



სახელმძღვანელო გარემოს დაცვის ტექნიკოსისათვის



თბილისი
2016



ციცინო თურქაძე

სახელმძღვანელო გარემოს დაცვის ტექნიკოსისათვის

წინასიტყვაობა

წარმოგიდგენთ პროფესიული სტუდენტისათვის განკუთვნილ საგანმანათლებლო რესურსს „სახელმძღვანელო გარემოს დაცვის ტექნიკოსისათვის“, რომელიც შემუშავებულია გარემოს დაცვის ტექნიკოსის მეოთხე საფეხურის პროფესიული სტანდარტის შესაბამისად.

სახელმძღვანელო განკუთვნილია პროფესიული სტუდენტისათვის და მასში წარმოდგენილია შესასწავლი მოდულების თეორიული და პრაქტიკული საკითხები. ძირითადი შინაარსი კონცენტრირებულია გარემოს კომპონენტების (ჰაერი, წყალი, ნიადაგი) ხარისხის შეფასებაზე, გაჭუჭყიანების დონის განსაზღვრაზე და გარემოს დაცვის ღონისძიებების შესწავლაზე.

სახელმძღვანელოს დანიშნულებაა დაეხმაროს პროფესიული საგანმანათლებლო პროგრამის სტუდენტს მიაღწიოს პროგრამით გათვალისწინებულ სწავლის შედეგებს: სამუშაოს ორგანიზება; ეკოსისტემაში მიმდინარე ძირითადი პროცესების ანალიზი; გარემოსდაცვითი საქმიანობა კანონმდებლობის, შრომის უსაფრთხოების და სანიტარული-ჰიგიენური მოთხოვნების დაცვით; გარემოს დაბინძურების მონიტორინგის და კონტროლის ფიზიკურ-ქიმიური ანალიზის სამუშაოების შესრულება, ქიმიური ექსპერიმენტის ტექნიკის გამოყენებით; სანიტარული ნორმებისა და უსაფრთხოების წესების დაცვით აირმტვერდამჭერების, ჩამდინარე წყლების გამწმენდი ნაგებობისა/ მოწყობილობების მომსახურება.

შესაბამისად, სახელმძღვანელო აგებულია თავებად, რომლებიც წარმოადგენენ სტანდარტით გათვალისწინებულ ძირითად სავალდებულო მოდულებს: ეკოსისტემაში მიმდინარე ძირითადი პროცესების ანალიზი; გარემოსდაცვითი საქმიანობა; გარემოსდაცვითი კანონმდებლობა; გარემოს დაბინძურების მონიტორინგი; ფიზიკურ-ქიმიური ანალიზების სამუშაოების ჩატარება; აირმტვერდამჭერების მომსახურება; ჩამდინარე წყლების გამწმენდი ნაგებობების და მოწყობილობების მომსახურება; ნიადაგის დაცვა და ხარისხის კონტროლი; შრომის დაცვა და უსაფრთხოება გარემოს დაცვის ტექნიკოსისათვის.

სახელმძღვანელოში ასახული საკითხები წარმოდგენილია საილუსტრაციო მასალებით და დაწვრილებითი ინსტრუქციების მეშვეობით. მიღებული ცოდნის განმტკიცებისათვის წარმოდგენილია სტუდენტის დავალებები და კითხვები თვითშეფასებისათვის. თითოეული თავის ბოლოს მითითებულია რეკომენდებული ლიტერატურა და სასწავლო მასალები.

წარმოდგენილი მასალები ძირითადად ფარავს პროგრამის ფარგლებში გასავლელ თემატიკას, თავი 9 და 10 ნაწილობრივ ფარავს პროგრამის ფარგლებში გასავლელ თემატიკას. აღნიშნული საკითხების სრულად გავლისათვის რეკომენდებულია შემდეგი ლიტერატურა: თავი 9 - ნიადაგის დაცვა და ხარისხის კონტროლი - 1) სახელმძღვანელო „სოფლის მეურნეობის ქიმიზაცია და გარემოს დაცვა“. ავტორები: ა. თხელიძე, რ. ლიპარტელიანი, ნ. მუმლაძე, ხ. ხომასურიძე, გ. დანელია. თბილისი, საუ, 2009. 2) სახელმძღვანელო „კომპლექსური მეთოდური მითითებანი ლაბორატორიული სამუშაოებისათვის გარემოს კომპონენტების ხარისხობ-



რივი მდგომარეობის კონტროლისათვის“. ავტორები: ც. თურქაძე, მ. კუხიანიძე. აწსუ, 2015; თავი 10 - შრომის დაცვა და უსაფრთხოება - 1) 2015 წელს განათლების ხარისხის განვითარების ეროვნული ცენტრის მხარდაჭერით შექმნილი პროფესიული სწავლების სასწავლო რესურსი „პირველადი გადაუდებელი დახმარება“, 2) სახელმძღვანელო „საწარმოო სანიტარია და შრომის ჰიგიენა“, ავტორები: ლ. ჩხეიძე, ნ. ჯვარელია, სტუ, 2009. თავი 7 და 8 საკითხების საფუძვლიანი შესწავლისათვის რეკომენდებულია ამ საკითხებზე ორიენტირება სასწავლო პრაქტიკის განმავლობაში.

სახელმძღვანელოს შექმნაზე მუშაობდნენ: სახელმძღვანელოს ავტორი, ციციხო თურქაძე - აკაკი წერეთლის სახელმწიფო უნივერსიტეტის (აწსუ) პროფესორი, დარგობრივი მოდულების შინაარსობრივ წარმოდგენაში მონაწილეობა მიიღეს: მზია კუხიანიძე - აწსუ-ს მასწავლებელი (თავი 4. ქიმიური ექსპერიმენტის ტექნიკა, თავი 6. ფიზიკურ-ქიმიური ანალიზის სამუშაოები), ზურაბ რობაქიძე - ზესტაფონის ფეროშენადნობი ქარხნის გარემოს დაცვის ლაბორატორიის უფროსი (თავი 7. აირმტვერდამჭერების მომსახურება), თამარ სირბილაძე - აწსუ, ასოცირებული პროფესორი (თავი 10. შრომის დაცვა და უსაფრთხოება გარემოს დაცვის ტექნიკოსისათვის).

რეცენზენტები:

ვახტანგ გვახარია - შპს „გამა კონსალტინგის“ დირექტორი. წმინდა ანდრია პირველწოდებულის სახელობის ქართული უნივერსიტეტის პროფესორი.

ქეთევან ხომერიკი - სსიპ საზოგადოებრივი კოლეჯი "სპექტრი". გარემოს დაცვის ტექნიკოსის საგნობრივი პროგრამის ხელმძღვანელი.



ს ა რ ჩ ე ვ ი

თავი 1. ეკოსისტემაში მიმდინარე ძირითადი პროცესების ანალიზი .

1.1. შესავალი ეკოლოგიასა და გარემოს დაცვაში	9
1.2. ცოცხალი ბუნების ორგანიზაციის დონეები	11
1.3. ეკოსისტემა, ბიოსფერო და ეკოლოგიური ფაქტორები	12
1.4. ნახშირბადის წრებრუნვა	20
1.5. აზოტის წრებრუნვა	23
1.6. გოგირდის წრებრუნვა	25
1.6.1. მჟავური წვიმა	26
1.7. გარემოს ბუნებრივი ობიექტების ქიმიური შედგენილობა	29
1.7.1. ბუნებრივი წყლები	29
1.7.2. ზედაპირული წყლები	30
1.7.3. ზღვისა და ოკეანის წყლები	32
1.7.4. მიწისქვეშა წყლები	33
1.7.5. ნიადაგი და დანალექი ქანები	34
1.8. გარემოს დაბინძურება ქიმიური ნივთიერებებით. ეკოტოქსიკანტები	36
1.9. ეკოლოგიური რისკის შეფასება	39
1.10. მძიმე ლითონები და მათი ეკოტოქსიკოლოგიური დახასიათება	41
1.10.1. ტყვია	43
1.10.2. ვერცხლისწყალი	45
1.10.3. კადმიუმი	48

თავი 2. გარემოსდაცვითი საქმიანობა

2.1. გარემოს დაცვის ისტორიული ექსკურსი	51
2.2. ატმოსფერული ჰაერის დაცვა	55
2.2.1. ატმოსფერული ჰაერის ძირითადი დამაბინძურებლები	55
2.2.2. ატმოსფერული ჰაერის ხარისხის ნორმირება	58
2.3. წყლის რესურსების დაცვა	68
2.3.1. მავნე ნივთიერებათა ნორმირების თავისებურებანი ჰიდროსფეროში. წყლის დაცვისა და გამოყენების ნორმები	70
2.4. ქიმიური ნივთიერებების უსაფრთხო მართვის საფუძვლები	77
2.4.1. ნივთიერებათა საშიშროების მაჩვენებლები	77
2.4.2. საშიში ქიმიური ნივთიერებების ნიშანდებისა და ეტიკეტირების წესები	82
2.5. მაიონებული გამოსხივება და რადიაციული უსაფრთხოება	87
2.5.1. რადიოაქტივობა და მაიონებული გამოსხივება	87
2.5.2. გავრცელებული რადიონუკლიდების თვისებები	89
2.5.3. სიდიდეები, რომელიც გამოიყენება რადიაციული კონტროლისათვის	92
2.5.4. რადიაციული უსაფრთხოების ნორმები	94
2.5.5. რადიაციული კონტროლის ხელსაწყოები	95

თავი 3. გარემოსდაცვითი კანონმდებლობა .

3.1. საქართველოს გარემოსდაცვითი კანონმდებლობა	101
3.2. გარემოს დაცვის სფეროში გამოყენებული ტექნიკური რეგლამენტები	109



3.3. გარემოს დაცვის საერთაშორისო კონვენციები. საქართველოს მონაწილეობა საერთაშორისო კონვენციებში და შეთანხმებებში	111
3.4. გარემოსდაცვითი მოთხვნები საქართველო-ევროკავშირის ასოცირების ხელშეკრულებაში და გარემოსდაცვითი სფეროს განვითარების პერსპექტივები	114
3.5. გარემოსდაცვითი ზედამხედველობა, ნებართვებისა და ლიცენზირების სისტემა	119
თავი 4. ქიმიური ექსპერიმენტის ტექნიკა	
4.1. ქიმიურ ლაბორატორიაში უსაფრთხოდ მუშაობა	127
4.2. ქიმიურ ლაბორატორიაში გამოყენებული ჭურჭელი და მასალები	132
4.3. ჭურჭლის გარეცხვისა და გაშრობის წესები	139
4.4. ქიმიურ ლაბორატორიაში გამოყენებული ხელსაწყოები და დანადგარები	142
4.5. ქიმიურ ნივთიერებებთან შრომის უსაფრთხოებისა და ჰიგიენის წესების დაცვა	148
4.6. ნივთიერებათა კლასიფიკაცია	156
4.7. ქიმიური რეაქტივების კლასიფიკაცია	160
4.8. ქიმიური ანალიზის სამუშაოს სპეციფიკა	162
4.8.1. ნივთიერებების ფიზიკური თვისებები	162
4.8.2. ნივთიერებათა ქიმიური თვისებები	165
4.8.3. ნივთიერების სიმკვრივის დადგენა	167
4.9. აწონვის ტექნიკა	172
4.10. ხსნარების (პროცენტული, მოლური, ნორმალური) დამზადების სტანდარტული წესები	178
4.11. pH-მეტრის აღწერა, მუშაობის პრინციპი და უსაფრთხოების ტექნიკა	183
4.12. გატიტრვა	185
4.13. ინდიკატორები	190
4.14. კათიონებისა და ანიონების აღმოჩენა წყალში	193
4.15. ნარევის დაყოფის მეთოდები	202
4.15.1. გაფილტვრის ტექნიკა	202
4.15.2. გაფილტვრის პროცესი ვაკუუმის პირობებში	205
4.16. გამოხდის ტექნიკა. მარტივი გამოხდა	206
4.17. გამხსნელების აორთქლება და ხსნარების კონცენტრირება	211
4.18. გადაკრისტალება	214
4.19. ექსტრაქცია	218
4.20. სუბლიმაცია	221
4.21. ლაბორატორიაში წარმოქმნილი ნარჩენების მართვა	223
თავი 5. გარემოს დაბინძურების მონიტორინგი	
5.1. გარემოს დაბინძურების მონიტორინგის არსი და მიზნები	229
5.2. ატმოსფერული ჰაერის მავნე ნივთიერებებით დაბინძურების სახეები	231
5.3. ჰაერის ხარისხის მონიტორინგი	233
5.4. წყლის ხარისხის მონიტორინგი	238
5.4.1. სინჯის სახეები, აღების სანიტარული წესები, ანალიზისათვის საჭირო რაოდენობა, ტრანსპორტირება და შენახვის წესები	239
• სინჯის სახეები	239



• წყლის სინჯის აღების ტიპები	239
• მოწყობილობები წყლის სინჯის აღებისათვის	234
• სინჯის ტრანსპორტირება და შენახვის წესები	245
• სინჯის შენახვის ვადები	246
• სინჯის აღების ზოგადი მითითებები	250
5.5. ზედაპირული, მიწისქვეშა და ჩამდინარე წყლების ორგანოლექტიკური მახასიათებლების განსაზღვრა	255
თავი 6. ფიზიკურ-ქიმიური ანალიზების სამუშაოები	
6.1. რაოდენობითი ანალიზი	261
6.2. ანალიზის ქიმიური მეთოდები	262
6.3. წონითი ანალიზი (გრავიმეტრია)	263
6.4. მოცულობითი (ტიტრიმეტრული) ანალიზი	264
6.4.1. მოცულობითი ანალიზის მეთოდების კლასიფიკაცია	265
6.5. ანალიზის ფიზიკური მეთოდები	269
6.6. კვლევის ფიზიკურ-ქიმიური მეთოდების შერჩევა სინჯის ანალიზისათვის	
6.6.1. კვლევის ფიზიკურ-ქიმიური მეთოდები	272
6.6.2. ცდომილებები ფიზიკურ-ქიმიური ანალიზების დროს	273
6.6.3. ანალიზის ფოტომეტრული მეთოდები, მეთოდის არსი და დახასიათება	274
6.6.4. ანალიზის ფოტოკოლორიმეტრული მეთოდი	276
6.6.5. ფოტოკოლორიმეტრზე მუშაობის მეთოდიკა	277
6.7. საჭირო ხსნარებისა და ჭურჭლის მომზადება	279
6.8. პროცენტული, მოლური, ნორმალური, ბუფერული, სტანდარტული ხსნარების დამზადების მეთოდიკა	281
6.9. სინჯის მომზადება კვლევისათვის	287
6.10. ქიმიური ანალიზის სამუშაოების შესრულება წონითი ანუ გრავიმეტრული მეთოდის გამოყენებით	
6.10.1. შეწონილი ნაწილაკების განსაზღვრა ზედაპირულ წყალში	289
6.10.2. მშრალი ნაშთის (საერთო მინერალიზაციის) განსაზღვრა ზედაპირულ წყალში	290
6.10.3. მყარი ნარჩენების განსაზღვრა ნიმუშის წყლიან გამონაწვლილში	291
6.10.4. სულფატ-იონების მასური კონცენტრაციის განსაზღვრა სასმელ წყალში	293
6.10.5. ნავთობპროდუქტების მასური კონცენტრაციის განსაზღვრა ბუნებრივ და ჩამდინარე წყლებში	294
6.11. წყალბადმაჩვენებლის pH-ის განსაზღვრა	297
6.12. ქიმიური ანალიზის სამუშაოების შესრულება ტიტრიმეტრული მეთოდის გამოყენებით	
6.12.1. საერთო სიხისტის განსაზღვრა სასმელ წყალში	300
6.12.2. ნიმუშის წყლიან გამონაწვლილში კალციუმისა და მაგნიუმის იონების განსაზღვრა	301
6.12.3. წყალში გახსნილი ჟანგბადის (წგჟ) განსაზღვრა ბუნებრივ წყლებში	303
6.12.4. ჟანგბადის ქიმიური მოთხოვნილების (ჟქმ) განსაზღვრა ბუნებრივ წყლებში	305
6.13. ფიზიკურ-ქიმიური ანალიზის სამუშაოები ფოტომეტრული მეთოდის გამოყენებით	
6.13.1. საერთო რკინის მასური კონცენტრაციის განსაზღვრა ზედაპირულ წყლებში	308



6.13.2. ნიმუშის წყლიან გამონაწვლილში ნიტრატებისა და ნიტრატული აზოტის განსაზღვრა ...	310
6.13.3. ამონიუმის იონის ან ამონიუმის აზოტის მასური კონცენტრაციის განსაზღვრა	313
6.14. ფიზიკურ-ქიმიური ანალიზის სამუშაოები არგენტომეტრული მეთოდის გამოყენებით	
6.14.1. ქლორიდების მასური კონცენტრაციის განსაზღვრა სასმელ წყალში	317
6.14.2. ნიმუშის წყლიან გამონაწვლილში ქლორიდ იონების განსაზღვრა	318
თავი 7. აირმტვერდამჭერების მომსახურება	
7.1. საწარმოო გაფრქვევების წყაროები	322
7.2. აირმტვერდამჭერი მოწყობილობების აპარატები	324
7.2.1. მშრალი მექანიკური მტვერდამჭერები	324
7.2.2. სამრეწველო ფილტრები	327
7.2.3. ელექტროსტატიკური მტვერდამჭერები	331
7.3. წარმოების ტექნოლოგიური სქემები	333
7.4. ზოგადი მოთხოვნები აირმტვერდამჭერი მოწყობილობის ექსპლუატაციისათვის	336
7.5. მტვერაირადი ნაკადის სინჯის აღება	
7.5.1. მტვერაირადი ნაკადის სინჯის აღებისათვის გამოყენებული საშუალებები	337
7.5.2. სინჯის აღების ადგილის შერჩევა	341
7.5.3. სინჯების აღების ზოგიერთი თავისებურებები	343
7.5.4. ჰაერის მოცულობის დაყვანა ნორმალურ პირობებამდე	345
7.6. ატმოსფერულ ჰაერში და გაფრქვევებში მტვრის (შეწონილი ნაწილაკების) კონცენტრაციის განსაზღვრა	347
7.7. გაფრქვევებში ნახშირჟანგის კონცენტრაციის განსაზღვრა	350
7.8. აირმტვერდამჭერი მოწყობილობების ეფექტურობის შეფასება	354
თავი 8. ჩამდინარე წყლების გამწმენდი ნაგებობების და მოწყობილობების მომსახურება	
8.1. ჩამდინარე წყლების სახეები. საწარმოო ჩამდინარე წყლების შედგენილობა	357
8.2. ჩამდინარე წყლების ზედაპირული წყლის ობიექტებში ჩაშვების ნორმირება	359
8.3. ჩამდინარე წყლების გაწმედის ტექნოლოგიები	362
8.3.1. ჩამდინარე წყლების პირველადი მექანიკური გაწმენდა და გამოყენებული მოწყობილობები	363
8.3.2. გაწმედის ქიმიური მეთოდები და გამოყენებული რეაქტივები	365
8.3.3. გაწმედის ფიზიკურ-ქიმიური მეთოდები და გამოყენებული რეაქტივები	367
8.4. ჩამდინარე წყლების გაწმედის ბიოლოგიური მეთოდი	370
8.5. გამწმენდი ნაგებობების სიტემები და ტექნოლოგიური სქემები	373
8.6. ჩამდინარე წყლების გამწმენდი ნაგებობების/მოწყობილობების ეფექტურობა	380
8.7. ჩამდინარე წყლების მახასიათებლების განსაზღვრის სამუშაოები	
8.7.1. შეწონილი ნაწილაკების განსაზღვრა ჩამდინარე წყლებში	382
8.7.3. ჩამდინარე წყლის ჟქმ-ის განსაზღვრა	385
თავი 9. ნიადაგის დაცვა და ხარისხის კონტროლი	
9.1. ნიადაგის შედგენილობა, გამაჭუქიანებელი ნივთიერებები, დაბინძურების საშიშროება და მისი სახეები	389
9.2. ნიადაგის სინჯის აღება ფიზიკურ-მექანიკური და ქიმიური გამოკვლევებისათვის	397



• იარაღები ნიადაგის სინჯის ასაღებად	397
• სინჯის აღება საკვლევი ტერიტორიის მიხედვით	398
• სინჯების აღების მეთოდოლოგიური პრინციპები	399
9.3. ნიადაგის წყალბადმაჩვენებლის (pH) განსაზღვრა	405
9.4. ნიადაგის ნაყოფიერების დონის შეფასება	410
9.4.1. ნიადაგის ფიზიკური შედგენილობის განსაზღვრა	411
9.4.2. ნიადაგის ტენიანობის, შემადგენლობისა და სტრუქტურის, განსაზღვრა. ნიადაგის ნაყოფიერების განსაზღვრა ფერის მიხედვით	415
9.5. ნიადაგის წყლიანი გამონაწვლილის მომზადება, ფილტრირება და მასში მყარი ნარჩენების განსაზღვრა	418
9.6. ჰუმუსის სხვადასხვა ფორმების ხარისხობრივი და ორგანული ნივთიერებების (ჰუმუსის) შემცველობის განსაზღვრა ნიადაგში	420
9.7. ნიადაგის წყლიან გამონაწვლილში ნიტრიტული აზოტის განსაზღვრა გრისის რეაქტივით ...	424
9.9. ნიადაგში ნავთობპროდუქტების შემცველობის განსაზღვრა	428
9.10. ნიადაგების დეგრადაცია	431
9.11. მიწების დაბინძურებისა და დეგრადაციის შედეგად გარემოსათვის მიყენებული ზიანის განსაზღვრა	432
თავი 10. შრომის დაცვა და უსაფრთხოება გარემოს დაცვის ტექნიკოსისათვის	
10.1. ინდივიდუალური დაცვის საშუალებები	436
10.2. შრომისათვის კომფორტული პირობების უზრუნველყოფა საწარმოო სათავსოში. საწარმოო სათავსოთა მიკროკლიმატი	449
10.3. მიკროკლიმატის ოპტიმალური და დასაშვები პირობები	451
10.4. საწარმოო სათავსის მიკროკლიმატის მაჩვენებლების დახასიათება და გაზომვა	453
10.4.1. ჰაერის ტემპერატურის განსაზღვრა	455
10.4.2. ატმოსფერული წნევის განსაზღვრა	457
10.4.3. ზედაპირების ტემპერატურა და სითბური გამოსხივების ინტენსივობა	458
10.4.4. ჰაერის ფარდობითი ტენიანობის განსაზღვრა	459
10.4.5. ჰაერის მოძრაობის სიჩქარის განსაზღვრა	461
10.4.6. მოთხოვნები მიკროკლიმატის გაზომვის მეთოდებისა და კონტროლის ორგანიზაციის მიმართ	465
10.5. ავარიული სიტუაციების პრევენციული და აღმოფხვრის ღონისძიებები	
10.5.1. ავარიულ სიტუაციებზე რეაგირების გეგმის მიზნები და ამოცანები	469
10.5.2. ავარიულ სიტუაციებზე რეაგირება	472
გამოყენებული ლიტერატურა	477



ნაწილი 1. ეკოსისტემაში მიმდინარე ძირითადი პროცესების ანალიზი

1.1. შესავალი ეკოლოგიასა და გარემოს დაცვაში

ტერმინები „ეკოლოგია“ და „გარემოს დაცვა“ ფართოდ გამოიყენება ყოველდღიურ ცხოვრებაში და ხშირად ერთმანეთის სინონიმებად იყენებენ. თუმცა ამ ორ ტერმინს შორის არსებობს მნიშვნელოვანი განსხვავება.

ეკოლოგია ბერძნული სიტყვაა და „oikos“ – „სახლი“-დანაა ნაწარმოები. „logos“ – სწავლებაა ე.ი. ეკოლოგიაში იგულისხმება სწავლება „სახლის“ შესახებ. სიტყვა „ეკოლოგია“ პირველად შემოიტანა გერმანელმა ბიოლოგმა ერნესტ ჰეკელმა 1866 წელს, იმ ბიოლოგიური მეცნიერებებისათვის, რომელიც შეისწავლიდა ორგანიზმების ურთიერთქმედებას გარემოსთან.

ეკოლოგია არის მეცნიერება, რომელიც შეისწავლის ცოცხალი ორგანიზმების არსებობის პირობებსა და ორგანიზმებისა და გარემოს ურთიერთგავლენას. თავდაპირველად ეკოლოგია მოიცავდა ცოცხალი ორგანიზმების (მაგ. მცენარეებისა და ცხოველების) ცხოვრების შესწავლას მათ ბუნებრივ ადგილსამყოფელში. შემდგომში, გარემოზე ადამიანის ზემოქმედების უარყოფითი შედეგების კვალდაკვალ, ეკოლოგიის აქტუალური საკითხი გახდა ცოცხალი ორგანიზმების არსებობა სახეცვლილ ბუნებრივ და ხელოვნურ გარემოში და შესაბამისი ურთიერთგავლენის შესწავლა. საკითხის აქტულობიდან გამომდინარე, ეკოლოგია სხვადასხვა სახით შეერწყა

ეკოლოგია

1. ბიოლოგიის ნაწილი, რომელიც სწავლობს ორგანიზმებს და გარემოსთან მათ მიზეზ-შედეგობრივ კავშირს.
2. მეცნიერება ეკოლოგიური სისტემების (ეკოსისტემების) შესახებ, რომელიც შეისწავლის მათ ფუნქციონირებას და ორგანიზაციას.
3. ცოდნის სისტემა, რომელიც დაკავშირებულია ბუნებრივ გარემოსთან, მის რაციონალურ გამოყენებასა და დაცვასთან.

წყარო: გარემოსდაცვითი განათლება სკოლაში, მასწავლებლის წიგნი. 2013

ფუნდამენტალურ დისციპლინებს, შედეგად მივიღეთ: სამრეწველო ეკოლოგია, აგროეკოლოგია, ეკოლოგიური ქიმია, რადიაციული ეკოლოგია, ადამიანის ეკოლოგია და სხვა.

გარემოს დაცვა - წარმოადგენს სახელმწიფოებრივი და საზოგადოებრივი ღონისძიებების (ტექნოლოგიური, ეკონომიკური, ადმინისტრაციულ-სამართლებრივი, საგანმანათლებლო, საერთაშორისო) სისტემას, რომელიც მიმართულია საზოგადოებისა და ბუნების ჰარმონიულ დამოკიდებულებაზე, მოქმედი ეკოლოგიური თანასაზოგადოებებისა და ბუნებრივი რესურსების დაცვაზე და აღდგენაზე.

საინჟინრო ეკოლოგია, რომელშიც ძირითადად მოიაზრება გარემოს დაცვის ტექნოლოგიური ღონისძიებები, შეისწავლის გარემოს კომპონენტების (ჰაერი, წყალი, ნიადაგი) ხარისხის დაცვისა და დაბინძურების აღკვეთის ტექნოლოგიურ ხერხებს.

აგროეკოლოგია შეისწავლის ეკოლოგიურ პროცესებს, რომლებიც გამოიყენება სოფლის მეურნეობის სისტემებში.

დღესდღეობით, არ არსებობს ეკოლოგიის, მხოლოდ ერთი, საერთოდმიღებული განსაზღვრება და იგი იცვლება გამოკვლევის ობიექტისა და საგნის მიხედვით. მოვიყვანთ ეკოლოგიის განსაზღვრების რამოდენიმე მაგალითს:

- ეკოლოგია მეცნიერებაა, რომელიც სწავლობს ბუნებისა და საზოგადოების ურთიერთდამოკიდებულების კანონებს და ამ ურთიერთდამოკიდებულების ოპტიმიზაციას.



- ეკოლოგია არის მეცნიერება, რომელიც მიმართულია ცოცხალ არსებათა განთავსების და განაწილების, მათ გარემომცველ სამყაროსთან ურთიერთობის და წონასწორობის პირობების შეცნობისაკენ.
- ეკოლოგია ბუნების ეკონომიკაა.
- ეკოლოგია გარემოს ორგანულ და არაორგანულ კომპონენტებთან ცოცხალი ბუნების ურთიერთობების შემსწავლელი მეცნიერებაა.
- ეკოლოგია არის მეცნიერება, რომელიც ცოცხალ ბუნებაში არსებულ რთულ ურთიერთკავშირებს სწავლობს.

შესაბამისად, სიტყვა „ეკოლოგიამ“ შეიძინა ფართო მნიშვნელობა და მას გარემოს დაცვის საკითხებთან მიმართებაშიც იყენებენ. თუმცა არსებობს გარკვეული ზღვარიც: „ეკოლოგია“ გამოიყენება ბიოლოგიასთან და ცოცხალი ორგანიზმების საკითხებთან კავშირში, ხოლო „გარემოს დაცვა“ - ბუნებრივი გარემოსა და ადამიანის მიერ სახეცვლილი (კულტურული) გარემოს დაცვის, ადამიანის მოდვაწეობის ნეგატიური ზემოქმედების შემცირებისა და აღკვეთის საკითხებთან კავშირში.

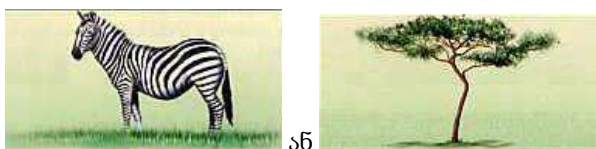
გარემოს დაცვა — ადმინისტრაციულ, სამეურნეო, ტექნოლოგიურ, პოლიტიკურსამართლებრივ და საზოგადოებრივ ღონისძიებათა ერთობლიობა, რომელიც უზრუნველყოფს გარემოში არსებული ბუნებრივი წონასწორობის შენარჩუნებას და აღდგენას.

(საქართველოს კანონი „გარემოს დაცვის შესახებ“, 1996 წლის 10 დეკემბერი, მუხლი 4)



1.2. ცოცხალი ბუნების ორგანიზაციის დონეები

ცოცხალი მატერიის იერარქიულობიდან გამომდინარე გამოყოფენ ცოცხალი ბუნების ორგანიზაციის შემდეგ დონეებს:

მოლეკულური	ამ დონეზე გამოყვანილია ცხოველქმედების პროცესები - ნივთიერებათა ცვლა და ენერგიის გადაცემა, მემკვიდრეობითი ინფორმაციის გადაცემა.	 წყლის მოლეკულა დნმ-ის მოლეკულა
უჯრედული	ცოცხალი არსების ელემენტარული სტრუქტურა და ფუნქციონალური ერთეული.	 ნერვული უჯრედი
ქსოვილური	ქსოვილი - სტრუქტურულად შესაბამისი უჯრედებისა და უჯრედშორისი ნივთიერებების ერთობლიობა, რომელიც ასრულებს განსაზღვრულ ფუნქციებს.	 ნერვული ქსოვილი ტვინი ნერვული სისტემა
ორგანული	ორგანო - მრავალუჯრედიანი ორგანიზმის ნაწილი, რომელიც ასრულებს განსაზღვრულ ფუნქციებს.	 ტვინი
ორგანიზმული	ორგანიზმი - სიცოცხლის რეალური მატარებელი და ახასიათებს ყველა მისი თვისება.	
პოპულაციურ-სახეობრივი	სახეობა - არსებათა ერთობლიობას რომლებიც ხასიათდებიან მორფოლოგიური და ფიზიოლო-გიური თავისებურებებით, რომლებიც თავისუფლად შეჯვარდებიან და იძლევიან ნაყოფიერ თაობას.	 აწ
	პოპულაცია - ერთი სახის სახეობათა ერთობლიობა, რომელიც წარმოქმნის განსაკუთრებულ გენეტიკურ სისტემას და სივრცეში განსაზღვრულია შედარებით ერთნაირი ცხოვრების პირობებში.	 აწ
თანასაზოგადოება	თანასაზოგადოება - პოპულაციების ერთობლიობა, რომლებიც ცხოვრობენ ერთ განსაზღვრულ არეალში.	
ეკოსისტემა	ეკოსისტემა - თანასაზოგადოებისა და არა-ორგანული გარემოს ერთობლიობა.	
ბიოსფერული	ბიოსფერო - დედამიწის გარსი, რომელშიც სიცოცხლე არსებობს.	



1.3. ეკოსისტემა, ბიოსფერო და ეკოლოგიური ფაქტორები

ცოცხალი ორგანიზმები ურთიერთთან და გარემო პირობებთან არიან განსაზღვრულ დამოკიდებულებაში, რის შედეგადაც წარმოქმნიან ე.წ. ეკოსისტემებს.

ეკოსისტემა არაცოცხალი (აბიოტური) და ცოცხალი (ბიოტური) კომპონენტების კომპლექსია.

ეკოსისტემაში მუდმივად მიმდინარეობს ბიოლოგიური, ქიმიური და ფიზიკური ურთიერთქმედების დინამიური პროცესები. აღნიშნულ პროცესებში მნიშვნელოვან როლს ასრულებენ საარსებო გარემოს ცალკეული ელემენტები, რომლებსაც ეკოლოგიურ ფაქტორებს უწოდებენ.

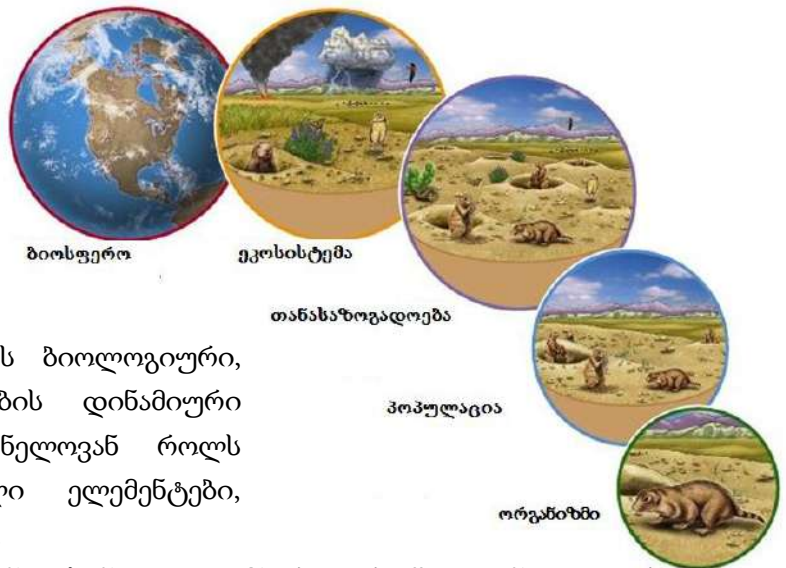
ძირითად ეკოლოგიურ ფაქტორებს განეკუთვნება სინათლე, ტემპერატურა, წყალი, ნიადაგი, რელიეფი.

ეკოსისტემის ჩამოყალიბების ერთ-ერთი მნიშვნელოვანი ფაქტორია არაცოცხალი გარემოს კომპონენტები. მათ განეკუთვნებიან: კლიმატური (სინათლე, ტემპერატურა, ქარი, ტენი, წნევა და სხვ.), გეოლოგიური (მიწისძვრები, ვულკანების ამოფრქვევა, რადიოაქტიული გამოსხივება და სხვ.), ჰიდროლოგიური (წყალი, დინება, მარილიანობა). აღნიშნულ არაცოცხალი გარემოს კომპონენტებს **აბიოტურ ფაქტორებს** უწოდებენ.

