგებულ საზომ წერტილებში, ამ შემადგენლობის სიჩქარე და საზომი მიკროფონის წინ გაგლის დრო, მატარებელთა ნაკადის მიერ წარმოქმნილი ხმაურის ეკვივალენტური დონეები  $LA_{eq}(25)$  დღის ან ღამის 8 საათიან პერიოდისათვის განისაზღვრება ცალკეულ შემადგენლობათა ბგერის ეკვივალენტური დონეების  $LA_{eq}$  ენერგეტიკული შეჯამების გზით. გაანგარიშების ხმაურის ეკვივალენტური დონეები გამოითვლება შემდეგი ფორმულით:  $LA_{eq} = LA_{eq}(25) - 10 \lg r_n / r_0$ , სადაც  $r_n$  მინიმალური მანძილია ლიანდაგის შუა ხაზიდან საანგარიშო წერტილამდე, ხოლო  $r_0=25\text{მ}$ . გათვალისწინებულია მწვანე ნარგავების, ჰაერის, მიწის ზედაპირის გაგლენის გამო ბგერის შთანთქმა, ეკრანების, ჯებირების ან ამრეკლი ზედაპირების ზემოქმედება ბგერის გავრცელებაზე. აღწერილი მეთოდი საშუალებას იძლევა გაანგარიშებულ იქნეს ხმაურის ეკვივალენტური დონეები საანგარიშო წერტილებში, თუ გაანგარიშებულ იქნება ცალკეული შემადგენლობის ხმაურის ეკვივალენტური დონე. ხმაურის მახასიათებლების განსაზღვრა დასაშვებია იმ შემთხვევაში, თუ ხმაურის საშუალო ფონური მნიშვნელობები საზომ წერტილებში **10 დბ** სიდიდით ან მეტად ნაკლებია ხმაურის საშუალო დონეზე მატარებლის მოძრაობის დროს.

## გარემოსდაცვითი სტანდარტები და ნორმატიული აქტები

საზოგადოებრივი ჯანმრთელობის შესახებ კანონის თანახმად, გარემოსდაცვითი სტანდარტები და ნორმები, მათ შორის, ჰაერის ხარისხი და ხმაურის დონე, განსაზღვრულია საქართველოს შრომის, ჯანმრთელობისა და სოციალური დაცვის მინისტრის 2001 წლის 16 აგვისტოს №297/ ბრძანებით.

ატმოსფერული ჰაერის ხარისხის სტანდარტები (სახიფათო დაბინძურების დონე) განსაზღვრულია გარემოს დაცვისა და ბუნებრივი რესურსების მინისტრის 2001 წლის 23 ოქტომბრის №89 ბრძანებით ატმოსფერული ჰაერის საშიში დამაბინძურებლებით დაბინძურების მანქანების გამოთვლის წესის დამტკიცების შესახებ.

ცხრილი 7.

**ატმოსფერულ ჰაერში მანქანე ნივთიერებების ზღვრულად დასაშვები კონცენტრაციები**

ნივთიერება	ზღვ. მგ/მ <sup>3</sup>
აზოტის დიოქსიდი	0,086
გოგირდის დიოქსიდი	0,5
ნახშირჰანგი	5,0
გაჯერებული ნახშირწყალბადები C <sub>6</sub> -C <sub>10</sub>	30,0
არაორგანული მტვერი	0,3

ხმაურის დროს რეგულირების სტანდარტები განსაზღვრულია საქართველოს შრომის, ჯანმრთელობისა და სოციალური დაცვის მინისტრის 2001 წლის 16 აგვისტოს №297/N ბრძანებით გარემოს ხარისხის სტანდარტების დამტკიცების შესახებ, რომელიც აღგენს ხმაურის მისაღებ და ზღვრულად დასაშვებ დონეებს

ცხრილი 8.

საქართველოში ბგერის ეკვივალენტური და მაქსიმალური დონეების დასაშვები სიდიდეები, 2001

ტერიტორიის ტიპი, დრო	ბგერის ეკვივალენტური დონე, დბ	ბგერის მაქსიმალური დონე, დბ
ტერიტორიები, რომლებიც უშუალოდ ესაზღვრება საცხოვრებელ სახლებს, სკოლებს და სასწავლო დაწესებულებებს <ul style="list-style-type: none"> <li>• 07:00სთ – 23:00სთ</li> <li>• 23:00სთ – 07:00სთ</li> </ul>	55 45	70 60
ტერიტორიები, რომლებიც უშუალოდ ესაზღვრება საავადმყოფოებს <ul style="list-style-type: none"> <li>• 07:00სთ – 23:00სთ</li> <li>• 23:00სთ – 07:00სთ</li> </ul>	45 35	60 50

ცხრილი 9.

საქართველოში ვიბრაციის ზღვრულად დასაშვები სიდიდეები საცხოვრებელ სახლებში, საავადმყოფოებსა და დასასვენებელ სახლებში, სანიტარული ნორმები, 2001

ოქტავეური ზოლების საშუალო გეომეტრიული სიხშირე ( $H_z$ )	ვიბროაჩქარება		ვიბროსიჩქარე	
	მ/წმ <sup>2</sup>	დბ	მ/წმ <sup>2</sup> 10 <sup>-4</sup>	დბ
2	4.0	72	3.2	76
4	4.5	73	1.8	71
8	5.6	75	1.1	67
16	11.0	81	1.1	67
31.5	22.0	87	1.1	67
63	45.0	93	1.1	67

გარემოსდაცვითი სტანდარტები ადგენენ გარემოს ხარისხობრივი მდგომარეობის მითხონებს და განსაზღვრავენ წყალში, ჰაერსა და ნიადაგში ადამიანის ჯანმრთელობისა და გარემოსათვის სახიფათო ნივთიერებების ზღვრულ დასაშვებ კონცენტრაციებს.

ნიადაგში სხვადასხვა ნივთიერებებისა და ელემენტების ზღვრულად დასაშვები კონცენტრაციები გ/კგ

კომპონენტი	სიდიდე
ღარიშხანი	2-10
სპილენძი	3
ვერცხლისწყალი	2.1
ნიკელი	4
ტყვია	32
თუთია	23
<b>ჯამური ნახშირწყალბადები</b>	
ფენოლები	0.1
ციანიდები	0.1
სულფატი	0.1
ქლორიდი	0.1
ამონიუმის აზოტი	0.1
<b>აქროლადი ორგანული ნაერთები</b>	
ბენზოლი	0.3
ტოლუოლი	0.3
ჯამური ქსილოლები	0.3
<b>ნახევრად აქროლადი ორგანული ნაერთები</b>	
ბენზაპირენი	0.02
იზოპროპილენ-ბენზოლი	0.5
<b>პესტიციდები</b>	
ატრაზინი	0.5
ლინდანი	0.1
DDT და მისი მეტაბოლიტები	0.1

მიწისქვესა წყლის ხარისხის სტანდარტები საქართველოს კანონმდებლობით არ განისაზღვრება. მიწისქვეშა წყლის ხარისხი რეგულირდება სასმელი წყლისათვის დაწესებული ნორმებით. სასმელი წყლის ხარისხის კრიტერიუმები განსაზღვრულია სასმელი წყლის ტექნიკური რეგლამენტით (დამტკიცებულია საქართველოს შრომის, ჯანმრთელობისა და სოციალური დაცვის მინისტრის 2007 წლის 17 დეკემბრის №349/N ბრძანებით).

## სასმელი წყლის ხარისხის კრიტერიუმები

კომპონენტი	სიდიდე გ/კგ ერთეული
ბორი	0.5
დარიშხანი	0.01
კადმიუმი	0.003
სპილენძი	-
ვერცხლისწყალი	2
ნიკელი	0.006
თყვია	0.07
სელენი	0.01
ცინკი	0.01
ბორი	3
ჯამური ნახშირწყალბადები	0.1
ციანიდი	0.07
სულფატები	250
ქლორიდები	250
ნატრიუმი	200

თბილისში ატმოსფერული ჰაერის დაბინძურების საშუალო წლიური მონაცემები მოწოდებულია გარემოს ეროვნული სააგენტოს მიერ 2009 წლის 17 სექტემბერს, რომლის მიხედვით, თბილისში არსებული სარკინიგზო ხაზის მიმდებარე ტერიტორიაზე ნავთობპროდუქტების ტრანსპორტირებისა და სავაგონო შემაღვენლობის შეჩერების ადგილებში შეიმჩნევა ნავთობპროდუქტების სპეციფიკური სუნის, რაც გამოწვეულია ვაგონ-ციტერნების კონსტრუქციული ელემენტების (სასუნთქი და ჩასხმის სარქველები) გაუმართაობითა და არასწორი ექსპლოატაციით.

თბილისში ატმოსფერული ჰაერის დაბინძურების საშუალო წლიური მონაცემები  
გარემოს ეროვნული სააგენტო 2009 წლის 17 სექტემბერი

ატმოსფერული ჰაერის დაბინძურების საშუალო წლიური მონაცემები	წლები		
	2006	2007	2008
<b>მტვერი</b>			
კონცენტრაციების საშუალო თვიური მნიშვნელობა (მგ/მ <sup>3</sup> )	0.396	0.75	0.8
ატმოსფერულ ჰაერში მტვერის მაქსიმალური კონცენტრაცია (მგ/მ <sup>3</sup> )	2.4	2.2	1.8
<b>გოგირდის დიოქსიდი</b>			
კონცენტრაციების საშუალო თვიური მნიშვნელობა (მგ/მ <sup>3</sup> )	0.094	0.14	0.13
ატმოსფერულ ჰაერში მტვერის მაქსიმალური კონცენტრაცია (მგ/მ <sup>3</sup> )	0.4	0.32	0.32
<b>ნახშირუანი</b>			
კონცენტრაციების საშუალო თვიური მნიშვნელობა (მგ/მ <sup>3</sup> )	2.0947	5.0	5.1
ატმოსფერულ ჰაერში მტვერის მაქსიმალური კონცენტრაცია (მგ/მ <sup>3</sup> )	12.0	19.0	25.0
<b>აზოტის დიოქსიდი</b>			
კონცენტრაციების საშუალო თვიური მნიშვნელობა (მგ/მ <sup>3</sup> )	0.055	0.07	0.06
ატმოსფერულ ჰაერში მტვერის მაქსიმალური კონცენტრაცია (მგ/მ <sup>3</sup> )	0.19	0.17	0.16

## სარკინიგზო ინფრასტრუქტურის ქიმიური დაბინძურების შეფასება

თბილისის სარკინიგზო ინფრასტრუქტურას თითქმის 80 კმ უკავია. სარკინიგზო ლიანდაგების გარდა აქ განლაგებულია სატვირთო და სამგზავრო სადგურები. რკინიგზით გადაიზიდება მრავალი სახის ტვირთი, რომელთაგან ბევრი მავნე და სახიფათო ნივთიერებების შემცველია. პირველ რიგში ეს არის ნავთობი და ნავთობპროდუქტები, აგრეთვე ნატრიუმის ციანიდები და ოქსიციანიდები, მაზუთი, ასაფეთქებელი ნივთიერებები, ელექტროდეტონატორები, ქლორი, გოგირდორგანული ნაერთები, პარაფინი და სხვა სახიფათო ნივთიერებები. გარდა ამისა, ექსპლოატაციის პროცესში რკინიგზა იყენებს მთელ რიგ მავნე პროდუქტებს, რომლებიც სხვადასხვა გზით ხვდებიან ნიადაგში და იწვევენ მის დაბინძურებას. ეს ნივთიერებები საცხებ-საპოხი მასალები, გამრეცხი საშუალებები – მწვავე ნატრი, სოდა, სინთეზური საშუალებები, აგრეთვე პესტიციდები – იმპორტული პრეპარატი „ნოტკაუნი“. გარდა ამისა რკინიგზის ტერიტორიის მნიშვნელოვანი ნაწილი უჭირავს ტექნიკური ხასიათის ნაგებობებს, დანადგარებსა და მოწყობილობებს, მათ შორის – საცავებს, რეზერვუარებს, სათვალთვალო თხრილებს, სანიაღვრე არხებს, რომლებიც ქიმიური დაბინძურების მნიშვნელოვან წყაროს წარმოადგენენ ისეთი ნივთიერებებით, როგორცაა ნავთობი, ნავთობპროდუქტები, ბენზინი, მაზუთი და სხვადასხვა სახის ზეთები.

შ.პ.ს. საქართველოს რკინიგზის ეკოლოგიისა და ტექნიკური საშუალებების ზედამხედველობის ცენტრის მონაცემებით, ამჟამად, რკინიგზის ტერიტორიაზე არის დაბინძურების რამდენიმე მსხვილი წყარო, რომელთაგან აღსანიშნავია:

- სალოკომოტივო დეპოს ტერიტორია: 7 ცალი ზეთის 60 ტონიანი რეზერვუარი, სათვალთვალო თხრილები და სანიაღვრე არხები.
- სავაგონო დეპოს ტერიტორია: 5 ცალი ზეთის რეზერვუარი 0.6-1.6 მ<sup>3</sup> მოცულობით, 20 ცალი დამლექავი ჭა, 180 მ<sup>3</sup> მოცულობის ნავთობის რეზერვუარი;
- ფილიალ „მგზავრთა გადაყვანის“ სავაგონო უბნის ტერიტორია: მიწაში ჩამარხული 5 ცალი 60 ტონიანი მა-



ზუთის ვაგონცისტერნა, ამჟამად აკსებული ინდუსტრიული და საყოფაცხოვრებო ნაგვით.

- ფილიალ „მგზავრთა გადაყვანის“ თბილისის სალოკომოტივო დეპოს ტერიტორია: 2 ცალი მიწაში ჩაფლული 7 ტონიანი ბენზინის შესანახი ცისტერნა, 2 ცალი ფარდულში მოთავსებული 45 და 60 ტონიანი ცისტერნა ზეთებისათვის, 7 ცალი სათვალთვალო თხრილი, 1 ცალი სანიაღვრე არხი.

ნავთობისა და ნავთობპროდუქტების გაჟონვის შედეგად რკინიგზის ლიანდაგების გასწვრივ არსებობს ნავთობით დაბინძურებული გრუნტის მონაკვეთები. ასეთივე დაბინძურება დაფიქსირებულია ასევე სავაგონო დეპოში ცისტერნების დგომის ადგილებზე და სხვა ობიექტებზე. ნიადაგის სინჯების აღება მოხდა რკინიგზის სამი ობიექტის – სალოკომოტივო დეპო მეტროსადგურ „ელდეპოსთან“, „ცენტრალური“ სადგურის მგზავრთა გადაყვანის ფილიალი და „თბილისი-მახარისხეპელი სადგური“ – ტერიტორიაზე, როგორც უშუალოდ რკინიგზის ლიანდაგებიდან, ასევე მათ ახლოს არსებული ნიადაგიდან. სინჯები აღებულ იქნა 11 სხვადასხვა წერტილიდან 10-45 სმ-ის სიღრმეზე. ქიმიური ანალიზი ჩატარდა გარემოს დაცვისა და ბუნებრივი რესურსების სამინისტროს გარემოს ეროვნული სააგენტოს ქიმიურ ლაბორატორიაში შესაბამისი სტანდარტული მეთოდით.

ცხრილი 13.

ნავთობპროდუქტები ნიადაგში თბილისის სარკინიგზო ინფრასტრუქტურის მონაცემები

№	სინჯების აღების ადგილი	ნავთობპროდუქტების კონცენტრაცია მგ/კგ
1	„ცენტრალური“ სადგურის მგზავრთა გადაყვანის ფილიალი	6.730
2	თბილისის მახარისხეპელი სადგური	2.380
3	სალოკომოტივი დეპო მეტრო „ელდეპოსთან“	10.000

საქართველოს გარემოს დაცვისა და ბუნებრივი რესურსების მინისტრის №538 ბრძანების – „გარემოსათვის მიყენებული ზიანის გაანგარიშების შესახებ“, მე-4 დანართში მოცემულია ნავთობით დაბინძურების დონეები.

## ნიადაგის ნავთობით დაბინძურების ღონეები

ნივთიერება	ზღვ/სღვ (გმ/კგ ნიადაგში)	I ღონე (დასაშვები)	II ღონე (სუსტი)	III ღონე (საშუალო)	IV ღონე (ძლიერი)	V ღონე (ძალზე ძლიერი)
ნავთობი	1.000	<1.000	1.000-2.000	2.000-3.000	3.000-5.000	>5.000

როგორც ორივე ცხრილის მონაცემებიდან ჩანს, ნავთობპროდუქტებით დაბინძურება სამივე ობიექტზე ზღვრულად დასაშვებ კონცენტრაციას – 1.000 მგ/კგ-ს აღემატება. ნიადაგი თბილისის სარკინიგზო ინფრასტრუქტურის დეპოებში ძლიერ დაბინძურებულია ნავთობპროდუქტებით. მეტრო „ელდეპოსთან“ მდებარე სალოკომოტივო დეპოში ნავთობის რაოდენობა ნიადაგში ზღვ-ს 10-ჯერ აღემატება.

ნიადაგის დაბინძურების სალიკვიდაციოდ გამოიყენება სხვადასხვა მეთოდი, როგორცაა, ნავთობის დაწვა, შემოტანილი გრუნტის მოყრა დაბინძურებულ ტერიტორიაზე, ნიადაგის ზედა ფენის მოხსნა და მისი გატანა მიტოვებულ ადგილებზე. თუმცა ამ მეთოდებს მთელი რიგი ნაკლოვანებები ახასიათებს. ბიოპროდუქტიულობის შემცირება, ტოქსიკური და კანცეროგენული ნივთიერებების დაგროვება, ნავთობის დაშლის პროცესების შენელება, გრუნტის წყლების დაბინძურება და მეორადი დაბინძურების კერების წარმოქმნა. ამიტომ დღეისათვის ნიადაგის დაბინძურების ეს მეთოდები არ აკმაყოფილებს ეკოსისტემის გაუმჯობესების თანამედროვე მოთხოვნებს და აქცენტი ფიზიკურ, ქიმიურ, ბიოლოგიურ და ბიოქიმიურ მეთოდებზე კეთდება (ნიადაგის გაფხვიერება, კირის, მინერალური დანამატების, ნიკელის, აქტიური ლამისა და ნახშირწყალბადების დამჟანგავი მიკროორგანიზმების შეტანა, ნიადაგის დატენიანება, მინერალური სასუქებისა და საფუარის ნარჩენების გამოყენება, მრავალწლიანი ბალახების დათესვა და სხვა).