არაცოცხალი გარემოს კომპონენტებთან ერთად ეკოსისტემის მეორე უმნიშვნელოვანესი ფაქტორია ცოცხალი ორგანიზმები და მათი ურთიერთზემოქმედება, რომელსაც **ბიოტურ ფაქტორებს** უწოდებენ. ბიოტური ფაქტორები მნიშვნელოვნად განსაზღვრავენ ბიოლოგიური, ქიმიური და ფიზიკური პროცესების მიმდინარეობას ეკოსისტემაში.

მესამე ძირითადი ფაქტორს წარმოადგენს ადამიანის საქმიანობა, რომელიც იწვევს პირდაპირ ზემოქმედებას გარემოს არაცოცხალ და ცოცხალ კომპონენტებზე და საარსებო გარემოს ცვლილებას. ადამიანის საქმიანობა წარმოადგენს **ანთროპოგენულ ფაქტორს**.

ამრიგად, გამოყოფენ შემდეგ ეკოლოგიურ ფაქტორებს: აბიოტურს (არაცოცხალ), ბიოტურსა (ცოცხალ) და ანთროპოგენურს (ადამიანის საქმიანობის ზეგავლენა).



ბიოტური ფაქტორები



ეკოსისტემა

არაცოცხალი (აბიოტური) და ცოცხალი (ბიოტური) კომპონენტები



აბიოტური ფაქტორები



სურათი 1.1. ეკოსისტემის აბიოტური და ბიოტური ფაქტორები

ტერმინი “ეკოსისტემა” შემოღებულ იქნა ინგლისელი მეცნიერის ა. ტენსლის მიერ 1935 წელს.

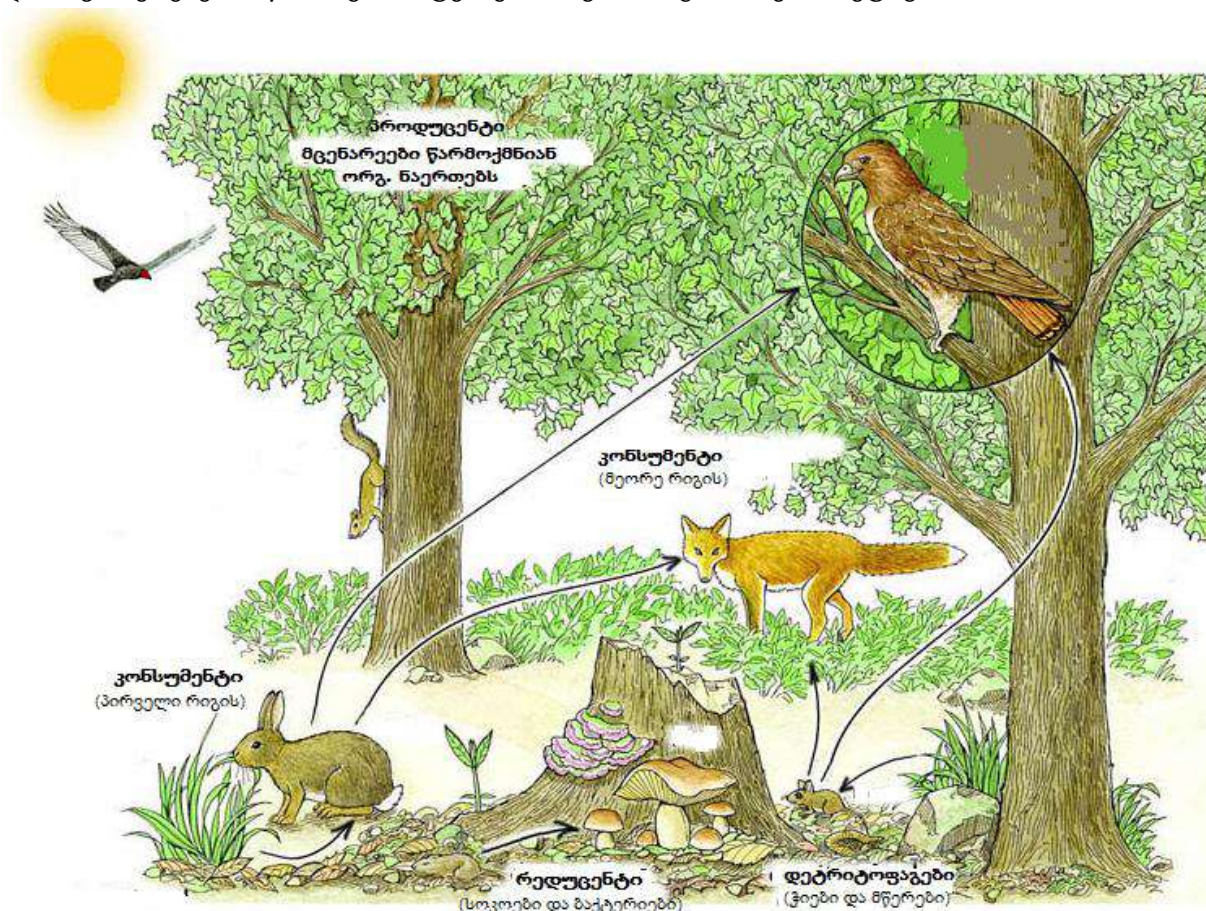


ეკოსისტემაში შემავალი ცოცხალ და არაცოცხალ გარემოს კომპონენტებს შორის მუდმივი ურთიერთკავშირი და ურთიერთდამოკიდებულებაა. ორგანიზმთა კავშირი ძალზე მრავალმხრივია. როგორც წესი, ისინი ცხოველთა და მცენარეთა სამყაროს ურთიერთშორის ფუნქციონირებას ეფუძნება. მათ შორის არსებულ დამოკიდებულებას განსაზღვრავს კვებითი კავშირი, რომელიც წარმოდგენილია კვებითი ჯაჭვის სახით.

კვებითი ჯაჭვი შეიცავს რგოლს: საკვები-მომხმარებელი. მომდევნო რგოლის ორგანიზმები იკვებებიან წინა რგოლის ორგანიზმებით და ასეთი სახით იქმნება ჯაჭვური გადატანა ენერგიისა და ნივთიერებისა. რგოლიდან რგოლზე გადასვლისას იკარგება ენერგია. სწორედ ამიტომ რგოლთა რიცხვი საკვებ ჯაჭვში შეზღუდულია და 4-5 არ აღემატება. მაგ. კვებითი ჯაჭვი: მცენარე-კურდღელი-მელია ან მცენარე-თაგვი-გველი-არწივი.

განვიხილოთ ეკოსისტემა ტყის ეკოსისტემის მაგალითზე.

კლიმატი განსაზღვრავს ნიადაგის ტენიანობას, წყლისა და ტემპერატურულ რეჟიმს, მცენარეების ტიპს, ორგანული ნივთიერებების წარმოქმნის ტემპებს, მიკროორგანიზმების აქტივობას.



სურათი 1.2. ტყის ეკოსისტემა

ნათელია, რომ ტყის ეკოსისტემა მოიცავს ცოცხალი ორგანიზმების სამ ფუნქციონალურ ჯგუფს: მცენარეები, ცხოველები და მიკროორგანიზმები.

მცენარეები ნიადაგიდან იღებენ წყალს და ბიოგენურ ნივთიერებებს, ხოლო ატმოსფერული ჰაერიდან იღებენ ნახშირორჟანგს (არაორგანული ნაერთს), რომელის გამოყენებით ორგანულ ნაერთებს წარმოქმნიან. აღნიშნული თვისების გამო მცენარეებს პროდუცენტებს ვუწოდებთ. ამრიგად, პროდუცენტები (მწარმოებლები) არიან ორგანიზმები, რომლებიც ორგანულ ნივთიერებებს წარმოქმნიან არაორგანული ნაერთებიდან. ძირითად პროდუცენტებს მცენარეები წარმოადგენენ.



მცენარეები წარმოადგენენ საკვებს ცხოველებისათვის. მცენარეჟამია ცხოველები კი სხვა მტაცებელი ცხოველების საკვებს წარმოადგენენ. ცხოველები, რომლებიც ორგანული ნივთიერებებით (მცენარეული და ცხოველური საკვებით) იკვებებიან **კონსუმენტები** (მომხმარებლები) ეწოდებათ.

პირველი რიგის კონსუმენტები - მცენარეჟამია ცხოველები,

მეორე რიგის კონსუმენტები - გარეული ცხოველები და პარაზიტები.

ცოცხალი ორგანიზმების ცხოველმოქმედების პროდუქტები ხვდებიან ნიადაგში და მიკროორგანიზმების მიერ გარდაიქმნიებიან არაორგანულ მინერალურ ნივთიერებად. ორგანიზმებს, რომლებიც ორგანულ ნარჩენებს გარდაქმნიან არაორგანულ ნივთიერებად **რედუცენტები** (აღმდგენლები) ეწოდებათ.

ნებისმიერი ეკოსისტემა შედგება ორგანიზმების სამი ფუნქციონალური ჯგუფისაგან: პროდუცენტები, კონსუმენტები და რედუცენტები.

ეკოსისტემის პროდუქტიულობა წარმოადგენს ეკოსისტემის ერთ-ერთ მნიშვნელოვან თვისებას - დააგროვოს ორგანული ნივთიერებები მიმდინარე

გარდაქმნების შედეგად. ეკოსისტემების პროდუქტიულობა იზომება ორგანული ნივთიერებების რაოდენობით დროის ერთეულში ერთეულ ფართობზე.

ანსხვავებენ პროდუქტიულობის სხვადასხვა დონეს, რომლის შედეგად იქმნება პირველადი და მეორეული პროდუქცია.

ორგანული მასა, რომელიც იქმნება პროდუცენტების მიერ დროის ერთეულში, წარმოადგენს პირველად პროდუქციას, ხოლო კონსუმენტების ნამატი დროის ერთეულში - მეორეულ პროდუქციას.

პირველადი პროდუქცია იყოფა ორ სახედ: მთლიანი და წმინდა პროდუქცია. მთლიანი პირველადი პროდუქცია წარმოადგენს მთლიან ორგანულ საერთო მასას, რომელსაც ქმნის მცენარეები დროის ერთეულში ფოტოსინთეზის პროცესში სუნთქვაზე დანახარჯების ჩათვლით.

მცენარეები სუნთქვაზე ხარჯავენ მთლიანი პროდუქციის 40-დან 70 %-მდე. ყველაზე ნაკლებს ხარჯავენ წყალმცენარეები.

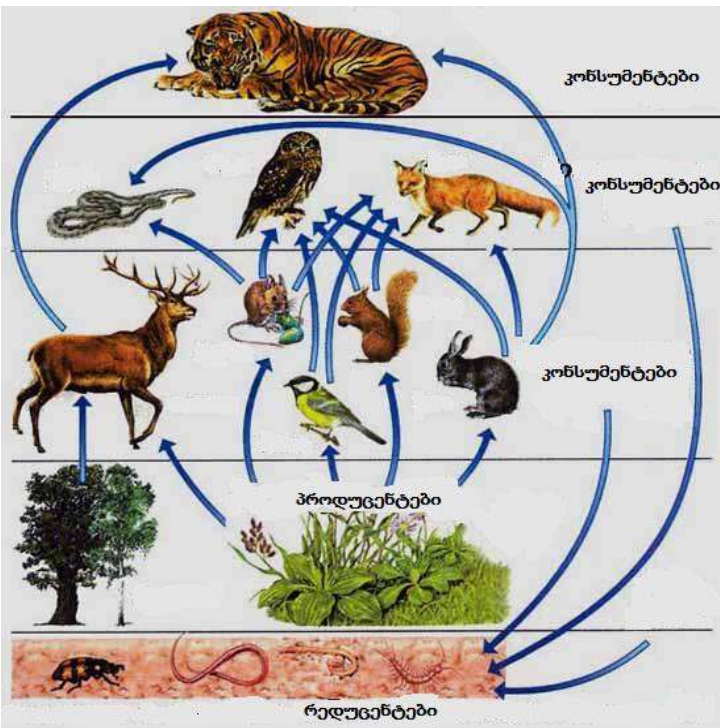
მთლიანი პროდუქციის ის ნაწილი, რომელიც არ იხარჯება სუნთქვაზე წარმოადგენს წმინდა პირველად პროდუქციას. იგი წარმოადგენს მცენარეების ზრდის სიდიდეს და მწორედ ეს პროდუქცია მოიხმარება კონსუმენტებისა და რედუცენტების მიერ.

მეორეული პროდუქცია წარმოადგენს კონსუმენტებისა და რედუცენტების მიერ წარმოებულ ორგანულ მასას. მეორეულ პროდუქტიულობას ანგარიშობენ კვებითი ჯაჭვის თითოეული დონისათვის.

ეკოსისტემის ყველა ცოცხალი კომპონენტი - პროდუცენტები, კონსუმენტები და რედუცენტები - წარმოადგენენ საერთო ბიომასას, რომელსაც გამოსახავენ ნედლი და მშრალი მასის მიხედვით.

ბიოლოგიური პროდუქტიულობის მიხედვით არჩევენ ეკოსისტემის 4 კლასს:

1. ძალზედ მაღალი პროდუქტიულობის ეკოსისტემები $>2 \text{ კგ/მ}^2$ წელიწადში (ტროპიკული ტყეები, მარჯნის რიფები);



სურათი 1.3. კვებითი ჯაჭვები



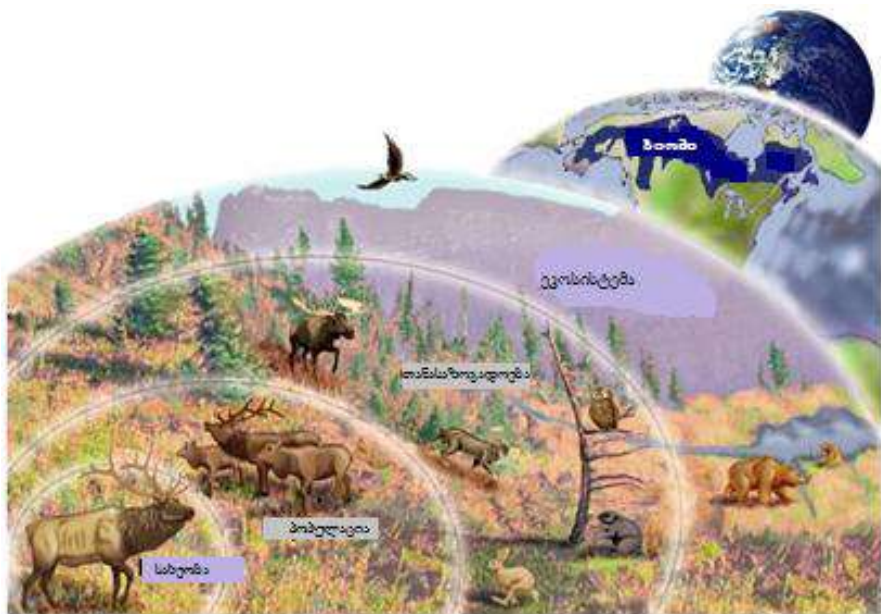
2. მაღალი პროდუქტიულობის ეკოსისტემები - $1-2 \text{ კგ/მ}^2$ წელიწადში (ცაცხვისა და მუხის ტყეები, სანაპირო ჭალები და ტბის ლერწამი, სიმინდის ყანები და მრავალწლოვანი ბალახები მორწყვისა და სასუქების მაღალი დოზის პირობებში);
3. ზომიერი პროდუქტიულობის ეკოსისტემები - $0,25-1 \text{ კგ/მ}^2$ წელიწადში (ფიჭვისა და არყის ტყეები, სათიბი ველები, წყალმცენარეებით დაფარული ტბები);
4. დაბალი პროდუქტიულობის ეკოსისტემები $<0,25 \text{ კგ/მ}^2$ წელიწადში (უდაბნოები, ტუნდრა, მთის სტეპები, ზღვის ეკოსისტემების უმრავლესობა).

ეკოსისტემების საშუალო პროდუქტიულობა დედამიწაზე შეადგენს $0,3 \text{ კგ/მ}^2$ წელიწადში.

ეკოსისტემები იყოფიან სამ ძირითად ჯგუფად: მიწისზედა, მტკნარი წყლისა და ზღვის ეკოსისტემებად. დიდ მიწისზედა ეკოსისტემებს ბიომებს უწოდებენ. ასეთებია: ტუნდრა, ტაიგა, ტროპიკული ტყეები და სხვა.

ჩვენი პლანეტის საერთო ეკოსისტემას **ბიოსფერო** წარმოადგენს. ბიოსფერო - უმაღლესი რიგის ეკოსისტემა.

ბიოსფერო წარმოადგენს დედამიწის გარსს, რომელიც მოიცავს ატმოსფეროს ნაწილს, ხმელეთს, ოკეანეს და დასახლებულია ცოცხალი ორგანიზმებით. ბიოსფერო არის დედამიწის ნაწილი, რომელშიც სიცოცხლე არსებობს. თანამედროვე ბიოსფერო ურთულესი ეკოლოგიური სისტემაა, რომელმაც განვითარებისა და ჩამოყალიბების მეტად ხანგრძლივი გზა განვლო (დაახლ. 3,5-4 მლრდ. წელი).



სურათი 1.3. ბიოსფეროს ორგანიზაციის დონეები

ბიოსფერო - სისტემა, რომელიც ხასიათდება დიდი მრავალფეროვნებით. ეს თვისება განპირობებულია შემდეგი მიზეზებით: სხვადასხვა საარსებო გარემოთი (წყალი, მიწისზედა-საჰაერო, ნიადაგური, ორგანიზმული); ბუნებრივი ზონების მრავალფეროვნებით, რომლებიც განსხვავდებიან კლიმატური, ჰიდროლოგიური, ნიადაგური, ბიოტური და სხვა თვისებებით; რეგიონების მრავალფეროვნებით, რომლებიც ხასიათდებიან განსხვავებული ქიმიური შედგენილობით; ცოცხალი ორგანიზმების ბიოლოგიური მრავალფეროვნებით.

დღესდღეობით აღწერილია 2 მლნ-ზე მეტი სახეობა, მაგრამ მათი რეალური რიცხვი დედამიწაზე რამდენჯერმე უფრო მეტია. ამ რაოდენობაში არაა გათვალისწინებული მრავალი მწერი და მიკროორგანიზმი, რომლებიც არსებობენ ტროპიკულ ტყეებში, ოკეანის სიღრმეებში და სხვა ნაკლებად ათვისებულ ადგილებში. ამასთან, თანამედროვე სახეობრივი შედგენილობა - მხოლოდ ნაწილია იმ სახეობრივი მრავალფეროვნებისა, რომლებიც მონაწილეობდნენ ბიოსფეროს პროცესებში მისი არსებობის მანძილზე. თითოეულ სახეობას გააჩნია სიცოცხლის განსაზღვრული ხანგრძლივობა (10-30 მლნ. წელი), ამიტომ ბიოსფეროს ეკოლუციაში მონაწილე სახეობათა რიცხვი ასეულ მილიონს შეადგენს. ითვლება, რომ დღევანდლამდე ბიოსფეროს არენა დატოვეს 95%-ზე მეტმა სახეობებმა.



მრავალფეროვნება უზრუნველყოფს ერთი რგოლის სხვა რგოლით დუბლირებისა და ჩანაცვლების შესაძლებლობას, კვებითი და სხვა კავშირების სირთულის ხარისხსა და სიმტკიცეს. ამიტომ მრავალფეროვნებას განიხილავენ როგორც ნებისმიერი ეკოსისტემისა და ბიოსფეროს მდგრადობის ძირითად პირობას.

სამწუხაროდ, ადამიანის სამეურნეო მოღვაწეობა უარყოფითად მოქმედებს ბუნებრივ ეკოსისტემებზე. დედამიწაზე მკვეთრად შემცირდა ტყის ფართობები, ადამიანის გაჩენამდე ისინი იკავებდნენ ხმელეთის 70%, ამჟამად - არაუმეტეს 20-30%. დღესაც ფართო მასშტაბებით მიმდინარეობს ტყის ეკოსისტემების განადგურება, მდინარეთა კალაპოტის ხელოვნური ცვლილება, სამრეწველო რაიონების შექმნა და სხვ.

ბიოსფერო - ატმოსფერო, ჰიდროსფერო და ლითოსფერო

ბიოსფერო წარმოადგენს დედამიწის გარსს, რომელიც მოიცავს ატმოსფეროს ნაწილს, ხმელეთს, ოკეანეს და დასახლებულია ცოცხალი ორგანიზმებით. ბიოსფერო არის დედამიწის ნაწილი, რომელშიც სიცოცხლე არსებობს.

მაშასადამე, ბიოსფეროს შემადგენელი ნაწილებია ატმოსფერო, ჰიდროსფერო და ლითოსფერო.

თანამდროვე ბიოსფეროზე ანთროპოგენურ ზეგავლენას თან ახლავს ბიოსფეროს საშიში გაჭუჭყიანება.

ტერმინი “ბიოსფერო” ე. ლარუსა (1927) და პ. ტეიარ დე შარდენის (1930) მიერ იქნა შემოთავაზებული.

თანამედროვე ეკოლოგიას ხშირად განმარტავენ როგორც ბიოსფეროს დაცვის საფუძველს, რომლის ერთ-ერთი მნიშვნელოვან პრინციპს წარმოადგენს სისტემატიურობის ანუ კომპლექსურობის პრინციპი. მასში ჩადებულია მნიშვნელოვანი ეკოლოგიური წესი: გარემოს ყველა კომპონენტი - ატმოსფერული ჰაერი, წყალი, ნიადაგი და სხვა უნდა დავიცვათ არა ცალ-ცალკე, არამედ როგორც ერთიანი ბუნებრივი ეკოსისტემა.

ატმოსფერო წარმოადგენს აირის გარსს, რომელიც დედამიწას აკრავს. ატმოსფერო დედამიწას აკრავს 3 ათასი კმ სიმაღლემდე. ატმოსფერო შექმნილია ბუნების მიერ და უცვლელია დაახლოებით 50 მლნ წლის განმავლობაში.

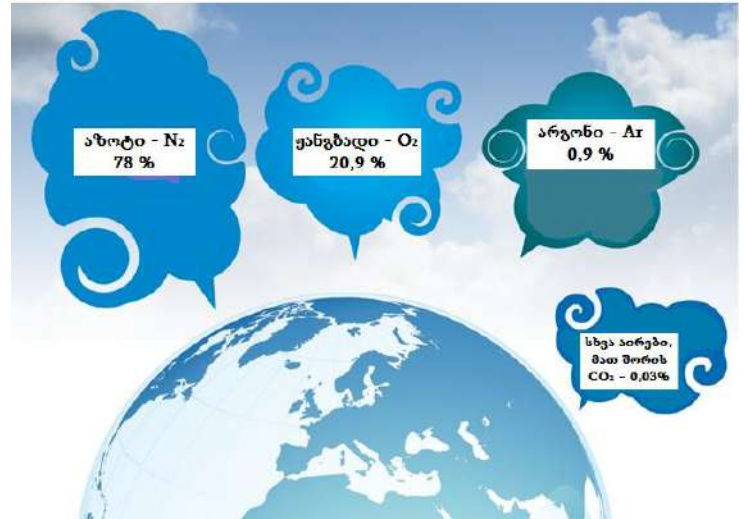
სუფთა მშრალი ჰაერი ძირითადად შედგება შემდეგი აირებისაგან:

ცხრ. 1.1.

აირები	მოცულობის მიხედვით, %
აზოტი - N_2	78
ჟანგბადი - O_2	20,9
არგონი - Ar	0,9
სხვა აირები	0,2
მათ შორის ნახშირორჟანგი - CO_2	0,034



ბიოსფეროსთვის მეტად მნიშვნელოვანია აირული ბალანსის - ძირითადად აზოტის, ჟანგბადის და ნახშირორჟანგის თანაფარდობა ატმოსფეროში. ატმოსფერო არის აზოტის გიგანტური რეზერვუარი - ატმოსფერული ჰაერის მასის $\frac{3}{4}$ ნაწილზე მეტს აზოტი შეადგენს. განსაკუთრებით მნიშვნელოვანია ჰაერში სათანადო რაოდენობის ჟანგბადის არსებობა, რომლის გარეშეც შეუძლებელია სუნთქვა და შესაბამისად, მრავალუჯრედიან ცოცხალ ორგანიზმთა არსებობა. ნახშირორჟანგი ჰაერში შედარებით მცირე რაოდენობითაა (დაახლოებით 0,03%), მაგრამ მისი არსებობა აგრეთვე მეტად მნიშვნელოვანია ეკოლოგიური წონასწორობის შენარჩუნებისათვის. ატმოსფეროს ამ ძირითად კომპონენტთა თანაფარდობის შეცვლას და მცირე გადახრებს შესაძლებელია მოჰყვეს კატასტროფული შედეგები ცოცხალი ბუნებისათვის.



სურათი 1.5. ატმოსფერული ჰაერის შემადგენლობა

ატმოსფეროს დაცვის პრობლემა ეკოლოგებისა და გარემოს დამცველთა ყურადღების ცენტრში დგას. ეს არ არის შემთხვევითი, რადგან თანამედროვეობის უდიდესი გლობალური პრობლემები - „სათბურის ეფექტი“, ოზონის ფენის დაშლა, მჟაური წვიმების წარმოქმნა, დაკავშირებულია სწორედ ატმოსფეროს ანთროპოგენურ გაჭუჭყიანებასთან.

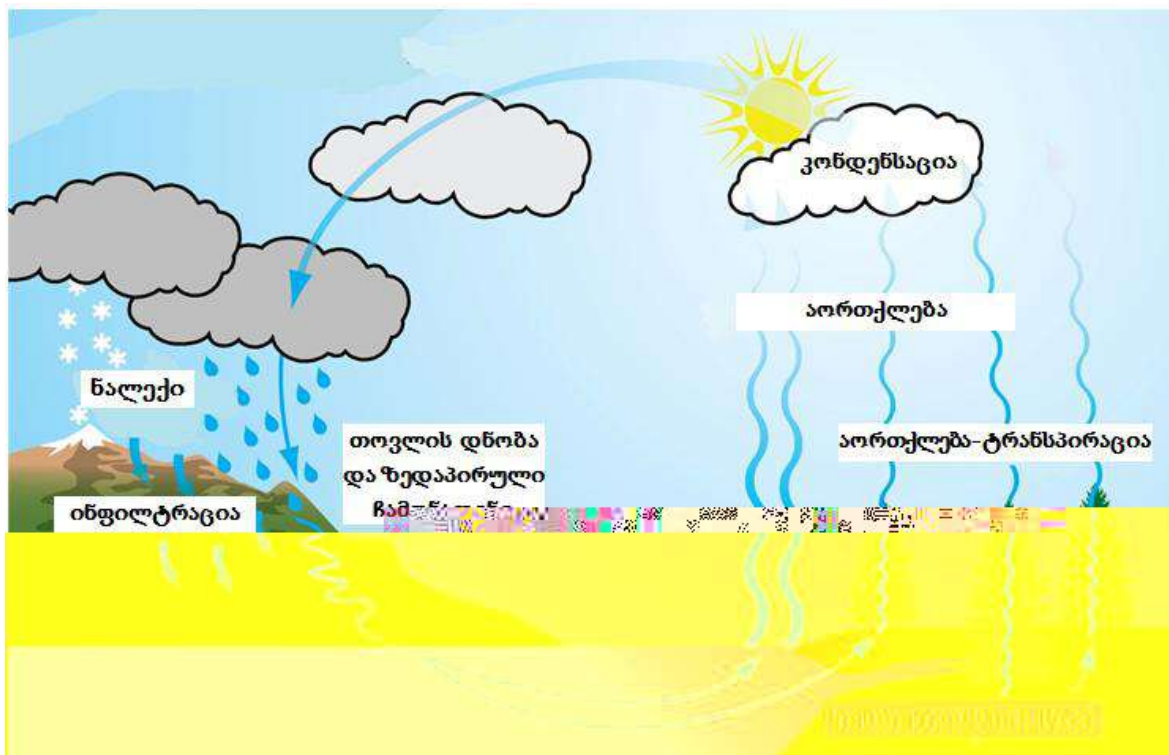
ჰიდროსფერო წარმოადგენს დედამიწის წყლის გარსს - ოკეანეების, ზღვების, ტბების, წყალსაცავების, მდინარეებისა და სხვათა ერთობლიობას.

ჩვენი პლანეტა წარმოადგენს წყლის პლანეტას - დედამიწის $\frac{3}{4}$ წყალს უჭირავს. წყალი წარმოადგენს შეუცვლელ (უნიკალურ) ბუნებრივ რესურსს, რაც გამოარჩევს მას სხვა ბუნებრივი რესურსიდან. წყლის გარეშე არ არსებობს სიცოცხლე. წყალი წარმოადგენს ერთ-ერთ მნიშვნელოვან ფაქტორს ფიზიკური და ქიმიური გარემოს, კლიმატისა და ამინდის ფორმირებაში, დედამიწაზე სიცოცხლის შენარჩუნებაში. წყალი ასევე წარმოადგენს პრაქტიკულად ყველა პროცესის სავალდებულო კომპონენტს, როგორც სოფლის მეურნეობაში, ასევე სამრეწველო წარმოებაში. იგი გამოყენებულია როგორც ნედლეული, როგორც თერმომატარებელი, როგორც სატრანსპორტო სისტემა, როგორც გამხსნელი და თითქმის ყოველთვის, როგორც ნარჩენების მოცილების არე.

ბიოსფეროში მიმდინარეობს **წყლის წრებრუნვა**, რომელსაც დიდ წრებრუნვას უწოდებენ. წყლის წრებრუნვა მოიცავს შემდეგ პროცესებს: აორთქლება, კონდენსაცია და ნალექი. ოკეანის ზედაპირიდან ყოველწლიურად აორთქლდება წყლის უდიდესი რაოდენობა. წყლის ორთქლს, ატმოსფეროს წყალსა და წყალსატევებს შორის მყარდება ლოკალური დროებითი წონასწორობა. წყლის ორთქლი ატმოსფეროში კონდენსირდება, თან შეიერთებს ატმოსფეროს აირებს, ვულკანურ აირებს, ანთროპოგენური წარმოშობის მავნე ნაერთებს და შემდეგ ნალექის სახით მოდის დედამიწაზე.

ეს პროცესი მოიცავს სამ ძირითად „კვანძს“:

1. ზედაპირული ნაკადი - წყალი ხდება ზედაპირული წყლების ნაწილი.
2. აორთქლება-ტრანსპირაცია - წყალი შეიწოვება ნიადაგის მიერ, შემდეგ ან აორთქლდება ან შეიწოვება მცენარეების მიერ. მცენარეების ფოთლების ზედაპირიდან ტენის აორთქლებას ტრანსპირაცია ეწოდება.
3. გრუნტის წყალი - წყალი ხვდება მიწის ქვეშ და იქ მიედინება, კვებავს წყაროებსა და ჭებს.



სურათი 1.6. წყლის წრებრუნვა

წყლის საბოლოო აორთქლების ადგილს წარმოადგენს ოკეანე. მსოფლიო ოკეანე წარმოადგენს ყველა ოკეანისა და ზღვების ერთობლიობას და უდიდეს ზეგავლენას ახდენს პლანეტის ცხოვრებაზე. მასში თავმოყრილია ჰიდროსფეროს 97% (ხმელეთის წყალი - 1%, ყინულები - 2%). სამხრეთ ნახევარსფეროში მსოფლიო ოკეანე 81% იკავებს, ხოლო ჩრდილოეთში - 61%. ოკეანის წყლის უდიდესი მასა ახდენს კლიმატის ფორმირებას, წარმოადგენს ატმოსფერული ნალექების წყაროს.

მსოფლიო ოკეანის ფსკერზე გროვდება და გარდაიქმნება მინერალებისა და ორგანული ნაერთების უდიდესი მასები. ზღვის წყალი შეიცავს 75 ქიმიურ ელემენტს, მათ შორის ურანს, კალიუმს, ბრომს, მაგნიუმს.

ლითოსფერო წარმოადგენს დედამიწის გარეგან შრეს, რომელიც მოიცავს დედამიწის ქერქსა და დედამიწის მანტიის ზედა ნაწილს. დედამიწის ქერქის საშუალო სისქე 33 კმ-ია, რომელიც მინერალური და სამთო ქანებისაგან შედგება. მყარი მიწის ქერქი შემოსაზღვრულია ატმოსფეროთი და ჰიდროსფეროთი.

ლითოსფეროს ძირითად ერთეულს წარმოადგენს ნიადაგი. ნიადაგი არის ბუნებრივი წარმონაქმნი, რომელსაც გააჩნია ცოცხალი და არაცოცხალი გარემოსათვის დამახასიათებელი თვისებები, რომელითაც იგი განსხვავდება ნიადაგწარმომქმნელი სტრუქტურისაგან.

ნიადაგი შედგება მყარი, თხევადი, აირადი და ცოცხალი ნაწილისაგან. ნიადაგის მყარ ნაწილში სჭარბობს მინერალური ნივთიერებები. მინერალური ნივთიერებების შემადგენლობაში შედიან შემდეგი ქიმიური ელემენტები: Si, Al, Fe, K, N, Mg, Ca, P, Cl, S, უფრო მცირე რაოდენობით Cu, Mo, I, B, F და სხვ. მოსავლიანი ნიადაგის შემადგენლობაში შედის ორგანული ნაერთები, რომლებიც შედგებიან მცენარეული, ცხოველური და მიკრობული წარმოშობის ნაერთებისაგან.



კითხვები თვითშემოწმებისათვის:

1. განმარტეთ რას ნიშნავს სიტყვა „ეკოლოგია“?
2. რას შეისწავლის ეკოლოგია?
3. რა განსხვავებაა ეკოლოგიასა და გარემოს დაცვას შორის?
4. რას შეისწავლის სამრეწველო ეკოლოგია?
5. ჩამოთვალეთ ეკოსისტემის ძირითადი ნაწილები
6. რას წარმოადგენს გარემოს აბიოტური ფაქტორები?
7. რას წარმოადგენენ პროდუცენტები?
8. რას წარმოადგენენ კონსუმენტები?
9. აღწერეთ რედუცენტების როლი ეკოსისტემაში.
10. რას ეწოდება ეკოსისტემის პროდუქტიულობა?
11. რას ეწოდება ბიოსფერო?
12. რას ეწოდება ატმოსფერო?
13. ჩამოთვალეთ ჰაერის შემადგენელი ძირითადი აირები, როგორია მათი შემცველობა %-ში?
14. რას ეწოდება ჰიდროსფერო?
15. აღწერეთ წყლის დიდი წრებრუნვა
16. რა წარმოადგენს ლითოსფეროს ძირითად ერთეულს?

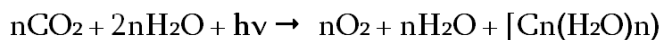


1.4. ნახშირბადის წრებრუნვა

ნახშირბადი (C) - ქიმიური ელემენტია, იგი წოდებულია როგორც „სიცოცხლის ქიმიური საწყისი“, რადგან ცოცხალი ორგანიზმის თითოეული მოლეკულა აგებულია ნახშირბადოვანი ჩონჩხის საფუძველზე (მაგ. ნახშირწყალბადები, ცილები, ცხიმები და სხვა).

ნახშირბადი ორგანული ნაერთების მთავარი ელემენტია. ცოცხალ უჯრედებში ნახშირბადის ატომების რაოდენობაა $\approx 25\%$, ადამიანის ორგანიზმში მისი შემცველობა შეადგენს $\approx 18.5\%$ მასური წილის მიხედვით.

ფოტოსინთეზი



მონოსაქარიდი



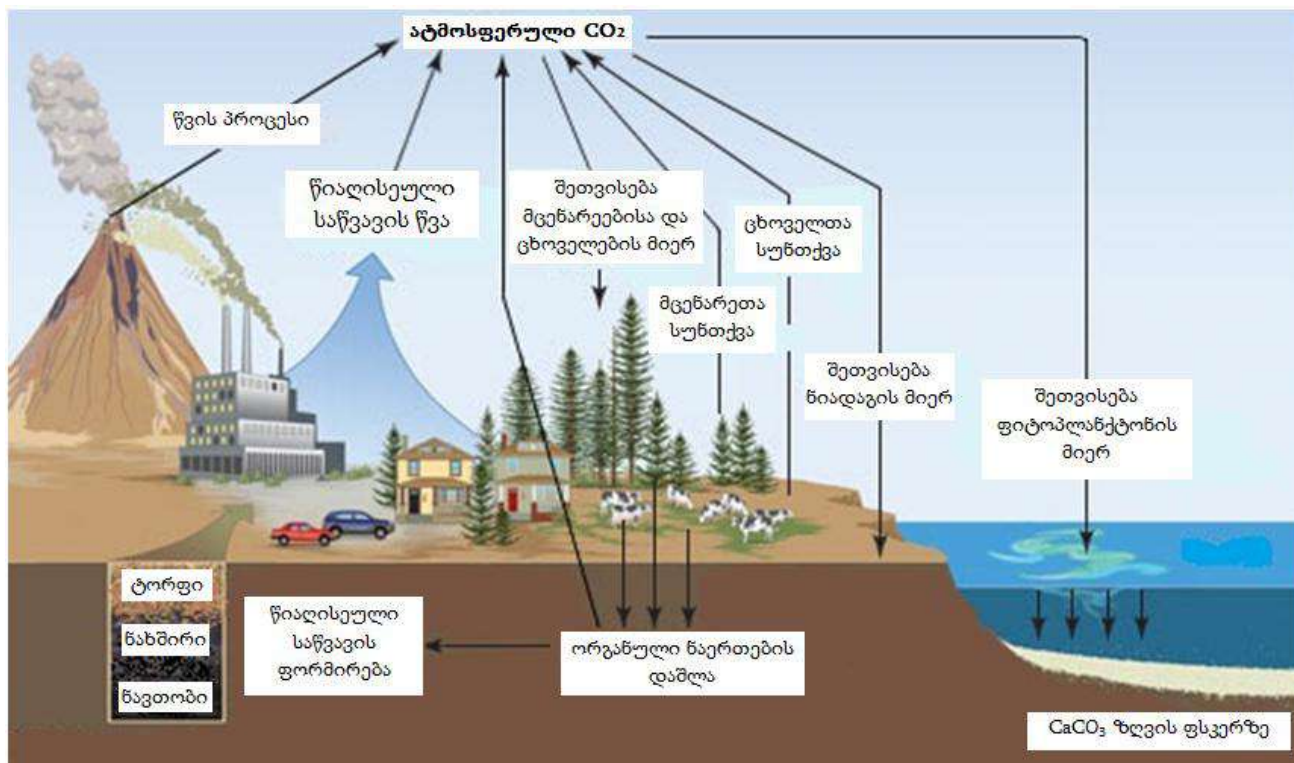
სუნთქვა

ნახშირბადი შეადგენს კუნთების მასის $2/3$ ნაწილს და ძვლების მასის $1/3$ ნაწილს. ადამიანის ორგანიზმში ნახშირბადი ხვდება საკვებთან ერთად (ნორმა ≈ 300 გ დღე-ღამეში).

ატმოსფეროში არაორგანული ნახშირბადი ძირითადად წარმოდგენილია ნახშირორჟანგის (CO_2) სახით. ჰაერში ნახშირორჟანგის შემცველობა არის $\approx$

$0,046\%$ მასის მიხედვით. სწორედ ჰაერში არსებული ნახშირორჟანგი შეითვისება მცენარეების მიერ და ფოტოსინთეზის პროცესში გარდაიქმნება ორგანულ ნაერთებად და ამ გზით ჩაერთვება მცენარის სტრუქტურაში. ამ ძირითადი თვისების გამო მცენარეები პროდუცენტებს წარმოადგენენ - ისინი არაორგანულ ნახშირბადს ორგანული ნაერთების სინთეზისათვის იყენებენ. CO_2 -ის წრებრუნვის სიჩქარე ე.ი. დრო, რომლის განმავლობაშიც ატმოსფეროს მთელი CO_2 გაივლის ცოცხალ ნივთიერებას, შეადგენს 300 წელს.

ბიოლოგიურად ბმული ნახშირბადის მთავარ რეზერვუარს ტყეები წარმოადგენენ. ისინი შეიცავენ ამ ელემენტის 500 მლრდ ტონას, რაც ატმოსფეროში მისი მარაგის $2/3$ შეადგენს.



სურათი 1.7. ნახშირბადის წრებრუნვა



ბიოსფეროში მიმდინარე ნახშირბადის წრებრუნვა მნიშვნელოვან როლს ასრულებს CO₂-ის გამოყოფისა და მისი შებოჭვის პროცესებში.

CO₂-ის ბუნებრივი გამოყოფის წყაროებია: ვულკანების ამოფრქვევა, სუნთქვის პროცესი, ორგანული ნაერთების მიკრობიოლოგიური დაშლა, ტყის მასივების ხანძრები.

მცენარე ფოტოსინთეზის შედეგად წარმოქმნილ ორგანულ ნაერთს იყენებს სუნთქვის პროცესში. ამ დროს ორგანული ნაერთი იშლება წყლად და ნახშირორჟანგად, ხოლო გამოყოფილი ენერგია მოიხმარება მცენარის მიერ. ამიტომ, მცენარის სუნთქვის პროცესში გამოყოფილი გარკვეული რაოდენობის ნახშირორჟანგი კვლავ ბრუნდება ატმოსფეროში.

მცენარის მიერ შეთვისებული ნახშირბადის მნიშვნელოვანი ნაწილი რჩება მცენარეში. განვიხილოთ სხვადასხვა შემთხვევები:

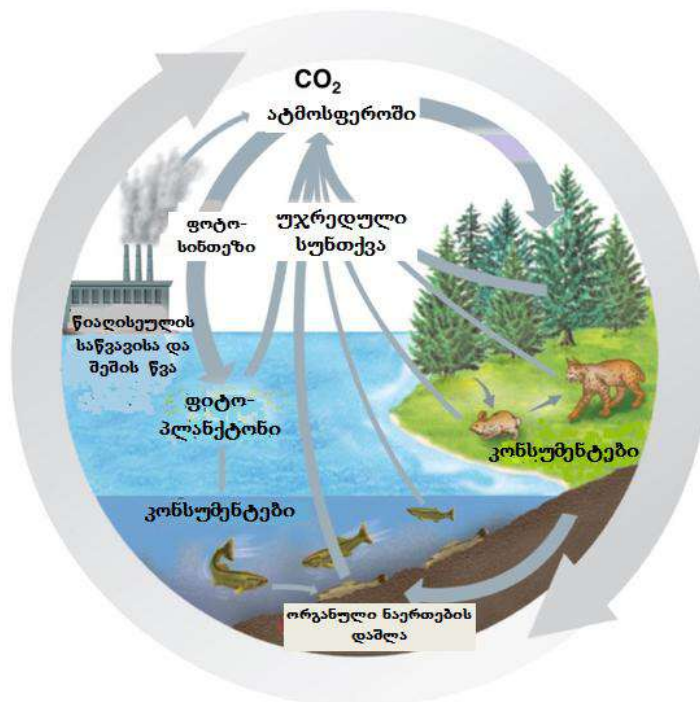
- მცენარის დაღუპვის შემდეგ ორგანული ნაერთების არაორგანულ ნაერთებად გარდაქმნა ბუნებრივად ხორციელდება რედუცენტების მიერ (მაგ. სოკოები და მწერები, რომლებიც ორგანულ ნივთიერებებს არაორგანულ ნაერთებად გარდაქმნიან). ამ პროცესის შედეგად გამოყოფილი CO₂ ისევ ბრუნდება ატმოსფეროში.
- პირველი რიგის კონსუმენტები (მაგ. კურდღელი) მცენარეებს საკვებად იყენებენ, ხოლო ბალახისმჭამელ ცხოველს საკვებად იყენებენ მეორე რიგის კონსუმენტები. ამ შემთხვევაში ნახშირბადი გარემოში დაბრუნდება სუნთქვის პროცესის ან ორგანული მასის გახრჩნის შემდეგ.

მცენარეები შესაძლებელია მოხვდნენ დედამიწის ქერქში. ორგანული ნივთიერებების უჰაერო სივრცეში დაშლის შედეგად წარმოიქმნება ნახშირი.

ლიტოსფეროში ნახშირბადის ძირითადი მასა თავმოყრილია საწვავი წიაღისეულში: ანტრაციტი (94—97 % C), მურა ნახშირის (64—80 % C), ქვანახშირის (76—95 % C), ნავთობის (82—87 % C), საწვავი ბუნებრივი აირის (99 %-მდე მეთანი), ტორფების (53—56 % C), ასევე ბიტუმის და სხვა სახით გვხვდება. ორგანული საწვავის (მაგ. ბუნებრივი აირი, ნავთობი, ნახშირი) საბოლოო წვის პროდუქტს ნახშირორჟანგი წარმოადგენს.

დიდი რაოდენობით CO₂ ატმოსფეროში ხვდება ადამიანის სამეურნეო მოღვაწეობის შედეგად. CO₂ ყველა ორგანული ნაერთისა და ნახშირბადის შემცველი არაორგანული ნაერთების სრული წვის საბოლოო პროდუქტს წარმოადგენს, ამიტომ “ანთროპოგენური CO₂” განსაკუთრებით დიდი რაოდენობით გამოიყოფა სხვადასხვა სახის საწვავის წვის შედეგად.

ერთის მხრივ CO₂-ის ემისიის ზრდა საწვავის შეუზღუდავი რაოდენობით წვის შედეგად, ხოლო მეორეს მხრივ CO₂-ის ფიქსაციის შეფერხება მცენარეული საფარის შემცირების გამო (რაც თან სდევს ურბანიზაციას, ტყეების გაჩეხვას და სხვა), იწვევს ატმოსფერულ ჰაერში CO₂-ის კონცენტრაციის გაზრდას, რის შედეგადაც ადგილი აქვს პლანეტის გლობალური ეკოლოგიური პრობლემის - ე.წ. “სათბურის ეფექტის” წარმოქმნას.



სურათი 1.8. ნახშირბადის წრებრუნვა
(გამარტივებული სქემა)

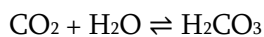


ატმოსფეროსა და ჰიდროსფეროს შორის მუდმივად ხდება CO_2 -ის მიმოცვლა. ოკეანე წარმოადგენს ნახშირბადის მნიშვნელოვან რეზერვუარს. მსოფლიო ოკეანეში ნახშირბადის საერთო რაოდენობა 100-ჯერ უფრო მეტია, ვიდრე ატმოსფეროში.

მსოფლიო ოკეანეში ნახშირბადი წარმოდგენილი არაორგანული და ორგანული ფორმებით. ორგანული ნახშირბადი თავმოყრილია ოკეანის ცოცხალ ორგანიზმებში.

არაორგანული სახით ნახშირბადის ნაერთები წარმოდგენილია წყალში გახსნილი CO_2 -ის, HCO_3^- და CO_3^{2-} იონების სახით.

ნახშირორჟანგი წყალთან რეაგირებს და წარმოქმნის ნარშირმჟავას, რომელიც სუსტი მჟავაა.

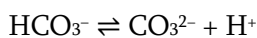


რეაქცია შექცევადია, რადგან წარმოქმნილი ნახშირმჟავა - H_2CO_3 იოლად იშლება ნახშირორჟანგისა და წყლის წარმოქმნით. ტემპერატურის მომატება ხელს უწყობს ნახშირმჟავას დაშლას.



ბუნებრივი ზედაპირული წყლები ყოველთვის შეიცავს ნახშირორჟანგსა და ნახშირმჟავას.

ნახშირმჟავა, როგორც სუსტი მჟავა დისოცირდება და წარმოქმნის ნახშირბადის შემცველ ორი სახის იონს: ჰიდროკარბონატის იონი - HCO_3^- და კარბონატ-იონი - CO_3^{2-} .



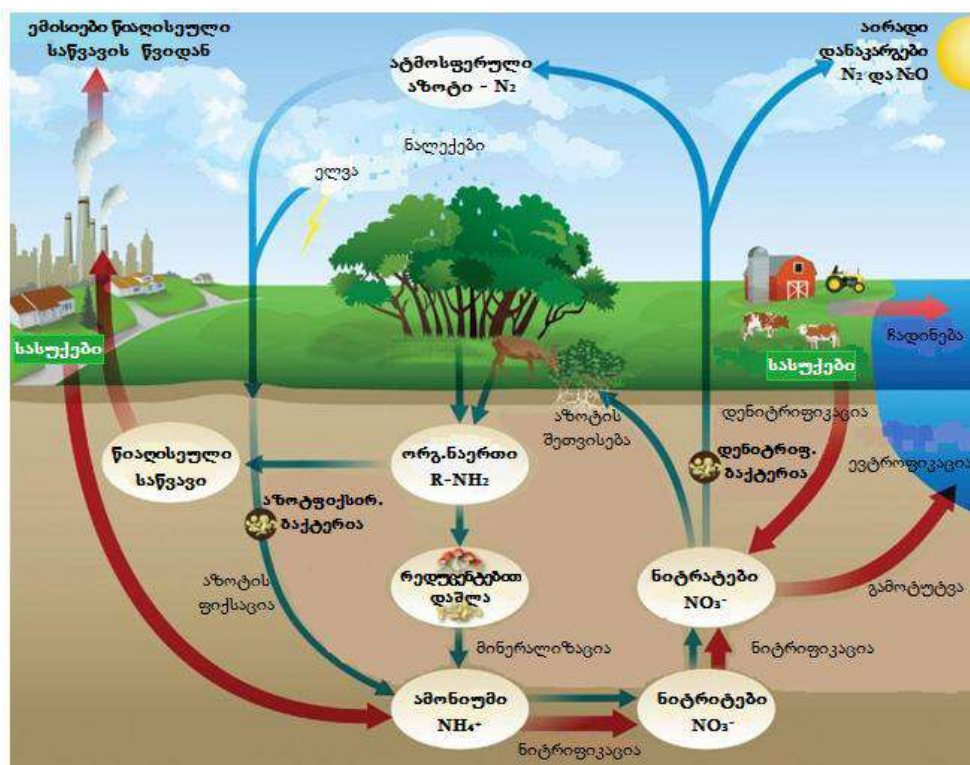
რაც შეეხება ორგანულ ნახშირბადს, მსოფლიო ოკეანის ცოცხალი ორგანიზმების სიკვდილის შემდეგ არსებული ნახშირბადის ნაწილი ილექება ფსკერზე და გროვდება დანალექ ქანებში. შედეგად ნახშირბადის ეს ნაწილი გამოეთიშება ბიოლოგიურ წრეებუნვას.

დანალექ ქანებში ნახშირბადი ძირითადად წარმოდგენილია კარბონატების სახით: კალციუმის კარბონატი - CaCO_3 (მინერალური ფორმებია — ცარცი, მარმარილო, კალციტი, კირქვა და სხვა) და მაგნიუმის კარბონატი - $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$ (მინერალური ფორმაა დოლომიტი).

1.5. აზოტის წრებრუნვა

გარემოში აზოტი წარმოდგენილია მრავალი ქიმიური ფორმებით, მათ შორის არაორგანული აირადი აზოტის (N_2), ორგანული აზოტის (სხვადასხვა აზოტშემცველი ორგანული ნაერთები), აზოტოვანი ოქსიდის (N_2O), აზოტის ოქსიდის (NO), ამონიუმის (NH_4^+), ნიტრიტის (NO_2^-), ნიტრატის (NO_3^-) იონების შემცველი ნაერთების ფორმებით.

ატმოსფერულ ჰაერში თავისუფალი აზოტი (N_2) შემცველობა შეადგენს $\approx 78,9\%$ მოცულობის მიხედვით. N_2 -ის მოლეკულა უაღრესად მდგრადია. ბუნებაში აზოტისა და ჟანგბადის მოლეკულებს შორის რეაქცია მხოლოდ ჭექა-ქუხილისა და ელვის დროს ხდება. ჩვეულებრივ პირობებში N_2 -ის მოლეკულა არ შედის ქიმიურ რეაქციაში. აღნიშნული თვისების გამო, მცენარეებს აზოტის შეთვისება N_2 -ის მოლეკულის სახით არ შეუძლიათ. ისინი შეითვისებენ მხოლოდ ბმულ აზოტს, ძირითადად NH_4^+ და NO_3^- იონების სახით. მცენარეებისათვის აზოტი ერთ-ერთი სასიცოცხლოდ აუცილებელი ელემენტია - მწვანე მასისა და მასში შემავალი ორგანულ ნივთიერებების (ცილები, ნუკლეინმჟავები და ა.შ.) სინთეზი აზოტის გარეშე შეუძლებელია.



სურათი 1.9. აზოტის წრებრუნვა

აზოტის გეოქიმიური წრებრუნვა მოიცავს მრავალი სახის გარდაქმნებს. მათგან ყველაზე მეტი მრავალფეროვნებით ნიადაგში მიმდინარე პროცესები ხასიათდება, რადგან ნიადაგში არსებული მიკროორგანიზმები ასრულებენ მნიშვნელოვან როლს აზოტის წრებრუნვაში.

ნიადაგში ძირითადად წარმოდგენილია აზოტის სამი ფორმა: ამონიუმის (NH_4^+), ნიტრიტის (NO_2^-), ნიტრატის (NO_3^-) იონები. ამ იონების კონცენტრაცია ასახავს ნიადაგის მდგომარეობას, ზეგავლენას ახდენს მცენარეებზე და ნიადაგის მიკროფლორაზე.

ნიადაგის მიკროფლორა ასრულებს უდიდეს როლს - შეუძლია შეამციროს აზოტშემცველი ნაერთების კონცენტრაცია (რომელიც ანადგურებს ცოცხალ ორგანიზმებს), ცოცხალი ორგანიზმებისათვის ტოქსიკური



ამიაკი (NH_3) გადაიყვანოს ნაკლებადტოქსიკურ ნიტრატებში და ბიოლოგიურად ინერტულ ატმოსფერულ აზოტში. ამრიგად, ნიადაგის მიკროფლორა უზრუნველყოფს ნიადაგის ქიმიური მაჩვენებლების სტაბილურობას.

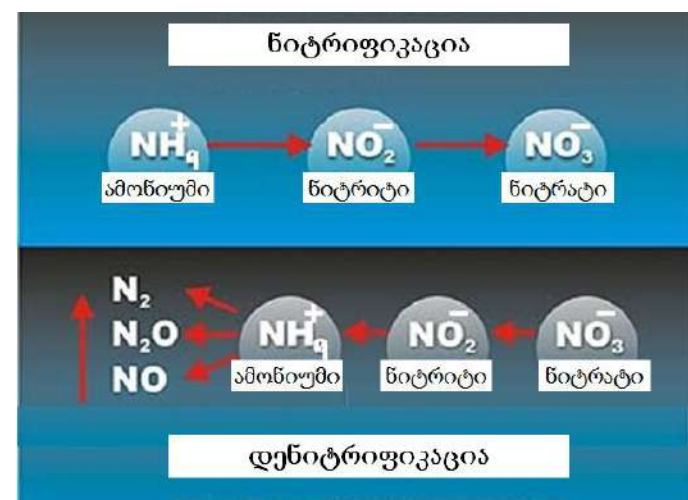
განვიხილოთ ნიადაგის მიკროფლორის ორი მნიშვნელოვანი ბაქტერიის - აზოტფიქსირებადი და დენიტრიფიცირებადი ბაქტერიის მოქმედება.

აზოტფიქსირებადი ბაქტერიები ახდენენ მოლეკულური აზოტის გარდაქმნას და გადაჰყავთ იგი მცენარეებისათვის ხელმისაწვდომ ფორმებში, ესაა - ნიტრიტები და ნიტრატები. ამ პროცესს ნიტრიფიკაცია ეწოდება. ნიტრატები და ნიტრიტები წყალში კარგად იხსნება, გადაეცემა კვებით ჯაჭვში, შეუძლიათ გადაადგილდნენ მიწისქვეშა წყლებსა და მცენარეებში.

დღესდღეობით, სურსათის გაზრდილი წარმოების გამო, ბუნებრივი გზით ნიადაგში მოხვედრილი ბმული აზოტი ვერ აკმაყოფილებს მცენარეთა მოთხოვნილებას. ამიტომ ქიმიური მრეწველობის საწარმოები სითეზის გზით დებულობენ ე.წ. სასუქებს - აზოტის ნაერთებს.

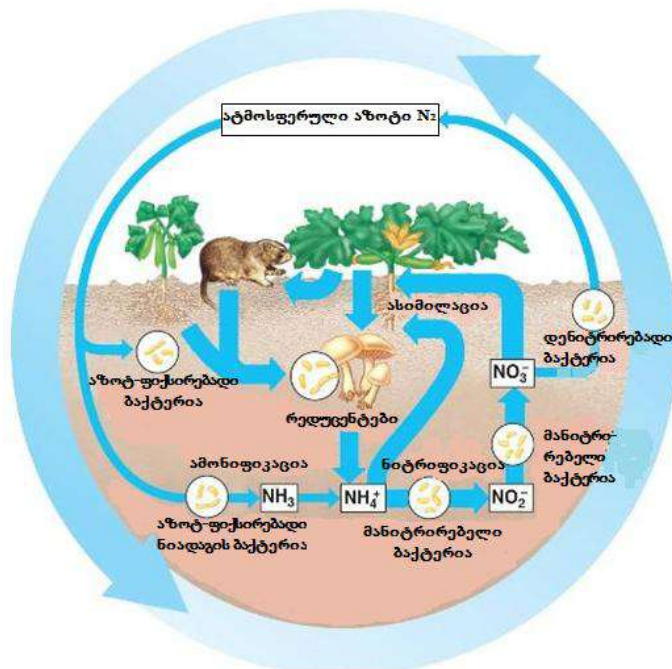
ხშირად აზოტოვანი სასუქების ჭარბი და არასწორი გამოყენებისას ნიტრატების შემცველობა წყალსა და მცენარეებში ძალზე ჭარბია, რაც ადამიანის დაავადებას იწვევს.

ცოცხალი ორგანიზმების კვდომის შემდეგ რედუცენტები (მათ შორის დენიტრიფიცირებადი ბაქტერიები) ახდენენ ორგანული ნაერთების მინერალიზებას და აზოტშემცველი ნაერთები გადაჰყავთ



სურათი 1.11. ნიტრიფიკაციის და დენიტრიფიკაციის პროცესი

ფოსფორი და გოგირდი), რაც იწვევს წყალსატევებში მწვანე წყალმცენარეების უზომო ჭარბ განვითარებას, შემდგომში მათი ლპობის შედეგად მავნე და მომწამვლელი ნივთიერებების გამოყოფას.



სურათი 1.10. აზოტის წრებრუნვა (გამარტივებული სქემა)

ამონიუმის, ნიტრატებისა და ნიტრიტების ნაერთებში, ასევე თავისუფალ აზოტში, რომელიც კვლავ ბრუნდება ატმოსფეროში.

აზოტის გეოქიმიურ წრებრუნვაში დიდი წვლილი შეაქვს ანთროპოგენურ ფაქტორებს: სასუქების წარმოებასა და გამოყენებას და წიაღისეული საწვავის წვას.

სასუქების წარმოება და გამოყენება დაკავშირებულია არა მარტო სურსათში ნიტრატების შემცველობის პრობლემასთან, არამედ სასმელი და ზედაპირული წყლების სისუფთავის საკითხთან. ერთ-ერთი პრობლემაა ხელოვნური ევტროფიკაცია - პროცესი, როცა წყალსატევებში ხდება ჭარბ რაოდენობით ბიოგენური ელემენტები (აზოტი,



წიაღისეული საწვავის წვის შედეგად გამოიყოფა აზოტის ოქსიდები (NO და NO_2), რომლებიც აჭუჭყიანებენ ჰაერს და მავნე ზეგავლენას ახდენენ ადამიანის ჯანმრთელობაზე. აზოტის ოქსიდებით ანთროპოგენური დაბინძურება კრიტიკულ ზღვარს მჭიდროდ დასახლებულ სამრეწველო ქალაქებში აღწევს.

1.6. გოგირდის წრებრუნვა

გოგირდი დედამიწაზე ფართოდ გავრცელებული ელემენტია. გოგირდის ძირითადი რაოდენობა თავმოყრილია ნიადაგსა და მთის ქანებში. მთის ქანებში გოგირდი ძირითადად გვხვდება სულფიდების სახით - სხვადასხვა ლითონებთან შეკავშირებული. მრავალი მათგანი ფასეულ მადნებს (ZnS , HgS , PbS , Cu_2S , FeS_2 , CuFeS_2 , MnS , Co , NiS , Ag_2S და სხვა) წარმოადგენს.



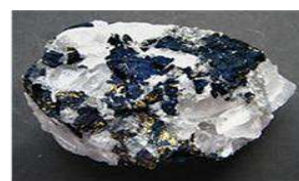
FeS_2



CuFeS_2



NiS



CuS



AsS



HgS



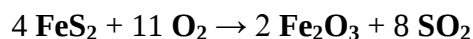
Ag_2S



As_2S_3

სურათი 1.12. გოგირდის ბუნებრივი ნაერთები

მაგალითად მოვიყვანოთ FeS_2 -იდან რკინის მიღების მიზნით წარმართული რეაქციის ქიმიურ ტოლობას:

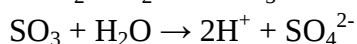
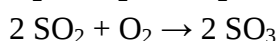
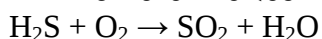


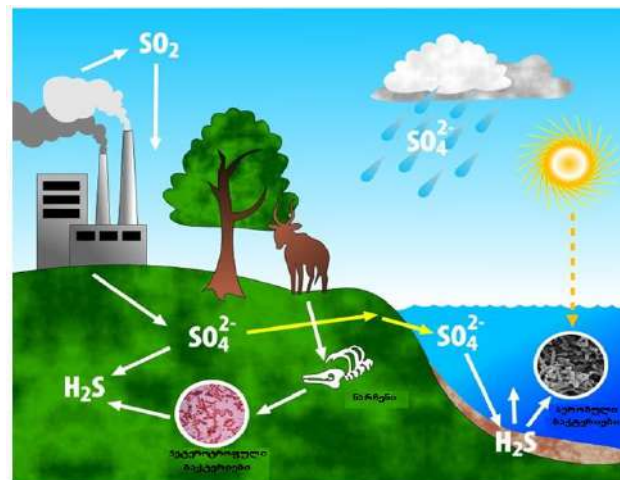
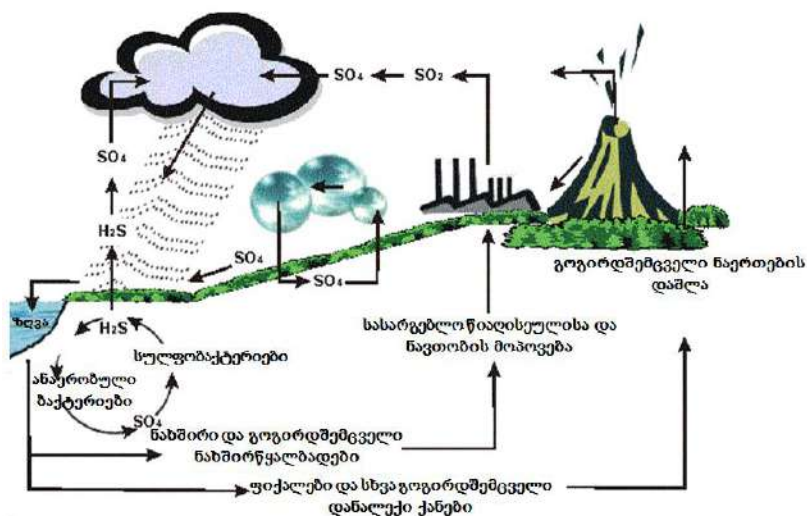
მაშასადამე, სულფიდური მადნების გადამუშავების შედეგად წარმოების გაფრქვევები გოგირდის დიოქსიდის მნიშვნელოვან რაოდენობას შეიცავენ.

აქვე ავღნიშნავთ, რომ ატმოსფეროში გოგირდის დიოქსიდის გაფრქვევის მნიშვნელოვანი წილი მოდის სხვადასხვა სახის სათბობის წვაზე. ქვანახშირი, საწვავი ფიქალები, დიზელის საწვავი, მაზუთი და ბენზინი შეიცავენ გოგირდის ნაერთებს, რის შედეგადაც ასეთი სახის საწვავის წვისას ყოველწლიურად ატმოსფეროში მნიშვნელოვანი რაოდენობის გოგირდის ოქსიდები გამოიფრქვევა.

გოგირდის ნაერთებიდან აღსანიშნავია აირადი ნივთიერებები - გოგირდწყალბადი - H_2S და გოგირდოვანი აირი - SO_2 . ამ აირების ატმოსფეროში მოხვედრის ბუნებრივი წყაროა ვულკანების ამოფრქვევა.

ბიოგეოქიმიურ წრებრუნვაში გოგირდის ჩართვის ძირითადი როლი მიკროორგანიზმებს ეკუთვნით. ცოცხალი ორგანიზმების კვდომის შემდეგ ნიადაგის მიკროორგანიზმები ორგანულ გოგირდს გარდაქმნიან გოგირდწყალბადად H_2S , რომლის მნიშვნელოვანი ნაწილი იჟანგება სულფატებად (SO_4^{2-} იონის ნაერთები) და ისევ ბრუნდება ნიადაგში და წყალში. მცენარეები ნიადაგიდან გოგირდს სწორედ სულფატების (SO_4^{2-} იონის) სახით ითვისებენ. შედეგად გოგირდი ჩაირვება ცილების შედგენილობაში.





სურათი 1.13. გოგირდის წრეგზავა

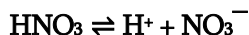
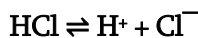
ზღვის წყალი შეიცავს SO_4^{2-} იონებს და შემცველობის მიხედვით ეს იონი იკავებს მეორე ადგილს ქლორის იონის შემდეგ.

ზოგიერთ ორგანიზმებში გოგირდი გროვდება სუფთა სახით (S) და მათი კვდომის შემდეგ ზღვის ფსკერზე წარმოიქმნება თვითნაბადი გოგირდის ფენები.

საწვავი წიაღისეულის წვის შედეგად, ასევე ქიმიური წარმოების გამონატყორცნების გამო, ატმოსფეროში SO_2 -ის კონცენტრაცია იზრდება. ატმოსფეროში გამოტყორცნილი SO_2 უცვლელი სახით საშუალოდ 14 დღის მანძილზე შეიძლება არსებობდეს. დროის ამ მონაკვეთის განმავლობაში აირი ვერ ასწრებს გლობალური მასშტაბით გავრცელებას და ჰაერის ლოკალურ გაჭუჭყიანებას იწვევს.

1.6.1. მჟავური წვიმა

მჟავა ეწოდება ქიმიურ ნივთიერებას, რომელიც ელექტრონული დისოციაციის შედეგად წყალბადიონს (H^+) წარმოქმნის. მაგალითად, არაორგანულ მჟავებს წარმოადგენს HCl – მარილმჟავა, H_2SO_4 – გოგირდმჟავა, HNO_3 – აზოტმჟავა. აღნიშნული მჟავები ელექტრონული დისოციაციის შედეგად წარმოქმნის H^+ იონს.



ამრიგად, გარემო მჟავა გარემო წარმოიქმნება H^+ იონების მიერ.

სუფთა წყალი ქიმიურად ნეიტრალურ გარემოს ქმნის, რადგან წყლის დისოციაციის შედეგად გამოიყოფა თანაბარი რაოდენობის H^+ და OH^- იონები, რომლებიც ერთმანეთს ანეიტრალევენ.



ტუტე გარემოს წარმოიქმნება OH^- იონების მიერ.

ხსნარის მჟავა თუ ტუტე რეაქციის ასახვისათვის გამოიყენებენ ე.წ. pH (*potentia hydrogeni*) რომელიც ლათინურიდან წყალბადის ძალას ნიშნავს. ხსნარის pH წარმოადგენს მასში წყალბადიონების კონცენტრაციის ხარისხის მაჩვენებელს. იგი იცვლება 1-დან 14-მდე.

თუ ხსნარში H^+ და OH^- იონების კონცენტრაციები ტოლია, მაშინ ხსნარი ნეიტრალურია და მისი pH=7.



თუ $pH=1 \div 7$, მაშინ ხსნარში ჭარბობს H^+ იონები და მას აქვს მჟავა რეაქცია, ამასთან რაც უფრო მცირეა pH -ის მნიშვნელობა, მით უფრო მაღალია ხსნარის მჟავიანობა.

თუ $pH=7 \div 14$, ხსნარში ჭარბობს OH^- იონები და მას აქვს ტუტე რეაქცია.

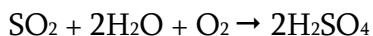
ტერმინით „მჟავური წვიმები“ აღნიშნავენ ყველა სახის მეტეოროლოგიურ ნალექებს - წვიმას, თოვლს, სეტყვას, ნისლს, ცვარს - რომელთა მჟავიანობა უფრო მეტია, ვიდრე წვიმის წყლისა. წვიმის წყლის $pH \approx 5,6$.

პირველად მჟავური წვიმები აღინიშნა 1950-იან წლებში დასავლეთ ევროპაში, კერძოდ სკანდინავიის ქვეყნებსა და ჩრდილოეთ ამერიკაში. 1981 წელს ბავარიის (გერმანია) მოსული წვიმის $pH=3,5$. დასავლეთ ევროპაში დარეგისტრირებული მაქსიმალური მჟავიანობა შეადგენდა $pH=2,3$.

მჟავური წვიმები ძირითადად წარმოიქმნება ატმოსფეროში საწარმოო გამონაბოლქვებიდან მოხვედრილი გოგირდის ოქსიდისა (SO_2) და აზოტის ოქსიდების (NO_x) გარდაქმნის შედეგად. ეს ნივთიერებები ატმოსფერულ ტენთან ურთიერთქმედებისას გარდაიქმნებიან მჟავებად და ზრდიან წვიმის წყლის მჟავიანობას.

SO_2 რეაგირებს წყლის ორთქლთან, წარმოქმნის გოგირდმჟავას, ერევა წვიმის წყალს და დედამიწაზე მჟავური წვიმების სახით მოდის.