განსაკუთრებული ყურადღება უნდა მიექცეს ქიმიური დაბინძურების შერბილებისა და პრევენციის ღონისძიებებს რკინიგზაზე. ასეთ ღონისძიებებს მიეკუთვნება ვაგონებისა და ცისტერნების ექსპლოატაცია გამართულ მდგომარეობაში ყველა წესისა და ნორმის დაცვით, მათი რეგულარული პროფილაქტი-

კური შემოწმება და შეკეთება, ცისტერნების დროული გარეცხვა გამრეცხ პუნქტებში ჩამდინარე წყლების ჩაწმენდითა და მათი ტექნოლოგიურ ციკლში დაბრუნებით, მოძრავი შემადგენლობის დროული განახლება, სარკინიგზო შემადგენლობისა და ცალკეული ვაგონების მომსახურებასთან დაკავშირებული ოპერაციების მექანიზაცია და ავტომატიზაცია, მომსახურე პერსონალის რეგულარული ტრენინგი და მათი პროფესიონალიზმის ამაღლება, პერსონალის მიერ დისციპლინისა და ტექნიკის მომსახურების ინსტრუქციებისა და წესების მკაცრი დაცვა. ამ ღონისძიებების დაცვა მნიშვნელოვნად შეამცირებს ატმოსფეროს ქიმიური დაბინძურებას და შეამცირებს მიყენებული ზიანის ანაზღაურებაზე გაწეულ ხარჯებს.

### ავარიები რკინიგზაზე

სარკინიგზო ტრანსპორტის საშუალებით ხდება დიდი რაოდენობით პესტიციდების, მინერალური სასუქების, ნავთობპროდუქტების და სხვა ქიმიური ტვირთის გადატანა. გადასატანი ქიმიური ტვირთის უმეტესი ნაწილი უარყოფით ტოქსიკურ ზემოქმედებას ახდენს ადამიანის ჯანმრთელობაზე.

„საქართველოს რკინიგზის“ სატვირთო შემადგენლობები შეესაბამება OSJD-ის სპეციფიკაციებს. ესენია: ოთხღერძიანი დახურული ვაგონები - მოდელი 11-066, ექვსღერძიანი ცისტერნები ნავთობისა და ცისტერნებისათვის – მოდელი 15-865, ოთხღერძიანი ლითონის ნახევრადდახურული ვაგონები – მოდელი 12-119, ოთხღერძიანი პლატფორმები მძიმე კონტეინერებისათვის/საგზაო ტექნიკისათვის/ავტომობილებისათვის – მოდელი 13-40085 და ოთხღერძიანი ცისტერნები ნავთობპროდუქტებისათვის – მოდელი 15-011.

„საქართველოს რკინიგზა“ ამჟამად ახორციელებს შემდეგი სახის ტვირთების გადაზიდვებს: ქიმიური და მინერალური სასუქები, სამშენებლო მასალები და ცემენტი, ნედლი ნავთობი, შავი ლითონები, მარცვლეული და მარცვლეულისაგან მიღებული პროდუქტები, სამრეწველო მასალები, რკინის მადანი, ფერადი ლითონები, მარგანეცი, ნავთობპროდუქტები, შაქარი და სხვა სამომხმარებლო პროდუქტები. „საქართველოს რკინიგზა“

ცდილობს დაიცვას SJD -ის საერთაშორისო სატრანსპორტო კანონი და სტანდარტები, „საქართველოს რკინიგზის“ კოდექსი, სახიფათო ტვირთების გადაზიდვის წესები, „საქართველოს რკინიგზის“ შიდა უსაფრთხოების წესები. ისეთი საგანგებო სიტუაციების მართვა, როგორცაა ნავთობის ფართომასშტაბიანი დაღვრები, ხორციელდება „საქართველოს რკინიგზის“ საგანგებო სიტუაციებზე რეაგირების გეგმით ნავთობის დაღვრებისა და ხანძრებისათვის.

ქიმიური ნივთიერებების დიდმასშტაბიან დაღვრებთან ბრძოლა შედის „საქართველოს რკინიგზის“ ქვედანაყოფის - აღდგენისა და ხანძარსაწინააღმდეგო სამსახურის კომპეტენციისაში. სამსახურს აქვს 6 სახანძრო მატარებელი და 6 სახანძრო ბრიგადა. საღვურ თბილისი-საკვანძოში დისლოცირებული სახანძროს 3 გუნდი. ეს გუნდები პასუხისმგებელი არიან ქიმიური ნივთიერებების დაღვრის ლიკვიდაციაზე და იყენებენ „საქართველოს რკინიგზის“ ნავთობის დაღვრითა და ხანძრით გამოწვეულ საგანგებო სიტუაციებზე რეაგირების არსებულ გეგმას. „საქართველოს რკინიგზას“ შემუშავებული აქვს სხვადასხვა ქიმიური ნივთიერებების დაღვრის შედეგების ლიკვიდაციისათვის აუცილებელი ღონისძიებების განხორციელების სახელმძღვანელო პრინციპები. სახიფათო მასალების გარემოში მოხვედრის თავიდან აცილების, შემცირებისა და კონტროლის რეკომენდაციები მოცემულია წინამდებარე ანგარიშის შესაბამის თავში საზოგადოებრივი და პროფესიული ჯანმრთელობისა და უსაფრთხოების შესახებ. თბილისის შემოვლითი რკინიგზის პროექტის ზეგავლენის არეალში ქიმიური ნივთიერებების დიდმასშტაბიანი დაღვრებით გამოწვეული შედეგებისადმი განსაკუთრებული სენსიტიურობით გამოირჩევა თბილისის ზღვის მონაკვეთი, ვინაიდან ეს ხელოვნური წყალსაცავი თბილისის მოსახლეობის სასმელი წყლის ძირითად წყაროს წარმოადგენს. სატვირთო მატარებლიდან ქიმიური ნივთიერებების დაღვრა შეიძლება მოხდეს ვაგონ-ცისტერნის გადაბრუნებისა და დაზიანების შედეგად. ხანძრის გაჩენა შესაძლებელია სარკინიგზო ცისტერნის გადმობრუნებისა და ფეთქებადი ნივთიერებების დაღვრით, რაც ატმოსფეროს დაბინძურებას იწვევს. ერთი ცისტერნა ბენზინის აალების დროს სითბური გამოსხივების ინტენსივობის შედეგების შეფასების გაანგარიშების საფუძველზე

დადგენილია, რომ უსაფრთხო მანძილი ხანძრის გარე პერიმეტრიდან შეადგენს 40 მეტრს.

ცხრილი 15.

**ნივთიერებების ემისია ხანძრის დროს**

ნივთიერებების დასახელება	მაქსიმალური ემისია (გ/წმ)	ჯამური ემისია (გ/წელ)
აზოტის დიოქსიდი	83.265	0.099919
აზოტის ოქსიდი	13.53	0.016237
ციანწყალბადმჟავა	6.892	0.008271
ჰვარტლი	10.339	0.012407
გოგირდის დიოქსიდი	8.271	0.009926
გოგირდწყალბადი	6.892	0.008271
ნახშირბადის ოქსიდი	2143.672	2.572407
ნახშირბადის დიოქსიდი	6892.837	8.271405
ფორმალდეჰიდი	3.446	0.004136
ჰმარმჟავა	3.446	0.004136

რკინიგზის ვაგონცისტერნიდან ამიაკის სრული დაღვრის შედეგად სახიფათო არეალის (ტოქსიკური დრუბელი) გავრცელების ფაქტორი მეტეოროლოგიურ ფაქტორებზე დამოკიდებულებით დაბინძურების მასშტაბების შედეგები მოყვანილია ცხრილში.

## საქართველოს რკინიგზის უსაფრთხოების წესები

საქართველოს რკინიგზა” არის რკინიგზის თანამშრომლობის ორგანიზაციის წევრი (ОСЖД - Организация Сотрудничества Железных Дорог, an OSJD), რომელიც შეიქმნა რკინიგზის საერთაშორისო კავშირის მოდელზე. OSJD ეხმარება სარკინიგზო კომპანიებს ერთმანეთს შორის და სხვა საერთაშორისო ორგანიზაციებთან თანამშრომლობის დამყარებაში ევროპასა და აზიას შორის სარკინიგზო მიმოსვლის კოორდინაციის მიზნით. OSJD-ს შემუშავებული აქვს სატვირთო და სამგზავრო მოძრაობასთან დაკავშირებული სხვადასხვა ტექნიკური სტანდარტი, რაც წევრ კომპანიებს აძლევს ერთმანეთის საკუთრებაში არსებული ტექნიკისა და აღჭურვილობის შეკვეთისა და გამოყენების საშუალებას. ორგანიზაციის წევრებმა შექმნეს საერთაშორისო სატრანსპორტო კანონი. სატვირთო გადაზიდვებს მნიშვნელოვანი ადგილი უჭირავს „საქართველოს რკინიგზის” შემოსავლებში. 2007 წელს სატვირთო გადაზიდვებიდან მიღებული შემოსავალმა მთლიანი შემოსავლის 90% შეადგინა, 5% მოდის სამგზავრო ტრანსპორტზე, ხოლო დარჩენილი 5% სხვა სახის შემოსავლებზე. საქართველოს რკინიგზის მიერ გადაზიდულ ტვირთებს შორის ძირითადია თხევადი ტვირთები – ცისტერნებით ტრანსპორტირებადი ნედლი ნავთობი და ნავთობპროდუქტები. სარკინიგზო ოპერაციების უსაფრთხოების მნიშვნელოვანი საკითხებია: ლიანდაგიდან გადასვლა, შეჯახება, ხანძარი და აფეთქება (საბოტაჟი/ტერორიზმი), მატარებლებიდან ტვირთის ჩამოვარდნა, შეჯახება საავტომობილო ტრანსპორტთან და ადამიანებთან შლაგბაუმიან გადასასვლელებზე, დაბინძურების სტაციონალურ წყაროებთან (ბენზინ-გასამართი სადგურები) დაკავშირებული რისკები.

საქართველოს რკინიგზა ცდილობს დაიცვას OSJD-ის საერთაშორისო სატრანსპორტო კანონი და სტანდარტები, „საქართველოს რკინიგზის” კოდექსი, სახიფათო ტვირთების გადაზიდვის წესები, ასევე „საქართველოს რკინიგზის შიდა უსაფრთხოების წესები”.

**უსაფრთხოების დარღვევები და მათი კლასიფიკაცია.** საქართველოს რკინიგზა უსაფრთხოების წესების დარღვევების კლასიფიკაციას ახდენს მათ მიერ გამოწვეული მიზეზის საფუძ-

ველზე. „საქართველოს რკინიგზა“ რეგულარულად აახლებს და ამტკიცებს უსაფრთხოების წესების დარღვევების კლასიფიკატორს. ამჟამად, მოძრავი შემადგენლობებისა და მანევრირების დროს, უსაფრთხოების წესების დარღვევების კლასიფიკაციისათვის „საქართველოს რკინიგზა“ იყენებს 2004 წელს დამტკიცებულ კლასიფიკატორს, რომელიც შემდეგში მდგომარეობს:

- მატარებელთა მარცხი არის მოძრავი შემადგენლობების შეჯახება ან ლიანდაგიდან გადასვლა, ორი ან მეტი ადამიანის სიკვდილი, ან მძიმე ფიზიკური დაზიანება მოძრავი შემადგენლობების შეჯახებისა ან ლიანდაგიდან გადასვლის შედეგად, როდესაც უსაფრთხოების წესების დარღვევის შედეგად მიღებული ზარალი შეადგენს 150 000 ლარს ან მეტს.
- მატარებელთა ავარია არის მოძრავი შემადგენლობების შეჯახება ან ლიანდაგიდან გადასვლა, ერთი ან მეტი ადამიანის სიკვდილი, ან მძიმე ფიზიკური დაზიანება მოძრავი შემადგენლობების შეჯახებისა ან ლიანდაგიდან გადასვლის შედეგად, როდესაც უსაფრთხოების წესების დარღვევის შედეგად მიღებული ზარალი შეადგენს 10000 – 150000 ლარს.
- განსაკუთრებული წუნი არის შემადგენლობების შეჯახება ან ლიანდაგიდან გადასვლა, რომელსაც არ ახლავს ადამიანების მსხვერპლი ან ფიზიკური დაზიანება, და როდესაც უსაფრთხოების წესების დარღვევის შედეგად მიღებული ზარალი 100000 ლარზე ნაკლებია. სერიოზულ დარღვევებს შორის აღსანიშნავია: მოძრაობის დროს ტვირთების ჩამოვარდნა, მატარებლების შეჯახება საავტომობილო ტრანსპორტთან რკინიგზის თანამშრომლების მიერ დაშვებული შეცდომების გამო.
- წუნი არის მოძრავი შემადგენლობის ლიანდაგიდან გადასვლა, ვაგონების ჩამოხსნა და სხვა დარღვევები.

დარღვევის ტიპი	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2003-2009
მატარებელთა მარცხი	-	-	-	-	1	1	-	2
მატარებელთა ავარია	-	-	-	-	-	-	-	0
<b>განსაკუთრებული წუნი:</b> სამგზავრო მატარებლების შეჯახება ან ღიანდაგებიდან გადასვლა	-	1	-	5	2	2	1	11
<b>განსაკუთრებული წუნი:</b> სატვირთო მატარებლების შეჯახება ან ღიანდაგებიდან გადასვლა	10	23	11	11	10	13	4	82
<b>განსაკუთრებული წუნი:</b> მატარებლების შეჯახება საავტომობილო ტრანსპორტთან	-	-	-	-	-	-	2	2
სხვა	92	190	164	163	152	169	65	995



## ეკოლოგიური უსაფრთხოების თანამედროვე ასპექტები

სატრანსპორტო ინფრასტრუქტურის გაუმჯობესება აუცილებელი მოთხოვნაა ქვეყნის სრული ეკონომიკური და სოციალური განვითარებისათვის. ამ ამოცანის შესასრულებლად ევროკავშირი აქტიურადაა ჩართული საქართველოში სატრანსპორტო ქსელების (ავიაციის, რკინიგზის და ტრანსპორტირების) განვითარებაში. ტრანსპორტთან დაკავშირებული ყველაზე უფრო დიდი ინიციატივა, რომელსაც ევროკავშირი ახორციელებს არის ტრასეკას პროგრამა (ევროპისა და აზიის დამაკავშირებელი სატრანსპორტო დერეფანი). ტრასეკა ფართომასშტაბიანი რეგიონული პროექტია, რომელის მიზანია შავი ზღვის, კავკასიის და ცენტრალური აზიის რეგიონების პოლიტიკური და ეკონომიკური განვითარება საერთაშორისო ტრანსპორტის გაუმჯობესების გზით. ევროკავშირი და საქართველო მოლაპარაკებებს აწარმოებენ საერთო საავიაციო სივრცის შექმნაზე ევროკავშირსა და საქართველოს შორის, რაც მოხსნის საბაზო შეზღუდვებს და დაუკავშირებს საქართველოს ევროკავშირის შიდა საავიაციო ბაზარს. პროცესის მხარდაჭერისათვის ევროკავშირმა წამოიწყო ე.წ. დამლობილების პროექტი – საქართველოს ნორმების, კანონმდებლობის და სტანდარტების ჰარმონიზება ევროკავშირის ნორმებთან, კანონმდებლობასა და სტანდარტებთან. საქართველო არის სამიზნე ქვეყანა ევროკავშირის ტრასეკას ფარგლებში მიმდინარე სამოქალაქო ავიაციის უსაფრთხოების პროექტისა. ეს არის რეგიონული ინიციატივა, რომლის მიზანია ტრანსპორტის უსაფრთხოების შესახებ ცნობიერების გაზრდა. ევროკავშირმა დააფინანსა რკინიგზის რეაბილიტაციის პროექტი თბილისსა და ერევანს შორის; ეს პროექტი უმნიშვნელოვანესია სომხეთისათვის, რომელიც მთლიანად ხმელეთითაა შემოსაზღვრული; ევროკავშირმა დახმარება გაუწია ამ პროექტს კვლევის ჩატარების საშუალებით, რათა დადგენილიყო ამ სარკინიგზო ხაზის რეაბილიტაციის მნიშვნელობა; ევროკავშირი გეგმავს წვლილის შეტანას სამეზობლოს საინვესტიციო მექანიზმის საშუალებით თბილისი რკინიგზის შემოვლითი გზის დაფინანსებაში გარემოზე ზეგავლენის შემცვი-

რების მიზნით. საზღვაო პროექტი რომელიც ასევე ტრასეკას ფარგლებში ფინანსდება, ითვალისწინებს ბათუმისა და ფოთის საზღვაო პორტების გამტარიანობის ზრდას; ევროკავშირის მხარდაჭერით მიმდინარე სხვა მნიშვნელოვანი რეგიონული ინიციატივები სატრანსპორტო სექტორში, რომლებიც საქართველოზეც ვრცელდება, არის საერთაშორისო ლოგისტიკური ცენტრების პროექტი და სატრანსპორტო სექტორში პოტენციალის ზრდის და ტრენინგის მხარდაჭერის პროექტი.