გოგირდის დიოქსიდი აზოტის ოქსიდებთან ერთად ატმოსფეროში მთელ რიგ ქიმიურ გარდაქმნებს განიცდის, რაც ე.წ. „მჟავურ წვიმებს“ იწვევს. ეს პროცესი ქიმიურად შეიძლება წარმოვადგინოთ შემდეგი მარტივი რეაქციების მაგალითზე:



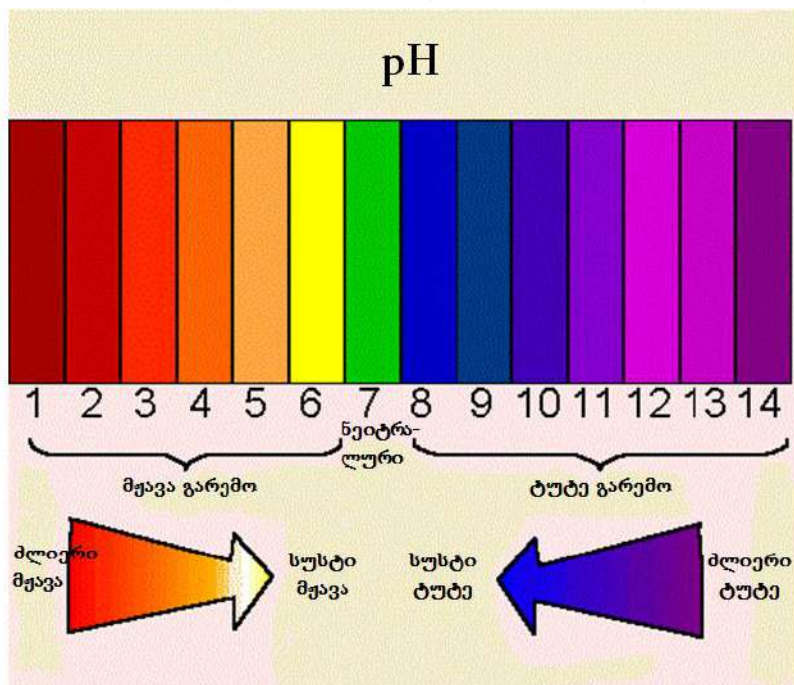
გოგირდმჟავა



აზოტმჟავა აზოტოვანი მჟავა

SO_2 ატმოსფეროს ტენთან ურთიერთქმედებისას წარმოქმნის გოგირდმჟავას, რომელიც შლის ადამიანისა და ცხოველის ფილტვის ქსოვილებს. SO_2 განსაკუთრებით სახიფათოა, როცა ილექება ძალზე მცირე ზომის მტვრის ნაწილაკებზე და მისი საშუალებით შეაღწევს სასუნთქ გზების სიღრმეებში. SO_2 ტოქსიკურად მოქმედებს მცენარეებზე. ჰაერთან ერთად იგი აღწევს მცენარეთა ფოთლებში, ამცირებს უჯრედთა სიცოცხლის უნარიანობას და მცენარე ხმება.

აღნიშნული მავნე ზემოქმედების გამო ჰაერში გოგირდის დიოქსიდის შემცველობა ნორმირებულია და კონტროლდება გარემოსდაცვითი სამსახურების მიერ.



სურათი 1.14. pH-ის შკალა



კითხვები თვითშემოწმებისათვის:

1. აღწერეთ წყლის დიდი წრებრუნვა
2. რა მნიშვნელობა აქვს ფოტოსინთეზს ნახშირბადის წრებრუნვაში?
3. ჩამოთვალეთ ანთროპოგენური ფაქტორები, რომლებიც იწვევენ ნახშირორჟანგის გამოყოფას გარემოში
4. აღწერეთ მსოფლიო ოკეანის როლი ნახშირბადის წრებრუნვაში
5. აღწერეთ აზოტის წრებრუნვა (შესაბამისი სურათის გამოყენებით)
6. რა როლს ასრულებენ ნიადაგში არსებული ბაქტერიები აზოტის წრებრუნვაში?
7. ჩამოთვალეთ რომელი იონების სახით არის წარმოდგენილი აზოტი ნიადაგში.
8. აღწერეთ ნიტრიფიკაციის პროცესი
9. აღწერეთ დენიტრიფიკაციის პროცესი
10. აღწერეთ გოგირდის წრებრუნვა (შესაბამისი სურათის გამოყენებით)
11. ჩამოთვალეთ ანთროპოგენური ფაქტორები, რომლებიც იწვევენ გოგირდის დიოქსიდის გამოყოფას გარემოში
12. აღწერეთ ნიადაგში არსებული ბაქტერიების როლი გოგირდის წრებრუნვაში
13. აღწერეთ როგორ წარმოიქმნება მჟავა გოგირდის დიოქსიდის გარდაქმნის შედეგად
14. რას ეწოდება მჟავური წვიმა?
15. რას უდრის ბუნებრივად წვიმის წყლის pH?



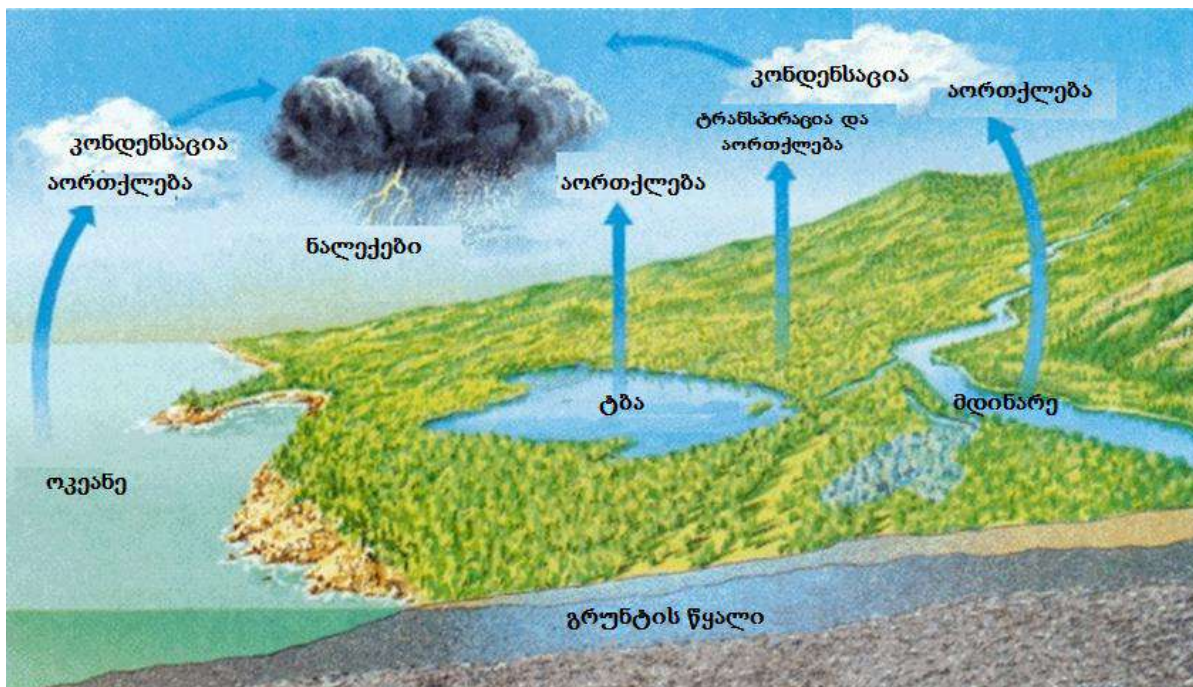
1.7. გარემოს ბუნებრივი ობიექტების ქიმიური შედგენილობა

1.7.1. ბუნებრივი წყლები

დედამიწაზე არსებული წყლის ძირითადი ნაწილი (80%) ოკეანეების ზედაპირზე ორთქლდება და ნალექის სახით ბრუნდება. აორთქლებული წყლის ნაწილი ქარს კონტინენტებზე გადააქვს. მისი უდიდესი ნაწილი მდინარეების მეშვეობით კვლავ უბრუნდება ოკეანეებს, ხოლო მცირე ნაწილი ჩაედინება ისეთ წყალსატევებში, რომლებსაც მსოფლიო ოკეანესთან კავშირი არ გააჩნია.

ბუნებაში მიმდინარე წყლის წრებრუნვის დროს ჰაერიდან წყალში ძირითადად გადადის გაზები, ხოლო ქანებიდან და მინერალებიდან - მყარი ნივთიერებები. წყალი კარგი გამხსნელია და ხსნის სხვადასხვა ნივთიერებებს, რომლებსაც ეხება თავისი მიმოქცევის გზაზე. ბევრი ნივთიერება, რომლებიც წყალში უხსნადია, მექანიკურად ერევა მას და მიჰყვება შეტივნარებულ ან შეწონილ მდგომარეობაში.

აღნიშნული პროცესების გამო, ბუნებრივი წყალი გარემოში სუფთა სახით არ მოიპოვება და ყოველთვის შეიცავს სხვადასხვა მინარევებს.



სურათი 1.15. ბუნებრივი წყლის ობიექტები

ბუნებრივი წყლის ობიექტებიდან განვიხილოთ ბუნებრივი ზედაპირული წლების, მიწისქვეშა წყლებისა და ზღვის/ოკეანეების წყლების ბუნებრივი შედგენილობა.



1.7.2. ზედაპირული წყლები

მდინარეების, მყინვარების, ტბების, წყალსაცავებისა და ჭაობების წყლებს **ზედაპირული წყლები** ეწოდება.

ზედაპირული წყლის შედგენილობის ფორმირებაში დიდ როლს ასრულებს კლიმატი, რომელიც აპირობებს წყალში ატმოსფერული ნალექების მოხვედრას. ზედაპირული წყლები წარმოადგენენ ატმოსფერული ნალექების ხარჯზე შექმნილ წყლის რესურსებს, რომლებიც იცვლიან მარაგს და ქიმიურ შედგენილობას წელიწადის სეზონების მიხედვით.

ზედაპირული წყლების შედგენილობაზე ზეგავლენას ახდენს ნიადაგურ-გეოლოგიური, გეომორფოლოგიური, კლიმატური და ანთროპოგენული ფაქტორები.

ბუნებრივი ზედაპირული წყლების კლასიფიცირებას ახდენენ მარილების შემცველობის ანუ მინერალიზაციის მიხედვით.

წყალი არის მტკნარი თუკი მისი 1ლ (იგივე, რაც 1 კგ წყალი) შეიცავს 1გ-მდე მარილებს. ანუ მტკნარ წყალში მარილის კონცენტრაცია არ აღემატება 1გ/კგ-ს.

მარილოვანი წყალი შეიცავს 1-25 გ/კგ მარილს, მლაშე წყალი ანუ ზღვის წყალი - 25-50გ/კგ-მდე მარილს.

ბუნებრივი წყლები ძირითად შეიცავენ სხვადასხვა სახის იონებს: Na^+ , K^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} , Mn^{2+} , Fe^{2+} , H^+ , Cl^- , HCO_3^- , SO_4^{2-} , OH^- , CO_3^{2-} , F^- , NO_3^- , Br^- , BO_2^- , HS^- , HSO_4^- , HSiO_3^- . მათგან გამოარჩევენ შვიდ ძირითად იონს, რომლებიც მნიშვნელოვანწილად განაპირობებენ წყლის ხარისხს.

ბუნებრივ წყლებში არის შვიდი ძირითადი იონი:

ანიონები			კათიონები		
1)	HCO_3^-	ჰიდროკარბონატის იონი	4)	Ca^{2+}	კალციუმის იონი
	CO_3^{2-}	კარბონატ-იონი			
2)	SO_4^{2-}	სულფატ-იონი	5)	Mg^{2+}	მაგნიუმის იონი
3)	Cl^-	ქლორ-იონი	6)	Na^+	ნატრიუმის იონი
			7)	K^+	კალიუმის იონი

Na^+ და K^+ იონები. ბუნებრივ წყლებში ხვდება ნალექი ქანების გახსნის შედეგად. მაგ. NaCl -ის გახსნის შედეგად. ზედაპირულ წყლებში უფრო მეტად სჭარბობს Na^+ იონები, ვიდრე K^+ , რაც აიხსნება ნიადაგის მიერ კალიუმის შეთვისების უნარით და წყლიდან მცენარეების მიერ K^+ შეწოვის პროცესით.

Ca^{2+} და Mg^{2+} იონები. ეს იონები გვხვდება ყველა სახის მინერალურ წყლებში. მათი წყაროა ნალექი ქანები - კირქვის, თაბაშირის, დოლომიტის შემცველობით. ნაკლებმინერალიზებულ წყლებში სჭარბობს Ca^{2+} . მაღალი მინერალიზაციის წყლებში სჭარბობს Mg^{2+} . Ca^{2+} და Mg^{2+} იონების შემცველობა განაპირობებს წყლის სიხისტეს.

SO_4^{2-} და Cl^- იონები. ეს იონები ხვდებიან ბუნებრივ წყლებში მარილშემცველი ქანების გამორეცხვის შედეგად. მათი მაღალი შემცველობა განაპირობებს წყლის კოროზიულ აქტივობას და მუდმივ სიხისტეს.

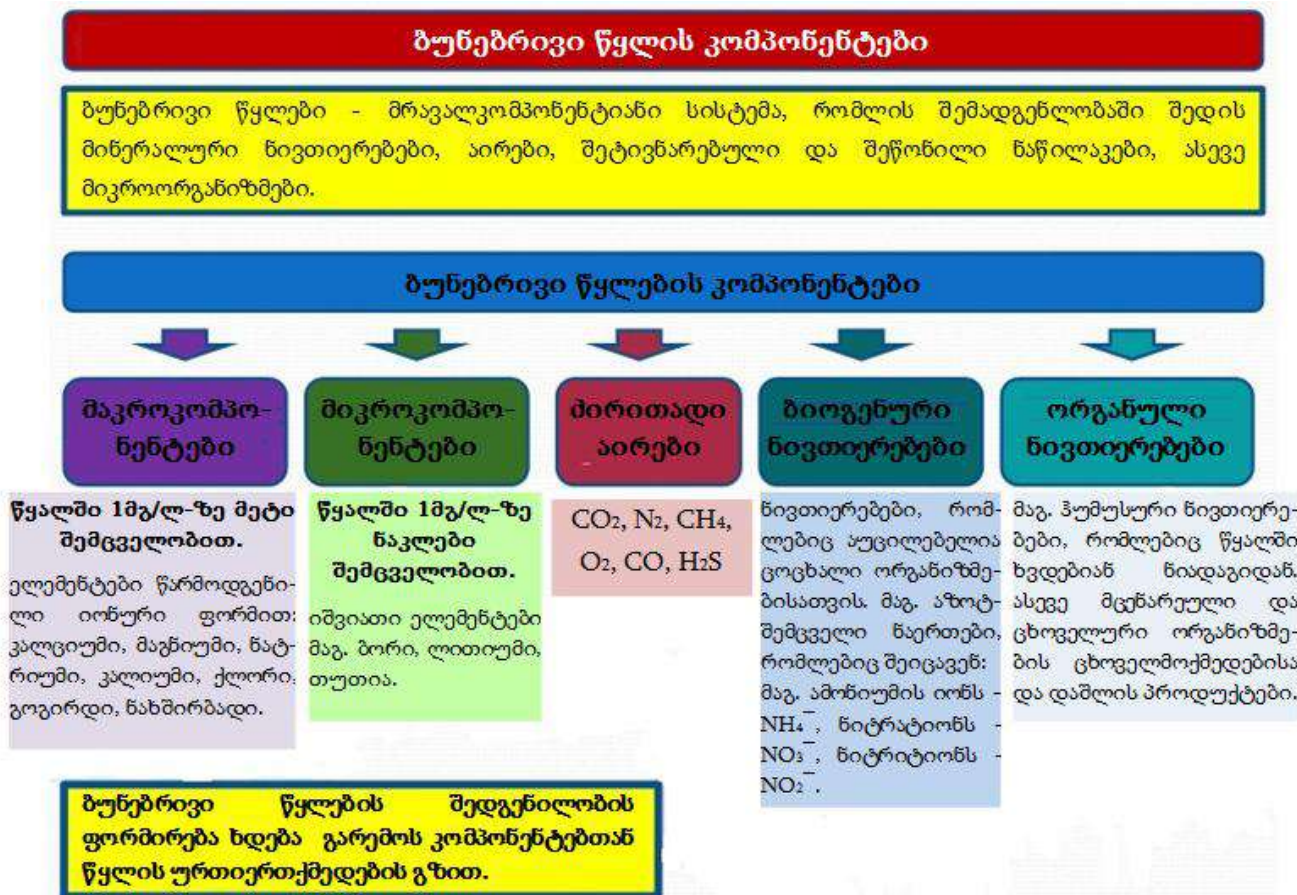
გარდა ძირითადი მაკროიონებისა ბუნებრივი წყლები შეიცავს:

- გახსნილ აირებს O_2 , CO_2 , H_2S , CH_4 და სხვა
- ბიოგენურ კომპონენტებსა და ელემენტებს NH_4^+ , NO_2^- , NO_3^- , $\text{N}_{\text{ორგ}}$, PO_4^{3-} , HPO_4^{2-} , H_2PO_4^- , $\text{P}_{\text{ორგ}}$, SiO_3^{2-} , Fe (II,III) და სხვა
- მიკროელემენტებს. მაგ. ბიოლითონები Mn , Cu , Zn , Co და სხვა
- ორგანულ ნივთიერებებს: ორგანულ ნახშირბადს, ამინომჟავებს, ნახშირწალბადებს და სხვა.

ზედაპირულ წყალში მიმდინარე გარდაქმნებში დიდ როლს ასრულებს თავისუფალი ჟანგბადი, რომელიც ჰაერიდან ხვდება მასში. ბუნებრივ წყალში **გახსნილი ჟანგბადი** არსებობს ჟანგბადის მოლეკულის



- O₂-ის სახით. მის შემცველობაზე ზეგავლენას ახდენს ორი ურთიერთსაწინააღმდეგო პროცესი: პირველი ზრდის ჟანგბადის კონცენტრაციას, ხოლო მეორე ამცირებს მას.



პირველი ჯგუფის პროცესებს, რომლებიც წყალს ამდიდრებენ ჟანგბადით, განეკუთვნებიან:

1. ატმოსფეროდან ჟანგბადის შთანთქმის პროცესი;
2. წყალმცენარეების მიერ ფოტოსინთეზის დროს ჟანგბადის გამოყოფა.

ჟანგბადის შთანთქმა ატმოსფეროდან მიმდინარეობს წყლის ობიექტის ზედაპირზე. წყალმცენარეები ახდენენ ჟანგბადის ფოტოსინთეზურ გამოყოფას ნახშირბადის დიოქსიდის შეთვისების დროს. ეს პროცესი სწრაფად მიმდინარეობს, რასაც ხელს უწყობს წყლის მაღალი ტემპერატურა, მზის განათების ინტენსივობა და ბიოგენური ელემენტების შემცველობა.

წყალსატევში ჟანგბადი ასევე შეიძლება მოხვდეს წვიმის და თოვლის წყლის საშუალებით.

წყალში ჟანგბადის შემცველობის შემამცირებელ პროცესებს განეკუთვნება მიმდინარე პროცესები, რომლებშიც ჟანგბადი მოიხმარება. ასეთებია: ორგანიზმების სუნთქვა, ბაქტერიების სუნთქვა, ჟანგბადის ხარჯი ორგანული ნივთიერებების დაშლისას და სხვადასხვა ქიმიური ნივთიერებების Fe²⁺, Mn²⁺, NO₂⁻, NH₄⁺, CH₄, H₂S დაჟანგვისას. ჟანგბადის ხარჯი იზრდება ტემპერატურის მომატების, სხვადასხვა ნივთიერებების, ბაქტერიებისა და წყალში მცხოვრები სხვა ორგანიზმების რაოდენობის გაზრდის დროს.

ჟანგბადის შემცველობა დიდ ზეგავლენას ახდენს წყალსატევის ცხოვრებაზე. გახსნილი ჟანგბადის მინიმალური შემცველობა, რომელიც უზრუნველყოფს თევზების ნორმალურ განვითარებას შეადგენს 5 მგ O/დმ³. მისი შემცირება 2 მგ O/დმ³-მდე იწვევს თევზების მასიურ დაღუპვას.

წყლის ქიმიურ შედგენილობაზე მოქმედებს სხვადასხვა წყლების შერევა. ამ დროს იცვლება როგორც თვისებები, ისე რაოდენობითი შედგენილობა. ზედაპირულ წყალს მრავალი ნივთიერება ერევა სამრეწველო ჩამონადენების სახით, რომლებიც ცვლის მის შედგენილობას. ასეთი პროცესების შედეგად



წყალში გროვდება მრავალი მყარი, თხევადი და აირადი ნივთიერება, როგორც ხსნად, ისე შეტივანარებულ ან შეწონილ მდგომარეობაში. წყალში არსებული ნივთიერებები ურთიერთქმედებენ ერთმანეთთან და წარმოქმნიან ახალ ნივთიერებებს.

წყლის ქიმიური შედგენილობის ჩამოყალიბებაში დიდ როლს ასრულებენ მიკროორგანიზმები, რომლებიც საკვებად იყენებენ წყალში არსებულ ნივთიერებებს, ძირითადად ორგანულს და გარდაქმნიან მათ სხვა ნივთიერებად.

1.7.3. ზღვისა და ოკეანის წყლები

ზღვისა და ოკეანეების წყლების ქიმიური შედგენილობას ბუნებრივ ზედაპირულ წყლებთან შედარებით გააჩნია განმასხვავებელი თვისებები:

- ოკეანეების წყალი აგროვებს სხვადასხვა ქიმიური შედგენილობის წყლებს, რომლებიც ჩამოედინებიან დედამიწის ზედაპირიდან.
- მაღალი მარილიანობა (ძირითადად NaCl). საერთო მინერალიზაცია აღწევს 35 გ/კგ.
- წყლის ძირითადი შედგენილობის მუდმივი ერთგვაროვნება ოკეანის სხვადასხვა ნაწილებში, რაც განპირობებულია მუდმივი წყალმიმოცვლით ოკეანის ნაწილებს შორის და წყლის მასების ვერტიკალური და ჰორიზონტალური გადაადგილებით.
- ოკეანის წყალი შეიცავს იგივე ძირითად იონებს, რასაც ზედაპირული წყლები. ესენია: Cl^- , SO_4^{2-} , HCO_3^- , CO_3^{2-} , Na^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} . დამატებით შედის Br^- , F^- , Sr^{2+} , H_3BO_3 .
- Na^+ და Cl^- იონების შემცველობა შეადგენს 83,6% ყველა სხვა იონებთან შედარებით. შესაბამისად, ოკეანის წყლები წარმოადგენენ ნატრიუმ-ქლორიდულ წყლებს.

ოკეანის წყლებში კათიონებისა და ანიონების შემცველობა შესაძლებელია შემდეგნაირად გამოვსახოთ:



ჩამოვყალიბოთ ძირითადი განსხვავებები მტკნარ ზედაპირულ წყლებსა და ოკეანის წყლებს შორის:

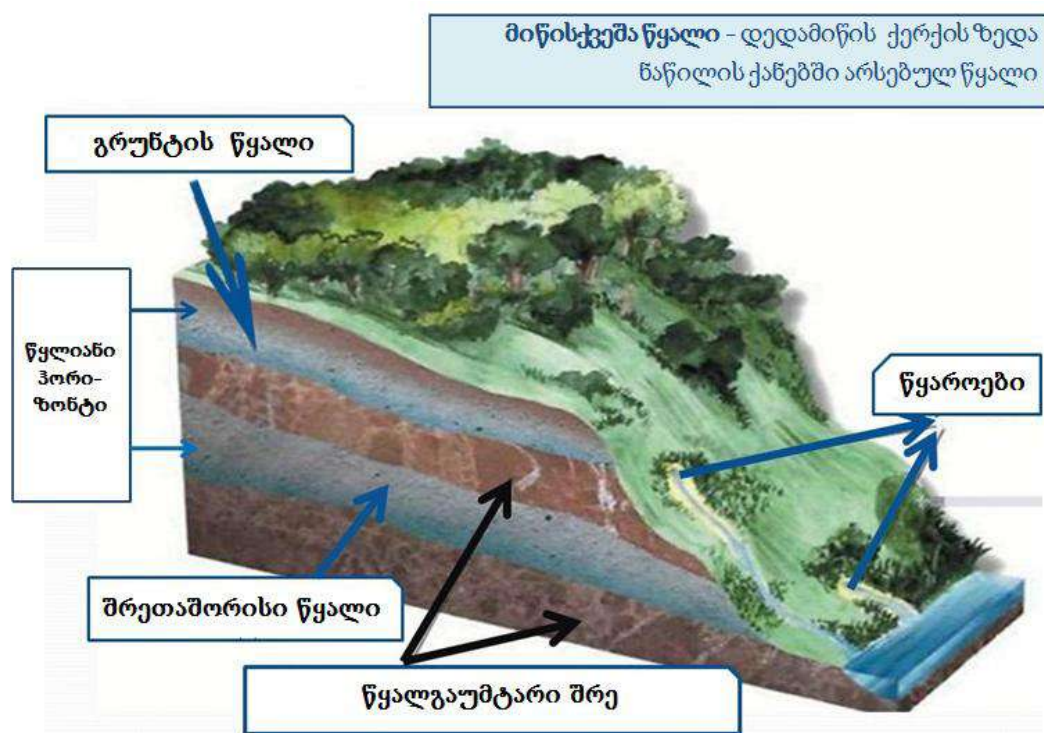
- 1) ოკეანის წყალში კალციუმი და მაგნიუმი შედის ქლორიდების სახით და არა ჰიდროკარბონატების სახით (როგორც ზედაპირულ წყლებში).
- 2) ოკეანის წყლების ტუტე გარემოს განაპირობებს არა მარტო HCO_3^- , CO_3^{2-} , არამედ H_2BO_3^- იონები.
- 3) ოკეანის წყლის pH შეადგენს 7,7-8,3. ზედაპირული წყლების pH მერყეობს 4,5-დან (მაგ. ჭაობები) 8,5-მდე (წყალსატევები ინტენსიური ფოტოსინთეზით).
- 4) ოკეანის წყალში Ca^{2+} იონები წარმოდგენილია უფრო მაღალი კონცენტრაციით, ვიდრე ზედაპირულ წყლებში, რაც განპირობებულია ოკეანის წყალში CaCO_3 გაზრდილი ხსნადობით NaCl თანაობისას.
- 5) გახსნილი ჟანგბადის კონცენტრაცია იცვლება სიღრმესთან დამოკიდებულებით. მისი მაქსიმალური კონცენტრაცია შეინიშნება 100-300 მ სიღრმეზე ხოლო მინიმალური 1400-1600 მ სიღრმეზე.
- 6) CO_2 კონცენტრაცია ოკეანის წებლებში უფრო მცირეა ვიდრე ზედაპირულ წყლებში.
- 7) გოგირდწყალბადის (H_2S) შემცველობა არ არის დამახასიათებელი ოკეანის წყლებისათვის. ეს აირი წარმოიქმნება მხოლოდ დამდგარ ზონებში, უქანგაბადო პირობებში. აღნიშნული მაგალითია შავი ზღვა, სადაც 200 მ სიღრმის შემდეგ გოგირდწყალბადის მაღალი კონცენტრაციაა დაფიქსირებული.
- 8) მიკროელემენტების შემცველობა ოკეანის წყალში დაბალია. თუმცა მათი აბსოლუტური შემცველობა დიდი რიცხვია. მაგ. მსოფლიო ოკეანე შეიცავს 5,5 მლნ ტ ოქროს.

1.7.4. მიწისქვეშა წყლები

დედამიწის ქერქის ზედა ნაწილის ქანებში არსებულ წყალს მიწისქვეშა წყალი ეწოდება. მიწისქვეშა წყალი ბუნებრივი ხსნარია, რომელიც 60-ზე მეტ ქიმიურ ელემენტს შეიცავს. მასში გვხვდება ორგანული ნაერთები და მიკროორგანიზმები.

ხმელეთის ზედაპირის ქვეშ არსებულ პირველი უახლოესი წყლიანი ჰორიზონტის წყალს - გრუნტის წყალს უწოდებენ.

მიწის ღრმა ფენებში მოხვედრისას წყალი განიცდის მაღალი ტემპერატურის და წნევის გავლენას, რაც ხელს უწყობს მასში სხვადასხვა ნივთიერებების გახსნას. მიწის ქერქში მოძრაობისას წყალი ეხება სხვადასხვა ქანსა და მინერალს, რასაც თან ახლავს ახალი ქიმიური გარდაქმნები. ამ დროს ხდება იონთა მიმოცვლა და წყალში არსებული იონები გადადის ქანებში, ხოლო ისეთივე მუხტის სხვა იონები გადადის წყალში.



სურათი 1.16. მიწისქვეშა და გრუნტის წყალის მდებარეობა

მიწისქვეშა ჰორიზონტში მიმდინარეობს წყლის გაჯერება მინერალური კომპონენტებითა და მიკროელემენტებით. მნიშვნელოვანად იზრდება აირების CO_2 , H_2S , CH_4 ხსნადობა. გახსნილი ჟანგბადი მიწისქვეშა წყლებში არ არის. როდესაც მიწისქვეშა წყალი ამოდის ზედაპირზე, მისგან გამოიყოფა აირები. ზოგჯერ აირების გამოყოფისას წარმოიქმნება მყარი კომპონენტები. მაგ.: წყლიდან CO_2 -ის გამოყოფის შედეგად ირღვევა ნახშირმჟავა-კარბონატული წონასწორობა. კალიუმის და მაგნიუმის ჰიდროკარბონატები გადადის უხსნად ნალექებში და ილექება.



1.7.5. ნიადაგი და დანალექი ქანები

ნიადაგი და დანალექი ქანები შეიცავს პრაქტიკულად ყველა ელემენტს. ქიმიური შემცველობის მხრივ ნიადაგი შეიძლება ასე დავახასიათოთ:

- ელემენტების მრავალფეროვნება;
- ნახშირბადისა და სილიციუმის მაღალი შემცველობა;
- კონცენტრაციების მაღალი მაჩვენებლები;
- ნიადაგის ქიმიური შედგენილობის სხვადასხვაგვარობა ადგილმდებარეობის მიხედვით.

ნიადაგი შედგება მინერალური და ორგანული ნაწილისაგან.

1მ ფენის ნიადაგის საშუალო ელემენტური შედგენილობა დაახლოებით შემდეგნაირია, %, მასის მიხედვით: O – 49; H – 0,1; C ჰუმუსი – 1,4; C კარბონატები – 0,24; N $\approx$ 0,1; P – 0,06; S – 0,09; Si – 33; Al – 6,6; Fe – 3,2; Ti – 0,38; Mn – 0,16; Ca – 1,8; Mg – 0,9; K – 1,7; Na – 1.

ტრადიციულად ნიადაგის ქიმიურ შედგენილობას გამოსახვენ ელემენტის უმაღლესი ოქსიდების მასური წილით. მაგალითად, რუხ-ყავისფერი ნიადაგის მინერალური შედგენილობა %, მშრალ მასაზე გადანგარიშებით, ასეთია: SiO₂ – 73; Al₂O₃ – 8,7; Fe₂O₃ – 2,6; CaO – 1; MgO – 0,7; K₂O – 2,2; Na₂O – 1,1. 100%-მდე შევსებისათვის საჭირო რაოდენობა მოდის შემდეგ ოქსიდებზე: MnO, P₂O₅, SO₃.

ნიადაგში არსებული ელემენტები იყოფა ორ ძირითად ჯგუფად:

1. ელემენტები, რომლებიც უპირატესად მიგრირებენ ჰაერში;
2. ელემენტები, რომლებიც უპირატესად მიგრირებენ წყალში.

ჰაერში მიგრირებადი ელემენტებიდან არჩევენ პასიურ და აქტიურ ელემენტებს. ამ მხრივ, პასიური ელემენტებია ინერტული აირები (He, Ne, Ar, Kr, Xe, Rn), ხოლო აქტიური - O, H, C, N, I. აქტიურ მოძრავ წყლის მიგრანტებს განეკუთნებიან Cl, Br, S, Ca, Na, Mg, Sr, Ra, F, B. სუსტად მოძრავ კათიონებსა და ანიონებს წარმოქმნიან K, Ba, Rb, Li, Be, Cs, Ti, Si, P, Ge, Sn, Sb, As. ნაკლებადმოძრავია Al, Cr, Bi, W, ლანთანოიდები.

ნიადაგის ორგანული ნაწილი შედგება ცოცხალი ორგანიზმებისაგან და ჰუმუსისაგან. ჰუმუსი (იგივე ნეშომპალა) წარმოადგენს ნიადაგის ორგანულ ნაწილს, რომელიც წარმოქმნილია მცენარეული და ცხოველური ნარჩენების ბიოქიმიური გარდაქმნების შედეგად. ჰუმუსის შედგენილობაში შედის ჰუმინომჟავები და ფულვომჟავები.

ჰუმინომჟავები განაპირობებენ ნიადაგის ნაყოფიერებას. ჰუმინომჟავების ელემენტური შემცველობა შემდეგია (%): C – 46-62; N – 3-6; H – 3-5; O – 32-38. ფულვომჟავები ხასიათდებიან წყალში ხსნადობით, რაც განაპირობებს მცენარეთათვის საკვები ელემენტების ადვილად ხელმისაწვდომობას. ფულვომჟავების ელემენტური შემცველობა შემდეგია (%): C – 36-44; N – 3-4,5; H – 3-5; O – 45-50.

ამრიგად, ჰუმუსი შეიცავს მცენარის კვებისათვის საჭირო ყველა ელემენტს, რომლებიც მიკროორგანიზმების ზემოქმედებით მცენარისათვის შესათვისებელი ხდება. ჰუმუსს განსაკუთრებით დიდი რაოდენობით შეიცავს შავმიწები.

მდინარეების, ტბებისა და წყალსატევების დანალექი ქანების მინერალური საფუძველი, ნიადაგების მსგავსად, არის სილიკატები და ალუმინოსილიკატები. დანალექ ქანებს ახასიათებთ მაღალი შთანთქმის უნარი. სწორედ ამიტომ, მათი ქიმიური შემცველობა წარმოადგენს წყლის ობიექტის ანთროპოგენული გაჭუჭყიანების ერთგვარ მახასიათებელს.



კითხვები თვითშემოწმებისათვის:

1. რას ეწოდება მტკნარი წყალი?
2. ჩამოთვალეთ ბუნებრივი წყლის შვიდი ძირითადი იონი.
3. ჩამოთვალეთ წყალში გახსნილი ჟანგბადის შემამცირებელი პროცესები.
4. რა გავლენას ახდენს ჟანგბადის შემცველობა წყალსატევების ცოცხალ ორგანიზმებზე?
5. აღწერეთ ზღვისა და ოკეანეების წყლების ქიმიური შედგენილობის თავისებურებანი
6. რას ეწოდება მიწისქვეშა წყალი? გრუნტის წყალი?
7. ჩამოთვალეთ ნიადაგის შედგენილობის ძირითადი ოქსიდები.
8. აღწერეთ ნიადაგში შემავალი ელემენტები წყალსა და ჰაერში მიგრირების მიხედვით
9. რას წარმოადგენს ჰუმუსი?
10. შეადგინეთ 1მ ფენის ნიადაგის საშუალო ელემენტური შედგენილობის გამომსახველი დიაგრამა.
11. შეადგინეთ რუხ-ყავისფერი ნიადაგის მინერალური შედგენილობის გამომსახველი დიაგრამა.