საქართველოში ერთ-ერთ ეკოლოგიურ პრობლემას წარმოადგენს ტრანსპორტი. თბილისში უკვე მუშაობენ პროექტზე, რომელმაც ჯანმრთელობისათვის მავნე გამონაბოლქვი 20%-ით უნდა შემციროს. ქალაქში ეკოლოგიურად სუფთა ტრანსპორტი-ტრამვაი დაახლოებით სამი წლის შემდეგ გამოჩნდება. მოსამზადებელი სამუშაოები დაწყებულია – დედაქალაქის მერიისა და ფრანგული მხარის შეთანხმების თანახმად, გენერალური გეგმის შესაქმნელად ქალაქის ტრანსპორტის მართვის ახალი პროგრამა. დედაქალაქის მერიის ეკოლოგიურად უსაფრთხო ტრანსპორტის განვითარების გეგმა მთლიანად ემთხვევა ევროკავშირის ფარგლებში ამოქმედებულ პროექტს.

თავისი კონცეპტით “Cristal” ფრანგი დიზაინერი დიდი მანდარტი (Didier Mandart) ეთანხმება იმას, რომ თანამედროვე საავტომობილო წარმოების ორი მთავარი პრობლემა – ეკოლოგიურად მავნე საწვავი და მანქანების ძალიან დიდი ზომებია. განსაკუთრებით სერიოზულად ეს პრობლემები ქალაქის პირობებში იჩენს თავს. ამიტომ ახალი კონცეპტი “Cristal” მოკრძალებული ზომებით გამოირჩევა, ძარის სიგრძე სულ რაღაც 3 მეტრია, სალონში ექვსი ადამიანი ეტევა. მანქანა ელექტროძრავით მუშაობს, არ გამოიმუშავებს მავნე გამონაბოლქვებს და არც ხმაურობს. ამასთან, “Cristal” ავტონომიური სატრანსპორტო საშუალების რეჟიმშიც შეიძლება მუშაობას, როგორც ტაქსს, მაგრამ მათი გაერთიანებაც შეიძლება რამოდენიმე მანქანის კოლონის სახით და პატარა მატარებლის მსგავსი Renault Runner შემადგენლობა მიიღება.



## საწვავის სახეები

**ნავთობი და ნავთობპროდუქტები.** ქვეყნის ეკონომიკურ სიძლიერეს მის ტერიტორიაზე არსებული წიაღისეული განსაზღვრავს, რომელთა შორის ერთ-ერთი ძირითადი როლი ენერგორესურსებს, კერძოდ, ნავთობს ენიჭება. ნავთობი და დედამიწის ზედაპირზე ამოსული მისი მყარი პროდუქტები (ასფალტენები, ბიტუმი და სხვა) კაცობრიობისათვის უძველესი დროიდანაა ცნობილი. მისი სახელწოდება „ნავთობი“ მომდინარეობს სპარსული სიტყვიდან „nafTa“, რაც გამოჟონვას, გამოსვლას ნიშნავს. ჯერ კიდევ V საუკუნეში ჩვ. წელთაღრიცხვამდე ჰეროდოტე მიუთითებდა სხვადასხვა ქვეყნებში: ინდოეთში, სპარსეთში, სირიაში, ხმელთაშუა ზღვის კუნძულებზე ნავთობის წყაროების არსებობის შესახებ. ხოლო პლუტარქე აღწერს რა ალექსანდრე მაკედონელის ლაშქრობებს, გვაწვდის ცნობებს ამუდარიასა და კასპიის ზღვის სანაპიროზე ნავთობის საბადოების არსებობის შესახებ.

ნავთობი რუხი მოშავო ფერის, დამახასიათებელი სუნის მქონე სითხეა. იგი დაახლოებით 1000 ცალკეული ნივთიერებების ნარევია, ძირითადად კი ნაჯერი, არომატული და ციკლუ-

რი ნახშირწყალბადებისაგან შედგება (ჩვ-დან ჩ70-მდე). ნავთობი თხევადი ნახშირწყალბადების გარდა, მასში გახსნილ აირად და მყარ ნახშირწყალბადებს შეიცავს. მის შედგენილობაში მცირე რაოდენობით შედის აზოტის, ქანგბადისა და გოგირდის შემცველი ორგანული ნაერთები. ვარაუდობენ, რომ ნავთობი წარმოიქმნება ზღვის ფსკერზე ან დედამიწის წიაღში მოხვედრილ მცენარეთა და ცხოველთა ნაშთების ხრწნა-დაშლის შედეგად. დაახლოებით 3-5 მილიარდი წლის წინათ დედამიწაზე წარმოიშვა სიცოცხლე. მარტივი ერთუჯრედიანი და უფრო რთული მრავალუჯრედიანი ორგანიზმები შეეგუენ რთული ორგანული მოლეკულების სინთეზს უფრო მარტივი ქიმიური ნაერთიდან, რისთვისაც გამოყენებულ იქნა მზის გამოსხივების ენერჯია. გავიდა დრო, მილიონობით ტონა მცენარეულმა საფარმა კვდომა განიცადა, ჩაიძირა გრუნტში და ანაერობული მიკროორგანიზმების მოქმედებით განიცადა რთული ქიმიური გარდაქმნა მაღალ თ-ზე და წნევაზე. საბოლოოდ მრავალსაუკუნეანი ტრანსფორმაციის შედეგად მცენარეული ქსოვილიდან აღმოცენდა მურა ნახშირის და ქვის ბუდობები – კომპაქტური, ტრანსპორტაბელური, ტევადი ენერჯიის წყარო. ნავთი, ქვანახშირი, ბუნებრივი გაზი, წვადი ფიქლები, ტორფი – აი, ძირითადი ბუნებრივი ორგანული რესურსები, რომლებიც სათბობად გამოიყენება. ნავთობის საბადოები მდებარეობს მიწის სიღრმეში. ჭაბურღილის გათხრისას აირების (მეთანის) წნევის გამო ხშირად ამოხეთქავს ხოლმე ნავთობის შადრევანი. თუ აირების წნევა საკმარისი არ არის, მაშინ ნავთობს ამოტუმბავენ. ნავთობს, რომელსაც ხშირად „შავ ოქროსაც“ უწოდებენ, ძალიან დიდი გამოყენება აქვს ტექნიკაში: ავტომანქანები, ტრაქტორები, ტანკერი გემები, თვითმფრინავები წარმოუდგენელია შიგაწვის ძრავების გარეშე. ყველა ამ ძრავისათვის კი საჭიროა, ბენზინი, ნავთი, მაზუთი, რომელსაც ნავთობი იძლევა. ძვირფასი საწვავი პროდუქტების გარდა ნავთობისაგან ღებულობენ საპოს ზეთებს, რომელთა გარეშე თანამედროვე წარმოების მექანიზმებს მუშაობა არ შეუძლიათ. ნავთობი ძვირფასი ნედლეულია ქიმიური მრეწველობისთვის. მისი გადამუშავების პროდუქტებიდან ამზადებენ სამკურნალო პრეპარატებს, ხელოვნურ ბოჭკოებს, ფეთქებად ნივთიერებებს, საღებავებს და ხელოვნურ საკვებს. ცნობილია ძველი ბერძენი მეცნიერის პი-

პოკრატეს (IV-V საუკ. ჩვ. წ.) სამკურნალო რეცეპტები, რომელთა შედგენილობაში ნავთობი შედიოდა. სპეციალური მიკრობების საშუალებით ნავთობისაგან შესაძლებელია ხელოვნური საკვების (ხიზილალა, ხორცისა და სხვა) მიღება. განსაკუთრებით სწრაფად გაიზარდა მოთხოვნილება ნავთობის მოხმარებაზე ბოლო ორი საუკუნის განმავლობაში. ისეთ სახელმწიფოებში, როგორცაა გერმანია და ინგლისი, მოხმარებული ენერგორესურსებიდან 55-60% ნავთობსა და ბუნებრივ აირზე მოდის, ხოლო აშშ-სა და იაპონიაში 75-80%. ასევე რუსეთშიც ენერჯის ძირითადი წყაროა ნავთობი და ბუნებრივი აირი. ეს ფაქტი განპირობებულია იმით, რომ სხვა საწვავ წიაღისეულთან (ქვანახშირი, ტორფი, ფიქლები) შედარებით, ნავთობის როგორც მოპოვება, ისე ტრანსპორტირება მარტივად ხდება, ასევე მარტივია მისი გადამუშავება სხვადასხვა სახის ნავთობპროდუქტებად - სხვადასხვა სახის საწვავად (ავტომობილები-სათვის, თვითმფრინავებისათვის, ტრაქტორებისათვის, დიზელებისა და რეაქტიული ძრავებისათვის, საქვაბე დანადგარებისათვის და ა.შ.). ნავთობს დიდი როლი ენიჭება ქიმიურ მრეწველობაშიც. ცნობილი რუსი მეცნიერი დ. მენდელეევი ჯერ კიდევ XIX საუკუნის მეორე ნახევარში გულისტკივილით აღნიშნავდა, რომ ნავთობი საწვავი არ არის, იგი ძვირფასი ქიმიური ნედლეულია. ნავთობის გადამუშავების შედეგად მიღებულ პროდუქტთა ბაზაზე ხორციელდება სინთეზური კაუჩუკების, პლასტმასების, ქიმიური ბოჭკოების, გამრეცხი საშუალებების, მცენარეთა ზრდის სტიმულატორების, ჰერბიციდების, მაცივარაგენტების, ანტიფრიზების, ანტიდეტონატორების, სამკურნალ-წამლო ნივთიერებების, საწვავებისა და საცხისი ზეთების დანამატების სინთეზი.

**ნავთობის შედგენილობა.** ნავთობი ცვლადი შედგენილობის უაღრესად რთული ნარევი. ის ძირითადად შედგება ნახშირწყალბადებისაგან - ალკანების, ციკლოალკანებისა და არენებისაგან (როგორც წესი ნავთობი არ შეიცავს უჯერ ნახშირწყალბადებს; მაგრამ არის იშვიათი გამონაკლისები - მაგ., პენსილვანიის ნავთობი, რომელიც მცირე რაოდენობით შეიცავს უჯერ ნახშირწყალბადებს). ნახშირწყალბადების გარდა ნავთობში არის ჟანგბად-, გოგირდ- და აზოტშემცველი ორგანული ნაერთები, მცირე რაოდენობით მრავალი ლითონი და ზო-

გიერთი არალითონი. ნავთობის გადამუშავების შედეგად მიღებული პროდუქტებიდან ყველაზე მეტი მოთხოვნილება ბენზინზეა. ნავთობის პირდაპირი გამოხდით დაახლოებით 15-20% ბენზინი მიიღება, რაც ცხადია მისი გამოყენების მასშტაბებს ვერ აკმაყოფილებს, ამიტომ ქიმიკოსებმა დაამუშავეს ნავთობის გადამუშავების მეთოდები, რომლებიც 80%-მდე ბენზინის მიღების საშუალებას იძლევიან. ერთ-ერთი მათგანია ნავთობის კრეკინგი, რომელიც წარმოადგენს ნავთობში შემავალი დიდი მოლეკულების გახლეჩის პროცესს უფრო მცირე მოლეკულებად. ამ პროცესში ხდება C<sub>10</sub>-C<sub>20</sub> ნახშირწყალბადების გახლეჩა C<sub>5</sub>-C<sub>10</sub> ნახშირწყალბადებად. ბენზინი C<sub>5</sub>-C<sub>9</sub> ნახშირწყალბადების ნარევი, ხოლო ნავთი, გაზოილი და მაზუთი C<sub>10</sub> და უფრო მაღალი რიგის ნახშირწყალბადების ნარევი. მათი გახლეჩით მიიღება უფრო დაბალი რიგის ნახშირწყალბადები, ანუ ბენზინის ფრაქცია. მაგალითად, ნავთის ფრაქცია C<sub>10</sub>-C<sub>16</sub> კრეკინგით იძლევა ბენზინის ფრაქციას:



ამ დროს წარმოიქმნება ნაჯერი და უჯერი ნახშირწყალბადები. ნავთობის გადამუშავება ფრაქციული გამოხდით მიმდინარეობს, სხვადასხვა ფრაქციას განსხვავებული დუდილის ტემპერატურა აქვს. ნავთობგადამამუშავებელ ქარხნებში გამოსვლას აწარმოებენ სარექტიფიკაციო სეგტებში, ხოლო ლაბორატორიულ პირობებში სპეციალურ ხელსაწყოში. გამოხდის საშუალებით შესაძლებელია ნარევის დაყოფა ცალკეულ ნივთიერებებად მათი დუდილის ტემპერატურების მიხედვით. ნავთობის გაცხელებით ჯერ ის ნივთიერებები აორთქლდება, რომელთაც ყველაზე დაბალი დუდილის ტემპერატურა აქვთ, შემდეგ უფრო მაღალი დუდილის ტემპერატურის მქონე ნივთიერებები. 300°C-ზე ტემპერატურამდე თანდათანობით გაცხელებით ნავთობიდან გამოიყოფა ძირითადი ფრაქციები: აირები, ბენზინი, ნავთი. რჩება მასა – მაზუთი, რომელიც გამოიყენება საქვაბე სათბობად. რადგან, 300°C-ზე მაღალ ტემპერატურაზე გამოსხდით ნავთობპროდუქტები იშლება, ამიტომ ამ პროცესს შემცირებული წნევის ქვეშ (ვაკუუმში) აწარმოებენ. ამგვარი გამოხდით მაზუთიდან სხვა პროდუქტებთან ერთად მიიღება ვაზელინი – მყარი და თხევადი ნახშირწყალბადების ნარევი და პარაფინი

– მყარი ნახშირწყალბადების ნარევი. მაზუთიდან ყველა ზემოთხსენებული პროდუქტის გამოხდის შემდეგ რჩება გუდრონი, რომელიც ჰაერზე დაჟანგვის შედეგად ასფალტად იქცევა. ხშირად დელამიწის წიაღში გვხვდება მზა, ბუნებრივი ასფალტი, რომელიც ნავთობის გამოშრობის გამო წარმოიქმნება.

ცხრილი 16.

ნავთობის დაყოფა ფრაქციებად

გამოხდის დაწყების და დამთავრების T	ფრაქციის სახელწოდება
32°C-მდე	ნახშირწყალბადოვანი აირები
32-105°C	ბენზინი (გაზოლინი)
105-160°C	ნაფთა (მძიმე ბენზინი)
160-230°C	გაზოილი
230-430°C	მაზუთი

ცხრილი 17.

ნავთობის გამოხდით მიღებული პროდუქტები და მათი გამოყენება

ფრაქცია	შემცველობა	დუღილის T°C	გამოყენება
აირები	C <sub>1</sub> -C <sub>4</sub>	<30	აირადი საწვავი, ნედლეული წყალბადის მისაღებად
ბენზინი	C <sub>5</sub> -C <sub>9</sub>	40-160	ძრავის საწვავი
ნავთი	C <sub>10</sub> -C <sub>16</sub>	160-300	სათბობი, რეაქტიული თვითმფრინავების საწვავი
გაზოილი (სოლარის ზეთი)	C <sub>12</sub> -C <sub>35</sub>	300-500	დიზელის ძრავის საწვავი
ვაზელინი	მყარი და თხევადი ნახშირწყალბადების ნარევი		გამოიყენება მედიცინაში, კოსმეტიკაში, რეზინის დასარბილებლად
პარაფინი	C <sub>18</sub> -C <sub>35</sub>		გამოიყენება სანთლის დასამზადებლად, მერქნის გასაჟღერნთად, ასანთისა და ფანქრების წარმოებაში, კვების მრეწველობაში (შესაფუთი ქაღალდის გასაჟღერნთად), საფუიქრო მრეწველობაში, მედი-

			ცინაში, ელექტროტექნიკურ მრეწველობაში.
გუდრონი	მაღალმოლეკულური ნახშირწყალბადები, ფისები		გამოყენება ასფალტის და-სამზადებლად.

ნავთობის გადამუშავების შედეგად მიიღება 600 სახის სხვადასხვა ნავთობპროდუქტი. შედგენილობის, თვისებების და გამოყენების სფეროს მიხედვით ნავთობპროდუქტებს ყოფენ შემდეგ ჯგუფებად:

1. თხევადი საწვავები
2. ზეთები
3. პლასტიკური საპოხი ნივთიერებები
4. პარაფინები
5. ბიტუმიები
6. ტექნიკური ნახშირი (მური)
7. ნავთობის კოქსი
8. საწვავებისა და საპოხი მასალების დანამატები
9. არომატული ნახშირწყალბადები.

ნავთობპროდუქტებიდან განსაკუთრებით მნიშვნელოვანია თხევადი საწვავები. თხევადი საწვავები თავის მხრივ იყოფა საწვავებად:

1. კარბურატორიანი (საავიაციო და საავტომობილო) ძრავებისათვის
2. რეაქტიული ძრავებისათვის
3. დიზელებისათვის
4. საღუმელე
5. საქვაბე
6. აირტურბინის
7. საყოფაცხოვრებო დანიშნულების გათხევადებული აირები.

მაღალხარისხიანი ნავთობპროდუქტების ხარისხის შესაფასებლად შემუშავებულია მათი ფიზიკური, ქიმიური და საექსპლუატაციო თვისებების (კერძოდ: სიმკვრივის, სიბლანტის, ფრაქციული შედგენილობის, ფეთქებისა და აალების ტემპერატურის) განსაზღვრა. ნავთობპროდუქტისათვის დადგენილია ასევე სპეციფიკური მახასიათებლების განსაზღვრა. მაგ, ბენზინისათვის - დეტონაციური მდგრადობის (ოქტანური რიცხვი),



დიზელის საწვავებისათვის - აალების უნარი (ცეტანური რიცხვი).

**არენები.** ბენზოლის არომატული ბირთვი მრავალი ორგანული ნაერთის ტოქსიკურობას განაპირობებს. თვით ბენზოლი (ჩ<sub>6</sub> 6) და მისი ჰომოლოგები უაღრესად ტოქსიკური ნაერთებია. ბენზოლის 90%-ზე მეტი იწარმოება ნავთობ-ქიმიური მრეწველობის მიერ, დანარჩენი 10% კი მიიღება კოქს-ქიმიური წარმოებისას და ბუნებრივი გაზიდან. 1980 წლიდან აშშ-ში, დიდ ბრიტანეთსა და ევროპის თანამეგობრობის ქვეყნებში მაღალი ტოქსიკურობის გამო ბენზოლის (20 ყველაზე საშიში ნაერთის სიაში ბენზოლი მე-6 ადგილზეა) წარმოება და გამოყენება მკვეთრად შეიზღუდა. მიუხედავად ამისა, ბენზოლის უმსხვილესი ექსპორტიორი დიდი ბრიტანეთი ყოველწლიურად მილიონამდე ტონა ბენზოლს აწარმოებს. ბენზოლი სადღეისოდ ერთ-ერთ ყველაზე პრობლემურ ეკოლოგიურ დამბინძურებლად რჩება. რამდენიმე წლის წინ ეკოლოგების მიერ საქართველოს მთავრობისათვის წაყენებული იყო მოთხოვნა, არ მიეცათ ნავთობგადამამუშავებელი ქარხნისათვის პიროლიზური ფისიდან ბენზინის წარმოების უფლება, თუ მიღებულ ნავთობპროდუქტში ბენზოლის შემცველობა მინიმუმამდე არ იქნებოდა დაყვანილი. ბენზოლისა და მისი ჰომოლოგები ე.წ. **BTEX**-ის (ბენზოლის, ტოლუოლის, ეთილბენზოლისა და ქსილოლის ნარევი) სახით საწვავის დანამატად გამოიყენება, მათი საშუალებით ხდება ბენზინის ოქტანური რიცხვის გაზრდა. გარდა ამისა ბენზოლი გამოიყენება, როგორც ნედლეული სტიროლის, ციკლოჰექსანის, ეთილბენზოლის, კუმოლის, ნიტრობენზოლის, ანილინისა და სხვა ნაერთების სინთეზში. ბენზოლი გამსხნელების ან დამატებითი კომპონენტის სახით შედის ლაქ-საღებავებში, თხევად რეზინში, ავეჯის საპრიალებელ ცვილებში, სარეცხ საშუალებებში, ლაქის ამოსაყვან ნარევეებში, წებოებში, ფარმაცევტულ პრეპარატებში, პესტიციდებში. ბენზოლი სიგარეტის კვამლის შემადგენელი კომპონენტია.

**ნავთობისა და ნავთობპროდუქტების სალიკვიდაციო ღონისძიებები.** აღსანიშნავია ნავთობისა და ნავთობპროდუქტების ბაქტერიოლოგიური ტრანსფორმაცია. ოკეანეში 200-მდე სახეობის „ნავთობგადამამუშავებელი“ ბაქტერია და სოკოა გავრცელებული, რომელთაც დღე-ღამეში 1მ<sup>3</sup> წყალში არსებული 1კ ნავთო-

ბის გადამუშავება შეუძლიათ. ნავთობის ბიოქიმიური დაშლა მიმდინარეობს ძალიან ნელა, რადგან ბუნებაში არ არსებობს მიკროორგანიზმების სახეობა, რომელთაც შეუძლიათ ნავთობის ყველა კომპონენტის დაშლა. ისინი ხასიათდებიან მაღალი სელექციურობით, ნავთობის სრული დაშლისათვის საჭიროა მრავალი სხვადასხვა სახის ბაქტერიის მოქმედება; ამასთანავე, ყველაზე ადვილად მიკრობიოლოგიურ დაშლას განიცდიან პარაფინები, უფრო მდგრადებია ციკლოპარაფინები და ყველაზე მდგრადები-არომატული ნახშირწყალბადები, რომლებიც ოკეანეში რჩებიან უცვლელად. ზღვის წყალში ნავთობის მძიმე ფრაქციები არ იშლებიან, ისინი წყალთან წარმოქმნიან მდგრად ემულსიებს, რასაც ხელს უწყობს წყალსაცავებში შეტივნარებული ორგანული ნაწილაკები, ბაქტერიები და პლანქტონები. დროთა განმავლობაში ემულსიები კოაგულირდებიან ფისოვანი, შესქელებული მასების სახით, რომლებიც წყლის ზედაპირზე დაცურავენ და მოქცევის დროს გამოიდევნიან სანაპიროებზე, ახდენენ პლიაჟების, საპორტო დანადგარების დაბინძურებას. წყლის არეში ნავთობის ქიმიური დაჟანგვის პროცესის სიჩქარე ბიოქიმიური დაჟანგვის სიჩქარის 10-15% შეადგენს.

დაბალი ტემპერატურის პირობებში ნავთობის დაშლა კიდევ უფრო ნელა მიმდინარეობს. ამიტომ არქტიკულ ზღვებში ჩადვრილი ნავთობი შეიძლება იმყოფებოდეს 50 წლის მანძილზე და იწვევდეს წყლის ბიოცენოზის ნორმალური ცხოველყოფილობის დარღვევას. ნიადაგში მოხვედრილი ნავთობის გარდაქმნა უფრო ნელა მიმდინარეობს, ვიდრე ოკეანეში, რისი მიზეზია სუსტი აერაცია. ნიადაგში გააუნილი ნავთობი ხვდება ნიადაგის ღრმულეებში, სადაც პაერთან კონტაქტი შეზღუდულია. გარდა ამისა, ნიადაგებში ნავთობის მდგრადობას განაპირობებს მისი სორბცია ტორფზე, ჰუმუსზე და ორგანულ-მინერალურ ნაწილაკებზე. ნიადაგის თვითგაწმენდის პროცესის სიჩქარე დამოკიდებულია ნავთობის შედგენილობაზე და ბიოკლიმატურ პირობებზე (ტემპერატურა, მიკროფლორა) და ა.შ. გარდაქმნებში ყველაზე აქტიურად მონაწილეობენ პარაფინები, ძნელად არომატული, განსაკუთრებით პოლიციკლური არომატული ნახშირწყალბადები. ნიადაგების ნავთობისგან თვითგაწმენდის პროცესი დამოკიდებულია ნიადაგის ტიპზე. ნავთობის

და ნავთობპროდუქტებისაგან ნიადაგების გასუფთავებისათვის შემუშავებულია რადიკალური მეთოდი - ნიადაგის გამოწვა. ეს მეთოდი მეტად შრომატევადია და გარდა ამისა, ხდება ნიადაგის ჰუმუსის დაწვა. ამ მიზნით უფრო ხშირად მიმართავენ ბიორემედიაციის შემდეგი მეთოდები. მექანიკური შეგროვება, შეგროვება სორბენტების გამოყენებით და დაწვა.

ზღვაში ჩაღვრილი ნავთობის შესაგროვებლად გამოიყენება „მტვერსასრუტის“ მეთოდი. ნავთობი შეიწოვება მძლავრი ტუმბოებით, გროვდება ტანკერებში და წყლის მოცილების შემდეგ შესაძლებელია მისი გამოყენება დანიშნულებისამებრ. ახლად-დაღვრილი ნავთობის განადგურება შესაძლებელია დაწვით. ამ მეთოდის გამოყენება სირთულეებთან არის დაკავშირებული, რადგან პროცესი უნდა ჩატარდეს ხანმოკლე დროში (ჩაღვრიდან 20-30 წთ-ში), როდესაც ნავთობის ლაქა ჯერ კიდევ კატასტროფის ზონაშია. საინტერესო მეთოდი დაღვრილი ნავთობის შეგროვება ბუნებრივი (ნახერხი, ტორფი) და სინთეზური (ქაფპოლიურეთანების, ფენოლპლასტმასების) გამოყენებით. ამ მიზნით განსაკუთრებით აღსანიშნავია ქაფპოლიურეთანის ფხვნილის გამოყენება; მას შეუძლია შთანთქოს თავის მასაზე 18-ჯერ მეტი ნავთობი, რომელიც გამოიყოფა მექანიკური გამოწურვით, რის შემდეგ კვლავ შესაძლებელია საწყისი სორბენტის გამოყენება.

გარემოს დაცვის საერთაშორისო სააგენტოს (EPA) მიერ შემუშავებულია ნორმატიული დოკუმენტაცია, რომლის თანახმად ნავთობით და ნავთობპროდუქტებით დაბინძურებულ ნიადაგში და წყალში აუცილებელია განისაზღვროს რიგი კომპონენტები, რომლებიც განსაზღვრავს ობიექტის დაბინძურების ხარისხს. გარემოში ნავთობი შემდეგი გზებით ვრცელდება.

– ოკეანეში მოხვედრილი ნავთობის საერთო რაოდენობის თითქმის ნახევარი ბუნებრივად გაიჟონება წყალქვეშა შლეიფებიდან. ამას ემატება ღია ოკეანეში ჩატარებული ნავთობ-მოპოვებითი სამუშაოების, კერძოდ, ჭაბურღილების ბურღვის დროს ნავთობის დანაკარგები. მაგ, 2010 წლის აპრილში მექსიკის ყურეში ნავთობსარეწის ავარიის შედეგად 10000-მდე ტონა ნავთობი დაიღვარა, რამაც სერიოზული ზარალი მიაყენა ნავთობკომპანია British Petroleum-ს და მექსიკის ყურის ეკოლოგიური მდგომარეობა კატასტროფულად დაამძიმა.

- ნავთობის დიდი რაოდენობა ოკეანეში ვრცელდება საზღვაო ტანკერებში ნავთობის ჩატვირთვისა და გადმოტვირთვის ოპერაციების შედეგად. როდესაც ტანკერი ნავთობს დაცლის, მას ავსებენ ზღვის წყლით, რომელიც ბალასტის როლს ასრულებს გემის ბალანსირებისათვის უკან დაბრუნების დროს. ცხადია, გადმოტვირთვის შემდეგ ტანკერის რეზერვუარში რჩება ნავთობის გარკვეული ნაწილი, რომელიც ტანკერის გზაში ყოფნის დროს ბალასტურ წყალს ერევა და მასთან ემულსიას ქმნის. როდესაც ტანკერი ნავთობის ახალი პარტიის ჩასატვირთად ნავსადგურს უბრუნდება, ბალასტი ნავთობის ემულსიასთან ერთად ნაპირთან ახლოს, ღია ზღვაში იღვრება.
- ნავთობისა და ნავთობპროდუქტების მნიშვნელოვანი რაოდენობა იღვრება გარემოში ტანკების, ცისტერნებისა და სხვა რეზერვუარების გაწმენდისა და გამორეცხვისას.
- ტანკერების ავარიები ხშირად ხდება ოკეანეში ნავთობის დიდი რაოდენობით დაღვრის მიზეზი, რასაც უამრავი ფაქტი ადასტურებს. მაგ, 2002 წლის ნოემბერში ბისკაის ყურეში ტანკერ "პრესტიჟის" ავარიის შედეგად ოკეანეში დაახლოებით 40 ათასი ტონა ნედლი ნავთობი დაიღვარა.
- ნავთობსადენებიდან გაჟონილი ან ავარიის შედეგად დაღვრილი ნავთობი, სიბლანტის მიუხედავად, ღრმად ჩადის ნიადაგში, აღწევს გრუნტის წყლებს და საბოლოოდ მსოფლიო ოკეანეში ხვდება.
- ნედლი ნავთობის გადამუშავების ნარჩენები და ნავთობპროდუქტები სწრაფად ვრცელდება ჩამდინარე და გრუნტის წყლებით, აგრეთვე მდინარეებით.
- თვითმფრინავების მიერ ოკეანეში სხდება საწვავის დაღვრა. მფრინავები თვითმფრინავის დაშვების წინ ოკეანეში ღვრიან დიდი რაოდენობით ზედმეტ საწვავს, რათა შეამსუბუქონ თვითმფრინავი და გაიადვილონ დაჯდომა. ამით განსაკუთრებით ხშირად სამხედრო თვითმფრინავები სარგებლობენ ავიამზიდზე დაფრენის წინ.
- ნედლი ნავთობისა და ნავთობპროდუქტების გაჟონვა ნავთობის გადამუშავების პროცესში;
- ქვანახშირისა და ფისის გადამამუშავებელი კომბინატების ნარჩენები;

- საწარმოების ნარჩენები, რომლებიც ბენზოლს აწარმოებენ ან იყენებენ;
- სათბობისა და წიაღისეული საწვავის წვა;
- საწვავის გაჟონვა ავზებიდან, რეზერვუარებიდან და ტანკერებიდან.

ნავთობის განაწილება ოკეანის ზედაპირზე და სიღრმეში არათანაბარია. ჩვეულებრივ წყლის ზედაპირზე მისი რაოდენობა 0,1 მგ/მ<sup>2</sup>-ზე, წყალში კი 0.01 მგ/ლ-ზე ნაკლებია. სანაოსნო ტრასებზე ნავთობის კონცენტრაცია რამდენიმე მგ/ლ-ია. ხმელთაშუა ზღვაში - 0,5 მგ/ლ, მანის სრუტესა და სპარსეთის ყურეში ის 4,5მგ/ლ-ს აღწევს.

1980 წლიდან ლონდონის კონვენციით აიკრძალა ბალასტი წყლების ჩაღვრა ზღვაში. ნარეცხი და ბალასტი წყლების შენახვისათვის აუცილებელი გახდა სარეზერვო ტანკერების არსებობა. ზოგიერთი ქვეყანა კონტროლს ახორციელებს ავიაციისა და კოსმოსური თანამგზავრების გამოყენებით.

## ენერგეტიკული რესურსები და მათი გამოყენების ეკოლოგიური ასპექტები

მესამე ათასწლეულის დასაწყისში კაცობრიობა უფრო ხშირად ფიქრობს იმაზე, თუ რა გახდება მისი არსებობისთვის ძირითადი ახალ ეპოქაში. ენერჯია იყო, არის და დარჩება ადამიანის სიცოცხლისა და განვითარების მთავარ ფაქტორად. სხვადასხვა სახის ენერჯიის ათვისების გარეშე ადამიანს არ შეუძლია სრულფასოვნად არსებობა. ადამიანმა გაიარა გზა პირველი კოცონიდან ატომურ ელექტროსადგურებამდე, ათვისსა ძირითადი, ტრადიციული ენერგეტიკული რესურსების – ქვანახშირის, ნავთობისა და გაზის მოპოვება, ისწავლა მდინარეების ენერჯიის გამოყენება, დაიმორჩილა „მშვიდობიანი ატომი“, მაგრამ თანამედროვე ეპოქაში უფრო აქტიურად განიხილება ახალი არატრადიციული, ალტერნატიული ენერჯიის ეფექტურად გამოყენების საშუალებები.

ნებისმიერი სახეობის ორგანული საწვავის გამოყენება იწვევს უარყოფით ეკოლოგიურ შედეგებს, რადგან ხდება ატმოსფეროს, ნიადაგის, მცენარეულობის, ზედაპირული და მიწისქვეშა წყლების აირმტვრიანი დაბინძურება. მსოფლიოში ელექტროენერჯიის უდიდესი ნაწილი გამოიმუშავდება თბურ და ატომურ სადგურებში, სადაც მუშა სხეულს წარმოადგენს წყლის ორთქლი. ადამიანი უძველესი დროიდან იყენებდა წყლის ენერჯიას და იგი დღესაც ერთ-ერთი მნიშვნელოვანია. ნავთობპროდუქტების, გაზის, მიღვეადი ორგანული საწვავის მუდმივი გაძვირება, ეკოლოგიური სიტუაციის გაუარესება კაცობრიობის ყურადღებას კვლავ მიაპყრობს ტრადიციულ ჰიდროენერგეტიკას, რომელიც არ ხარჯავს ნავთობს, ნახშირს, გაზს, ხეტყვს, მუდმივად განახლებადი რესურსია და ეკოლოგიურად სუფთაა.

ელექტროენერჯიის მსოფლიო წარმოებაში, ენერჯიის ყველა წყაროდან, ამჟამად მხოლოდ ჰიდროენერგეტიკას შეაქვს მნიშვნელოვანი წვლილი - 21%. საქართველოს ბუნებრივ სიმდიდრეთა შორის პირველი ადგილი ჰიდროენერგორესურსებს უჭირავს. საქართველოს ტერიტორიაზე დათვლილია 26000 მდინარე, რომელთა საერთო სიგრძე დაახლოებით 60000 კმ-ია. მდინარეთა საერთო რაოდენობიდან ენერგეტიკული მნიშვნელობით გამოირჩევა 300-მდე მდინარე, რომელთა წლიური ჯა-

მური პოტენციური სიმძლავრე 15000 მეგავატის ექვივალენტურია, ხოლო საშუალო წლიური ენერჯია 50 მილიარდი კილოვატ საათის ექვივალენტური. მცირე ჰესების ტექნიკურ რესურსებს განსაზღვრავს მდინარეების ისეთი ცალკეული უბნების ენერგეტიკული პოტენციალების ჯამი, რომელთა სიმძლავრე არ აღემატება 10 მეგავატს მგვტ-ს. 1970 წლამდე საქართველოში 10 მგვტ-მდე სიმძლავრის 200-მდე ჰიდროელექტროსადგური მოქმედებდა, მაგრამ ამ დროისათვის დიდი ელექტროენერგეტიკის მძლავრი ტემპებით განვითარებასთან ერთად მათი უმრავლესობის ექსპლუატაცია შეჩერებულ იქნა არარენტაბელობის გამო, რის შედეგადაც ეს სადგურები მთლიანად ან ნაწილობრივ განადგურდა.