1.8. გარემოს დაბინძურება ქიმიური ნივთიერებებით. ეკოტოქსიკანტები

ადამიანის სამეურნეო მოღვაწეობა ზოგჯერ არსებითად ცვლის არსებულ ბუნებრივ გარემოს. აღნიშნული ძირითადად დამახასიათებელია ურბანიზებული (დასახლებული) ადგილისათვის.

ადამიანის სამრეწველო მოღვაწეობას თან სდევს გარემოზე უარყოფითი ზემოქმედება, რაც განსაკუთრებულად ვლინდება ჰაერის, წყლისა და ნიადაგის დაბინძურებით. ეს დაბინძურება განსაკუთრებულად გამოხატულია გარემოს ქიმიური ნივთიერებებით დაბინძურებით.

ქიმიური ნივთიერებებით დაბინძურება შესაძლებელია მოხდეს როგორც ბუნებრივი პროცესების შედეგადაც. მაგალითად, მტვრის ქარიშხალი, ვულკანის ამოფრქვევა, მცენარეების, ცხოველებისა, მიკრო-ორგანიზმების მიერ გამოყოფილი ნივთიერებები და სხვა.

თუმცა ქიმიური ნივთიერებებით გარემოს დაბინძურების ყველაზე დიდი მასშტაბით ხასიათდება ადამიანის სამეურნეო მოღვაწეობა.

მაგნე ქიმიური ნივთიერებები ხვდებიან გარემოში და შემდეგ წყლის, ჰაერის ან საკვების საშუალებით ხვდებიან ადამიანისა და ცხოველის ორგანიზმში და ტოქსიკურად მოქმედებენ მათზე. ისინი ასევე უარყოფითად მოქმედებენ მცენარეებზე და იწვევენ უარყოფით ცვლილებებს ეკოსისტემაში.

ცხრილი 1.2

ძირითადი დამაბინძურებელი ნივთიერებების ჩამონათვალი

ჰაერის დამაბინძურებლები	წყლისა და ნიადაგის დამაბინძურებლები
• აირები: ○ გოგირდის ოქსიდები ○ აზოტის ოქსიდები ○ ნახშირბადის ოქსიდები ○ ოზონი ○ ქლორი ○ ნახშირწყალბადები ○ ფრეონები • მტვრის ნაწილაკები: ○ ასბესტი ○ ნახშირის მტვერი ○ სილიციუმი ○ ლითონები	• ლითონები (ტყვია, დარიშხანი, კადმიუმი, ვერცხლისწყალი) • ქლორორგანული პესტიციდები (დდტ, ალდრინი, დიელდრინი, ქლორდანი) • ნიტრატები • ფოსფატები • ნავთობი და ნავთობპროდუქტები • ორგანული გამხსნელები (ტოლუოლი, ბენზოლი, ტეტრაქლორეთილენი) • დაბალმოლეკულური ჰალოგენირებული ნახშირწყალბადები (ქლოროფორმი, ბრომდიქლორმეთანი, ბრომოფორმი, ტეტრაქლორმეთანი, დიქლორმეთანი) • პოლიციკლური არომატული ნახშირწყალბადები (პან) • პოლიქლორირებული ბიფენილები • დიოქსინები • დიბენზოფურანები • მჟავები

ქიმიური ნივთიერებები, რომლებიც გროვდებიან გარემოში მათთვის უჩვეულო რაოდენობით და წარმოადგენენ ბუნებრივი გარემოს ქიმიური შედგენილობის ცვლილების მიზეზს, წარმოადგენენ დამაბინძურებლებს (ეკოპოლუტანტებს).

თუკი ქიმიური ნივთიერების გარემოში ყოფნის დრო მცირეა, მაშინ მათი ჰაერში, ნიადაგსა და წყალში მოხვედრა იწვევს ეკოსისტემების მინიმალურ დაზიანებას.



უმრავლეს შემთხვევაში გარემოში მოხვედრილი ქიმიური ნივთიერებები (ეკოპოლუტანტები) დიდი ხნით უცვლელი რჩებიან გარემოში, გროვდებიან ცოცხალ ორგანიზმებში და ავლენენ ტოქსიკურ თვისებებს, შედეგად იწვევენ სერიოზულ ცვლილებებს ეკოსისტემაში. ამიტომ, ნივთიერებები, რომლებიც ხასიათდებიან გარემოში მდგრადობით, როგორც წესი, წარმოადგენენ საშიშ ეკოტოქსიკანტებს.

გარემოში მოხვედრილ ანთროპოგენული წარმოშობის, მდგრად ტოქსიკურ ნივთიერებებს, რომლებიც იწვევენ სერიოზულ ცვლილებებს ეკოსისტემათა სტრუქტურაში და ცოცხალ ორგანიზმში გროვდებიან სიცოცხლისათვის საშიშ კონცენტრაციამდე **ეკოტოქსიკანტები** ეწოდებათ.

ტოქსიკურ ნივთიერებებს შორის არსებობს ისეთი ნივთიერებები, რომლებიც ბუნებრივად არ წარმოიქმნიან, ისინი მხოლოდ ადამიანის სამრეწველო მოღვაწეობის შედეგად ხელოვნური (სინთეზური) გზით მიიღებიან. ასეთი ნივთიერებები ცოცხალი ორგანიზმისათვის უცხო ნაერთებს წარმოადგენენ და არ მონაწილეობენ ბიოლოგიურად აუცილებელ სასიცოცხლო პროცესებში. ასეთ ნაერთებს ქსენობიოტიკები ეწოდებათ. სიტყვა „ქსენო“ ნიშნავს უცხოს.

ამრიგად, ცოცხალი ორგანიზმისათვის უცხო ქიმიურ ნაერთებს, რომლებიც არ წარმოადგენენ ცოცხალი ორგანიზმის სიცოცხლისათვის აუცილებელ ნაერთებს, **ქსენობიოტიკები** ეწოდებათ.

ქსენობიოტიკებით საცხოვრებელი გარემოს გაჭუჭყიანება და მათი ცოცხალ ორგანიზმებზე მოქმედება თანამედროვეობის ერთ-ერთ ძირითად პრობლემას წარმოადგენს. მაგალითად, ქსენობიოტიკებია: სხვადასხვა სახის ქიმიურად სინთეზირებული მედიკამენტები და პესტიციდები.

პესტიციდები (სიტყვა „პესტი“ ნიშნავს მავნებელს, „ციდი“ - განადგურებას) წარმოადგენენ ქიმიურ პრეპარატებს, რომლებიც გამოიყენება მავნებლების, მცენარეთა დაავადებების, სარეველა მცენარეების, შესანახი სასოფლო-სამეურნეო პროდუქციის მავნებლების, საყოფაცხოვრებო მავნებლების და ცხოველთა გარე პარაზიტების საწინააღმდეგოდ.



სურათი 1.17. პესტიციდების გამოყენება სოფლის მეურნეობაში

ქსენობიოტიკებისა და ეკოტოქსიკანტების განხილვისას, გარემოსდაცვითი და ეკოლოგიური კუთხით, საყურადღებო საკითხებს წარმოადგენს მათი წარმოქმნის წყაროები, გარემოს აბიოტურ და ბიოტურ ელემენტებში განაწილების, გარემოში გარდაქმნისა და გარემოდან მათი გაუჩინარების (ელიმინაციის) საკითხები.

ეკოსისტემაში მიმდინარე მრავალრიცხოვანი აბიოტური (მიმდინარე ცოცხალი ორგანიზმების გარეშე) და ბიოტური (მიმდინარე ცოცხალი ორგანიზმების მონაწილეობით) გარდაქმნის პროცესები ემსახურებიან ეკოპოლუტანტთა (გარემოს დამაბინძურებელ ნივთიერებათა) გაუჩინარებას ანუ ელიმინაციას.

აბიოტური გარდაქმნის ძირითადი პროცესებია ფოტოლიზი (დაშლა სინათლის მოქმედებით), ჰიდროლიზი (დაშლა წყლის მოქმედებით), დაჟანგვა (ჟანგბადთან რეაქცია).

ფოტოლიზი. სინათლეს, განსაკუთრებით ულტრაიისფერი სხივებს, უნარი აქვს დაშალოს ქიმიური კავშირები და შესაბამისად მოახდინონ ქიმიური ნაერთების დეგრადაცია. ფოტოლიზი უმთავრესად მიმდინა-



რობს ატმოსფეროში ნიადაგის ან წყლის ზედაპირზე. მისი სიჩქარე დამოკიდებულია სინათლის ინტენსივობაზე და ნივთიერების მიერ სინათლის შთანთქმის უნარზე.

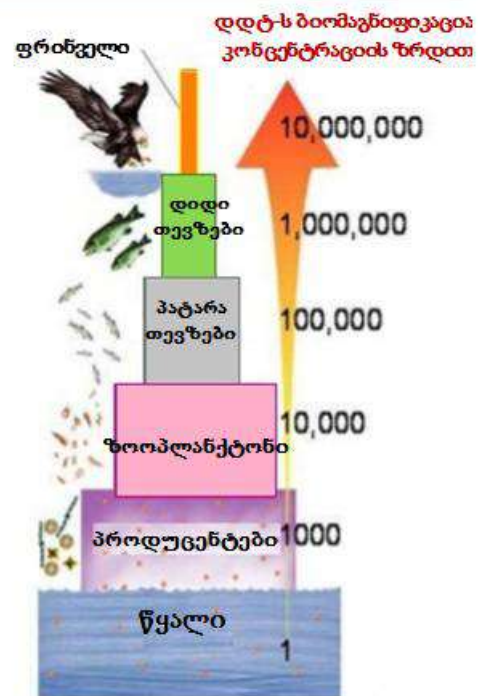
ჰიდროლიზი. წყალი, ძირითადად გახურების დროს შლის მრავალ ნივთიერებებს. ჰიდროლიზის პროცესი ძლიერაა დამოკიდებული გარემოს pH-ზე.

ბიოტური გარდაქმნა. ქიმიური ნივთიერებების აბიოტური დაშლა ჩვეულებრივ დაბალი სიჩქარით მიმდინარეობს. მნიშვნელოვნად სწრაფად დეგრადირდებიან ქსენობიოტიკები ბიოტის მონაწილეობით, უმთავრესად მიკროორგანიზმების (ძირითადად ბაქტერიებისა და სოკოების) საშუალებით, რომლებიც ამ ნაერთებს საკვებად იყენებენ. ბიოტური დაშლის პროცესი მიმდინარეობს ფერმენტების (ენზიმების) მონაწილეობით.

ნაერთების დეგრადაცია შეიძლება დასრულდეს მისი სრული დაშლით ე.ი. **მინერალიზაციით** (წყლის, ნახშირორჟანგისა და სხვა მარტივი ნაერთების წარმოქმნით). ასევე შესაძლებელია ნივთიერებების ბიოტრანსფორმაციის შუალედური პროდუქტების წარმოქმნა, რომლებიც ზოგჯერ ხასიათდებიან უფრო მაღალი ტოქსიკურობით, ვიდრე ამომავალი აგენტი.

თუკი მავენე ნივთიერება არ ხვდება ორგანიზმში, იგი, როგორც წესი, ორგანიზმისათვის არ ქმნის არსებით საშიშროებას. მაგრამ, ორგანიზმში მოხვედრისას, მრავალი ქსენობიოტიკი ხასიათდება ქსოვილებში დაგროვების უნარით. პროცესები, რომლის დროსაც აბიოტური ფაზიდან (წყალი, ნიადაგი, ჰაერი) და საკვებიდან (კვებითი გადაცემა) ორგანიზმში გროვდებიან ტოქსიკანტები, ეწოდება **ბიოაკუმულაცია**. წყლის გარემო ქმნის ნივთიერებათა ბიოაკუმულაციის ყველაზე კარგ პირობებს. აქ არსებობენ წყლის ორგანიზმები - ჰიდრობიონტები, რომლებიც ფილტრატენ და თავიანთ ორგანიზმში ატარებენ წყლის უდიდეს რაოდენობას, ხოლო ორგანიზმში ხდება წყალში გახსნილი ტოქსიკანტების დაგროვება. ჰიდრობიონტები ხშირად ნივთიერებებს აგროვებენ ათასჯერ უფრო მეტი კონცენტრაციით, ვიდრე მათ შეიცავს წყალი.

**დღტ-ს ბიოაკუმულაცია (შთანთქმა და დაგროვება ორგანიზმში)
და ბიომამგნიფიკაცია (კვებით ჯაჭვში გადაცემით)**



სურათი 1.18. დღტ-ს ბიომამგნიფიკაცია და ბიოაკუმულაცია



ქიმიური ნივთიერებები შეიძლება გადაადგილდნენ საკვები ჯაჭვით ორგანიზმი-მსხვერპლიდან ორგანიზმი-კონსუმენტამდე. ცხიმში ხსნადი ნაერთისათვის ეს გადასვლა მიმდინარეობს ტოქსიკანტის კონცენტრაციის ზრდით კვებითი ჯაჭვის თითოეული მომდევნო რგოლის ქსოვილებში. ამ ფენომენს უწოდებენ - **ბიომგნიფიკაცია**. მაგალითად, კოლოების მოსასპობად კალიფორნიის ერთ-ერთ ტბაზე გამოიყენეს პესტიციდი, დასახელებით „დდტ“. დამუშავების შემდეგ წყალში პესტიციდის რაოდენობა შეადგენდა 0,000003 ppm (მემილიონედი ნაწილი - *parts per million* - $ppm = 1/10^6$). გარკვეული დროის შემდეგ ფიტოპლანქტონში აღნიშნული პესტიციდის კონცენტრაცია შეადგენდა 0,04 ppm, პლანქტონჭამია თევზებში - 0,5 ppm, მტაცებელ თევზებში - 2 ppm, თევზებით მკვებავ ფრინველებში - 25 ppm. ე.ი. დდტ-ს შემცველობა ფრინველთა ქსოვილებში, რომელზეც პესტიციდი არაპირდაპირად ზემოქმედებდა 10 მლნ-ჯერ მეტია წყალთან შედარებით და 100 000-ჯერ მეტი ვიდრე თევზებში.

ამრიგად, განსაკუთრებული ეკოტოქსიკურობით ხასიათდებიან ნივთიერებები, რომლებსაც ახასიათებთ გარემოში მდგრადობა და არ ექვემდებარებიან დაშლას აბიოტური და ბიოტური პროცესების მოქმედებით. მაგალითად, გარემოში ხანგრძლივად მდგრად ნივთიერებებს წარმოადგენენ მძიმე ლითონების (ტყვია, სპილენძი, თუთია, ნიკელი, კობალტი, სტიბიუმი, დარიშხანი, ქრომი) ნაერთები. ქვემოთ ჩვენ განვიხილავთ მძიმე ლითონების ტოქსიკურობას და მათ ზემოქმედებას ეკოსისტემაზე.

1.9. ეკოლოგიური რისკის შეფასება

ქსენობიოტიკების მნიშვნელოვან მახასიათებლებს წარმოადგენს მათი ეკოტოქსიკური საშიშროება. საშიშროება - ესაა ნივთიერების პოტენციალური თვისება გარემოში მოხვედრისას კონკრეტულ პირობებში გამოიწვიოს ბიოლოგიური სისტემის დაზიანება. ნივთიერების პოტენციური საშიშროება განისაზღვრება გარემოში მისი მდგრადობის, ბიოაკუმულაციის უნარისა (მცენარეებისა და ცხოველების ორგანიზმში დაგროვება) და სხვადასხვა ბიოლოგიური სახეობის წარმოადგენლებზე ტოქსიკურობის სიდიდის მიხედვით.

ეკოლოგიური რისკის შეფასება - ეს არის გარემოს სხვადასხვა მახასიათებლების ცვლილების შედეგად ცოცხალ ორგანიზმებში არასასურველი ეფექტების განვითარების ალბათობის განსაზღვრის პროცესი.

ეკოლოგიური რისკის შეფასების მნიშვნელოვან ელემენტს წარმოადგენს იმ საშიშროების გამოვლენა, რომელიც დაკავშირებულია გარემოზე სხვადასხვა ქიმიური ნივთიერებების (გარემოს ბუნებრივი ქსენობიოტური პროფილის ცვლილება) შესაძლებელი მასიური ზემოქმედების დროს და ამ ზემოქმედების ალბათობის განსაზღვრა.

როგორც წესი ეკოლოგიური რისკის შეფასება ხდება შეკვეთილი გამოკვლევის ფორმით, რომელიც სრულდება დამკვეთისათვის (საკანონმდებლო, მართვის სტრუქტურების და ა.შ.) ინფორმაციის მიღების მიზნით.

ეკოლოგიური რისკის შეფასების პროცედურა ძალიან რთულია. აშშ-ს გარემოს დაცვის სააგენტოს (EPA) მიერ შემუშავებული და დამტკიცებულ იქნა ასეთ სამუშაოთა ჩატარების გეგმა. ამ გეგმის მიხედვით ეკოლოგიური რისკის შეფასება მოიცავს შემდეგ ეტაპებს:

1. პრობლემის ფორმულირება და სიტუაციის ანალიზის გეგმის შემუშავება;
2. ეკოლოგიური სიტუაციის ანალიზი;
3. მონაცემების დამუშავება, დასკვნების ფორმირება და მასალების წარდგენა დამკვეთისათვის.

ტოქსიკანტთა თვისებებისა და მოქმედების პირობების მრავალსახეობის გამო შეუძლებელია შეიქმნას რისკის შეფასების ერთიანი სცენარი. მიუხედავად ამისა, არსებობს ანალიზის ჩატარების საერთო მეთოდოლოგია. იგი მოიცავს ოთხ ელემენტს:



1. საშიშროების იდენტიფიკაცია;
2. ზემოქმედების შეფასება;
3. ტოქსიკურობის შეფასება;
4. რისკის დახასიათება.

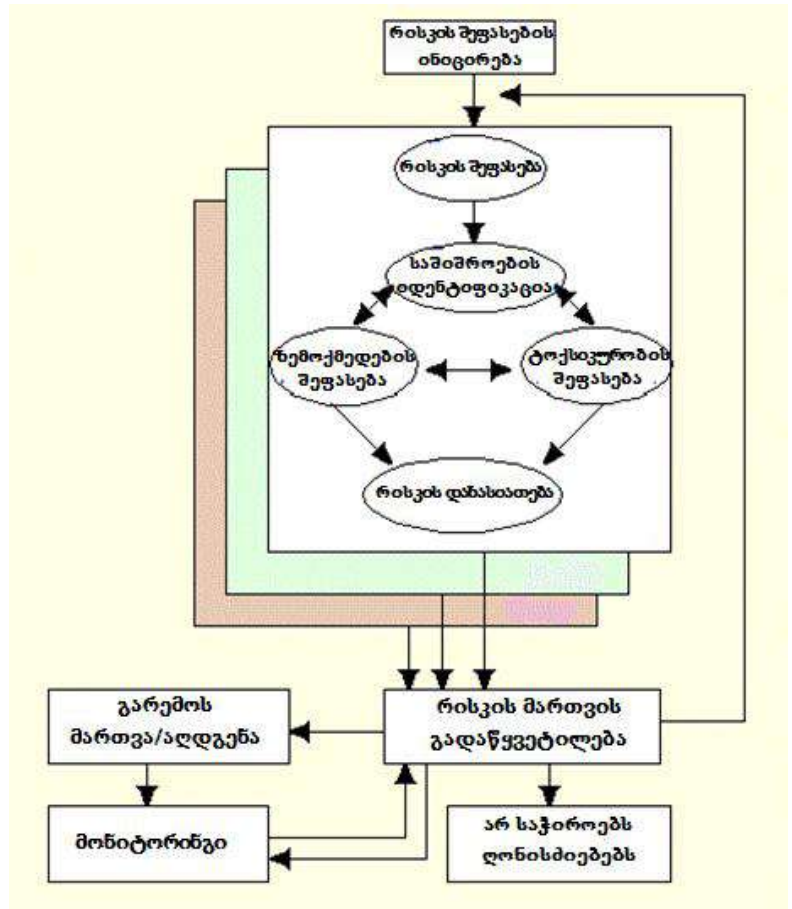
თითოეული ეს ელემენტი დაკავშირებულია ტოქსიკანტის ზემოქმედების რისკის განსაზღვრის მნიშვნელოვან მახასიათებლებთან:

- საშიშო ტოქსიკანტების არსებობა გარემოში;
- ტოქსიკანტის ბედი გარემოში;
- ტოქსიკანტის ორგანიზმზე მოქმედების ხერხები;
- ნივთიერების ტოქსკოლოგიური თვისებები;
- პოპულაციების მახასიათებლები, რომელზედაც მოქმედებს ტოქსიკანტი;
- ჯანმრთელობის მოსალოდნელი რისკის ალბათობა.

ჩვენს მიერ მოყვანილი უამრავი მაგალითებიდან ცხადია, რომ ადამიანის სამრეწველო მოღვაწეობა იწვევს გარემოში მავნე ნივთიერებების გამოყოფას. ამ ნივთიერებათა ტოქსიკური ზემოქმედების აცილების გზას წარმოადგენს გარემოში მათი უსაფრთხო კონცენტრაციების დადგენა და დაცვა.

მავნე ნივთიერებათა ზღვრულად დასაშვები კონცენტრაცია (ზდკ) - გარემოში (ჰაერი, ნიადაგი, წყალი, კვების პროდუქტები) პოლუტანტის რაოდენობა, რომელიც ადამიანზე მუდმივი ან დროებითი ზემოქმედების დროს არ მოქმედებს მის ჯანმრთელობაზე და არ იწვევს არასასურველ შედეგებს მომავალ თაობაში.

უკანასკნელ ხანს ზდკ-ს განსაზღვრისას გაითვალისწინება გაჭუჭყიანების ზეგავლენის ხარისხი არა მხოლოდ ადამიანზე, არამედ ცხოველებზე, მცენარეებზე, სოკოებზე, მიკროორგანიზმებზე, ასევე მთლიანად ბუნებრივ თანასაზოგადოებაზე. მაგალითად, თუ ნივთიერება მავნე ზეგავლენას ახდენს გარემოზე უფრო დაბალი კონცენტრაციით, ვიდრე ადამიანის ორგანიზმზე, მაშინ აუცილებლად ითვალისწინებენ ამ ნივთიერების ბუნებრივ გარემოზე ზემოქმედებას.



სურათი 1.19. ეკოლოგიური რისკის შეფასების ეტაპები

41



მძიმე ლითონების აქტიური გარდაქმნა. ამ რეაქციაში მონაწილეობენ მინერალური და ორგანული კომპონენტები, ასევე შესაძლებელია გარდაქმნა ბიოლოგიური გზით. ამასთან, წყალში ხსნადი ნაერთები იონი-მოცვლით გადადიან ორგანულ ნაერთებში.

ცხრილი 1.3

სასმელ წყალში და ატმოსფეროში მოხვედრილი მძიმე ლითონების ზეგავლენა
ადამიანის ჯანმრთელობაზე

მძიმე ლითონი	ზღვ	ბიოლოგიური ეფექტი ორგანიზმში ჰარზად მოხვედრისას (ადრეული ქრონიკული მოწამვლის გამოვლინებები)
ალუმინი	0,5 მგ/ლ	ნეიროტოქსიკური მოქმედება
ბარიუმი	0,1 მგ/ლ	ზემოქმედება გულ-სისხლძარღვთა და სისხლწარმომქმნელ სისტემაზე
რკინა	0,3 მგ/ლ	ალერგიული რეაქციები, სისხლის დაავადება
კობალტი	0,1 მგ/ლ 0,5 მგ/მ ³	ცნს ფუნქციონალური მდგომარეობისა და ფარისებრი ჯირკვლის დარღვევები
კადმიუმი	0,001 მგ/ლ	დაავადება “იტაი-იტაი“, გულ-სისხლძარღვთა და თირკმელების დარღვევები, ონკოლოგიური დაავადებანი, ორსულობისა და მშობიარობის დარღვევები, მკვდარშობადობა, ძვლის ქსოვილთა დარღვევა, სასუნთქი გზების დაზიანება (ყვითელი რკალი ღრძილებზე და კბილის ირგვლივ)
მანგანუმი	0,1 მგ/ლ 0,3 მგ/მ ³	ანემია, ცნს-ის ფუნქციონალური მდგომარეობის დარღვევა, (გადაღლა, ძილიანობა, მოთენთილობა და აქტიურობის დაკარგვა)
სპილენძი	1,0 მგ/ლ	საშიში დაავადებების გაჩენა, წყალ-მარილოვანი და ცილების ბალანსის, სისხლის ჟანგვა-აღდგენითი რეაქციის დარღვევა, თირკმელისა და ღვიძლის დაზიანება
მოლიბდენი	0,25 მგ/ლ	გულ-სისხლძარღვთა დაავადების გაზრდა, ენდემური ჩიყვი.
დარიშხანი	0,05 მგ/ლ 0,05 მგ/მ ³	არსენოზი, ნეიროტოქსიკური ზემოქმედება, კანის დაზიანება, ონკოლოგიური დაავადებანი (კანის ტროფიკული დაზიანება - პიგმენტაცია, აქერცვლა, ჰიპერკერატოზია, თმის გაცვენა)
ნიკელი	0,1 მგ/ლ 0,5 მგ/მ ³	გულისა და ღვიძლის დაზიანება, ონკოლოგიური დაავადებანი, კერატიტები (ზედა სასუნთქი გზების დაზიანება, ალერგოდერმატოზები, ღრძილებზე ნაცრისფერი ნადები)
ვერცხლისწყალი	0,0005მგ/ლ 0,01 მგ/მ ³	თირკმელების, ნერვული სისტემის, სისხლის სისტემების დაზიანება, გულ-სისხლძარღვთა დაავადების გაზრდა, C და B ავიტამინოზი
ტყვია	0,03 მგ/ლ 0,01 მგ/მ ³	თირკმელების, ნერვული სისტემის, სისხლის სისტემების დაზიანება, გულ-სისხლძარღვთა დაავადების გაზრდა, C და B ავიტამინოზი
სელენი		ბავშვებში კბილების კარიესის დაჩქარება, ონკოლოგიური დაავადებანი
სტრონციუმი	7,0 მგ/ლ	სტრონციუმიანი რაქიტი
ქრომი	0,5 მგ/ლ 0,01 მგ/მ ³	დერმატიტები, ეგზემები, ბრონქიტი, თირკმელებისა და ღვიძლის ფუნქციების დარღვევები (ზედა სასუნთქი გზების დარღვევები, სასუნთქი გზებისა და კანის ალერგიული დაზიანება)
თუთია	1,0 მგ/ლ	ანემია, ცნს-ის ფუნქციის დარღვევები, თირკმელების დაზიანება, გულ-სისხლძარღვთა სისტემისა და ღვიძლის ფუნქციების დარღვევები

მძიმე ლითონთა მოქმედება ცოცხალ ორგანიზმზე დამოკიდებულია ორგანიზმში მათი მოხვედრის ფორმაზე, ლითონშემცველი ნაერთის ფიზიკურ და ქიმიურ თვისებებზე და იმ შესაძლო ქიმიურ რეაქციებზე, რაც ორგანიზმში მათი მოხვედრის დროს ხორციელდება.



მძიმე ლითონები ცოცხალ ორგანიზმში ძირითადად წყლიდან, საკვებიდან და სამრეწველო საწარმოების გამონაბოლქვებით გაჭუჭყიანებული ჰაერიდან ხვდება.

აღნიშნული ლითონებიდან განსაკუთრებით ტოქსიკურნი არიან Pb, Cd და Hg, რის გამოც მათ ეკოლოგები „სამწუხარო სამეულს“ უწოდებენ.

1.10.1. ტყვია

81	Lead 82 Pb 207.20 1.8	Bismuth 83 Bi 208.9804
81		

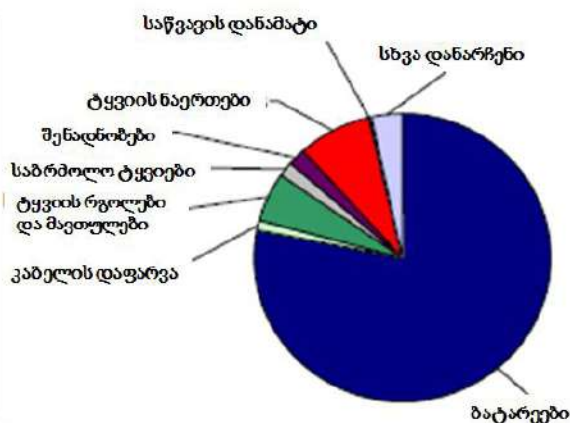
მძიმე ლითონებიდან ტოქსიკურობით ტყვია ერთ-ერთ პირველ ადგილზე დგას. დამახასიათებელი ფიზიკური და ქიმიური თვისებების გამო, ტყვია ფართოდ გამოიყენება მრეწველობაში (ატომური მრეწველობა, ელექტროკაბელებისა და ტყვიის აკუმულატორების წარმოება), ამიტომ ხვდება გარემოში და ერთ-ერთ ეკოტოქსიკანტს წარმოადგენს.

ტყვია, როგორც ელემენტი ფართოდაა გავრცელებული მიწის ქერქში ($1,6 \cdot 10^{-3} \%$). ბიოსფეროსათვის დამახასიათებელი პირობების დროს ტყვია წარმოდგენილია ნაერთებში დაჟანგულობის რიცხვით +2 და +4 (PbO და PbO_2). ბუნებაში უფრო მეტად მდგრადია $Pb(II)$ ნაერთები.

ტყვიის ნაერთების შედგენილობაზე ნიადაგში ყველაზე დიდ გავლენას ახდენს ანიონები: CO_3^{2-} , OH^- , S^{2-} , PO_4^{3-} , SO_4^{2-} . ქიმიურად გაჭუჭყიანებულ ნიადაგში მოხვედრისას Pb შედარებით იოლად წარმოქმნის ჰიდროქსიდს ნეიტრალურ და ტუტე არეში. თუკი ნიადაგი შეიცავს ხსნად ფოსფატებს, მაშინ $Pb(OH)_2$ გადადის $Pb_3(PO_4)_2$ და სხვა ძნელადხსნად ფოსფატებში.

მეტალური ტყვიისა და მისი ნაერთების გამოყენების სფეროები

- ელექტროკაბელებისა და ტყვიის აკუმულატორების წარმოება (84%)
- ტყვიაშემცველი საწვავის წარმოება
- მანქანათმშენებლობა
- ატომური ენერგეტიკა
- ქიმიური მრეწველობა (საღებავების წარმოება)
- პოლიგრაფია



სურათი 1.21. ტყვიის გამოყენების სფეროები



ტყვია ადამიანის მიერ ფართოდ გამოიყენება:

- ტყვიის ნაერთები - Pb_3O_4 და $PbSO_4$ - ფართოდ გამოყენებული პიგმენტებია, რომლებიც ქიმიურ მრეწველობაში გამოიყენებიან. $PbSO_4$ თეთრი ფერის ნალექია და გამოიყენება თეთრი საღებარების დასამზადებლად, ამჟამად მისი გამოყენება შეზღუდულია. ძველად ტყვიის შემცველი პიგმენტებით ძველი ბერძნები ღებავდნენ თავიანთ ჭურჭელს. ძველ რომში კი ლითონური ტყვია გამოიყენებოდა წყალგაყვანილობის მილების დასამზადებელ მასალად, ხოლო ტყვიისაგან დამზადებული ჭურჭელი რომაელ პატრიცთა ფუფუნების საგანს წარმოადგენდა, რამაც მეცნიერთა ვარაუდით გამოიწვია რომის იმპერიის ნგრევა.
- ბენზინში ტყვიის ნაერთის ჩართვა. 1925 წელს ამერიკელი მეცნიერების მიერ აღმოჩენილ იქნა, რომ ბენზინში ტყვიის ნაერთების ჩართვა აუმჯობესებს მისი წვის ხარისხს. მას შემდეგ დაიწყო ე. წ. ეთილირებული ბენზინის მოხმარება, რომელიც შეიცავს ტეტრაეთილტყვიას - $Pb(C_2H_5)_4$.

ასეთი ბენზინის გამოყენების შედეგად ატმოსფეროში ტყვიის მნიშვნელოვანი რაოდენობა გაიფრქვა. ავტომანქანების გამონაბოლქვ აირებში ტყვია ოქსიდების, ქლორიდების, ფტორიდების, ნიტრატების, სულფატების და სხვა სახით გვხვდება. ეს ნაერთები მყარი ნაწილაკების სახითაა გამონაბოლქვში. მათი დაახლოებით 20% უშუალოდ საავტომობილო გზების მახლობლად ილექება. სწორედ ამის გამო ეკოლოგების რეკომენდაციით იკრძალება სასოფლო-სამეურნეო კულტურების, განსაკუთრებით კი სწრაფად მზარდი ბოსტნეულის მოშენება გზატკეცილების პირას.

ტყვიის გამოყენების ისტორია

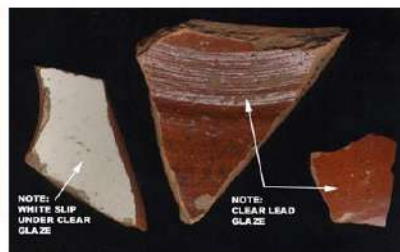
რომაელები ინტენსიურად გამოიყენებდნენ ტყვიას
სხვადასხვა საყოფაცხოვრებო მიზნებისათვის



ტყვიის მილები
რომაულ აბანოში



რომაული ტყვიის
ჭურჭელი წყლის
შესანახად



Pb_3O_4 და $PbSO_4$ - წითელი და
თეთრი პიგმენტები
საღებავისათვის

სურათი 1.22. ტყვიის გამოყენება რომის იმპერიაში

ჰაერიდან ტყვია ეფინება ნიადაგს და იწვევს ამ ელემენტის დიდი რაოდენობით დაგროვებას, განსაკუთრებით ნიადაგის ზედა ფენებში. ტყვია ჰაერიდან და ნიადაგიდან ხვდება მცენარეებში, შემდეგ კი ცხოველისა და ადამიანის ორგანიზმში. აღნიშნულის გამო, დადგენილია ტყვიის ზცვრულად დასაშვები კომენტრაციები (ზდკ) საკვებ პროდუქტებსა და ბიოსფეროს კომპონენტებში.

ამჟამად მთელ მსოფლიოში მნიშვნელოვანი ყურადღება ეთმობა ასეთი სახის ბენზინით სარგებლობის აღკვეთას. საქართველოს პარლამენტის 1999 წლის 22 ივლისის დადგენილებით აიკრძალა „ტყვიაშემცველი (0,013 გ/ლ-ზე მეტი) მოტორული ბენზინის, ტეტრაეთილტყვიის, აგრეთვე არასტანდარტული საყოფაცხოვრებო კომუნალური მოხმარების თხევადი გაზის იმპორტი და/ან რეალიზაცია“.



ტყვიის ზდკ საკვებ პროდუქტებში (მგ/კგ პროდუქტში) და
ბიოსფეროს კომპონენტებში

ელემენტი	ზდკ						
	პროდუქტის სახე (მგ/კგ პროდუქტში)						
	თევზის	ხორცის	რძის	პური და მარცვ.	ბოსტნეუ- ლი	ხილი	წვენები
ტყვია	1,0	0,5	0,05	0,2	0,5	0,4	0,4
ტყვია (არაორგანული ნაერთი)	ბიოსფეროს კომპონენტები						
	ატმოსფერული ჰაერი, მგ/მ³					წყალი, მგ/ლ	ნიადაგი, მგ/კგ
	მაქს. ერთჯერადი			საშუალო დღე-ღამური			
	0.01			0.0003		0.03	32.0

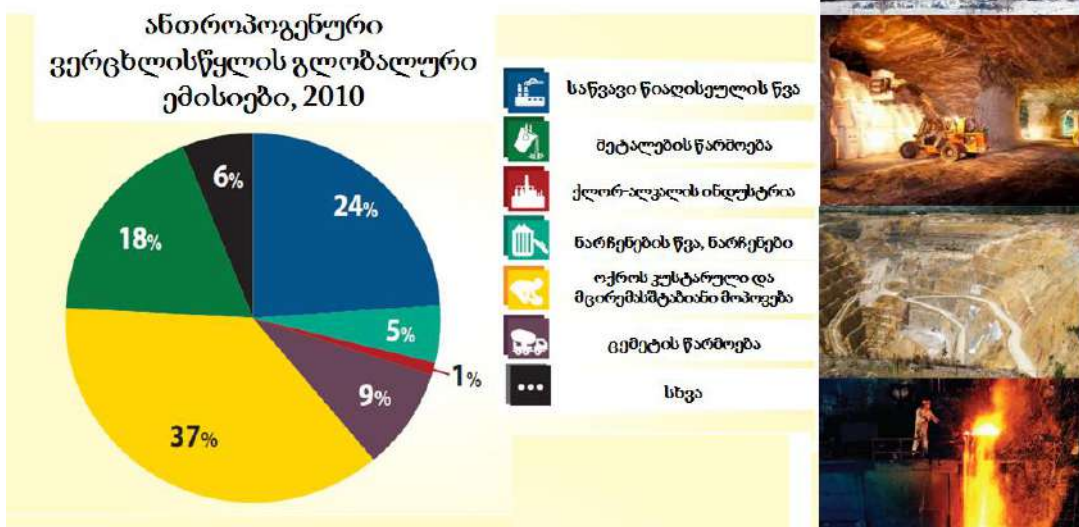
მიუხედავად აღნიშნული საკანონმდებლო აკრძალვისა, არსებული მონაცემებით, საქართველოში ტყვიის გაფრქვევა ავტოტრანსპორტიდან არ შემცირებულა. აღსანიშნავია, რომ ხანგრძლივი დროის განმავლობაში ტყვია, რომელსაც გააჩნია დაბალი მიგრირების უნარი და ნახევარგაუქინარების დიდი პერიოდი (740÷5900 წელი) გროვდება ავტომაგისტრალის გასწვრივ მდებარე ნიადაგსა და მცენარეებში. დღესდღეობით იგი წარმოადგენს ავტომაგისტრალის გასწვრივი ეკოსისტემების ერთ-ერთ ძირითად დამაბინძურებელს.

1.10.2. ვერცხლისწყალი

79	Mercury	80	Tha
1u	Hg	200.59	8
1.97		1.9	204.3
2.4	Ununbi		1

ქიმიური სიბოლო - Hg. იგი ერთადერთი ლითონია, რომელიც ნორმალურ პირობებში თხევად აგრეგატულ მდგომარეობაშია. ვერცხლისწყალი ფართოდ გამოიყენება მრეწველობაში, ამიტომ გარემო მნიშვნელოვნად ბინძურდება Hg-ითა და მისი ნაერთებით.

ვერცხლისწყალის ანთროპოგენური გამოყოფის წყაროები



სურათი 1.23. ვერცხლისწყალის გამოყოფის ანთროპოგენური წყაროები



Hg-ის ნაერთები ფართოდ გამოიყენებიან სხვადასხვა დანიშნულებისათვის. Hg-ის ორგანულ ნაერთებს იყენებენ როგორც პესტიციდებს - მწერებთან საბრძოლველად, ამიტომ საკვებიდან მათი ადამიანის ორგანიზმში მოხვედრა სერიოზულ საფრთხეს წარმოადგენს.




კინებარი - HgS




ვერცხლისწყლის გამოყენების მაგალითები:

- როგორც მეტალი:
 - ოქროსა და ვერცხლის ექსტრაქციისათვის (საუკუნეების განმავლობაში);
 - როგორც კატალიზატორი ქლორ-ნატრიუმის ნაერთების წარმოებაში;
 - მანომეტრებში წნევის გასაზომად და კონტროლი
 - თერმომეტრებში;
 - ელექტრულ და ელექტრონულ საათებში;
 - ფლუოროსცენტულ ნათურებში;
 - სტომატოლოგიაში - კბილის ამაღლებებში;
- როგორც ქიმიური ნაერთი:
 - ბატარეებში (დიოქსიდის სახით);
 - ბიოციდი ქაღალდის წარმოებაში და მარცვლეულის დასამუშავებლად, საღებავები;
 - როგორც ანტისეპტიკი ფარმაცევტიკაში;
 - ლაბორატორიული ანალიზის რეაგენტები;
 - კატალიზატორი;
 - პიგმენტები და საღებავები (ისტორიულად);
 - დეტერგენტები;
 - ასაფეთქებელი ნივთიერებები.





სურათი 1.24. ვერცხლისწყლის გამოყენების სფეროები

ვერცხლისწყალი ადვილად აქროლადი ლითონია, მისი ორთქლი ძლიერ ტოქსიკურია (ორგანიზმში ხვდება სასუნთქი გზით) - იწვევს ცენტრალური ნერვული სისტემის მოშლას. Hg-ის ორთქლით მოწამვლისას ასევე შეინიშნება მეხსიერების და საორიენტაციო რეაქციების დაქვეითება.

1956 წელს იაპონიაში მდ. მინამატას მიდამოებში დაფიქსირდა განსხვავებული დაავადება, რომლის დროსაც ვითარდებოდა კიდურებისა და მოძრაობის პარალიზება, ავადმყოფებს დაკარგული ჰქონდათ ტკივილის შეგრძნება, დაუქვეითდათ მხედველობა. ამ დაავადებას "მინამატა" უწოდეს.

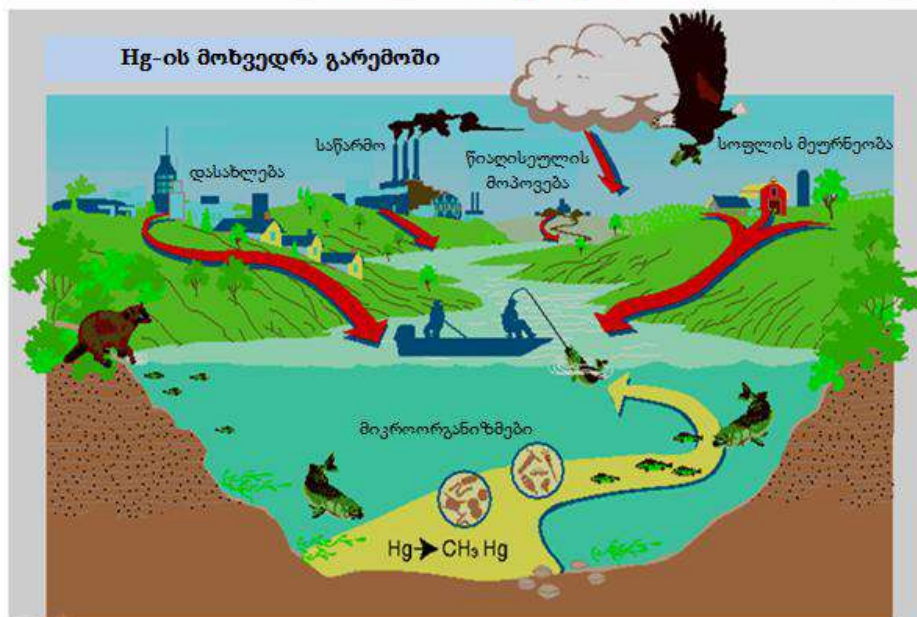
ქიმიური ანალიზებით საბოლოოდ დადგინდა, რომ ამ დაავადების მიზეზი იყო ერთ-ერთი წარმოების მიერ Hg-ით მდიდარი ნარჩენების მდ. მინამატაში ჩადინება. ამ დროს ყურადღება არ ექცეოდა წყლის რესურსების გაჭუჭყიანებას წარმოების შედეგად წარმოქმნილი ვერცხლისწყლითა და მის ნაერთებით, რადგან მიიჩნევდნენ, რომ წყალში ვერცხლისწყალი დაკარგავდა თავის აქტივობას.

აღმოჩნდა, რომ წყალში მცხოვრები მიკროორგანიზმები ვერცხლისწყალსა და მის ნაერთებს გარდაქმნიან ორგანულ ნაერთად - დიმეთილვერცხლისწყლად - $\text{Hg}(\text{CH}_3)_2$. აღნიშნული ნაერთი წყლიდან ხვდება ცოცხალ ორგანიზმებში (თევზებში და სხვა ზღვის პროდუქტებში) და შემდეგ ადამიანის ორგანიზმში. Hg-ის ორგანული ნაერთების წარმოქმნის მძლავრ წყაროს წარმოადგენს ლითონორგანული ნაერთების წარმოება.



მინამატას დაავადება –
ინდუსტრიული დაბინძურების
ტიპური მაგალითი

$\text{H}_3\text{C}-\text{Hg}^+ \text{X}^-$
მეთილ
ვერცხლისწყალი
 X^- - ნებისმიერი ანიონი



სურათი 1.25. ვერცხლისწყალის გარემოში მოხვედრა და გარდაქმნა

Hg-ის დეპონირების ორგანოები: ღვიძლი, თირკმელები, ცენტრალური ნერვული სისტემა (ცნს), გულის კუნთი (მცირე ხარისხით), ნაწლავები და ფარისებრი ჯირკვალი. ყველაზე ხანგრძლივად Hg ჩერდება ცნს-სა და ღვიძლში, ხოლო თირკმელები მისგან შედარებით სწრაფად თავისუფლდებიან. დეპონირების ორგანოებში Hg გადადის სხვა ნაერთებში და ახდენს ტოქსიკურ ზემოქმედებას.

Hg-ის ტოქსიკური თვისებების გამო დადგენილია ზღვ. ჰაერში, წყალში და საკვებ პროდუქტებში:

ცხრილი 1.5

ლითონური ვერცხლისწყალი	ზღვ. ატმოსფერულ ჰაერში დასახლებული პუნქტისათვის - 0.0003 მკ/მ³
ვერცხლისწყალი	ზღვ. სასმელ წყალში - 0,005 მკ/ლ

ვერცხლისწყლით გარემოს დაბინძურება მსოფლიო პრობლემაა, რასაც დიდ ყურადღებას უთმობენ საერთაშორისო გარემოსდაცვითი ორგანიზაციები. 2013 წელს მიღებულ იქნა „მინამატას კონვენცია“, რომელიც წარმოადგენს გლობალურ შეთანხმებას ადამიანის ჯანმრთელობასა და გარემოზე ვერცხლისწყლისა და მისი შენაერთების დამაზიანებელი ზემოქმედების შემცირების შესახებ.

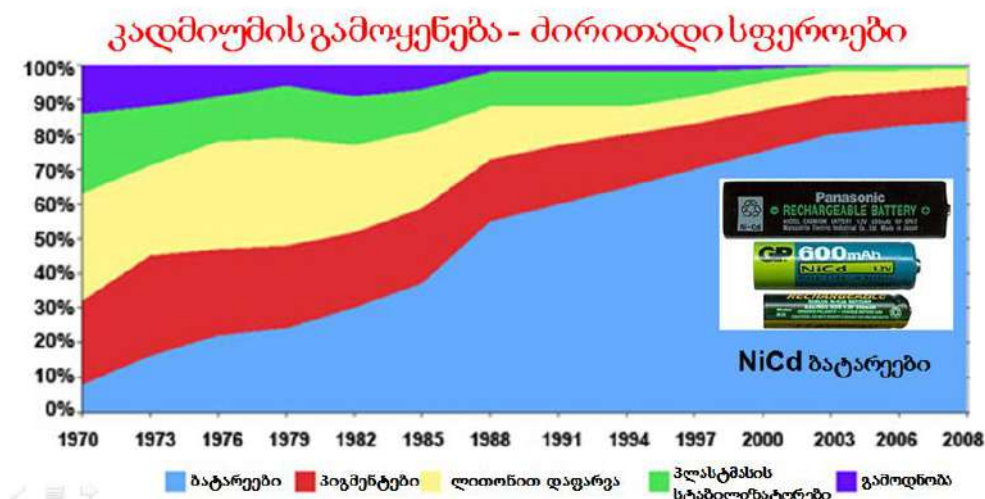


1.10.3. კადმიუმი

Silver 47 4g 7.87 1.9	Cadmium 48 Cd 112.41 1.7	Indium 49 In 114.82 1.7
-----------------------------------	--------------------------------------	-------------------------------------

კადმიუმის მოხმარება და ამ ლითონით ნიადაგის, წყლისა და ჰაერის გაჭუჭყიანება თანამედროვეობის ერთ-ერთ გარემოსდაცვით პრობლემას წარმოადგენს. კადმიუმი მისი მაღალი ტოქსიკურობისა და გარემოში დიდი რაოდენობით დაგროვების (მაღალი კუმულაციური თვისების) გამო დიდი ხანია განიხილება, როგორც ეკოპოლუტანტი.

კადმიუმი წარმოადგენს მოვერცხლისფრო კრისტალურ ლითონს. ყველაზე ხშირად ლითონი წარმოქმნის ორვალენტიან ნაერთებს - ოქსიდებს, ჰიდროქსიდებს, სულფიდებს. კადმიუმი ფართოდაა გავრცელებული გარემოში. იგი ბუნებაში გვხვდება იშვიათი მინერალების სახით - CdS და $CdCO_3$. ორივე ეს ნაერთი აღმოჩენილია თუთიისა და თუთია-ტყვიის მადნებში.



სურათი 1.26. კადმიუმის გამოყენების ძირითადი სფეროები

ძირითადად Cd და მისი ნაერთები ჰაერში სამრეწველო გამონაბოლქვებიდან ხვდება, ხოლო შემდეგ ნიადაგსა და საკვებ პროდუქტებში გადადის. Cd დიდი რაოდენობით გამოიყოფა პლასტმასების წვის შედეგად, რადგან მისი შემცველი ნაერთები გამოიყენებიან, როგორც პლასტმასების სტაბილიზატორები.

წარმოებები და პროცესები, რომელიც დაკავშირებულია კადმიუმით გარემოს გაჭუჭყიანებასთან

- კადმიუმის წარმოება (დნობა);
- თუთიისა და ტყვიის დნობა;
- ლითონების ელექტროანოდირება;
- ნიკელ-კადმიუმის ელექტროელემენტების დამზადება;
- კადმიუმით ანოდირებული ლითონების გადადნობა;
- შენადნობების წარმოება (სპილენძთან, ვერცხლთან) ;
- პლასტმასების სტაბილიზატორების (კადმიუმის შემცველი) წარმოება;
- საღებარების წარმოება;
- საიუველირო წარმოება;
- ელექტრული წარმოება;



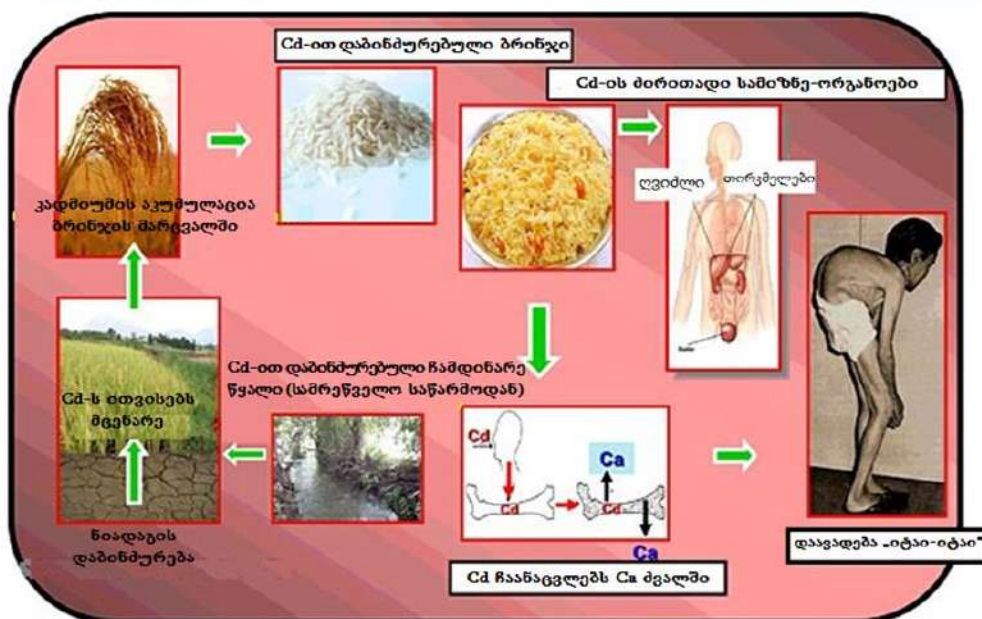
კადმიუმის, როგორც Pb და Hg, არ წარმოადგენს სიცოცხლისათვის აუცილებელ ლითონს. კადმიუმი და მისი ნაერთები წარმოადგენენ რეალურ საშიშროებას მწვავე და ქრონიკული ზემოქმედების დროს. ადამიანთა ქრონიკული მოწამვლა დაფიქსირდა იაპონიაში Cd-ით გაჭუჭყიანებული წყლით ბრინჯის მორწყვის შედეგად, რამაც შემდგომში თავი იჩინა დაავადება “იტაი-იტაის” გამოვლენით. კადმიუმის ორგანიზმიდან ნელა გამოიყოფა. თანამედროვე მონაცემებით მისი ორგანიზმიდან ნახევრადგამოყოფის პერიოდი 25-30 წელს შეადგენს.

Silver 47 Ag 7.87 1.9	Cadmium 48 Cd 112.41 1.7	In 49 Li 114.
-----------------------------------	--------------------------------------	------------------------

კადმიუმი

ტოქსიკურობა:

- ფილტვების ტოქსიკოზი;
- ძვლოვანი ჩონჩხის ცვლილებები;
- კანცეროგენობა.



დაავადება “იტაი-იტაი”, იაპონია, 1912-1968

სურათი 1.27. კადმიუმით გარემოს დაბინძურება და გადატანა კვებით ჯაჭვში

კადმიუმი ასევე იწვევს გულის იშემიურ დაავადებებსა და თირკმელის უკმარისობას. ცხოველებზე ჩატარებული კვლევები მოწმობენ, რომ კადმიუმი შეიძლება იყოს ძლიერი კანცეროგენი, მაგრამ დღესდღეობით, თანამედროვე მონაცემებით, კადმიუმი ადამიანისათვის არ განიხილება როგორც უპირობო კანცეროგენი.

კადმიუმის მაღალი შემცველობით გამოირჩევა თამბაქო. ეს მცენარე ახდენს კადმიუმის მარილების აკუმულაციას თავის ფოთლებში, საიდანაც იგი მწველთა ფილტვებში აღწევს.

ჰაერში კადმიუმის მაქსიმალური დასაშვები კონცენტრაციაა 10 მკგ/მ³.



კითხვები თვითშემოწმებისათვის:

1. რას ეწოდება ეკოტოქსიკანტი?
2. რას ეწოდება მძიმე ლითონები?
3. განმარტეთ ტერმინი „ქსენობიოტიკი“
4. განმარტეთ ტერმინი „პესტიციდი“
5. აღწერეთ გარემოში დამაბინძურებელი ნივთიერებების აბიოტური გარდაქმნის პროცესები.
6. აღწერეთ გარემოში დამაბინძურებელი ნივთიერებების ბიოტური გარდაქმნის პროცესები.
7. რას ეწოდება მინერალიზაცია?
8. რას ეწოდება ბიოაკუმულაცია?
9. აღწერეთ ეკოლოგიური რისკის შეფასების ეტაპები
10. აღწერეთ მძიმე ლითონების ტოქსიკური ზემოქმედება
11. აღწერეთ გარემოში ტყვიის გავრცელების გზები
12. ჩამოთვალეთ ვერცხლისწყლის გამოყოფის ანთროპოგენური წყაროები
13. რა ერთეულებში გამოისახება ვერცხლისწყლის ზდკ ჰაერში, წყალში და საკვებ პროდუქტებში?
როგორია მათი რიცხვითი მნიშვნელობა?
14. აღწერეთ კადმიუმის გარემოში მოხვედრის გზები და დაბინძურების შედეგები.



რეკომენდებული ლიტერატურა და სასწავლო მასალები

- ❖ [http://eiec.gov.ge/NavMenu/Encyclopedia/It-is-interesting/%E1%83%94%E1%83%99%E1%83%9D%E1%83%9A%E1%83%94%E1%83%A5%E1%83%A1%E1%83%98%E1%83%99%E1%83%9D%E1%83%9C%E1%83%98-\(2\).aspx](http://eiec.gov.ge/NavMenu/Encyclopedia/It-is-interesting/%E1%83%94%E1%83%99%E1%83%9D%E1%83%9A%E1%83%94%E1%83%A5%E1%83%A1%E1%83%98%E1%83%99%E1%83%9D%E1%83%9C%E1%83%98-(2).aspx)
- ❖ <https://www.youtube.com/watch?v=cnwRNVz-pl4>
- ❖ <https://www.youtube.com/watch?v=IpbC-6IvMQI>
- ❖ <https://www.youtube.com/watch?v=iD7QDIbtbn8>
- ❖ <https://www.youtube.com/watch?v=EWZeV89M3MI>
- ❖ <https://www.youtube.com/watch?v=bQ8dbx8CXM4&list=PLSNnN9ZEWeghzVer7EbHplMm4R2gK37NS>
- ❖ <https://www.youtube.com/watch?v=SyEr17yFX-Y&t=214s>



თავი 2. გარემოსდაცვითი საქმიანობა

2.1. გარემოს დაცვის ისტორიული ექსკურსი

კაცობრიობის განვითარების ყველა ეტაპზე ადამიანი მოიპოვებდა და იყენებდა ბუნებრივი რესურსებს. განსაკუთრებული აქტიურობით ამ მხრივ გამოირჩევა ინდუსტრიული ეპოქა, როცა მოსახლეობის ზრდასთან ერთად ბუნებრივ რესურსებზე მოთხოვნა მნიშვნელოვანდ გაიზარდა.

ადამიანი ბუნებრივ რესურსებს სხვადასხვა დანიშნულებით იყენებს:

- როგორც მოხმარების უშუალო საგნები (სასმელი წყალი, ჰაერის ჟანგბადი);
- როგორც შრომის საშუალებები (მიწისა და წყლის რესურსები);
- როგორც შრომის საგნები, რომლიდანაც იწარმოება ნაკეთობა (სასარგებლო წიაღისეული, მინერალური, ცელულოზა და სხვა);
- როგორც ენერგიის წყარო (საწვავი წიაღისეული, ჰიდროენერგია, ქარის ენერგია და სხვა).

ბუნებრივი რესურსი არის ბუნების ელემენტები (ობიექტები და მოვლენები), რომლებიც აუცილებელია ადამიანისათვის სიცოცხლის უზრუნველყოფისა და მატერიალური წარმოებისათვის (ატმოსფერული ჰაერი, წყალი, ნიადაგი, მზის რადიაცია, სასარგებლო წიაღისეული, კლიმატი, მცენარეები, ცხოველთა სამყარო და ა.შ.)

ბუნებრივი რესურსების გამოყენებას საზოგადოების პრაქტიკული და კულტურული მოთხოვნილებების დასაკმაყოფილებლად ეწოდება **ბუნებათსარგებლობა**.

ბუნებათსარგებლობის პროცესში ადამიანი აქტიურად ზემოქმედებს ბუნების ცალკეულ ელემენტზე. მაგალითად, ადამიანი უფრო სწრაფად ითვისებს ბუნებრივ რესურსებს, ვიდრე ბუნებას შეუძლია მათი შევსება-განახლება; ეკონომიკური განვითარების მიზნით აზიანებს და ანადგურებს ბუნებრივ ეკოსისტემებს (ტყეების გაჩეხვა); მაღალი მოსავლის მიღების მიზნით იყენებს ქიმიურ საშუალებებს (სასუქებს და პესტიციდებს); სასარგებლო წიაღისეულის დაწვის შედეგად გამოყოფილი ნივთიერებებით აზინძურებს გარემოს.

გარემოს დაბინძურება

გარემოში ნივთიერების არსებობა, რომლის მასასიათებლები, ადგილმდებარეობა ან რაოდენობა არასასურველ ზეგავლენას ახდენს გარემოს მდგომარეობაზე.

საუკუნეების მანძილზე მიმდინარე არარაციონალური ბუნებათსარგებლობა ცვლის ბუნებრივი რესურსების მთელ კომპლექსს, იწვევს ბუნებრივი რესურსების დაშრეტას, გარემოს გაჭუჭყიანებას და ბუნებრივი სისტემის ეკოლოგიური წონასწორობის დარღვევას. აღნიშნულ პროცესს გარემოს დეგრადაციას უწოდებენ. გარემოს დეგრადაცია შესაძლებელია გამოიხატოს სხვადასხვა ფორმით - ტყეების განადგურება, გაუდაბნოება, გარემოს დაბინძურება, სახეობათა გადაშენება.

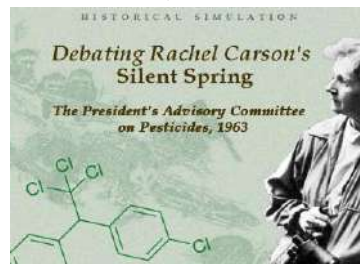
ყველაზე მეტად გარემოს დეგრადაციით გამოწვეულმა პრობლემებმა თავი იჩინა ინდუსტრიალიზაციის პერიოდში, განსაკუთრებით XX საუკუნის 50-70-იან წლებში.



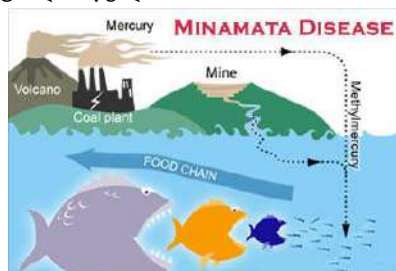
- 1952, 1956 ფაბრიკა-ქარხნების გამონაბოლქვების შედეგად წარმოქმნილი ლონდონის „შხამიანი სმოგი“, რომელმაც ათასობით ადამიანის სიცოცხლე შეიწირა. იგივე პრობლემამ თავი იჩინა ლოს-ანჯელესში, ჩიკაგოსა და ტოკიოში.



- 1945, 1962 1962 წელს აშშ-ში გამოიცა რაჩელ კარსონის წიგნი „ჩაკლული გაზაფხული“, სადაც დეტალურად აღწერილი და დასაბუთებულია 1945 წლიდან მსოფლიოში ფართოდ გავრცელებული პესტიციდის - შხამქიმიკატ „დდტ“-ს (იგივე, რაც „დუსტი“) გამოყენების საშინელი შედეგები: მთელი სახეობების გაქრობა, გენეტიკური ცვლილებები და სიმსივნური დაავადებები ადამიანებში და სხვა. წიგნს დიდი რეზონანსი მოჰყვა არა მარტო ამერიკაში. მსხვილი ბიზნესის წინააღმდეგობის მიუხედავად, ამერიკის მთავრობა საბოლოოდ იძულებული გახდა დდტ-ს მოხმარება აეკრძალა.



- 1956 „მინამატას დაავადების“ გამოვლინება. იაპონიის ქალაქ მინამატას მიმდებარე სოფლების მაცხოვრებელთა მოწამვლა „ნიპონ-ჩისოს“ ქიმიური ქარხნიდან მდინარეში მოხვედრილი ვერცხლისწყლით.



- 1968 დაავადება „იტაი-იტაი“ (რაც ქართულად „ვაი-ვაი“-ს ნიშნავს) გამოვლინება, რომელიც გამოწვეული იყო გარემოს კადმიუმით დაბინძურებით. ტყვისა და თუთიის მომპოვებელი საწარმოებიდან კადმიუმი მდინარეში, შემდეგ კი ბრინჯის ყანების სარწყავად გამოყენებულ წყალში ხვდებოდა.





XX საუკუნის 70-იან წლებში, საზოგადოების მზარდი შეშფოთების ფონზე, გარემოს დაცვა თანდათან ქვეყნის მმართველობის მნიშვნელოვანი ნაწილი ხდება. 1954-56 წლებში იკრძალება „შავი ბოლის წარმომქმნელი“ საწვავის წვა ლონდონში. 1955 წელს აშშ-ში ძალაში შედის ჰაერის დაბინძურების მაკონტროლებელი აქტი, 1970 წელს კი გარემოს დაცვის აქტი და იქმნება გარემოს დაცვის ფედერალური სააგენტო, 1971 წელს იაპონიაში იქმნება გარემოს დაცვის სამინისტრო.

1972 წლის ივნისში სტოკჰოლმში გაერთიანებული ერების ორგანიზაციის კონფერენციაზე „ადამიანის გარემოს შესახებ“ ხელმოწერილ ცნობილ დეკლარაციაში გაცხადებულია, რომ გარემო ადამიანთა კეთილდღეობის, ასევე ეკონომიკური განვითარების განმსაზღვრელი ფაქტორია; მსოფლიოში ნებისმიერი ადამიანი და ყველა ქვეყნის მთავრობა ვალდებულია იზრუნოს გარემოზე.

გარემოს დეგრადაციის შედეგად ვლელულობთ გარემოსდაცვით პრობლემებს, რომელთა გადაჭრა გარემოსდაცვითი ღონისძიებებითაა შესაძლებელი.

თანამედროვე მსოფლიოში არსებული გარემოსდაცვითი პრობლემები ასე შეიძლება წარმოვადგინოთ:

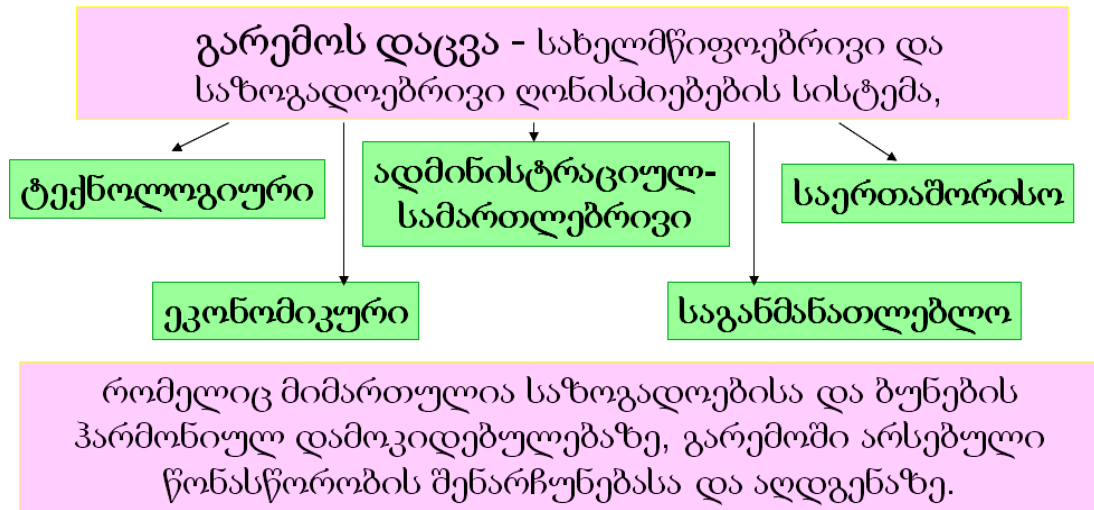


წყარო: გარემოსდაცვითი განათლება სკოლაში, მასწავლებლის წიგნი. 2013

სურათი 2.1. ძირითადი გარემოსდაცვითი პრობლემები



გარემოს დაცვა - წარმოადგენს სახელმწიფოებრივი და საზოგადოებრივი ღონისძიებების (ტექნოლოგიური, ეკონომიკური, ადმინისტრაციულ-სამართლებრივი, საგანმანათლებლო, საერთაშორისო) სისტემას, რომელიც უზრუნველყოფს გარემოში არსებული წონასწორობის შენარჩუნებას და აღდგენას.



გარემოს დაცვის ძირითადი მიზნებია:

- გარემოს ხარისხის შენარჩუნება და გაუმჯობესება (და ამით ადამიანთა ჯანმრთელობის დაცვის ხელშეწყობა);
- ბუნებრივი რესურსების გონივრული და რაციონალური გამოყენება.

გარემოსდაცვით საქმიანობაში გამოყოფენ სექტორულ ნაწილებს: ატმოსფეროს, წყლის, წიაღისეულის, ნიადაგის, მცენარეების, ცხოველთა სამყაროს დაცვას.



2.2. ატმოსფერული ჰაერის დაცვა

2.2.1. ატმოსფერული ჰაერის ძირითადი დამაბინძურებლები

ატმოსფერული ჰაერის სამი ძირითადი აირის - აზოტის (N_2), ჟანგბადისა (O_2) და ნახშირორჟანგის (CO_2) შემცველობა არსებული თანაფარდობით, ძალზედ მნიშვნელოვანია ბიოსფეროში არსებული წონასწორობის შენარჩუნებისათვის. აღნიშნული აირების გარდა, ჰაერი შეიცავს ინერტულ აირებს, მტვრის ნაწილაკებს და სხვადასხვა აირად ნივთიერებებს.