თბოენერგეტიკა პირველ ადგილს იკავებს მრეწველობის დარგებს შორის ატმოსფეროში მავნე ნივთიერებათა ჯამური გაფრქვევების მიხედვით. თანამედროვე თბოელექტროსადგურებში დამწვარი ნავთობი და ნახშირი გახდა მუავე წვიმების მოსვლის მიზეზი, რაც მნიშვნელოვან გავლენას ახდენს გარემოს მდგომარეობაზე. 2,4 მლნ სიმძლავრის თანამედროვე თბოელექტროსადგური დღე-ღამეში ხარჯავს 20 ათას ტონამდე ნახშირს და ამავე დროში ჰაერში გააფრქვევს 680 ტ  $SO_2$  და  $SO_3$ , ასევე 120-140 ტ მყარ ნაწილაკებს (ნაცარს, მტვერს, მურს), 200 ტ აზოტის ოქსიდებს. დანადგარების გადაყვანა თხევად საწვავზე (მახუთი) ამცირებს ნაცრის გამოყოფას, მაგრამ პრაქტიკულად არ ამცირებს აზოტისა და გოგირდის ოქსიდების რაოდენობას. მთლიანობაში ნებისმიერი სახეობის ორგანული საწვავის გამოყენება იწვევს უარყოფით ეკოლოგიურ შედეგებს. ხდება ატმოსფეროს, ნიადაგის, მცენარეულობის, ზედაპირული და მიწისქვეშა წყლების აირმტვრიანი დაბინძურება. ინდუსტრიულ რაიონებში ატმოსფერული ნალექების 3 მცირდება 2-4-მდე. აირმტვრიანი გამონახობლქვები შეიცავენ დიდი რაოდენობით თუთიას, ტყვიას, ნიკელს, ვერცხლისწყალს და სხვა ტოქსიკურ ლითონებს.

**თბოენერგეტიკა.** მსოფლიოში ელექტროენერჯიის უდიდესი ნაწილი გამოიშუშავდება თბურ და ატომურ სადგურებში, სადაც მუშა სხეულს წარმოადგენს წყლის ორთქლი. მის ზეკრიტიკულ პარამეტრებზე (ტემპერატურა, წნევა) გადასვლამ შესაძლებელი გახადა ამადლებულიყო მქკ 25-დან 40%-მდე, დაეზოგა

პირველი ენერგორესურსები - ნავთობი, ნახშირი, აირი. ა.ე. შეინდლინის ხელმძღვანელობით ზეკრიტიკულ მდგომარეობაში წყლის ორთქლის თბოფიზიკური თვისებების ფუძემდებლური კვლევების საფუძველზე დამუშავდა მეთოდოლოგია და ექსპეტიმენტალური დანადგარი, რომელსაც მსოფლიოში ანალოგი არ აქვს. ა.ე. შეინდლინის გათვლების შედეგები გახდა საფუძველი ბევრ ქვეყანაში ელექტროსადგურების მშენებლობის.

**წყალბადის ენერგეტიკა.** წყალბადი მომავლის საწვავია, რომელიც უზრუნველყოფს გარემოს დაბინძურებისაგან დაცვას, რამდენადაც მისი წვის პროცესში მხოლოდ წყლის ორთქლი წარმოიქმნება. წყალბადის ენერგეტიკის პრობლემებიდან მნიშვნელოვანია მისი უსაფრთხოება და სიძვირე, ვინაიდან წყალბადის მისაღებად აუცილებელია წინასწარ დაიხარჯოს ენერგია. წყალბადის ენერგეტიკაში დადგენილი სიმძლავრის 1 კვტ ღირებულება ჯერჯერობით შეადგენს 4-5 ათას დოლარს. ეს 10-ჯერ უფრო ძვირია, ვიდრე თბურ სადგურებში და 5-ჯერ ძვირი ატომურ ელექტროსადგურებზე. წყალბადის წარმოების ორი მთავარი მიმართულება არსებობს: ტრადიციული, ბუნებრივი აირის ან ნახშირის რეფორმინგის ჩვეულებრივი პროცესების დახმარებით და წყალბადის მიღება წყლის ელექტროლიზით. წყალბადის გამოყენებისათვის ძირითადი მოწყობილობა იქნება სათბობი ელემენტები, რომლებშიც ელექტროლიზის შებრუნებული პროცესი წარიმართება. მსოფლიოს დიდი ენერგეტიკული კომპანიები უკვე გამოყოფენ სახსრებს სათბობი ელემენტების, წყალბადის მიღების სისტემების დამუშავებისათვის ელექტროენერჯის ინდივიდუალური მომხმარებლებისათვის მიკროელექტროსადგურების შექმნის მიზნით. წყალბადის სათბობი ელემენტების ენერგეტიკული მკვ მნიშვნელოვნად მაღალია, ვიდრე ტრადიციული ენერგოდანადგარების და 90%-ს აღწევს. სითბოს გარდაქმნა მუშაობაში ამ ელემენტებში არ ხდება: დენის ელექტროქიმიურ წყაროში სათბობის ენერგია გარდაიქმნება ელექტრო-ენერჯიად. წყალბადის სათბობი ელემენტის უჯრედი შედგება პოლიმერული მემბრანით დაცილებული ფოროვანი ანოდისა და კათოდისაგან, რომელშიც შედის პლატინური ლითონები. ავტომობილის პროტოტიპის გამოცდებმა წყალბადის ძრავით აჩვენეს, რომ 1კგ წყალბადი კალორიულობით ექვივალენტურია 4,5დ ბენზინის. ენერგეტიკული დანადგა-



რები და ელექტროქიმიური გენერატორები სათბობი ელემენტების საფუძველზე შეიძლება გამოყენებულ იქნას ასევე საყოფაცხოვრებო ელექტრომოწყობილობებში (კომპიუტერებში, მობილურ ტელეფონებში, ვიდეოკამერებში). რუსეთს გააჩნია არა მარტო მნიშვნელოვანი სამეცნიერო ტექნიკური პოტენციალი წყალბადის ენერგეტიკის სფეროში, არამედ ლითონების, პირველ რიგში პლატინის ჯგუფის და განსაკუთრებით პალადიუმის აუცილებელი რესურსული პოტენციალი, რომელიც მნიშვნელოვანია სათბობი ელემენტების შექმნისათვის. იგი პალადიუმის უმსხვილესი მწარმოებელია მსოფლიოში: მსოფლიოში ამჟამად ათასამდე კომპანია მუშაობს წყალბადის ენერგეტიკის სფეროში, ქმნიან ავტომობილებს, მინი-ელექტროსადგურებს, კომპიუტერების, ტელეფონების კვებისათვის კომპაქტურ სისტემებს. იაპონიაში პრემიერ-მინისტრი უკვე სარგებლობს წყალბადზე მომუშავე ავტომობილით, თუმცა ის ძალიან ძვირი ღირს. ასეთი ავტომანქანის გაქირავება ერთი თვის ვადით ღირს 5 ათასი დოლარი. კომპანია „Boeing-მა ჩაატარა საზაფხულო გამოცდები (2008 წ) პირველი პილოტირებული თვითმფრინავისა წყალბადის საწვავზე, რომლის დროსაც თვითმფრინავი 20 წთ-ის განმავლობაში დაფრინავდა სწორხაზოვანი ტრაექტორიით დაახლოებით 1კმ სიმაღლეზე. 2007 წლის ბოლოს კომპანიამ განაცხადა წყალბადზე მომუშავე ოთხცილინდრიანი შიგაწვის ძრავის წარმატებით გამოცდის შესახებ. იგეგმებოდა ის დაედგათ დასამუშაველ უპილოტო თვითმფრინავ-მზვერავზე, რომელმაც უნდა იფრინოს დაახლოებით 20 კმ სიმაღლეზე, 1 ტ-მდე ტვირთით. იტალიური ენერგეტიკული კომპანია „Enel“ ვენეციის მახლობლად აშენებს მსოფლიოში პირველ სამრეწველო ელექტროსადგურს წყალბადზე, რომელიც მიეწოდება მეზობელი ქალაქის მარგერის ნავთობქიმიური ქარხნიდან. უნიკალური დანადგარი, ღირებულებით 47 მლნ ევრო, უკვე 2009 წელს დაიწყებს ელექტროენერჯის გამომუშავებას; როგორც შემქმნელები ირწმუნებიან სავსებით კონკურენტული ფასით. ამ ელექტროსადგურის მშენებლობა მიმდინარეობს „ეკოლოგიური ინოვაციური პროექტის“ ჩარჩოებში, რომელიც 2012 წლამდე ვარაუდობს 7,4 მლრდ ევროს ინვესტიციას ენერჯის „სუფთა“ წყაროებში. კომპანიის წარმომადგენლების აზრით პროექტს ანალოგი არ გააჩნია მსოფლიოში. იაპონიამ

ჯერ კიდევ 1993 წელს გამოყო 2 მლრდ დოლარი წყალბადის სათბობის დამუშავებისათვის აშშ-მა, კანადამ უკვე გააკეთეს პრიორიტეტული წყალბადის პროგრამები. მეცნიერთა ამჟამინდელი დამუშავებები იღება ხანგრძლივ ეკონომიკურ გეგმებში. მრავალი სპეციალისტის პროგნოზით უკვე 2050 წელს წარმოებული ენერჯის მესამედი დაიფარება წყალბადით, როგორც სათბობის წყაროთი.

**ჰელიოენერგეტიკა.** დღეისათვის ბუნებაზე ადამიანის დაუნდობელი ზემოქმედების, უკიდურესად გამწვავებული ეკოლოგიური და ეკონომიკური სიტუაციის გამო, კაცობრიობისათვის ერთ-ერთ უმთავრეს პრობლემად იქცა შექმნილი მდგომარეობიდან დროული გამოსვლის გზების მონახვა. ერთ-ერთ ასეთ გზად ენერჯის ალტერნატიული წყაროების, კერძოდ მზის ენერჯის ფართოდ გამოყენება ითვლება. დღეისათვის მზის ენერჯის მოხმარება მზის სითბური კოლექტორებისა და მზის ნახევარგამტარული პანელების გამოყენებით ხდება. ასეთი ჰელიოენერგეტიკული მოწყობილობით დამომუშავებული სითბური და ელექტროენერჯიები სამწუხაროდ საკმაოდ ძვირია და ამიტომ მათი მასიური გამოყენება ჯერჯერობით ვერ ხერხდება. უკანასკნელ წლებში მთელ რიგ განვითარებულ ქვეყნებში (აშშ, ისრაელი, იაპონია, საფრანგეთი და ა.შ.) მიმდინარეობს ინტენსიური კონსტრუქციული და კვლევითი სამუშაოები, მზის ენერჯის სხვადასხვა ტექნოლოგიურ პროცესებში ფართოდ გამოყენების მიზნით. ერთ-ერთ ასეთ პერსპექტიულ ტექნიკურ მიმართულებად ითვლება ჰელიოენერგეტიკული სისტემების ქიმიური ტექნოლოგიების საჭიროებისათვის გამოყენება, კერძოდ მზის ენერჯის მეშვეობით წყლიდან წყალბადის მიღების შესაძლებლობა. უნიკალური თბოტექნიკური და ტექნოლოგიური მახასიათებლების მქონე ელემენტის წყალბადის მიღების ტექნოლოგია თავისი აქტუალობით ბევრი განვითარებული ქვეყნის ნაციონალურ პროგრამად იქცა. ცნობილია, რომ აშშ 2020 წლისათვის გეგმავს ქვეყანაში მოხმარებული ენერჯის 30% ხელოვნური გზით მიღებული საწვავის (წყალბადი, მეთანი) ხარჯზე დაფაროს. წყალბადის მიმართ ესოდენ დიდი ინტერესი მისი უნიკალური თბოტექნიკური და ეკოლოგიური მახასიათებლებით არის გამოწვეული. იგი არის მიმდინარე და მომავალი საუკუნეების საწვავი და მას პერსპექტივაში წარმატებით

შეუძლია შეცვალოს დღეისათვის გამოყენებული ენერგომატარებლები (ბენზინი, გაზი და ა.შ). შიდა წვის ძრავებში, თერმოდანადგარებში და ასევე ახალი ტიპის სითბურ ელექტროგენერატორებში. წყალბადის მასშტაბური გამოყენების აუცილებლობაზე არავის ეჭვი არ ეპარება. პრობლემა დაბალი თვითღირებულების წყალბადის მიღებაა. დღეისათვის სამრეწველო მასშტაბებით მიღებული წყალბადიც კი საკმაოდ ძვირია, ასე მაგალითად, ერთი კუბური მეტრი წყალბადის მოსაპოვებლად საჭიროა 4 - 4,5 კვტ/საათი ელექტროენერგია, ბუნებრივი აირის დაშლით ან სხვა ქიმიური გზებით მიღებული წყალბადის თვითღირებულება ბევრად არ განსხვავდება ელექტროქიმიურისაგან. გარდა ამისა აღნიშნული გზებით წყალბადის მიღება ეკოლოგიურადაც მიუღებელია, ვინაიდან პროცესის დროს ხდება თანაური პროდუქტებით ბუნების დაბინძურება. წყალბადის მიღების პრობლემებისადმი მიძღვნილ ბოლო დროინდელ (2001-2008წ) სამუშაოებში არსებული, კლასიკური ტექნიკური ხერხების გაუმჯობესებასთან ერთად დიდი ყურადღება ექცევა ახალი პერსპექტიული გზების, მეთოდების და ხერხების მოძიებას. ერთ-ერთ ასეთ პერსპექტიულად ითვლება წყლიდან თერმო- ან ფოტოდისოციაციის გზით წყალბადის და ჟანგბადის მიღება, ამასთან, ენერჯის ძირითად საჭირო წყაროდ მზის კონცენტრირებული სინათლე იგულისხმება. აქედან გამომდინარე დარგში მომუშავე მეცნიერთა, ინჟინერ-კონსტრუქტორთა ერთ-ერთ უმთავრეს ამოცანად ითვლება არსებული ჰელიოენერგეტიკული მოწყობილობების და სისტემების შემდგომი სრულყოფა, ეფექტურობისა და წარმადობის გაზრდა და გამომუშავებული პროდუქციის: სითბოს, ელექტრული ენერჯის განათების, ქიმიური ნაერთების  $H_2$ ,  $CH_4$  და ა.შ თვითღირებულების მკვეთრი შემცირება და ჰელიოენერგეტიკის მასშტაბური პრაქტიკული გამოყენება.

## აღტერნატიული ძრავები

ტრანსპორტიდან გამონაბოლქვი აირების მიერ ატმოსფეროს დაბინძურებამ და საწვავის ეკონომიურობის მოთხოვნებმა დღის წესრიგში დააყენა აღტერნატიული ძრავების შექმნის საკითხები. ტრანსპორტის კარბურატორის (ბენზინის) აღტერნატიული ძრავებია: დიზელის ძრავა, როტორული ძრავა, აირის ტურბინა, ორთქლის ტურბინა, ინერციული ძრავა, გარე წვის ძრავა (სტირლინგის) და სხვა.

**დიზელის ძრავა.** სახელწოდება უკავშირდება გერმანელი ინჟინერ-გამომგონებლის რუდოლფ დიზელის სახელს. დიზელის ძრავები საწვავად ფართოდ გამოიყენება სხვადასხვა ტრანსპორტში. ის ბენზინის ძრავაზე უფრო იაფია, უფრო უსაფრთხო და ეფექტური. გააჩნია უფრო მაღალი კუმშვის ხარისხი, რომელიც უზრუნველყოფს საწვავის თვითაღებას. დიზელის ძრავა გამოყოფს შედარებით ნაკლებ ნახშირჟანგს და ნახშირწყალბადს, თუმცა ახასიათებს კვამლიანობა, არასასიამოვნო სუნი და უფრო მაღალი ხმაურის დონე.

**როტორული ძრავა** – ბენზინიანი ძრავა, რომელსაც გააჩნია ძირითადი სოლური აგრეგატისაგან განსხვავებული კონსტრუქცია: მცირე მასა, კომპაქტურობა, მაღალი ბრუნვადობა, დიდი ხვედრითი სიმძლავრე, ვიბრაციის უქონლობა, საწვავის დაბალი ოქტანური რიცხვი. როტორული ძრავა კონსტრუქციული და ტექნიკურ-ეკონომიკური მახასიათებლებით იძლევა მცირე ტოქსიკურ გამონაბოლქვს აზოტის ოქსიდის მცირე შემცველობის გამო. ენერგეტიკულ კრიზისთან დაკავშირებით ტრანსპორტის წარმოებამ როტორული ძრავით ვერ ჰპოვა დიდი განვითარება, იაპონიის ერთ-ერთი ფირმის „toio kogio“-ს გამოკლებით, რომელმაც დიდი კაპიტალი დააგროვა, განაგრძობს სერიული ტრანსპორტის წარმოებას როტორული ძრავით.

**აირტურბინი ძრავა** – ფართოდ გამოიყენება საჰაერო ტრანსპორტში. მას გააჩნია მცირე მასა, რეკორდული ხვედრითი სიმძლავრე, კომპაქტურობა. 1960 წელს ყოფილ საბჭოთა კავშირში დაიწვეს ავტომობილებისათვის, ავტობუსისათვის მისი გამოყენება. 1969 წელს ჩიკაგოში გამოფენაზე “შევროლეს” ფირმამ აჩვენა მსუბუქი ავტომანქანა „ასტრა“ III აირტურბინიანი ძრავით 230კგ სიმძლავრის, ტურბინის მასით 70კგ შემდგომ

გამოვიდა ოპელის მარკის მოდიფიცირებული ავტომობილი „ასტრა“, რომელიც საათში ავითარებს 240კმ სიჩქარეს, რასაც უზრუნველყოფს 192 ცხენისძალიანი 2 ლიტრიანი ტურბო-ჩაბერვის ძრავით, აეროდინამიური ხმაური მინიმუმამდეა დაყვანილი, ხოლო გამონაბოლქვი აირები აკმაყოფილებს მსოფლიო მონაცემებით დადგენილ ეკოლოგიურ მოთხოვნებს.

**ორთქლის ძრავა** – არის ეკოლოგიურად სუფთა. ის ან იძლევა წყლის ორთქლის გამონაბოლქვს ან არ იძლევა არავითარ გამონაბოლქვს, თუ სამუშაო ციკლი ჩაკეტილია და გადამუშავებული ორთქლი კონდენსირდება შემდეგ წყლის სახით, რომელიც ისევ ხვდება ქვაბში. ატმოსფერო ბინძურდება ნამუშევარი აირით. საქვაბეში (საცეცხლეში) გადამუშავებული აირის ტოქსიკურობა მნიშვნელოვნად დაბალია ვიდრე დიზელის ძრავით მუშაობისას. საფრანგეთში მე-19 საუკუნეში გამოჩნდა პირველი ორთქლმაგალი, რომლის რეისი შედგა 1873 წელს. იმავე დროს შეიქმნა მსუბუქი ავტომობილი ორთქლის ძრავით. ასეთი ავტომობილის ერთ-ერთი ეგზემპლარი 4 ადგილით, აგებული ფრანგული ფირმა „ჟარდნე სერპოლეს“ მიერ, დღეს ინახება პრადის ნაციონალურ მუზეუმში. ავტომობილის იატაკის ქვეშ მოწყობილი ორთქლის მანქანა საათში ავითარებდა 65კმ-ს.