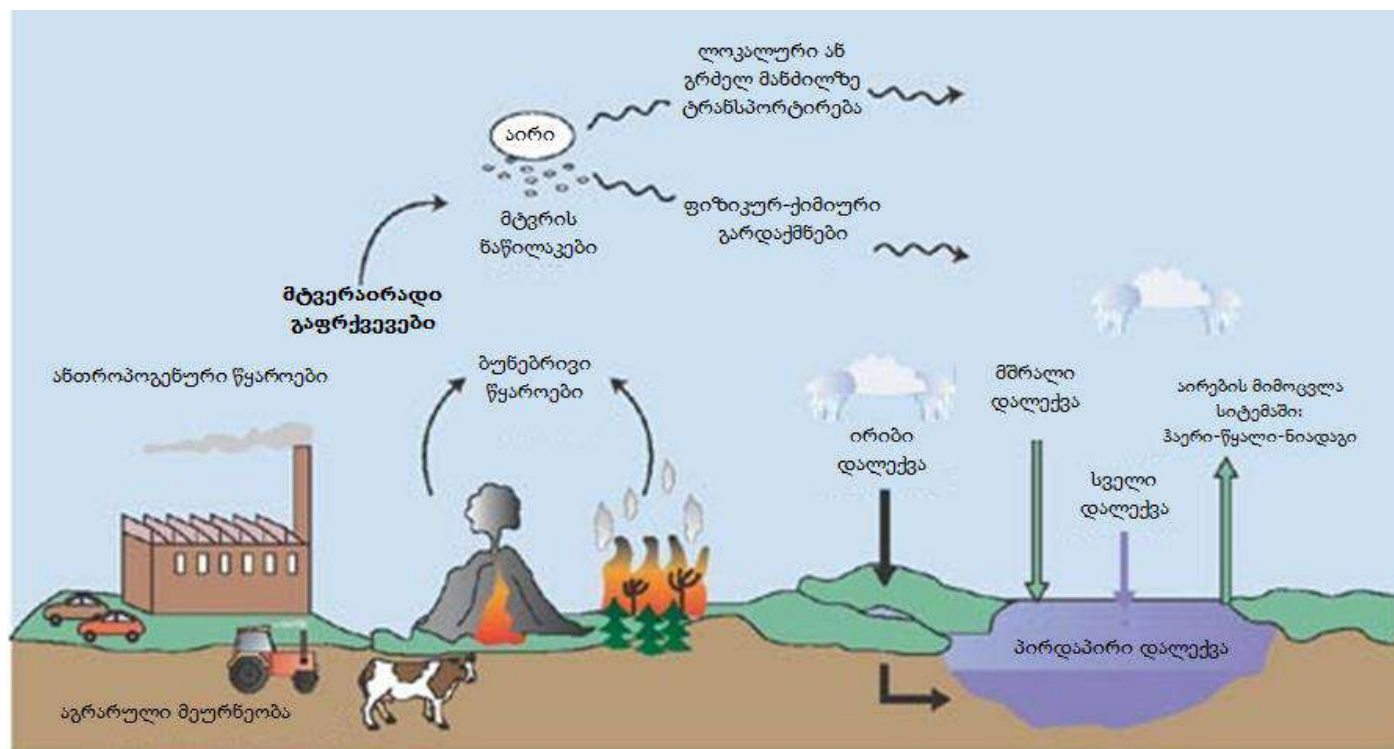
ატმოსფერული ჰაერის შედგენილობის ცვლილებას, როდესაც იზრდება მასში მავნე ნივთიერებების შემცველობა ჰაერის დაბინძურებას უწოდებენ.

ატმოსფერული ჰაერის დაბინძურების წყაროები ორი სახისაა: ბუნებრივი და ანთროპოგენური. ჩვეულებრივ, ბუნებრივი წყაროები არ იწვევენ მნიშვნელოვან ცვლილებებს ატმოსფერულ ჰაერში, მაგრამ სტიქიური კატასტროფებისას დაბინძურება სერიოზულ მასშტაბებს იღებს.

ატმოსფერული ჰაერის დაბინძურების მთავარი ანთროპოგენური წყაროებია ტრანსპორტი, საწარმოო და საყოფაცხოვრებო გარეგნეები.

მავნე ნივთიერება

ადამიანის საქმიანობის შედეგად ატმოსფერულ ჰაერში გაფრქვეული ნებისმიერი ნივთიერება, რომელიც ახდენს ან რომელმაც შეიძლება მოახდინოს არყოფიტი ზეგავლენა ადამიანის ჯანმრთელობასა და ბუნებრივ გარემოზე.



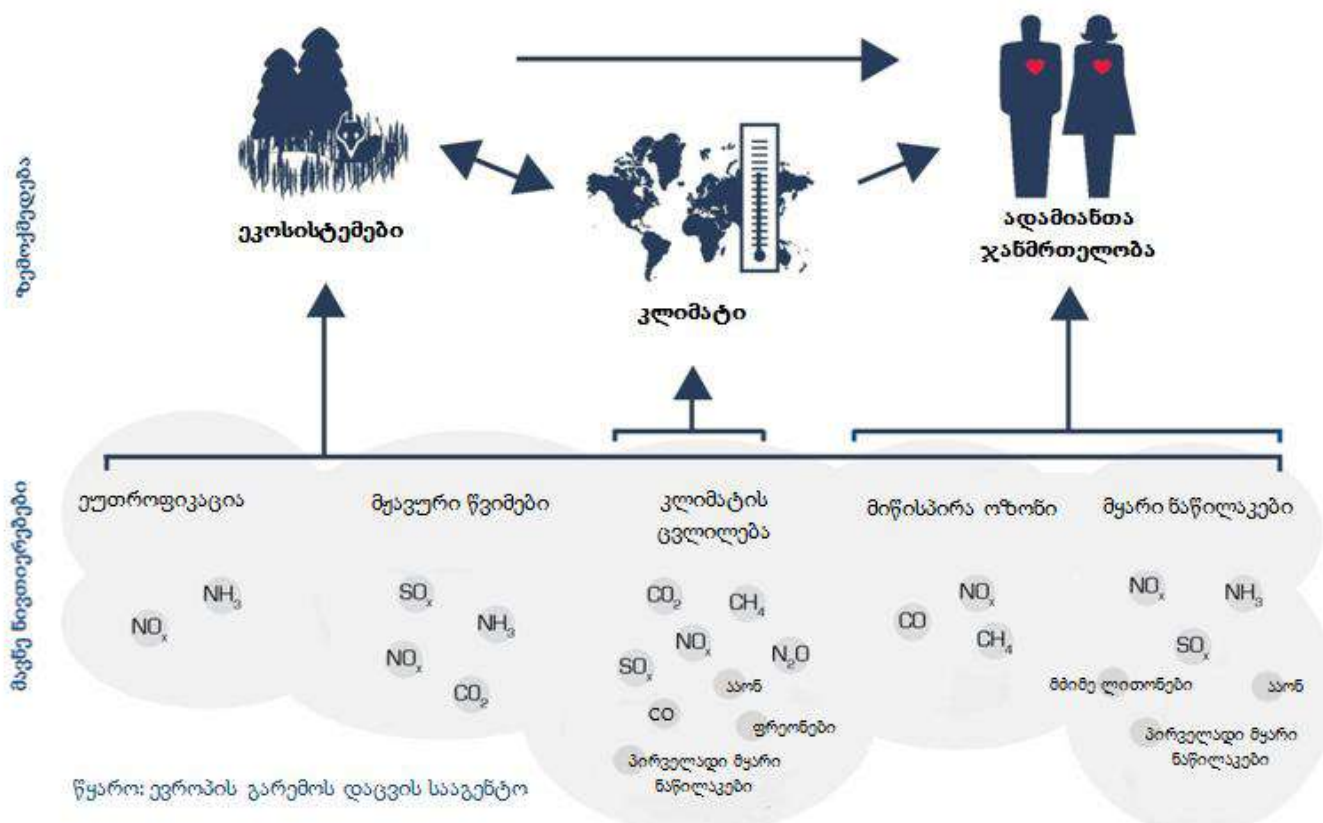
სურათი 2.2. ატმოსფერული ჰაერის დაბინძურების წყაროები

ჰაერის ძირითადი დამაბინძურებელია ავტოტრანსპორტი და ენერგოსექტორი. წიაღისეული საწვავის (ქვანახშირი, ტორფი, ბუნებრივი აირი, ნავთობი სხვადასხვა ნავთობპროდუქტების სახით) მოხმარების ზრდა ამ სექტორებიდან მავნე ნივთიერებათა მნიშვნელოვან გაფრქვევას იწვევს.



წვის პროცესის შედეგად გამოიყოფა მავნე ნივთიერებები: ნახშირჟანგი, აზოტის და გოგირდის დიოქსიდები, ჭკარტლი, არამეთანური აქროლადი ორგანული ნაერთები (ააონ), ბენზ(ა)პირენი, დიოქსინები და ფურანები და ა.შ. ისინი ჰაერში დაგროვებისას ცვლიან მის ბუნებრივ ფიზიკო-ქიმიურ შემადგენლობას, უარყოფითად ზემოქმედებენ ადამიანის ჯანმრთელობაზე, ეკოსისტემებსა და მატერიალურ ფასეულობებზე.

ჰაერის დაბინძურების ზეგავლენა



სურათი 2.3. ჰაერის დაბინძურების ზეგავლენა ეკოსისტემაზე, კლიმატზე და ადამიანების ჯანმრთელობაზე

ატმოსფერული ჰაერის ძირითად დამაბინძურებლებს წარმოადგენენ: მტვრის ნაწილაკები და მავნე აირები - გოგირდის დიოქსიდი (SO_2), აზოტის ოქსიდები (NO და NO_2) და ნახშირჟანგი (CO). ამ ნაერთებზე მოდის გაფრქვევების 98%. ქალაქებისა და დასახლებების ატმოსფერულ ჰაერში გაიფრქვევა სხვა მავნე ნივთიერებებიც: ტყვია, ვერცხლისწყალი, კადმიუმი და სხვა მძიმე ლითონები (ავტომობილის გამონაბოლქვები, სადნობი ლუმენები), ნახშირწყალბადები, რომელთა შორის ძლიერ სახიფათოა ბენზ(ა)პირენი, ალდეჰიდები (პირველ რიგში ფორმალდეჰიდი), გოგირდწყალბადი, ტოქსიკური აქროლადი გამხსნელები (ბენზინი, სპირტები, ეთერები) და სხვა.

ადამიანზე და ცოცხალ ორგანიზმებზე პირდაპირი ქმედებით გამოწვეულ უარყოფით გავლენას ძირითადად მიწისპირა ფენის ჰაერის დაბინძურება იწვევს. მავნე ნივთიერებების დაგროვება სამრეწველო წყაროდან და სატრანსპორტო

ატმოსფერული ჰაერის მავნე ნივთიერებებით დაბინძურება

ადამიანის საქმიანობის შედეგად ატმოსფერულ ჰაერში ნებისმიერი ნივთიერების გაფრქვევა (ემისია), რომელიც ახდენს ან რომელმაც შეიძლება მოახდინოს უარყოფითი ზეგავლენა ადამიანის ჯანმრთელობასა და ბუნებრივ გარემოზე.



ინფრასტრუქტურიდან გაფრქვეული ნაერთების გადატანის, შერევის, გაბნევის და დალექვის შედეგად ხდება.

კონკრეტული ადგილის ბუნებრივი გეოგრაფიული პირობები და კლიმატური პარამეტრები (ტემპერატურა, ქარის სიჩქარე, მზის გამოსხივება, ნალექები და სხვა) წარმოადგენენ ჰაერის ხარისხის განმსაზღვრელ უმნიშვნელოვანეს ფაქტორებს. ამ პარამეტრთა კომბინაცია განაპირობებს აგრეთვე ჰაერის მაღალი დაბინძურების ეპიზოდების სიხშირეს და გავრცელებას ამა თუ იმ ტერიტორიაზე.

საქართველოში ატმოსფერული ჰაერი ბინძურდება ავტოტრანსპორტიდან, ენერგეტიკული სექტორიდან, სოფლის მეურნეობის დარგებიდან და სამრეწველო ობიექტებიდან წარმოებული ატმოსფერული გაფრქვევებით.

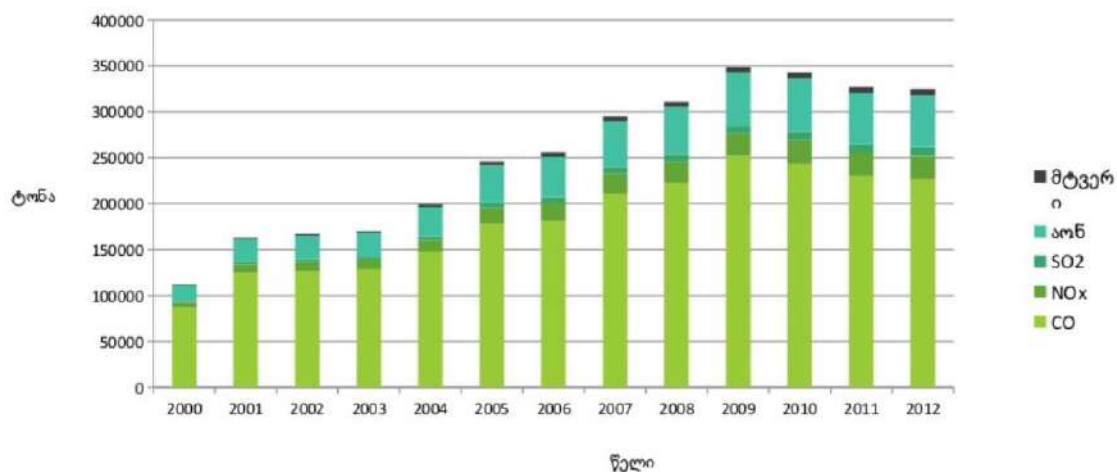
საქართველოს გარემოსა და ბუნებრივი რესურსების დაცვის სამინისტროს მონაცემების თანახმად, ავტოტრანსპორტის მიერ ჰაერში გაიფრქვევა მავნე ნაერთების მნიშვნელოვანი რაოდენობა.

ემისია

ტერმინით “ემისია” აღინიშნება ატმოსფერულ ჰაერში ნივთიერებათა გაფრქვევა, მაშინ როცა ნივთიერებათა წყალში ჩაშვება მოიხსენიება ტერმინით “დამაბინძურებელ ნივთიერებათა ჩაშვება”. სინონიმი: გაფრქვევა/ჩაშვება.



ჰაერის დაბინძურება ავტოტრანსპორტიდან



წყარო: გარემოსა და ბუნებრივი რესურსების სამინისტრო, 2014

სურათი 2.4. ავტოტრანსპორტის მიერ ჰაერის დაბინძურება საქართველო, 2000-2012 წ



2.2.2. ატმოსფერული ჰაერის ხარისხის ნორმირება

ატმოსფერული ჰაერის ადამიანის ჯანმრთელობისა და ბუნებრივი გარემოსათვის უსაფრთხო მდგომარეობის მიღწევის, შენარჩუნებისა და გაუმჯობესების მიზნით სახელმწიფო უზრუნველყოფს ადმინისტრაციულ, სამეურნეო, ტექნოლოგიურ, პოლიტიკურ-სამართლებრივ და საზოგადოებრივ ღონისძიებათა განხორციელებას, რომელთა ერთობლიობა შეადგენს ატმოსფერული ჰაერის მავნე ნივთიერებებით დაბინძურებისაგან დაცვის სისტემას.

ატმოსფერული ჰაერის მავნე ნივთიერებებით დაბინძურებისაგან დაცვის სისტემის საფუძველს ატმოსფერული ჰაერის ხარისხის ნორმები წარმოადგენს.

ჰაერის ხარისხი წარმოადგენს ჰაერში მავნე ნივთიერებების შემცველობის დამახასიათებელ კრიტერიუმს და ასახავს ჰაერის შესაბამისობას ადამიანის მოთხოვნილებებთან.

უნდა აღინიშნოს, რომ საქართველოში მოქმედი **გარემოს მდგომარეობის ხარისხობრივი ნორმები** (რომელიც მოიცავს ჰაერის, წყლის, ნიადაგის ხარისხობრივ ნორმებს) გარკვეულწილად მოძველებულია და ნაკლებად ასახავს თანამედროვე მიდგომებს.

შესაბამისად, ქვეყანაში ამჟამად მიმდინარეობს ჰაერის ევროპული სტანდარტის დანერგვის სამუშაოები, რის შედეგად ქვეყანაში მოქმედებას დაიწყებს ატმოსფერული ჰაერის ხარისხის სტანდარტი, რომელიც დაეფუძნება ევროკავშირის შესაბამის სტანდარტს. ე.ი. ქვეყანა ამ ეტაპზე იმყოფება გარდამავალ პერიოდში, რომლის დროს მოქმედებაშია მავნე ნივთიერებათა ზღვრულად დასაშვები კონცენტრაციები (ზდკ).

მავნე ნივთიერებათა ზღვრულად დასაშვები კონცენტრაცია (ზდკ) - გარემოში (ჰაერი, ნიადაგი, წყალი, კვების პროდუქტები) ნივთიერების შემცველობა, რომელიც ადამიანზე მუდმივი ან დროებითი ზემოქმედების დროს არ მოქმედებს მის ჯანმრთელობაზე და არ იწვევს არასასურველ შედეგებს მომავალ თაობაში.

საქართველოში ატმოსფერული ჰაერის ხარისხის ნორმირებისათვის გამოიყენება ასევე ზდკ-ის ისეთი მაჩვენებლები, როგორიცაა ერჯერადი მაქსიმალური ზდკ, საშუალო დღე-ღამური ზდკ და მავნე ნივთიერების ზდკ სამუშაო ადგილის ზონაში.

ზდკ-მაქსიმალური ერთჯერადი (ზდკ მაქს. ერთჯ.) - დასახლებული პუნქტების ატმოსფერულ ჰაერში მავნე ნივთიერების მაქსიმალური კონცენტრაცია, რომელიც 20-30 წთ-ის შესუნთქვის დროს ადამიანის ორგანიზმში არ იწვევს რეფლექტორულ რეაქციას (სუნის შეგრძნება, თვალის სინათლის მგრძნობელობის შეცვლა და სხვ.).

საშუალო დღე-ღამური ზდკ (ზდკ საშ.დღ.ღ.) - მაჩვენებლით განისაზღვრება დასახლებული პუნქტის ატმოსფერულ ჰაერში მავნე ნივთიერების კონცენტრაცია, რომელიც შეუზღუდავად ხანგრძლივი პერიოდის შესუნთქვისას არ იწვევს ადამიანზე პირდაპირ ან ირიბ ზემოქმედებას. იგი წარმოადგენს ძირითად მაჩვენებელს დასახლებული პუნქტის ჰაერის ხარისხის შესაფასებლად.

ევროკავშირისა და აშშ-ს გარემოს დაცვის სააგენტოების სტანდარტებით ატმოსფერული ჰაერის სისუფთავის კრიტერიუმებად მიღებულია ექვსი ძირითადი დამაბინძურებელი - მტვრის ნაწილაკები (PM₁₀ და PM_{2.5}), ოზონი(O₃), ნახშირჟანგი (CO), გოგირდის დიოქსიდი (SO₂), აზოტის ოქსიდები (NO_x) და ტყვია (Pb).

განვიხილოთ ატმოსფერული ჰაერის ძირითადი დამაბინძურებლები: მტვრის ნაწილაკები, გოგირდის დიოქსიდი (SO₂), აზოტის ოქსიდები (NO და NO₂) ნახშირჟანგი (CO) და ტყვია (Pb).

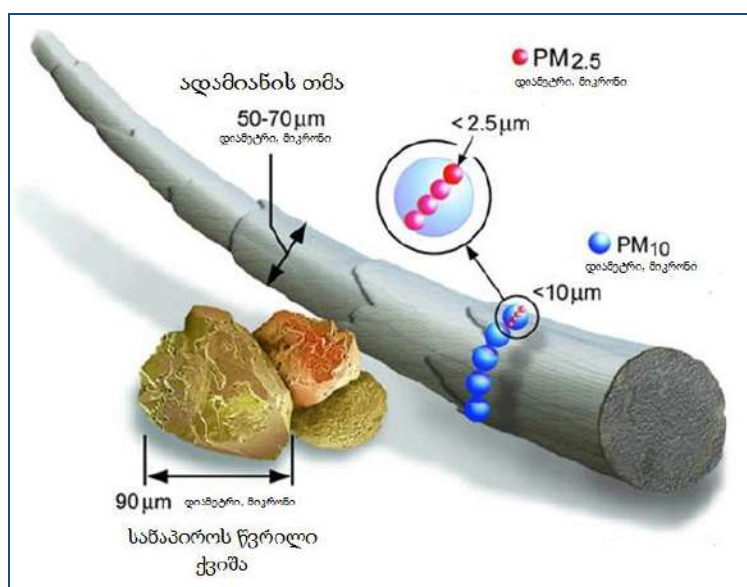


მყარი ნაწილაკები ჰაერში ძირითადად მტვრის სახით წარმოდგება. მტვერი ეწოდება მყარ ნაწილაკებს, რომლებიც შეწონილი არიან აირში ან თანაბრად და ნელ-ნელა ილექებიან.

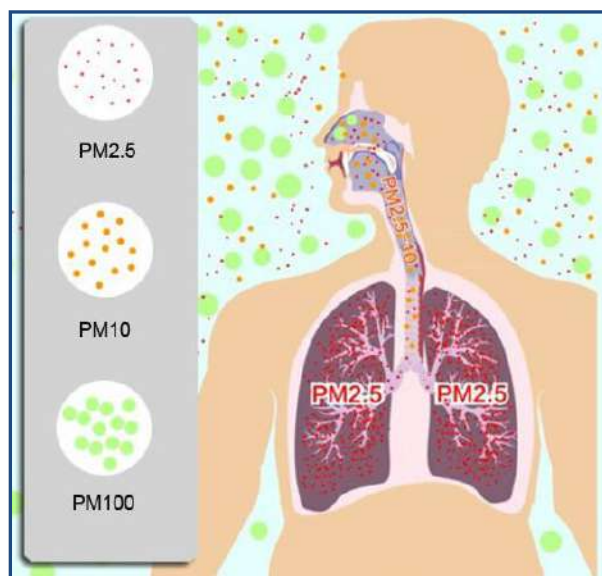
მყარი ნაწილაკების მავნეობის მნიშვნელოვანი მახასიათებლებია მათი ზომა და ქიმიური შედგენილობა. მყარი ნაწილაკების ზომის დასახასიათებლად მიღებულია ნაწილაკის დიამეტრი, რომელიც იზომება მიკრონებში, აღინიშნება მკმ (μm) - მიკრომეტრი ($1\text{მკმ} = 10^{-6}\text{ მ}$).

გარემოს დაცვაში ყველაზე დიდი ყურადღება ექცევა 10 მკმ-ზე ნაკლები ზომის მყარ ნაწილაკებს. ნაწილაკებს, რომელთა ზომა ნაკლებია 2,5 მკმ-ზე აღნიშნავენ $\text{PM}_{2.5}$ -ით, ხოლო 10 მკმ-ზე ნაკლები ზომის ნაწილაკებს - PM_{10} -ით.

ადამიანის თვალი ვერ აღიქვამს 50 მკმ-ზე ნაკლები ზომის ნაწილაკებს. შესაბამისად, $\text{PM}_{2.5}$ და PM_{10} თვალთ უხილავი ფრაქციებია.



სურათი 2.5. ნაწილაკთა ზომების შედარებითი ვიზუალიზაცია

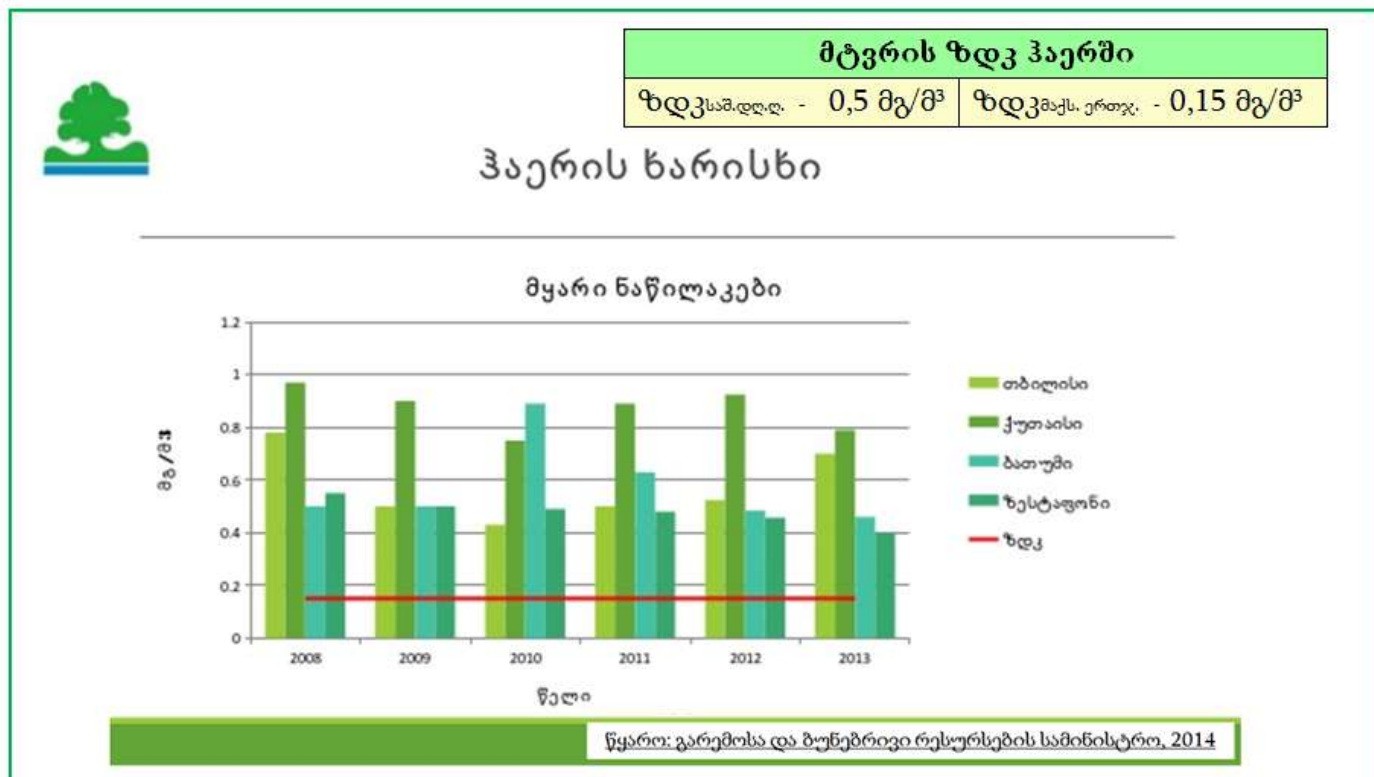


სურათი 2.6. $\text{PM}_{2.5}$ და PM_{10} ნაწილაკების მოქმედება

ჰაერში $\text{PM}_{2.5}$ და PM_{10} ნაწილაკების შემცველობა დაკავშირებულია ადამიანის დაავადებების ზრდასთან, როგორცაა გულის დაავადებები, ფილტვების ფუნქციის ცვლილება და ფილტვების სიმსივნური დაავადებანი.

საქართველოში მოქმედი ნორმების მიხედვით ჰაერის დამტვერიანება არ ფასდება $\text{PM}_{2.5}$ და PM_{10} ნაწილაკების შემცველობის მიხედვით. მტვრის კონცენტრაცია იზომება ჰაერში არსებული ყველა ზომის ნაწილაკების შემცველობის მიხედვით. თუმცა როგორც ავღნიშნეთ, უახლოეს ხანში გათვალისწინებულია ჰაერის ხარისხის ახალი სტანდარტის მიღება, რომელიც დაფუძნებული იქნება ევროკავშირში მოქმედ სტანდარტზე.

ჰაერში მტვრის ზღვრულად დასაშვები კონცენტრაცია (ზდკ) იზომება ერთეულით - მგ/მ^3 და გვიჩვენებს მტვრის ნაწილაკების მასურ შემცველობას (მგ - მილიგრამი = 10^{-6} გ) ჰაერის 1მ^3 მოცულობაში.



სურათი 2.7. მტვრის კონცენტრაცია ჰაერში, საქართველო, 2008-2013 წ

როგორც აღნიშნეთ, ჰაერის ხარისხის შეფასება მყარი ნაწილაკების PM₁₀ და PM_{2.5} შემცველობის მიხედვით ევროკავშირის ჰაერის ხარისხის სტანდარტის მოთხოვნაა, რაც უახლოეს ხანში აისახება საქართველოს ჰაერის ხარისხის სტანდარტში.

ცხრილი 2.1

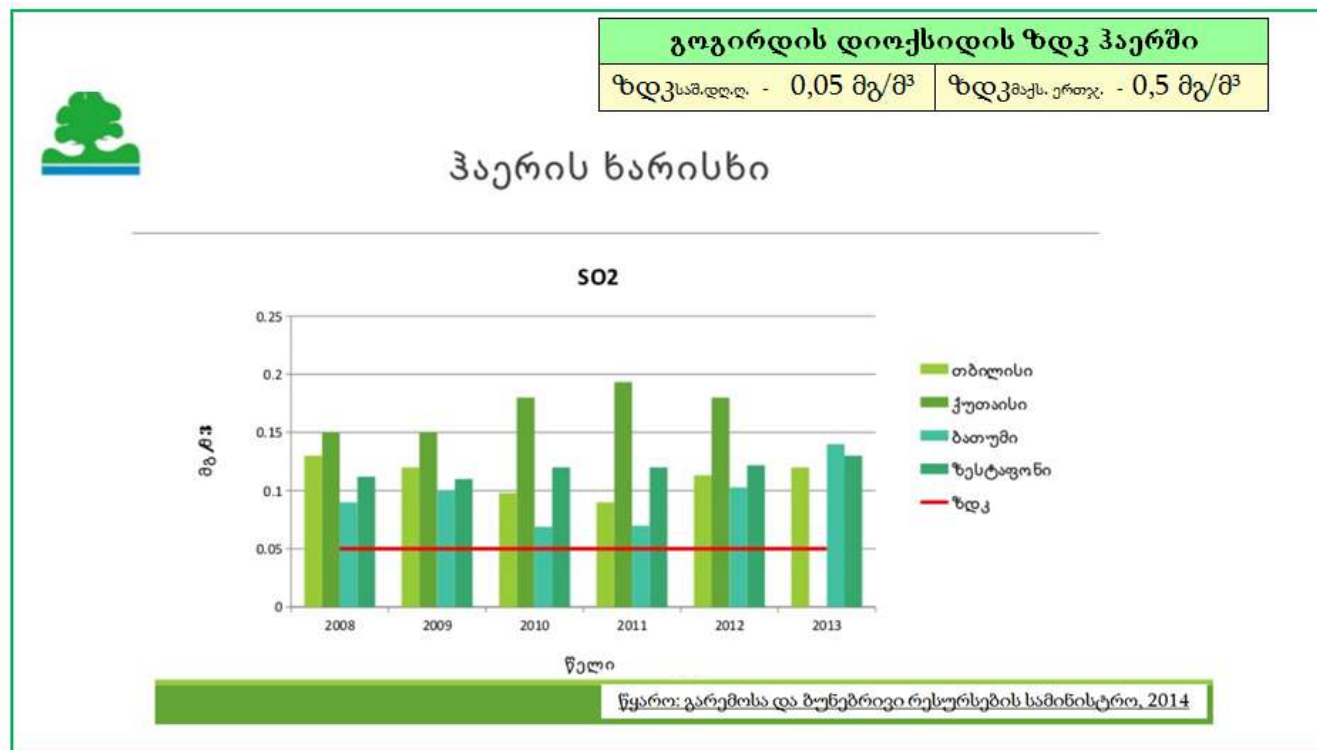
ევროკავშირში მოქმედი სტანდარტი - PM ₁₀ და PM _{2.5} ატმოსფერულ ჰაერში		
ფრაქციის ზომა	ზღვრული მნიშვნელობა	გასაშუალოების პერიოდი
PM ₁₀	50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (ანუ 0,05 მგ/მ ³)	1 დღე
PM ₁₀	40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (ანუ 0,04 მგ/მ ³)	კალენდარული წელი
PM _{2.5}	25 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (ანუ 0,025 მგ/მ ³)	კალენდარული წელი



გოგირდის დიოქსიდი (SO_2) ატმოსფეროში ხვდება გოგირდის შემცველი საწვავის წვისას. ძირითადი წყაროა ელექტროსადგურები, საქვაბუები და მეტალურგიული საწარმოები.

SO_2 ატმოსფეროს ტენთან ურთიერთქმედებისას წარმოქმნის გოგირდმჟავას, რომელიც შლის ადამიანისა და ცხოველის ფილტვის ქსოვილებს. ეს ყველაზე ხშირად ვლინდება დიდ ქალაქებში. SO_2 ტოქსიკურად მოქმედებს მცენარეებზე. ჰაერთან ერთად იგი აღწევს მცენარეთა ფოთლებში, ამცირებს უჯრედთა სიცოცხლის უნარიანობას და მცენარე ხმება.

საქართველოში მოქმედი ნორმების მიხედვით ჰაერში გოგირდის დიოქსიდის ზღვ და ჰაერის დაბინძურების მაჩვენებელი მოცემულია სურ. 2.8-ზე.



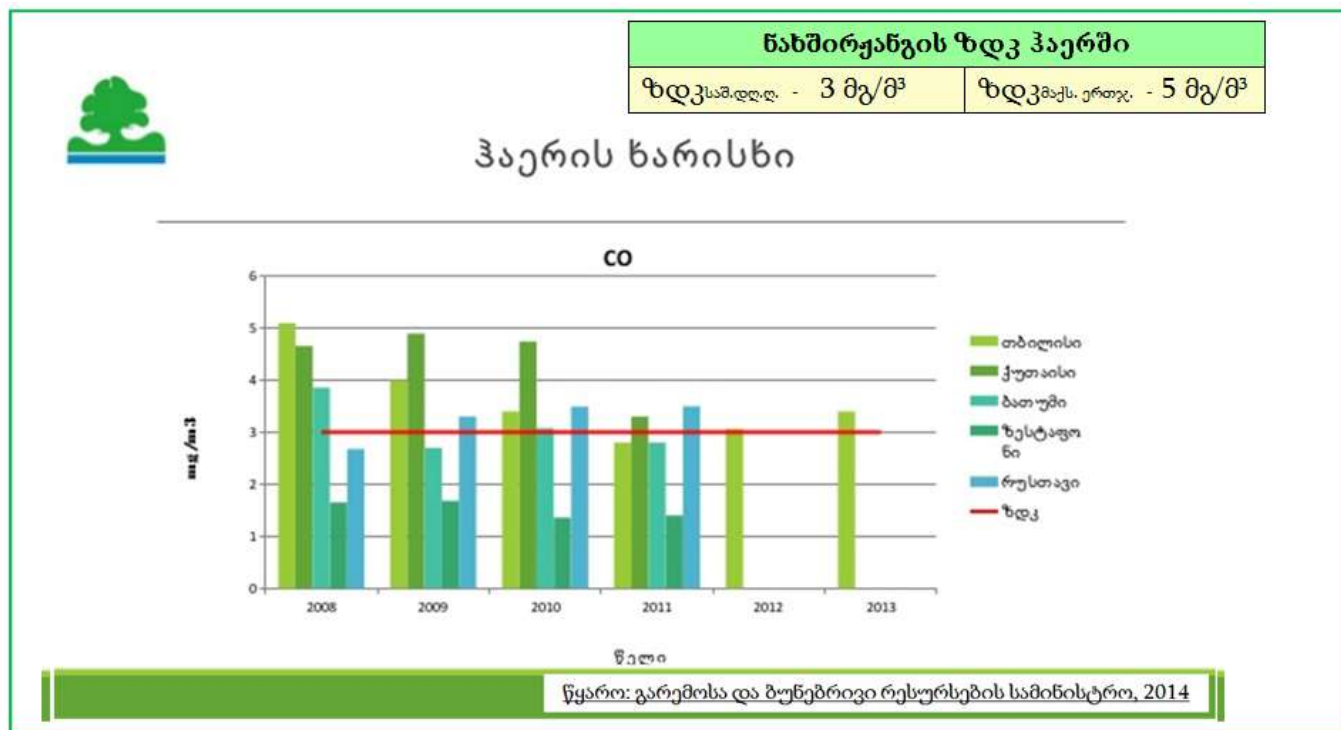
სურათი 2.8. SO_2 -ის კონცენტრაცია ჰაერში, საქართველო, 2008-2013 წ



ნახშირჟანგი (CO) არასრული წვის პროდუქტია. ძირითადი წყაროა მანქანების გამონაბოლქვი (წარმოიქმნება ბენზინის არასრული წვისას, რასაც განაპირობებს არასაკმარისი ტემპერატურა ან შიდაწვის ძრავაში ჰაერის მიმწოდებელი სისტემის მოუწესრიგებლობა), თბოელექტროსადგურების გამონაბოლქვი, სიგარეტი, ნარჩენების წვის შედეგად წარმოქმნილი კვამლი.