**სტირლინგის ძრავა** – გარე წვის ძრავა. გარემოს გაჯანსაღების რადიკალურ გზად ითვლება ბენზინის შეცვლა ისეთი ალტერნატიული საწვავებით, როგორცაა წყალბადი, მეთანი, მეთანოლი და სხვა ეკოლოგიურად უსაფრთხო საწვავები, მაგრამ ეს ყველაფერი ჯერ მხოლოდ შორეული პერსპექტივაა. დღეისათვის კი ყველაზე რეალურ გზად ნეიტრალიზატორების გამოყენება ითვლება, რომლის გამოყენება დაიწყო 1970-1975 წლებში მსოფლიოს მოწინავე ქვეყნებში. ესაა აპარატი, რომელიც გამონაბოლქვ აირებს ასუფთავებს მასში შემავალი ოქსიდებისაგან და ორგანული ნაერთებისაგან მათი აღსორცილის გზით. კატალიზატორები ჯერ-ჯერობით მხოლოდ ძვირადღირებული ლითონების (Pt, Pd, Rn) საფუძველზე მზადდება. ეთილირებული ბენზინი ერთჯერადი მოხმარებითაც კი წამლავს ნეიტრალიზატორს, ამიტომ საჭირო გახდა არაეთილირებული ბენზინის წარმოებაზე გადასვლა. აშშ-ს მიერ ჩატარებული ეს ღონისძიება სავსებით გამართლებული აღმოჩნდა. ნეიტრალიზატორების გამოყენებით ავტომანქანების გამონაბოლქვი აირები

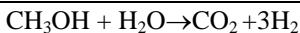
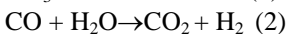
80%-ით სუფთავდება ნახშირბადის მონოოქსიდისაგან, ორგანული ნაერთებისაგან და აზოტის ოქსიდებისაგან. 80-იანი წლების ბოლოს აშშ-ს ევროპის ისეთმა ქვეყნებმაც მიბაძეს, როგორებიცაა: გერმანია, შვეიცარია, საფრანგეთი, ბელგია, ლუქსემბურგი და ნიდერლანდები.

აღსანიშნავია, რომ ნეიტრალიზაციის კონსტრუქციების დასახვეწად მუშაობა საქართველოშიც მიმდინარეობს. ქართველი მეცნიერების აზრით, ძვირადღირებული ლითონური კატალიზატორების შეცვლა იმ ბუნებრივი ცეოლითებითაა შესაძლებელი, რომლებიც ჩვენთან მოიპოვება. პარალელურად, მეცნიერები აგრძელებენ არატოქსიკური, ეფექტური ანტიდეტონატორების ძიებასაც.

საწვავის ალტერნატიული სახეებიდან განსაკუთრებით აღსანიშნავია სპირტები, მეთანოლი, ეთანოლი, წყალბადი, რომელიც შეიძლება გამოყენებულ იქნას არა მარტო როგორც დანამატი საწვავზე, არამედ სუფთა სახითაც. მათი დადებითი მხარეა მაღალი დეტონაციური მდგრადობა და მარგი ქმედების მაღალი კოეფიციენტი, უარყოფითი - შედარებით მცირე გარბენი შორის და საწვავის მეტი ხარჯი.

**წყალბადი** წარმოადგენს მომავლის ერთ-ერთ ყველაზე რეალურ საწვავს ავტომანქანებისათვის. წყალბადის ეკოლოგიური უპირატესობები დამტკიცებულია სხვადასხვა გამოცდების სახით. მაგალითად, ფირმა “ჯენერალ მოტორსმა” 63 ექსპერიმენტალური ავტომანქანის გამოცდის დროს, რომლებიც მუშაობენ საწვავის სხვადასხვა სახეებზე, გამოავლინა, რომ წყალბადზე მომუშავე “ფოლქსვაგენის” გამონაბოლქვი გაზები გაცილებით ნაკლებად მავნე იყო, ვიდრე ძრავის მიერ გამონაბოლქვი ჰაერი. ავტომობილი რომელშიც გამოყენებული იქნება წყალბადი საწვავად, ეფექტურობა მდგომარეობს შეკუმშვის ხარისხის შემცირებაში, აირის გამანწილებელი ფაზის შეცვლაში. წყალბადის საწვავის სახით გამოყენებისას უარყოფითი მხარე ის არის, რომ წყალბადი ბევრად ძვირია ბენზინზე. ძირითადად ის მოიპოვება ბუნებრივი აირისაგან, იშვიათად ნავთობისაგან. მნიშვნელოვანია წყალბადის მიღება მეთანოლის ორთქლის კონვერსიის შედეგად. ამ გზით მიღებული წყალბადი შეიძლება გამოყენებულ იქნას ტექნიკის იმ დარგში, სადაც აუცილებე-

ლია წყალბადის გენერატორები. მეთანოლის კონვერსიის რეაქცია წყლის ორთქლით მიდის 2 საფეხურად:



I სტადია არის მეთანოლის სინთეზის საპირისპირო რეაქცია წყლის ორთქლის მონაწილეობით, რომელიც კონვერსირდება II სტადიაზე  $\text{CO}_2$  – დან. ჩამორეცხვის შედეგად რჩება წყალბადი.

უკვე არსებობს სამრეწველო დანადგარები, რომლებიც მუშაობენ ასეთი ხერხით.

სტოკჰოლმის კონვენციის თანახმად „მდგრადი ორგანული დამბინძურებლების” შესახებ (საქართველოში ძალაშია საქართველოს პარლამენტის 2006 წლის 11 აპრილის №2842-ის დადგენილების თანახმად) კონვენციის მხარეები აღიარებენ, რომ მდგრად ორგანულ დამბინძურებლებს აქვთ ტოქსიკური თვისებები, ამჟღავნებენ მდგრადობას დაშლის მიმართ, ახასიათებთ ბიოაკუმულაცია და არიან ტრანსსასაზღვრო გადატანის ობიექტები ჰაერით, წყლით და მიგრირებადი სახეობების მეშვეობით, აგრეთვე ილექებიან მათი გაფრქვევის წყაროდან შორ მანძილზე და გროვდებიან ხმელეთისა და წყლის ეკოსისტემაში. კონვენციის მიზანია ადამიანის ჯანმრთელობისა და გარემოს დაცვა მდგრადი ორგანული დამბინძურებლებისაგან, გარემოსა და განვითარების შესახებ რიო-დეჟანეიროს მე-15 პრინციპში აღნიშნული უსაფრთხოების ზომების მიღების პრინციპის გათვალისწინებით. კონვენციის თითოეული მხარე კრძალავს ან იღებს სამართლებრივ და ადმინისტრაციულ ზომებს, რომლებიც აუცილებელია რათა აღიკვეთოს:

1. მის მიერ დანართში ჩამოთვლილი ქიმიური ნივთიერებების წარმოება-გამოყენება ამ დანართების დებულების შესაბამისად;
2. მის მიერ დანართში ჩამოთვლილი ქიმიური ნივთიერებების იმპორტი და ექსპორტი მე-2 პუნქტის დებულებათა შესაბამისად.

XXI საუკუნის დასაწყისისათვის შიგა წვის ძრავა რჩება ავტომობილის ძირითად მამოძრავებელ ძალად. ამასთან დაკავშირებით საავტომობილო ტრანსპორტის ენერგეტიკული პრობლემების გადაწყვეტის ერთ-ერთ ძირითად გზას წარმოადგენს

საწვავის ალტერნატიული სახეების გამოძებნა. ავტომობილების საწვავად შედარებით დიდ მასშტაბებით შეიძლება გამოყენებული იქნას ნავთობის შემცველები – მეთანოლი, ეთანოლი და სინთეტიკური საწვავები, რომლებიც ნახშირისაგან მიიღება.

## ელექტრული რკინიგზა და ეკოლოგია

დღეისათვის არსებული ელექტრომაველების და ელექტრომატარებლების პარკი მთლიანად დაკომპლექტებულია მართვის ასწლიანი ისტორიის კონტაქტურ-რეოსტატული რეგულირების სისტემის მქონე ერთეულებით, რის გამოც მატარებელთა წევახე დახარჯული ენერჯის ზემოთ ნაჩვენები 34% ფუჭად იკარგება ასამუშავებელ რეოსტატებში, მაშინ როდესაც საქართველო იმყოფება ენერგეტიკულ კრიზისში.

ენერგოეფექტიანობა, მცირენახშირბადიანი საწვავისა და ახალი ტექნოლოგიების – ჰიბრიდულის, ენერგოუჯრედის და ა.შ. გამოყენება მნიშვნელოვანი საკითხებია როგორც მოკლე, ასევე გრძელვადიანი ეკონომიკური და გარემოს დაცვითი მიზნებისათვის.

დღეისათვის საქართველოს რკინიგზაზე სამგზავრო მომსახურება ხორციელდება საბჭოთა კავშირის დროინდელი სქემით და მატერიალური საშუალებებით, რაც ექსპლოატაციაში განაპირობებს გაუმართლებელ დამატებით ხარჯებს. ამიტომ დიდი მნიშვნელობა ენიჭება ელექტრულ ლოკომოტივებში ერთის მხრივ, ენერგოდამზოგავ თანამედროვე მართვის დისკრეტული სისტემების დანერგვას, ხოლო მეორეს მხრივ სამგზავრო მომსახურების სწორ ორგანიზაციას. ამ მხრივ, მნიშვნელოვანია სტუ-ს სამეცნიერო ჯგუფის მიერ შესრულებული სამეცნიერ ნაშრომი, რომელიც გულისხმობს კონტაქტორულ-რეოსტატული მართვის სისტემით აღჭურვილი 2 ელექტრომატარებლების მართვის თანამედროვე, ეფექტური და ეკონომიური, დისკრეტული რეგულირების ელექტრული აღჭურვა, სისტემის მოდერნიზება და შიგარესპუბლიკურ სარკინიგზო ხაზებზე ტრადიციული ელექტრომაველური წვეის სამგზავრო მატარებ-

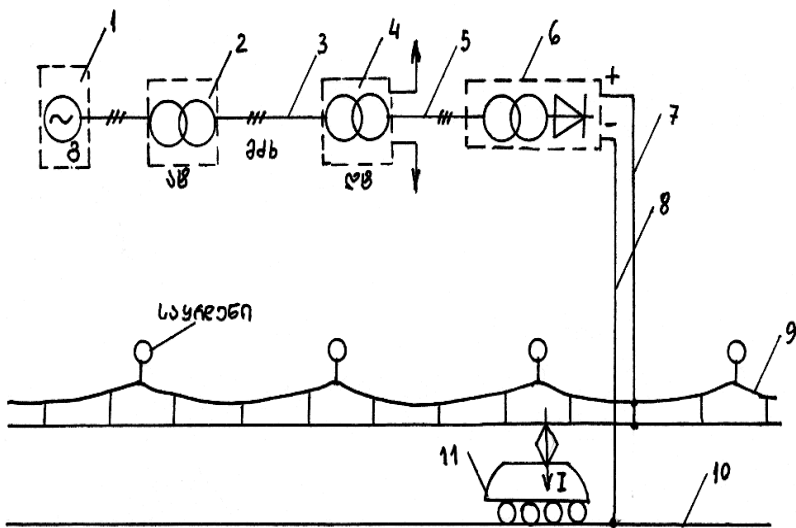


ლების მოდერნიზებული ელექტრომატარებლებით ჩანაცვლებას.

იმის გათვალისწინებით, რომ საქართველო აქტიურად ჩართულია „trasekas“-ს პროგრამის რეალურ განხორციელებაში, უახლოეს დროში იგეგმება რკინიგზის თურქეთის მიმართულებით ახალქალაქი-ყარსის მაგისტრალის ექსპლოატაციაში შეყვანა, რაც მნიშვნელოვნად გაზრდის როგორც სატვირთო, ასევე სამგზავრო მომსახურების მოცულობებს, და გარდაუვლად დააყენებს დღის წესრიგში ელექტროენერჯის დამზოგავი დონისძიებების ფართოდ გატარების აუცილებლობას. საჭიროა ისეთი ელექტროამძრავების დანერგვა, რომლებსაც ექნებათ ენერჯის მინიმალური დანაკარგები. სტუის ტექნიკის სამეცნიერო ჯგუფის მიერ ჩატარებულმა ტექნიკურ-ეკონომიკურმა გათვლებმა უჩვენა, რომ მუდმივი დენის მოძრავ შემადგენლობაზე სიჩქარის რეგულირების რეოსტატული სისტემის ნაცვლად, მდოვრე რეგულირების სტატიური ტირისტორული გარდამქმნელების სისტემის დანერგვით, შესაძლებელია ელექტროენერჯის ხარჯი შემცირდეს დაახლოებით 34%-ით.

ნახაზი 1.

ელექტროფიცირებული რკინიგზის ფუნქციური სქემა



1. ელექტროსადგური გ. სინქრონული გენერატორი
2. ამამაღლებელი ტრანსფორმატული ქვესადგური
3. მაღალი ძაბვის ხაზი
4. დამადაბლებელი სატრანსფორმატორო ქვესადგური
5. გადაძვეში ხაზი
6. წვეის ქვესადგური
7. მომჭერი
8. გამწოვი ხაზი
9. საკონტაქტო სადენი
10. საკონტაქტო რელსი
11. ელექტრომოძრავი შემადგენლობა

ელექტრულ ენერგიას ელექტროსადგურებზე გამოიმუშავებს სინქრონული გენერატორები – რომელშიც გენერირდება სამრეწველო სიხშირის სამფაზა ცვლად დენი, ძაბვით 6, 10,5 ან 15 კვტ. ელექტროსადგურები შეიძლება იყოს თბო და ჰიდრო. თბოელექტროსადგურებში სათბობის (ნახშირი, გაზი, ტორფი) ენერგია აღუღებს წყალს და ორთქლი დიდი წნევით აბრუნებს ორთქლის ტურბინებს, რომელიც აბრუნებს სინქრონული გენერატორის როტორს. ჰიდროელექტროსადგურებში დიდი წნევის და მასის წყალი აბრუნებს ჰიდროტურბინას, ეს უკანასკნელი კი სინქრონული გენერატორის როტორს. გამომუშავებული ელექტროენერგია მიეწოდება ამამაღლებელ (ატ) ტრანსფორმატორულ ქვესადგურებს, სადაც ძაბვა ამალდება 35, 110, 220, 380 და 500 კვტ-მდე და მაღალი ძაბვის ხაზით (მძხ) გადაეცემა შორ მანძილზე, შემდეგ დამადაბლებელი სატრანსფორმატორო ქვესადგურით, დადაბლება – 10,35,110 კვტ და გადანაწილდება სხვადასხვა მომხმარებლებზე, მათ შორის გადამცემი ხაზით მიეწოდება წვეის ქვესადგურს. თუ რკინიგზა ელექტროფიცირებულია მუდმივ დენზე, წვეის ქვესადგურზე მოთავსდება დამადაბლებელი წვეის ტრანსფორმატორი, რომელიც ძაბვას დაწვეს 3 კვტ და კაუბადის გარდამსახები, რომელიც გამართავს ცვლად დენს და მიაწოდებს წვეის ქსელს. ქვესადგურის „+“ მომჭერი მკვებავი ხაზით დენს აწოდებს საკონტაქტო სადენს, ხოლო „-“ მომჭერი გამწოვი ხაზით უერთდება საკონტაქტო რელსს. საკონტაქტო ხაზიდან დენი დენმიმღებით მიეწოდება ელექტრომოძრავ შემადგენლობას – ელექტრომაგალს ან ელექტრომატარებელს.

## ეკოლოგიურად სუფთა თანამედროვე ტრანსპორტი

თანამედროვე ტრანსპორტი გულისხმობს აბსოლუტურ უხმაურობას, უვიბრაციობას, სილამაზეს, ეკოლოგიურ სისუფთავეს. საქართველოს მთავრობა მსოფლიოში პირველი ქვეყანაა, რომელიც იღებს ვალდებულებას, რომ 4 წელიწადში სახელმწიფოს მფლობელობაში მყოფი მთელი სატრანსპორტო პარკი შეიცვლება ელექტრო, ან ჰიბრიდული ტრანსპორტით.

პარიზის ტრამვაი



მარსელის ტრამვაი



უცხოელი ინჟინრების მიერ შექმნილი იქნა უნიკალური ვაგონების და რელსების დაგების და საკონტაქტო სადენის გაბმის ტექნოლოგიები, რამაც ტრამვაი საზოგადოებრივი ტრანსპორტიდან ერთ-ერთი ყველაზე საუკეთესო გახადა.

## ეკოლოგიური სამართალი

საქართველოს კანონი ატმოსფერული ჰაერის დაცვის შესახებ ძალაში შევიდა 2000 წლის 1 იანვარს (ბოლო ცვლილებები ძალაში შესულია 2008 წლის 1 იანვრიდან). “ატმოსფერული ჰაერის დაცვის შესახებ” კანონის მიზანია საქართველოს ტერიტორიაზე ატმოსფერული ჰაერის დაცვა ადამიანის ზემოქმედებისაგან. მოცემული კანონი არ არეგულირებს ჰაერის ხარისხის დაცვას სამუშაო ადგილზე. ატმოსფერული ჰაერის დაცვის სახელმწიფო ორგანოების უფლებამოსილებათა სფერო უპირველეს ყოვლისა, მოიცავს:

- ა) გარემოს მონიტორინგის (დაკვირვების) სისტემის შემუშავებას;
- ბ) საერთო სამოქმედო კურსებისა და სტრატეგიების შემუშავებასა და განხორციელებას;
- გ) ატმოსფერული ჰაერის დაბინძურებაზე კონტროლის ერთიანი სისტემის შემუშავებას.

ადამიანის მხრიდან უარყოფითი ზემოქმედების სახეებში შედის:

- დამაბინძურებელი ნივთიერებების შეტანა ატმოსფერულ ჰაერში;
- რადიაქტიული ზემოქმედება ატმოსფერულ ჰაერზე;
- ატმოსფერული ჰაერის დაბინძურება მიკროორგანიზმებით და მიკრობული ტოქსინებით;
- ხმაურის, ვიბრაციის, ელექტრომაგნიტური ველისა და სხვათა ფიზიკური ზემოქმედება გარემოზე.

დაბინძურების შემდეგი სახეები განიმარტება, როგორც ატმოსფერული ჰაერის დაბინძურება:

- დამაბინძურებელი ნივთიერებების გაფრქვევა ატმოსფერულ ჰაერში დაბინძურების სტაციონარული წყაროდან;
- დამაბინძურებელი ნივთიერებების გაფრქვევა ატმოსფერულ ჰაერში დაბინძურების მოძრავი წყაროებიდან;
- დამაბინძურებელი ნივთიერებების გაფრქვევა ატმოსფერულ ჰაერში დაბინძურების არაწერტილოვანი წყაროებიდან.

29<sup>1</sup> მუხლის თანახმად, დაბინძურების სტაციონარული წყაროებიდან ჰაერის დამაბინძურებელი ნივთიერებების გაფრქვევაზე ფიზიკურმა თუ იურიდიულმა პირმა უნდა ჩაატაროს სავალდებულო ინვენტარიზაცია. სპეციალური ინვენტარიზაციის ანგარიში დგება ატმოსფერული ჰაერის დაბინძურების ყოველი კონკრეტული წყაროსთვის და კონკრეტული სახის დამაბინძურებელი ნივთიერებისათვის ცალ-ცალკე 5 წლის ვადით. პროექტის მომზადებისას საჭიროა მომზადდეს გამონაბოლქვზე (ასეთის არსებობის შემთხვევაში) სრული ინვენტარიზაცია. უნდა იქნეს ჩატარებული და უნდა განისაზღვროს ატმოსფერულ ჰაერში დაბინძურების სტაციონარული წყაროდან გამოყოფილი მავნე ნივთიერებების ზღვრულად დასაშვები ნორმები ან დროებით შეთანხმებული დასაშვები ნორმები. ზღვრულად დასაშვები ნორმები არის დაბინძურების სტაციონარული წყაროდან გამოყოფილი ჰაერის დამაბინძურებლის დასაშვები რაოდენობა. დაბინძურების სტაციონარული წყაროდან გამოყოფილი მავნე ნივთიერებების ზღვრულად დასაშვები ნორმები მტკიცდება 5 წლის ვადით ატმოსფერული ჰაერის დაბინძურების ყოველი კონკრეტული წყაროსთვის და დამაბინძურებელი ნივთიერების ყოველი კონკრეტული სახისთვის. დაბინძურების სტაციონარული წყაროებიდან გამონაბოლქვის ნებართვის აღების პროცედურა მოიცავს:

- გამონაბოლქვის თვით-მონიტორინგს;
- გამონაბოლქვის რეგისტრაციის სახელმწიფო სისტემას. დაბინძურების სტაციონარული წყაროებიდან გამოყოფილი დამაბინძურებელი ნივთიერებების თვით-მონიტორინგი ნიშნავს, რომ საქმიანობის სუბიექტი (ოპერატორი) ვალდებულია ჩაატაროს დაბინძურების სტაციონარული წყაროებიდან გამოყოფილი დამაბინძურებელი ნივთიერებების სათანადო თვით-მონიტორინგი. აღნიშნულში შედის:
  - გამონაბოლქვის გაზომვა (შეფასება);
  - გამონაბოლქვის აღრიცხვა (რეგისტრაცია);
  - გამონაბოლქვის შესახებ ანგარიშის წარდგენა.

გამონაბოლქვის რეგისტრაციის სახელმწიფო სისტემა არის გამონაბოლქვის შესახებ ანგარიშგების დოკუმენტაციის შეგროვების, დამუშავებისა და ანალიზის სისტემა. გამო-

ნაბოლქვის სახელმწიფო რეგისტრაცია შედის საქართველოს გარემოს დაცვისა და ბუნებრივი რესურსების სამინისტროს ფუნქციებში.

**საქართველოს კანონი “ატმოსფერული ჰაერის შესახებ”** არეგულირებს საქართველოს მთელ ტერიტორიაზე ატმოსფერული ჰაერის დაცვის საკითხებს ანთროპოგენული ზემოქმედებებისაგან. აღნიშნულ კანონთან დაკავშირებით 2008 წლის 1 იანვრიდან ძალაში შევიდა საქართველოს კანონი “ატმოსფერული ჰაერის დაცვის შესახებ” საქართველოს კანონში ცვლილებებისა და დამატებების შეტანის თაობაზე, რომლის შედეგადაც დაიხვეწა მთელი რიგი საკითხები, რომლებიც ჩამოყალიბებული იყო 30-ე, 36-ე, 45-ე, 48-ე, 50-ე მუხლებში.

## ნორმატიული ბაზა

ატმოსფერული ჰაერის დაცვის საკითხები რეგულირდება „ატმოსფერული ჰაერის დაცვის შესახებ“ საქართველოს კანონით და მისი მოთხოვნებიდან გამომდინარე მიღებული 15 კანონქვემდებარე ნორმატიული აქტით.

ატმოსფერული ჰაერის დაბინძურებისგან დაცვის მიზნით საქართველოს კანონმდებლობით დადგენილია მავნე ნივთიერებების ზღვრულად დასაშვები კონცენტრაცია (ზდკ), რომელთა მნიშვნელობები ჯანდაცვის მსოფლიო ორგანიზაციის და ევროგაერთიანების შესაბამის ნორმების მნიშვნელობებთან ერთად წარმოდგენილია ცხრილში 17. ითვლება, რომ თუკი ჰაერში დამბინძურებელი ნივთიერების კონცენტრაცია მითითებულ ნორმებზე დაბალია, დაბინძურება არ წარმოადგენს საშიშროებას ადამიანის ჯანმრთელობისთვის ხანგრძლივი (თუნდაც მთელი სიცოცხლის მანძილზე) ზემოქმედების პერიოდშიც კი. ატმოსფერულ ჰაერში მავნე ნივთიერებათა ზღვრულად დასაშვები კონცენტრაციების საფუძველზე ხდება ატმოსფეროს დამბინძურებელი საწარმოებისთვის გაფრქვევათა ნორმების გაანგარიშება და დადგენა. სანებართვო საქმიანობას დაქვემდებარებულ დამბინძურებელ საწარმოებს ასეთი ნორმები უდგინდებათ ინდივიდუალურად გარემოსდაცვითი ნებართვის აღებისას,

ხოლო დანარჩენი საწარმოებისთვის, ასევე ავტომობილებისთვის გაფრქვევების ნორმირება დგინდება შესაბამისი ტექნიკური რეგლამენტების საშუალებით. ბენზინისა და დიზელის საწვავში სხვადასხვა მანვნი მინარევის შემცველობა (მაგალითად, ტყვიის შემცველობა ბენზინში, გოგირდის შემცველობა დიზელში და ა.შ.) რეგულირდება საქართველოს მთავრობის დადგენილებით.

**ცხრილი 18.**

**ატმოსფერულ ჰაერში მანვნი ნივთიერებათა ზღვრულად დასაშვები კონცენტრაციები**

მანვნი ნივთიერების დასახელება	ზღვრულად დასაშვები კონცენტრაცია (ზღვ) მკ/მ3			კონცენტრაციის გასაშუალოების პერიოდი
	ეროვნული კანონმდებლობის მიხედვით	ჯანდაცვის მსოფლიო ორგანიზაც. რეკომენდაცია	ევროგაერთიანების კანონმდებლობის მიხედვით	
2.5 მიკრონზე მცირე მყარი ნაწილაკები	-	0,01	0,025	წელიწადი
	-	0,025	-	დღე-ღამე
10 მიკრონზე მცირე მყარი ნაწილაკები	-	0,02	0,04	წელიწადი
	-	0,05	0,05	დღე-ღამე
მყარი ნაწილაკები	0,5	-	-	30 წუთი
	0,15	0,12	-	დღე-ღამე
აზოტის ორჟანგი	-	0,2	0,2	1 სთ
	-	0,04	0,04	წელიწადი
	0,4	-	-	დღე-ღამე
	0,085	-	-	30 წუთი
გოგირდის ორჟანგი	-	0,5	-	10 წთ
	-	-	0,35	1 სთ
	-	0,05	-	წელიწადი
	0,05	0,02	0,125	დღე-ღამე
	0,5	-	-	30 წუთი
ნახშირჟანგი	-	100	-	10 წთ
	-	10	1-	8 სთ
	-	30	-	1 სთ
	5	60	-	30 წთ
	3	-	-	დღე-ღამე
ტყვიის ნაერთები	-	0,0005	0,0005	წელიწადი
	0,0003	-	-	დღე-ღამე
	0,001	-	-	30 წუთი
მიწისპირა ოზონი	-	0,12	0,12	8 სთ
	0,03	-	დღე	ღამე
	0,16	-	-	30 წთ



ატმოსფერულ ჰაერში მავნე ნივთიერებათა ზღვრულად დასაშვები კონცენტრაციის ნორმა (ზდკ) წარმოადგენს ატმოსფერულ ჰაერში მავნე ნივთიერებათა მაქსიმალურ კონცენტრაციას დროის გარკვეული გასაშუალოებული პერიოდისთვის. ზდკ-ს მნიშვნელობები, სახეობები და ჩამონათვალი განისაზღვრება საქართველოს შრომის, ჯანმრთელობისა და სოციალური დაცვის მინისტრის 2003 წლის 24 თებერვლის №38/ნ ბრძანებით „გარემოს ხარისხობრივი მდგომარეობის ნორმების დამტკიცების შესახებ“ და საქართველოს შრომის, ჯანმრთელობისა და სოციალური დაცვის მინისტრის 2001 წლის 16 აგვისტოს №297/ნ ბრძანებაში დამატებების შეტანის თაობაზე.

საქართველოში ატმოსფერული ჰაერის ხარისხზე დაკვირვებისას ძირითადი დამბინძურებელი ნივთიერებები იზომება:

- მაქსიმალური ერთჯერადი კონცენტრაცია (გაზომილი 20-30 წთ-იანი ხანგრძლივობით, მგ/მ<sup>3</sup>);
- საშუალო კონცენტრაციები დღე-ღამური და წლიური (მგ/მ<sup>3</sup>) ჰაერის ხარისხი გაზომილი კონცენტრაციების დადგენილ ნორმებთან შედარებით ფასდება. კერძოდ, საშუალო თვიური და საშუალო წლიური კონცენტრაციების მნიშვნელობა, დადგენილი ფაქტობრივი გაზომვების შედეგად, ჩვეულებრივ საშუალო დღე-ღამური კონცენტრაციის ზდკ-ს ედრება, ხოლო 20 წუთიანი ხანგრძლივობით გაზომილი კონცენტრაციები 30 წუთიანი საშუალო კონცენტრაციების ზდკ-ს (ე.წ. ერთჯერად მაქსიმალურ ზდკ-ს).

ჰაერის ხარისხის სახელმწიფო მონიტორინგს აწარმოებს სამინისტროს გარემოს ეროვნული სააგენტო. ჰაერის დაბინძურებაზე დაკვირვება ამჟამად მიმდინარეობს ქვეყნის მხოლოდ ოთხ ქალაქში: თბილისში, ქუთაისში, ზესტაფონსა და ბათუმში. ოთხივე ქალაქში ფუნქციონირებს ჰაერის დაბინძურებაზე დაკვირვების თითო სადგური, რაც მთლიანად ქალაქის ჰაერის ხარისხზე სრულყოფილი დასკვნის გაკეთების საშუალებას არ იძლევა. 2009 წლის ბოლოს მონიტორინგის ქსელს 3 ახალი სადგური დაემატა, ორი თბილისში და ერთი რუსთავში.

ჰაერის ხარისხის გაზომვა წარმოებს დღე-ღამეში სამჯერ, სამუშაო დღეებში. თბილისში განისაზღვრება შემდეგი დამბინძურებელი ნივთიერებები: მტვერი, ნახშირჟანგი, გოგირდისა

და აზოტის ჟანგეულები, ტყვია, (თვეში ერთხელ, საშუალო თვიური კონცენტრაცია) ხოლო 2010 წლიდან დაიწყო მიწისპირა ოზონის კონცენტრაციის გაზომვა; ქუთაისში – მტვერი, გოგირდის ორჟანგი, აზოტის ჟანგი და ორჟანგი; ბათუმში – მტვერი, გოგირდისა და აზოტის ორჟანგები, ხოლო ზესტაფონში – მტვერი, გოგირდის, აზოტისა და მანგანუმის ორჟანგები.

10-16 დიაგრამებზე წარმოდგენილია ატმოსფერული ჰაერის მავნე ნივთიერებებით დაბინძურების ცვლილების დინამიკა ბოლო 5 წლის განმავლობაში საქართველოს ქალაქებში (თბილისი, ქუთაისი, ზესტაფონი, ბათუმი) განთავსებული სადამკვირვებლო სადგურების მონაცემების საფუძველზე. რადგან ყოველ ქალაქში ჰაერის გამზომი მხოლოდ ერთი სადგური ფუნქციონირებს, აქ მოყვანილი მონაცემები ასახავს არა მთლიანად ქალაქის, არამედ მისი ერთი კონკრეტული უბნის ჰაერის ხარისხს.

## ატმოსფეროში არსებული ნივთიერებების განსაზღვრა

სამეცნიერო-ტექნიკური პროგრესი (საწარმოო პროცესების შეცვლა, წარმოების მასშტაბების გაზრდა, ტექნოლოგიური პროცესების გართულება, სატრანსპორტო საშუალებების მნიშვნელოვანი გაზრდა) სიკეთესთან ერთად ახდენს უარყოფით გავლენას გარემო პირობებზე.

სანიტარული ნორმების დანერგვამდე იმის მიხედვით სამრეწველო ჩამდინარე წყლებში რა სახის ნივთიერებები შეიძლება იყოს გახსნილი ან შეტივნარებული და რა კონცენტრაციას შეადგენენ ისინი, ირჩევენ გაწმენდის სხვადასხვა მეთოდებს. მეთოდების შერჩევისას გათვალისწინებულია გაწმენდის მეთოდის ეკონომიურობა. დღეისათვის არსებული მეთოდებია: მექანიკური, ქიმიური, ბიოლოგიური, ფიზიკა-ქიმიური, თერმული და სხვა მეთოდები. ჰაერისა და ხსნარების მავნე ნივთიერებებისაგან გასაწმენდად ქიმიკოსები იყენებენ აბსორბციულ, ადსორბციულ და კატალიზურ მეთოდებს. აბსორბციული პროცესის დროს ხდება მავნე ნივთიერებათა მთლიანად გახსნა მშთანთქმელის დახმარებით. ადსორბციის პროცესი ეფუძნება მცირეფორებიანი ნივთიერებების (აქტივირებული ნახშირი, სილიკაგელი, ფოროვანი მინა, ცეოლითები) შთანთქმას გახსნილ და გაზობრივ მდგომარეობაში მყოფი ნივთიერებებისაგან. კალციუმის სულფატი ( $\text{CaSO}_4$ ) გამოიყენება გოგირდმჟავას წარმოებასა და მშენებლობაში. კირი ( $\text{CaO}$ ) გამოიყენება გოგირდის ჟანგის ( $\text{SO}_2$  - ის) შთანთქმისათვის და იხმარება თბოელექტროსადგურებში. გოგირდის ოქსიდისაგან ატმოსფეროს დასაცავად შექმნილია შეკრული ციკლი კალიუმის კარბონატისა, რომელსაც ხმარობენ მაგნიტოჰიდროდინამიკურ ელექტროსადგურებში. კატალიზური მეთოდები ეფუძნება მავნე აირადი ნივთიერებების გაუვნებელყოფის დაჩქარებას.

**რკინის განსაზღვრა.** რკინა შეუცვლელია სისხლის წარმოქმნისა და უჯრედშიდა ცვლის პროცესებში. რკინის დაახლოებით 55% შედის ერთროციტების ჰემოგლობინის შემადგენლობაში, დაახლოებით 24% მონაწილეობს მიოგლობინის წარმოქმნაში, ხოლო 2% გადაინახება სათადარიგოდ ღვიძლსა და ელენთაში. თანამედროვე სამედიცინო პრაქტიკაში სარგებლობენ პრეპარა-

ტებით, რომლებიც ორ- და სამვალენტო რკინის ნაერთები-საგანაა დამზადებული და რომლებიც ორგანულ და არაორგანულ მჟავებთან ერთად წარმოქმნიან მარილებს. ცილებთან რკინა წარმოქმნის ალბუმინატებს, რაც ხელს უწყობს რკინის უკეთესად შეწოვას.

რკინა ბუნებაში ალუმინის შემდეგ ყველაზე გავრცელებული ლითონია. რკინა პრიალა ვერცხლისფერ-თეთრი პლასტიკური ლითონია, რომელიც ადვილად მუშავდება. თავისუფალ მდგომარეობაში ის გვხვდება ფერიტის სახით. რკინა გავრცელებულია უმთავრესად მინერალების (მაგნეტიტი, მაგნიტური რკინა –  $Fe_3O_4$  შეცავს 72,4% რკინას; გემატიტი, რკინის პროლა –  $Fe_2O_3$  შეიცავს 70% რკინას; ჰიდროგეტიტი, ლიმონიტი  $HFeO_2$  შეიცავს რკინას 62%-ს; სილიკატური რკინის საბადოები 25-40% რკინის შემცველობით; ასევე კოსმიური წარმოშობის რკინა მეტეორიტების სახით. რკინის მიღება სუფთა სახით ხდება ელექტროლიზით წყალხსნარებში, თერმული დაშლით ვაკუუმში. რკინა და მისი შენადნობები (ფოლადი, თუჯი) ფართოდ გამოიყენება. რკინა და მისი ნაერთები მიეკუთვნება ტოქსიკურ ნაერთთა ჯგუფს. რკინის (II) ქლორიდი დასაშვებია ორგანიზმისათვის 0,9 მგ/ლ-ზე, რკინის (II) ჰიდროქსიდი 2,6 მგ/ლ-ზე, რკინის (III) სულფატი 125 მგ/ლ და ა.შ. დიდი რაოდენობით რკინის ნაერთების მოხვედრა ორგანიზმში იწვევს პარალიზს და სიკვდილს. ამერიკელ მეცნიერთა მტკიცებით რკინის შემცველობის წამლებით ყოველწლიურად იწამლება 2000 ბავშვი. რკინაზე მომუშავე ადამიანების დღე-ღამური დოზაა 11-30 მგ, მათი მიღება ხდება კვების პროდუქტებიდან ჰაერიდან. რკინის ნაერთების დიდი რაოდენობით მიღების შემთხვევაში საჭიროა ნორმატიული მონაცემების დაცვა და უსაფრთხოების ნორმების უზრუნველყოფა. ორგანიზმში მოხვედრისთანავე აუცილებელია 3-4 კვირცხის გახსნა რძეში და მიღება, რაც გამოიწვევს ღებინებას და კუჭის ამორეცხვას.

რკინის (II) ნაერთის შემადგენლობის განსაზღვრისათვის ლაბორატორიაში სულფოსალიცილის მჟავასთან ამიაკის ხსნარში 8-10 pH-ის პირობებში ყვითელი კომპლექსური ნაერთის წარმოქმნაა დამახასიათებელი. (III) რკინის შემადგენლობას საზღვრავენ იმავე ნაერთებით, ოღონდ დაბალი pH-ით

(pH=2-4) წითელ-იისფერი კომპლექსური მარილის წარმოქმნით, რომელიც მდგრადობას ინარჩუნებს რამდენიმე საათი.

**ტყვიის განსაზღვრა.** ტყვია მძიმე ლითონია, ლღვება  $32,7^{\circ}\text{C}$ -ზე, პლასტიკურია, გამოიყენება გოგირდმჟავას წარმოებაში. ტყვიის ბელილას იყენებენ გემების მხოლოდ გარეგანი ნაწილის შესადებად, რადგან ის ძალიან ტოქსიკურია. ტყვია გამოიყენება ელექტროსაკაბელო მრეწველობაში, კოროზიისაგან დასაცავად. ტყვია ხასიათდება მაღალი გამტარიანობით და ამის გამო გამოიყენება სამეცნიერო კვლევებისათვის. დიდი რაოდენობით გამოიყენება ტყვია ტრანსპორტის წარმოებაში როგორც ანტიდეტონატორი, ტეტრაეთილტყვიის  $\text{PPb}(\text{C}_2\text{H}_5)_4$  სახით, ის წარმოადგენს უფერო სითხეს, რომელიც ემატება ბენზინს ოქტანური რიცხვის გასაზრდელად. გამოიყენება ტოპოგრაფიაში, მინის მრეწველობაში, მედიცინაში დიაგნოსტიკასა და რენტგენოთერაპიაში. 15-20 სმ სისქის ტყვია იცავს ორგანიზმს რადიაციული გამოსხივებისაგან.

ტყვიის განსაზღვრა სასმელ და ზედაპირულ წყლებში ხდება ფოტომეტრიული მეთოდებით, რომელიც ემყარება დიტიზონისა და დიეთილდიტიოკარბამინატ ნატრიუმის რეაქციას. ნიმუშს აკონსერვებენ 3 მლ აზოტმჟავას დამატებით ან 2 მლ ყინულოვანი ძმარმჟავით 1 ლ ნიმუშზე. შედეგების გამოსახვა ხდება მგ-ში 1 ლ წყალზე.

**ჟანგბადის განსაზღვრა.** ფოტოსინთეზის შედეგად ყოველწლიურად  $1,5-2,5 \cdot 10^{11}$  ჟანგბადი რეგენირდება. ჟანგბადი აღმოჩენილ იქნა XVIII საუკუნის მე-2 ნახევარში შეელესა და პრესტლის მიერ. ლავუაზიემ ჟანგბადს უწოდა “სასიცოცხლო აირი”. ჯონ პრისტლიმ პირველმა განახორციელა ჟანგბადის გამოყენება მედიცინაში, მრეწველობაში. ჟანგბადი ერთ-ერთი ძლიერი დამჟანგველია. სარაკეტო ძრავებისათვის რაკეტის ამოქმედებისათვის აუცილებელია თხევადი ჟანგბადის ბალონები. ჟანგბადის ძირითადი მომხმარებელი არის თბოენერგეტიკა. 1 ტონა სათბობის დასაწვავად 3-4 ტ ჟანგბადია საჭირო.

ჟანგბადის მიღების მრავალი ლაბორატორიული მეთოდი არსებობს: ვერცხლისწყლის ჟანგისაგან, გვარჯილისაგან, აზოტმჟავასაგან, პიროლუზიტისაგან. ის მიიღება ჰაერის დაყოფით ჟანგბადად და აზოტად გაციების საშუალებით  $-196^{\circ}\text{C}$ -ზე. ჟანგბადის მიღების ტექნოლოგიის შემქმნელად ითვლება ცნო-

ბილი საბჭოთა მეცნიერი კაპიცა. მისი ხელმძღვანელობით აშენდა ჟანგბადის მისაღები ტურბო-ჟანგბადური დანადგარი, რომელიც აწარმოებდა საათში 200 კგ ჟანგბადს.

ჰაერში ჟანგბადის რაოდენობის განსაზღვრა ხდება ფიზიკურ-ქიმიური კვლევის მეთოდებით მათ შორის ერთ-ერთია ფოტომეტრიული მეთოდი, რომელიც დაფუძნებულია (VI) ქრომის მჟავე არეში დაჟანგვის მეთოდზე, სადაც გაზომვა ხდება მწვანე შეფერილობის (III) ქრომის წარმოქმნისას და გაცივებისას.

## გამოყენებული ლიტერატურა

1. რამახ გახოკიძე, “გზა ხსნისა”, თბილისის უნივერსიტეტის გამომცემლობა. თბილისი, 1991
2. თენგიზ მაღლაკელიძე, „ელექტრული რკინიგზების ელექტრომომარაგება“. დეკციების კონსპექტი. ტექნიკური უნივერსიტეტი, თბილისი, 2011
3. შ. ობოლაძე, “რადიაციული ეკოლოგია”. ქუთაისი, 2005
4. ვ. ფადურაშვილი, “ეკოლოგიური ექსპერტიზის საფუძვლები”, თბილისი, 2004
5. ლალი ტაბატაძე, საკვებ პროდუქტთა ეკოლოგია, თბილისი, 2010
6. მ. გორდეზიანი, გ. კვესიტაძე. “ეკოლოგიის ქიმიური საფუძვლები”. თბილისი, 2000
7. დ. უგრეხელიძე, ს. დურმიშიძე. ბიოსფეროს ქიმიური გაჭუჭყიანება და მცენარე. თბილისი, მეცნიერება, 1980
8. ვ. ხარიტონაშვილი, „საავტომობილო ტრანსპორტი და ეკოლოგიური უსაფრთხოება“. თბილისი, 2006.
9. საქართველოს რკინიგზის წიგნი ღირსებისა. თბილისი, 2002.
10. ნოვაცია – პერიოდული სამეცნიერო ჟურნალი, №4, ქუთაისი, 2009
11. ჯაბა ონიანი, ცოცხალი ბუნების დაცვა. თბილისის უნივერსიტეტის გამომცემლობა, 2003
12. ჟურნალი “გამოიღვიძეთ”. 1996, 22 მარტი.
13. ჯ. იოსებიძე, მ. ხვედელიძე, გ. ლეკიშვილი, ლ. ზურაბიშვილი, გ. აბრამიშვილი. “ავტომობილების ეკოლოგიურობის პლასტიკურ საცხებთა შემზეთი თვისებების გაუმჯობესებით ამადლების შესაძლებლობის გამოკვლევა”, ტრანსპორტი და მანქანათმშენებლობა. №4, საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, 2008
14. Иосебидзе Д. С. Разработка и исследование автомобильных трансмиссионных смазочных материалов на основе высокодисперсного углерода. Научный доклад на соискание ученой степени доктора технических наук. УФА, 1989, 50с.

15. გ. ბიწკინაშვილი, ატმოსფეროს მდგომარეობის ანალიზის და განვითარების პროგნოზირება და კონტროლი. ინტელექტი, №1(21), თბილისი, 2005
16. საქართველოს ბუნებრივი რესურსები და გარემოს დაცვა. სტატისტიკური კრებული, თბილისი, 2002
17. გ. ქაჯაია, “გამოყენებითი ეკოლოგიის საფუძვლები”. თბილისი, 2002
18. И.Р. Голубев, Ю.В. Новиков. “Окружающая среда и транспорт”. М. 1987
19. Я.В. Скорченко “Автомобильные дороги и окружающая среда”. Киев, 1983
20. Автомобильный транспорт и экология М. Транспорт, 1997
21. ვ. ერისთავი და სხვები „გარემოს გაჭუჭყიანების წყაროები და მათი ლიკვიდაციის ტექნიკური ღონისძიებები.“ თბილისი, 1985
22. გ. სუპატაშვილი, გ. ქაჯაია. “გარემო და ადამიანი”, თბილისი, 2001
23. შ. სიღამონიძე, “სინთეზური თხევადი საწვავის ქიმია”. თბილისი, 2000
24. ჯ. იოსებიძე და სხვები. „საავტომობილო საწვავ-სახეთი მასალების გამოყენება და ეკოლოგია“. სტუ-ს გამომცემლობა. 2009
25. მ. ბანძელაძე, „მეცნიერულ-ტექნიკური პროგრესი და გარემოს დაცვა“. ნოვაცია – პერიოდული სამეცნიერო ჟურნალი, №2, ქუთაისი, 2008
26. ა. დევაძე, ნ. გვარიშვილი. ”საავტომობილო ტრანსპორტის გავლენა ქალაქის ეკოლოგიაზე“. მოამბე, საქართველოს სოფლის მეურნეობის მეცნიერებათა აკადემია. თბილისი, 2009
27. Аксенов И. Я., Аксенов В. И. Транспорт и охрана окружающей среды. М. Транспорт, 2006
28. Кудрянцев О.К. Город и транспорт. М. Знание, 1995
29. შ. სამსონია, თ. დოქსოპულო, ი. ჩიკვაძე, თ. ხუჭუა; ნავთობისა და ბუნებრივი აირების ქიმია. თსუ-ს გამომცემლობა, 2009



30. მ. გორდეზიანი, გ. ხატისაშვილი, თ. ვარაზი, მ. ყურაშვილი, მ. ფრუიძე. ქსენობიოქიმიკა ეკოლოგიური ქიმიის საფუძვლებით. თბილისი 2011
31. ლუიზა გოჩიაშვილი/ჯანიაშვილი, ანტარქტიდის ოზონის ხვრელის გამოსახულება. ნოვატორი, 12 ივნისი, 2010
32. <http://www.euro.who.int/document/E86888R.pdf>). გარემოს გავლენა მოსახლეობის ჯანმრთელობაზე, ლუიზა გოჩიაშვილი/ჯანიაშვილი
33. გულნაზ ხუხუა. პედაგოგიკა. სოხუმის სახელმწიფო უნივერსიტეტი, თბილისი, 2009
34. Вернадский В.И. Геохимическая энергия жизни в биосфере. – Избр. Соч. М., 1960, т.5, с. 228-229
35. საქართველოს გარემოს დაცვის მოქმედებათა ეროვნული პროგრამა. თბილისი, 2000, მარტი
36. ნ. მუმლაძე, მ. დემეტრაძე, ბუნებრივი რესურსები და ენერგეტიკის ეკოლოგიური ასპექტები. „ტექნიკური უნივერსიტეტი“. თბილისი, 2009
37. ვ.შველიძე, რ. გახოკიძე, ლ. ტაბატაძე; მზის ენერჯის მეშვეობით წყლიდან წყალბადის მიღების ტექნოლოგია; საქართველოს ქიმიური ჟურნალი; 2009, ტ.9, №4
38. V. Shvelidze, R. Gakhokidze, L. Tabatadze. SOLAR THERMAL COLLECTOR OF A NEW GENERATION AND PERSPECTIVES OF ITS LARGE-SCALE IMPLANTATION. Georgia Chemical Journal. 2009, Vol.9,#4
39. V. Shvelidze, R. Gakhokidze, L. Tabatadze. Elaboration, Research, Manufacture of Operating Model and Testing of Simplified Solar Thermal Collectors in The Read, Natural Conditions. Internation Conference; თბილისი, TSU. 2008,18-19 September
40. V. Shvelidze, R. Gakhokidze, L. Tabatadze. Elaboration and Research of Hydrogen Obtaining Technology From Water by Solar Energy. Internation Conference; თბილისი, TSU. 2008,18-19 September
41. <http://www.railway.ge> თბილისის შემოვლითი რკონიგზის პროექტის ბუნებრივ და სოციალურ გარემოზე ზემოქმედების შეფასება. 2010 წ. იანვარი
42. Смахов А.С. и др. Электрический транспорт. М. Транспорт 2008
43. ა. ჩხაიძე, „გადაზიდვითი პროცესების ორგანიზაცია და მართვა რკინიგზის ტრანსპორტზე“. თბილისი, 2000.

44. ჯონდო სანიკიძე, საქართველოს რკინიგზის ეფექტიანობის ამაღლება სამგზავრო გადაზიდვებში იმპულსური მართვის ელექტრომატარებლების გამოყენებით. დისერტაცია. თბილისი, 2006.

## შემოკლებული სიტყვები

<b>ცნს</b>	ცენტრალური ნერვული სისტემა
<b>ქფნ</b>	ქლორ-ფტორ-ნახშირწყალბადები
<b>ქბნ</b>	ქლორ-ბრომ-ნახშირწყალბადები
<b>ტრიტოლი</b>	ტრინიტროტოლუოლი
<b>პან</b>	პეროქსიაცეტილნიტრატი
<b>დბ</b>	დეციბელი
<b>ზდკ</b>	ზღვრულად დასაშვები კონცენტრაცია
<b>მან</b>	მაღალდისპერსიული ამორფული ნახშირბადი
<b>კრ</b>	კრიტიკული დატვირთვა
<b>BTEX</b>	ბენზოლის, ტოლუოლის, ეთილბენზოლისა და ქსილოლის ნარევის აღმნიშვნელი აბრევიატურა
<b>ტეპ</b>	ტეტრაეთილტყვია
	გარემოს დაცვის საერთაშორისო სააგენტო
<b>მპს</b>	მაღალი ძაბვის ხაზი
<b>აონ</b>	აქროლადი ორგანული ნაერთები
<b>კვტ</b>	კილოვატი. ელექტრული დენის სიმძლავრის საზომი ერთეული, უდრის 1000 ვატს, ანუ 1,36 ცხენის ძალას. 1 კილოვატი=10 <sup>3</sup> ვატი; 1 მეგავატი (მგვტ)=10 <sup>6</sup> ვატი

## შ ი ნ ა ა რ ს ი

<b>შესავალი</b> -----	<b>3</b>
1. ეკოლოგია, როგორც მეცნიერება-----	7
2. მეცნიერულ ტექნიკური პროგრესი და ეკოლოგია-----	12
3. ბუნების სასიცოცხლო მნიშვნელობა-----	15
4. ეკოლოგიური აღზრდა-----	24
5. ეკოლოგიური პრობლემები დედამიწაზე-----	28
6. ტრანსპორტის სახეები საქართველოში-----	45
7. ტრანსპორტის ისტორია-----	51
8. საქართველოს რკინიგზა-----	52
9. გარემოს ანთროპოგენური დამბინძურებლები-----	57
10. ატმოსფერული ჰაერის გაბინძურება ტრანსპორტით-----	67
11. გაჭუჭყიანების რეგისტრაცია და კონტროლი-----	72
12. ატმოსფერულ ჰაერში გაფრქვეული მავნე ნივთიერებები და ზემოქმედების ძირითადი ობიექტები-----	73
13. გარემოს ხმაურით დაბინძურება-----	92
14. რკინიგზის ტრანსპორტით გამოწვეული ხმაურისა და ვიბრაციის ზემოქმედება ატმოსფეროზე-----	98
15. გარემოსდაცვითი სტანდარტები და ნორმატიული აქტები-----	99
16. სარკინიგზო ინფრასტრუქტურის ქიმიური დაბინძურების შეფასება -----	104
17. ავარიები რკინიგზაზე -----	107
18. საქართველოს რკინიგზის უსაფრთხოების წესები -----	110
19. ეკოლოგიური უსაფრთხოების თანამედროვე ასპექტები -----	113
20. საწვავის სახეები -----	115
21. ენერგეტიკული რესურსები და მათი გამოყენების ეკოლოგიური ასპექტები-----	126
22. ალტერნატიული ძრავები-----	132
23. ელექტრული რკინიგზა და ეკოლოგია-----	136
24. ეკოლოგიურად სუფთა თანამედროვე ტრანსპორტი -----	139

25. ეკოლოგიური სამართალი -----	141
26. ნორმატიული ბაზა -----	143
27. ატმოსფეროში არსებული ნივთიერებების განსაზღვრა -----	147
28. გამოყენებული ლიტერატურა -----	151
29. შემოკლებული სიტყვები -----	155
30. შინაარსი -----	156



გამომცემლობა „უნივერსალი“

თბილისი, 0179, ი. ჭავჭავაძის გამზ. 19, : 22 36 09, 8(99) 17 22 30

E-mail: [universal@internet.ge](mailto:universal@internet.ge)