CO ძლიერ ტოქსიკურად მოქმედებს ადამიანის ორგანიზმზე, სხვაგვარად მას “მზუთავ აირს” უწოდებენ. იგი ერთ-ერთი ყველაზე ტოქსიკური აირია - მწვავე მოწამვლის დროს ადამიანი დუნდება, ვითარდება თავ-ბრუსხვევა, ღებინება, ძილიანობა, გონების დაკარგვა და სიკვდილი უქანგბადობის გამო.

საქართველოში მოქმედი ნორმების მიხედვით ჰაერში ნახშირჟანგის ზღვ და ჰაერის დაბინძურების მაჩვენებელი მოცემულია სურ. 2.9-ზე.



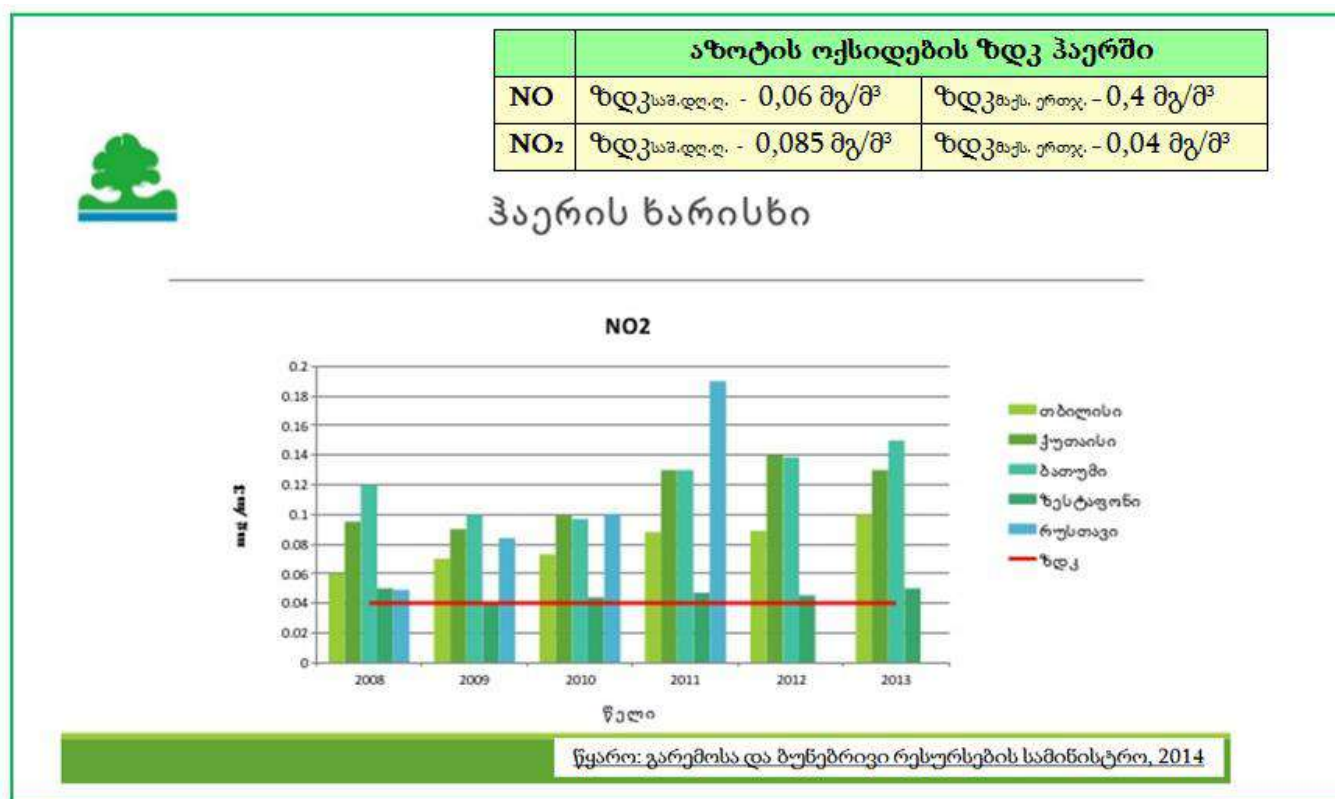
სურათი 2.9. CO-ს კონცენტრაცია ჰაერში, საქართველო, 2008-2013 წ



აზოტის ოქსიდები (NO და NO₂) წარმოადგენენ ანთროპოგენური წარმოშობის აზოტის ოქსიდებს, რომლებიც მაღალ ტემპერატურაზე სათბობის წვის დროს წარმოიქმნებიან. გარემოში NO_x-ის გამოყოფის ძირითადი წყაროა ქვანახშირისა და ნავთობის წვის პროცესები, ბენზინზე მომუშავე საავტომობილო ტრანსპორტი, ქიმიური და მძიმე მრეწველობის საწარმოები. აზოტის ოქსიდებით ანთროპოგენური დაბინძურება კრიტიკულ ზღვარს მჭიდროდ დასახლებულ სამრეწველო ქალაქებში აღწევს.

ემისიის წყაროდან დაცილებასთან ერთად NO-ს სულ უფრო მეტი რაოდენობა გადადის NO₂-ში. აზოტის ოქსიდები სხვა მავნე ნივთიერებებთან ერთად მონაწილეობენ შემდგომ გარდაქმნებში. გარემოსდაცვითი კუთხით აზოტის ოქსიდები განიხილება როგორც „მჟავური წვიმების“, „სათბურის ეფექტისა“ და ფოტოქიმიური სმოგის წარმოქმნის ერთ-ერთ მნიშვნელოვანი კომპონენტი.

საქართველოში მოქმედი ნორმების მიხედვით ჰაერში აზოტის ოქსიდების ზღვ და NO₂-ით ჰაერის დაბინძურების მაჩვენებელი მოცემულია სურ.2.10-ზე.

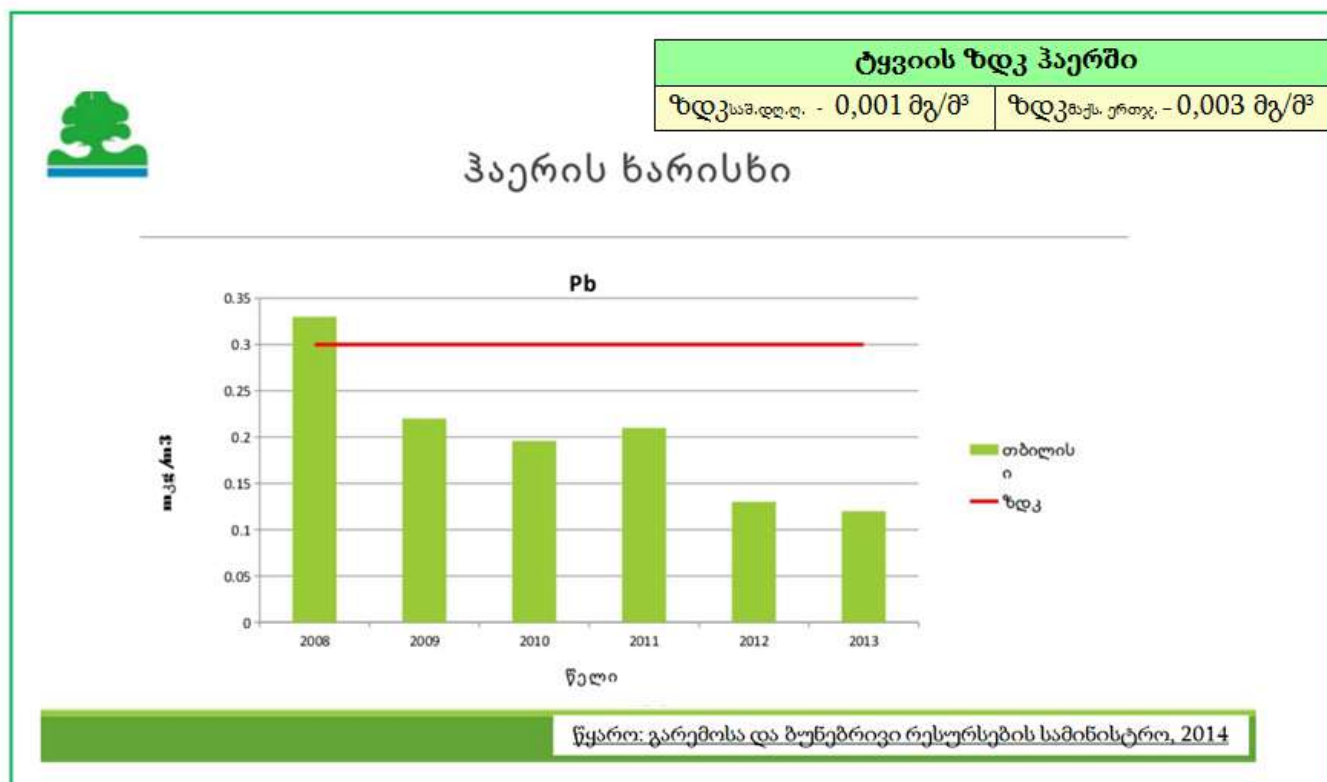


სურათი 2.10. NO₂-ის კონცენტრაცია ჰაერში, საქართველო, 2008-2013 წ



ტყვია (Pb). ტყვია და მისი ნაერთები გამონაბოლქვ აირში ხვდება ეთილირებული ბენზინის გამოყენებისას. ტყვიის ტოქსიკური ზემოქმედება ვლინდება მოლეკულურ და უჯრედულ დონეზე, განსაკუთრებით - ნერვულ ქსოვილში. მისი მცირე დოზების ხანგრძლივი ზემოქმედებისას ირღვევა თავის ტვინის ნერვული სტრუქტურების მინერალიზაციის პროცესი, რაც აფერხებს ნერვულ-ფსიქიკურ და ფიზიკურ განვითარებას. ადამიანი უჩივის თავის ტკივილს, თავბრუსხვევას, გადაღლას, გაღიზიანებას, ძილის დარღვევას, მეხსიერების დაქვეითებას. ორგანიზმში ტყვიის სიჭარბე ჰემოგლობინის სინთეზის დარღვევას იწვევს, ხოლო ამ ნივთიერებით ხანგრძლივი ინტოქსიკაცია - ათეროსკლეროზს.

საქართველოში მოქმედი ნორმების მიხედვით ჰაერში ტყვიის ოქსიდების ზღვ და ჰაერის დაბინძურების მაჩვენებელი მოცემულია სურ. 2.11-ზე.



სურათი 2.11. Pb-ის კონცენტრაცია ჰაერში, საქართველო, 2008-2013 წ

შეჯამების სახით მოვიყვანო ცხრილს, საიდანაც ნათლად ჩანს განსხვავება საქართველოში მოქმედ ჰაერის ხარისხის ნორმებსა და ევროკავშირის ჰაერის ხარისხის მაჩვენებლებს შორის.

ევროკავშირთან ასოცირების ხელშეკრულების შესაბამისად, უახლოეს დროში ქვეყანაში მოქმედებაში მოვა ატმოსფერული ჰაერის ხარისხის სტანდარტი, რომელიც თანხვედრაში იქნება ევროკავშირის ჰაერის ხარისხის სტანდარტთან. მოვიყვანო ხსენებული სტანდარტის მაჩვენებლებს:



ცხრილი 2.2.

**ჰაერის ხარისხის სტანდარტი ევროკავშირის დირექტივების მიხედვით
2015 წლის მდგომარეობით**

გასაშუალოებული პერიოდი	ზღვრული მნიშვნელობა
გოგირდის დიოქსიდი - SO₂	
ერთი საათი	350 მკგ/მ ³ , გადაჭარბება - არაუმეტეს 24 შემთხვევისა კალენდარულ წელში
ერთი დღე (24 სთ)	125 მკგ/მ ³ , გადაჭარბება არაუმეტეს 3 შემთხვევისა კალენდარულ წელში
აზოტის დიოქსიდი - NO₂	
ერთი საათი	200 მკგ/მ ³ , გადაჭარბება - არაუმეტეს 18 შემთხვევისა კალენდარულ წელში
კალენდარული წელი	40 მკგ/მ ³
ბენზოლი - C₆H₆	
კალენდარული წელი	5 მკგ/მ ³
ნახშირჟანგი - CO	
მაქსიმუმ 8 სთ დღეში	10 მგ/მ ³
ტყვია - Pb	
კალენდარული წელი	0,5 მკგ/მ ³
PM₁₀	
ერთი დღე (24 სთ)	50 მკგ/მ ³ , გადაჭარბება - არაუმეტეს 35 შემთხვევისა კალენდარულ წელში
კალენდარული წელი	40 მკგ/მ ³
PM_{2.5}	
კალენდარული წელი	25 მკგ/მ ³
ოზონი - O₃	
მაქსიმუმ 8 სთ დღეში	120 მკგ/მ ³
დარიშხანი - As	
კალენდარული წელი	6 ნგ/მ ³
კადმიუმი - Cd	
კალენდარული წელი	5 ნგ/მ ³
ნიკელი - Ni	
კალენდარული წელი	20 ნგ/მ ³
პოლიარმატული ნახშირწყალბადები (ბენზ(ა)პირენის მიხედვით)	
კალენდარული წელი	1 ნგ/მ ³

ბოლო ათწლეულების განმავლობაში ატმოსფერული ჰაერის ხარისხის დაცვა და გაუმჯობესება მნიშვნელოვან ამოცანას წარმოადგენს მსოფლიოს მრავალი ქვეყნისათვის. მოწინავე ქვეყნები პერიოდულად იმუშავებენ სახელმწიფო პოლიტიკას, სტრატეგიებს, პროგრამებსა და გეგმებს ჰაერის ხარისხის მართვასთან დაკავშირებული პრიორიტეტული პრობლემების გადასაჭრელად. ბევრი ქვეყნისათვის ასეთი პოლიტიკა გარემოსდაცვითი პოლიტიკის ფარგლებში დგინდება.



სამუშაო ზონის ჰაერში მავნე ნივთიერების ზღვ წარმოადგენს სახელმწიფო ჰიგიენური ნორმატივს და გამოიყენება საწარმოო შენობების, ტექნოლოგიური პროცესების, მოწყობილობების, ვენტილაციის დაპროექტებისას, საწარმოო გარემოს ხარისხის კონტროლისა და მომუშავეთა ჯანმრთელობაზე არახელსაყრელი ზემოქმედების პროფილაქტიკისათვის.

სამუშაო ზონის ჰაერში მავნე ნივთიერებების ზღვრულად დასაშვები კონცენტრაცია (ზღვ)

სახელმწიფო ჰიგიენური ნორმატივი გამოიყენება საწარმოო შენობების, ტექნოლოგიური პროცესების, მოწყობილობების, ვენტილაციის დაპროექტებისას, საწარმოო გარემოს ხარისხის კონტროლისა და მომუშავეთა ჯანმრთელობაზე არახელსაყრელი ზემოქმედების პროფილაქტიკისათვის.

ცხრილი 2.3

**სამუშაო ზონის ჰაერში მავნე ნივთიერებების შემცველობის
ზღვრულად დასაშვები კონცენტრაციები (ზღვ)**

პარამეტრების დასახელება	ზღვ – მგ/მ³		
	მაქსიმალური ეთჯერადი	საშუალო დღე-ღამური	სამუშაო ზონაში
აზოტის მონოოქსიდი (NO), მგ/მ³	0,6	0,06	
აზოტის დიოქსიდი (NO ₂), მგ/მ³	0,085	0,04	2
აზოტის ოქსიდები NO _x (NO ₂ -ზე გადათვლით)			5
აზოტმჟავა	0,4	0,15	2
ამიაკი (NH ₃), მგ/მ³	0,2	0,04	20
აცეტონი	0,35	0,35	200
ბენზოლი	1,5	0,5	15
გოგირდის დიოქსიდი (SO ₂), მგ/მ³	0,5	0,05	10
გოგირდმჟავა (H ₂ SO ₄),	0,3	0,1	1
გოგირდწყალბადი (H ₂ S),	0,008	-	10
დარიშხანი, მისი არაორგანული ნაერთები	-	0,003	0,04
ვერცხლისწყალი მეტალური, ოქსიდი (Hg- ზე გადათვლით)	-	0,0003	0,01
კადმიუმის ჟანგი (Cd-ზე გადათვლით)	-	0,001	0,05
იოდი	-	0,03	1
კობალტი (მეტალური)	0,2	0,001	0,05



კითხვები თვითშემოწმებისათვის:

1. განმარტეთ რას უწოდებენ გარემოს დაბინძურებას.
2. ჩამოთვალეთ ძირითადი გარემოსდაცვითი პრობლემები.
3. ჩამოაყალიბეთ გარემოს დაცვის მიზნები.
4. აღწერეთ ატმოსფერული ჰაერის დაბინძურების წყაროები.
5. რას უწოდებენ მავნე ნივთიერებას?
6. ჩამოთვალეთ ატმოსფერული ჰაერის ძირითადი დამაბინძურებლები.
7. განმარტეთ ტერმინი „ემისია“.
8. რომელი სიდიდეები გამოიყენება საქართველოში ატმოსფერული ჰაერის ხარისხის ნორმირებისათვის?
9. ახსენით რას გამოსახავს მავნე ნივთიერების ზდკ მაქს. ერთჯ.
10. ახსენით რას გამოსახავს მავნე ნივთიერების ზდკ საშ.დღ.დ.
11. აღწერეთ მყარი ნაწილაკების ზემოქმედება ადამიანის ორგანიზმზე.
12. რას წარმოადგენს $PM_{2.5}$ და PM_{10} .
13. სიგრძის რა ერთეულს იყენებენ მყარი ნაწილაკების ზომის ასახვისათვის?
14. ჩამოთვალეთ გოგირდის დიოქსიდის გამოყოფის წყაროები და ჰაერში მისი ზდკ-ს მნიშვნელობები.
15. რას უდრის საქართველოში მოქმედი ნორმების მიხედვით ჰაერში ნახშირჟანგის ზდკ?
16. ჩამოთვალეთ აზოტის ოქსიდების ემისიის წყაროები და ჰაერში მათი ზდკ-ს მნიშვნელობები.



2.3. წყლის რესურსების დაცვა

წყალი წარმოადგენს ერთ-ერთ მნიშვნელოვან ფაქტორს ფიზიკური და ქიმიური გარემოს, კლიმატისა და ამინდის ფორმირებაში, დედამიწაზე სიცოცხლის შენარჩუნებაში. წყალი ასევე წარმოადგენს პრაქტიკულად ყველა პროცესის სავალდებულო კომპონენტს, როგორც სოფლის მეურნეობაში, ასევე სამრეწველო წარმოებაში. იგი გამოყენებულია როგორც ნედლეული, როგორც თერმომატარებელი, როგორც სატრანსპორტო სისტემა, როგორც გამხსნელი და თითქმის ყოველთვის, როგორც ნარჩენების მოცილების არე.

ჰიდრორესურსების გაჭუჭყიანების ქვეშ იგულისხმება მათი ბიოსფერული ფუნქციისა და ეკოლოგიური მნიშვნელობის შემცირება მასში მავნე ნივთიერებათა მოხვედრის შედეგად.

წყლის ძირითად დამაჭუჭყიანებლად ითვლება ქიმიური და ბაქტერიული გაჭუჭყიანება, უფრო ნაკლებად გვხვდება ფიზიკური გაჭუჭყიანება (რადიაქტიური ნაერთები, მექანიკური და თბური გაჭუჭყიანება).

ცხრილი 2.4

წყლის ძირითადი დამაჭუჭყიანებლები

ქიმიური	ბიოლოგიური	ფიზიკური
- მჟავები - ტუტეები - მარილები - ნავთობი და ნავთობპროდუქტები - პესტიციდები - დიოქსინები - მძიმე ლითონები - ფენოლები - ამონიუმისა და ნიტრატული აზოტი - სზან	- ვირუსები - ბაქტერიები - სხვა დაავადებათა გამომწვევი ორგანიზმები - წყალმცენარეები - ლიგნინები - საფუარისა და ობის სოკოები	- რადიაქტიური ელემენტები - შეწონილი მყარი ნაწილაკები - სითბო - ორგანოლექტიკური (ფერი, გემო) - ქვიშა - შლამი - თიხა - ლამი

ქიმიური გაჭუჭყიანება ყველაზე მეტად გავრცელებული, მდგრადი და შორს განვრცობადი გაჭუჭყიანებაა. იგი შეიძლება იყოს ორგანული (ფენოლები, ნავთობპროდუქტები, პესტიციდები და სხვ.), არაორგანული (მარილები, მჟავები, ტუტეები), ტოქსიკური (დარიშხანის, ტყვიის, ვერცხლისწყლის, კადმიუმის და ა.შ.) და არატოქსიკური შემცველობის.

წყალსატევების ფსკერზე დაღეჟვისას ან ფილტრაციისას მავნე ნაერთები სორბირდებიან ფსკერის წარმომქმნელი ნივთიერებების მიერ, იჟანგებიან ან აღდგებიან, მაგრამ მთლიანად გაჭუჭყიანებული წყლის თვითგასუფთავება არ ხდება.

ბაქტერიული გაჭუჭყიანება არის პათოგენური ბაქტერიების, ვირუსების, მარტივი სოკოების და სხვ. მოხვედრა წყალში. ამ სახის გაჭუჭყიანებას აქვს დროებითი ხასიათი.

მექანიკური გაჭუჭყიანება ხასიათდება სხვადასხვა მექანიკური მინარევების (სილა, შლამი და სხვ.) მოხვედრით წყალში. ამ მინარევებმა შეიძლება მნიშვნელოვნად გააუარესონ წყლის ორგანოლექტიკური მახასიათებლები.

სითბურ გაჭუჭყიანებას ადგილი აქვს მაღალი ტემპერატურის ტექნოლოგიური წყლის შერევის დროს. მაგალითად, კოლის ატომური ელექტროსადგურის მიმდებარე ფართობზე, რომელიც პოლარულ წრესთანაა, ექსპლოატაციიდან 7 წლის შემდეგ მიწისქვეშა წყლების ტემპერატურა ძირითადი კორპუსის ახლოს 6°C-დან 19°C-მდე გაიზარდა. ტემპერატურის ზრდასთან ერთად იზრდება წყლის აირული და ქიმიური შედგე-



ნილობა, რაც იწვევს ანაერობული ბაქტერიების გამრავლებას, ჰიდრობიონტთა რაოდენობის ზრდას, მომწამლავი აირების - H_2S , CH_4 -ის გამოყოფას.

ზედაპირული და მიწისქვეშა წყლების გაჭუჭყიანების ძირითადი წყაროები. ზედაპირული წყლების დაბინძურება განპირობებულია სხვადასხვა ფაქტორებით. მათგან ძირითადს განეკუთვნება:

- წყალსატევებში გაუსუფთავებელი (გაუწმენდავი) ჩამდინარე წყლების ჩადინება;
- გამოყენებული ქიმიკატების ჩარეცხვა ჭარბი ნალექებისას;
- მტვერაირადი გაფრქვევები;
- ნავთობისა და ნავთობპროდუქტების გაჟონვა.

ყველაზე დიდი ზიანი წყალსატევებისა და წყალნაკადებისათვის მოაქვს გაუწმენდავი საწარმოო და კომუნალურ-საყოფაცხოვრებო ჩამდინარე წყლების ჩაშვებას. კომუნალურ-საყოფაცხოვრებო ჩამდინარე წყლები დიდი რაოდენობით ჩამოედინება საცხოვრებელი და საზოგადოებრივი ნაგებობებიდან. ასეთი სახის ჩამდინარე წყლებში ჭარბობს სხვადასხვა ორგანული ნაერთები, ასევე მიკროორგანიზმები, რაც ბაქტერიულ დაბინძურებას იწვევს.

მნიშვნელოვანი რაოდენობა ისეთი საშიში ნაერთებისა, როგორიცაა პესტიციდები, ამონიუმისა და ნიტრატული აზოტი, ფოსფორი, კალიუმი და სხვა ჩამოირეცხება სასოფლო-სამეურნეო ტერიტორიებიდან და მეცხოველეობის კომპლექსებიდან. ისინი წყალსატევებში ხვდებიან ყოველგვარი გაწმენდის გარეშე, ამიტომ წყალსატევებში მაღალია ორგანული ნაერთების, ბიოგენური ელემენტებისა და სხვა ნივთიერებების კონცენტრაცია.

სამრეწველო დარგების სპეციფიკიდან გამომდინარე ზედაპირული წყლების დამაბინძურებელი კომპონენტები სხვადასხვაა.

ცხრილი 2.5

**სამრეწველო დარგების მიხედვით წყლის ეკოსისტემების
პრიორიტეტული გამაჭუჭყიანებლები**

მრეწველობის დარგი	დამაჭუჭყიანებელი კომპონენტი, რომელიც ჭარბობს
ნავთობმოპოვება, ნავთობგადამუშავება	ნავთობპროდუქტები, სუზან*, ფენოლები, ამონიუმის მარილები, სულფიდები
ხე-ტყის მრეწველობა, ცელულოზა-ქაღალდის წარმოება	სულფატები, ორგ.ნაერთები, ლიტგნინი, ფისოვანი და ცხიმოვანი ნივთიერება, აზოტი
მანქანათმშენებლობა, ლითონგადამუშავება, მეტალურგია	მძიმე ლითონები, შეწონილი ნაწილაკები, ფტორიდები, ციანიდები, ამონიუმის აზოტი, ნავთობპროდუქტები, ფენოლი, ფისები
ქიმიური მრეწველობა	ფენოლი, ნავთობპროდუქტები, სუზანი, არომატული ნახშირწყალბადები, არაორგანული ნაერთები
სამთომომპოვებელი და გადამამუშავებელი მრეწველობა, ქვანახშირის წარმოება	არაორგანული ნაერთები, ფენოლი, შეწონილი ნაწილაკები
მსუბუქი, ტექსტილისა და კვების მრეწველობა	სუზან, ნავთობპროდუქტები, ორგ. საღებარები, სხვა ორგანული ნაერთები

* სუზან - სინთეზური ზედაპირულად აქტიური ნივთიერებები, მაგ. მათ შეიცავს სარეცხი საშუალებები.

წყლის ეკოსისტემების გაჭუჭყიანება წარმოადგენს მნიშვნელოვან საფრთხეს ყველა ცოცხალი ორგანიზმისათვის, განსაკუთრებით ადამიანისათვის.



სახელმწიფო წყლის ობიექტების სამართლებრივ დაცვას უზრუნველყოფს ძირითადი წყლის კანონმდებლობით და წყლის კოდექსით. ევროკავშირთან საქართველოს ასოცირების ხელშეკრულების ფარგლებში, საქართველოს მთავრობას აღებული აქვს ვალდებულება გარემოს დაცვის და მათ შორის, წყლის სექტორში საქართველოს კანონმდებლობა ევროკავშირის მოთხოვნებს მიუახლოვოს. წყლის სფეროში პირველი რიგის პრიორიტეტად მიჩნეულია ევროკავშირის ექვსი დირექტივა: 1. წყლის ჩარჩო დირექტივა (2000/60/EC); 2. დირექტივა სასმელი წყლის შესახებ (98/83/EC); 3. დირექტივა სარეკრეაციო წყლების შესახებ (2006/7/EC); 4. დირექტივა მნიშვნელოვანი ავარიული დაბინძურების კონტროლის შესახებ (96/82/EC); 5. დირექტივა დაბინძურების ინტეგრირებული პრევენციის და კონტროლის შესახებ (2008/1/EC); 6. დირექტივა მუნიციპალური ჩამდინარე წყლების შესახებ (91/271/EEC).

უახლოეს წლებში, ევროკავშირთან საქართველოს ასოცირების ხელშეკრულების შესაბამისად, საქართველოში შეიქმნება წყლის სფეროში ერთიანი ჩარჩო დოკუმენტი - საქართველოს წყლის კოდექსი, რომელიც მიმართული იქნება წყლის რესურსების ეფექტური დაცვისა და მართვის უზრუნველყოფაზე.

2.3.1. მავნე ნივთიერებათა ნორმირების თავისებურებანი ჰიდროსფეროში წყლის დაცვისა და გამოყენების ნორმები

წყლის დაცვისა და გამოყენების ნორმების დაწესების მიზანია დადგინდეს წყალზე საქმიანობის ზემოქმედების ისეთი ნორმები, რომლებიც უზრუნველყოფენ წყლის გარემოს შენარჩუნებას და ეკოლოგიურ წონასწორობას. ამ მიზნის მიღწევის საფუძველს წარმოადგენს წყლის მდგომარეობის ხარისხობრივი ნორმების დაწესება.

წყლის მდგომარეობის ხარისხობრივი ნორმები არის წყალში ადამიანის ჯანმრთელობისა და ბუნებრივი გარემოსათვის მავნე ნივთიერებების კონცენტრაციისა და მიკროორგანიზმების რაოდენობათა ზღვრულად დასაშვები ნორმები;

წყლის ხარისხის ნორმირებისას ზდკ-ის მაჩვენებლები განსაზღვრულია წყლით სარგებლობის მიხედვით. თუკი წყალი გამოიყენება მაშინ იგი უნდა აკმაყოფილებდეს სასმელი წყლისა და წვალმომარაგების წყაროების მიერ წაყენებულ მოთხოვნებს. ცალკეა ნორმირებული საქართველოს ზედაპირული წყლების ხარისხის მაჩვენებლები. ამ შემთხვევაში გათვალისწინებულია წყლით სარგებლობის სახე: მოსახლეობის სასმელ-სამეურნეო მიზნებისათვის, მოსახლეობის სამეურნეო-საყოფაცხოვრებო მიზნებისათვის, თევზსამეურნეო მიზნებისათვის.

ზედაპირული წყლებში მავნე ნივთიერების ნორმირება ხდება მავნეობის სამი ძირითადი ნიშან-თვისებით: ორგანოლექტიკური, საერთო სანიტარული და სანიტარულ-ტოქსიკოლოგიური.

ორგანოლექტიკური მაჩვენებლებით ნორმირებულია ისეთი ნივთიერებები, რომლებიც პირველ რიგში ცვლიან წყლის სუნს, გემოს, ფერს, გამჭვირვალობას და იწვევენ წყალის ზედაპირზე ქაფისა და აპკის გაჩენას. ამ ნივთიერებებს მიეკუთვნებიან: ბენზინი, კარბოფოსი, ალილის სპირტი, ცხიმოვანი რიგის ამინები, ბუტადიონი, დიმეთილსულფატი, იზობუთილენი, სტიროლი, პროპილის სპირტი, ტოლუოლი, ფურფუროლი და სხვა.

საერთო სანიტარული მაჩვენებლებით ნორმირებულია ისეთი ნივთიერებები, რომლებიც პირველ რიგში არღვევენ ან უარყოფითად მოქმედებენ წყალსატევების თვითგაწმენდის პროცესებზე და თვით სიცოცხლეზე. ამ ნივთიერებებს მიეკუთვნებიან: ბუთილაცეტატი, იზობუთილის სპირტი, რძის მჟავა, ჭიანჭველას მჟავა, რეზორცინი, სტრეპტოციდი, აცეტონი, ბენზოინის მჟავა, აქტიური ქლორი და სხვა.

სანიტარულ-ტოქსიკოლოგიური მაჩვენებლებით ნორმირებულია ნივთიერებები, რომლებიც პირველ



რიგში უარყოფითად მოქმედებენ ადამიანის ჯანმრთელობაზე და შეუძლიათ გამოიწვიონ შორს მიმავალი შედეგები. ამ ნივთიერებებს მიეკუთვნებიან: ანილინი, ქრომი, ბისმუტი, დინიტროტოლუოლი, ტყვია, სტი-ბიუმი, მეთანოლი, ფრენი 12, ფრენი-22, დდტ და სხვა ტოქსიკური ნივთიერებები.

მაგნეზიის სამი ძირითადი მაჩვენებლიდან ის მაჩვენებელი, რომელიც ხასიათდება ყველაზე მცირე ზღვრული სიდიდით, წარმოადგენს მოცემული ნივთიერებისათვის ლიმიტირებად სიდიდეს. მაგალითად, ფტორი. მისი კონცენტრაცია 5 მგ/ლ ზემოთ ხელს უშლის წყალსატევების გაწმენდის პროცესებს, 25 მგ/ლ კონცენტრაციისას იცვლება წყლის ორგანოლექტიკური თვისებები. მაშასადამე, ფტორისათვის ლიმიტირებული მაჩვენებელი იქნება სანიტარულ-ტოქსიკოლოგიური მაჩვენებელი.

ცხრილი 2.6

**წყალსატევებში დამაბინძურებელ ნივთიერებათა ზღვრულად დასაშვები კონცენტრაციები (ზღკ)
წყალსარგებლობის კატეგორიების მიხედვით**

ინგრედიენტის დასახელება	სასმელ-სამეურნეო- საყოფაცხოვრებო-წყალსარგებლობის წყალსატევებისთვის		თევზსამეურნეო წყალსარგებლობის წყალსატევებისთვის	
	მაგნეზიის ლიმიტირებული მაჩვენებელი	ზღვრულად დასაშვები კონცენტრაცია, მგ/ლ	მაგნეზიის ლიმიტირებული მაჩვენებელი	ზღვრულად დასაშვები კონცენტრაცია, მგ/ლ
ამონიუმის აზოტი	სანიტარულ- ტოქსიკოლოგ.	0,39	ტოქსიკოლოგიური	0,39
ნიტრატები	სანიტარულ- ტოქსიკოლოგ.	45,0	სანიტარულ- ტოქსიკოლოგიური	40,0
ნიტრიტები	სანიტარულ- ტოქსიკოლოგ.	3,3	ტოქსიკოლოგიური	0,08
სულფატები	ორგანოლექტიკური	500	სანიტარულ- ტოქსიკოლოგიური	100,0
ქლორიდები	ორგანოლექტიკური	350,0	სანიტარულ- ტოქსიკოლოგ	300,0
ვერცხლისწყალი	სანიტარულ- ტოქსიკოლოგ.	0,0005	ტოქსიკოლოგიური	არ უნდა იყოს
მანგანუმი	ორგანოლექტიკური	0,1	ტოქსიკოლოგიური	0,01
სპილენძი	ორგანოლექტიკური	1,0	ტოქსიკოლოგიური	0,001
ტყვია	სანიტარულ- ტოქსიკოლოგ.	0,03	ტოქსიკოლოგიური	0,1



**წყალსატევებში წყლის შემადგენლობისა და თვისებების რეგლამენტირება წყალსარგებლობის
კატეგორიების მიხედვით**

მაჩვენებლები	წყალსარგებლობის კატეგორიები			
	მოსახლეობის სასმელ- სამეურნეო მიზნებისათვის	მოსახლეობის სამეურნეო- საყოფაცხოვრებო მიზნებისათვის	თევზამეურნეო მიზნებისათვის	
			უმაღლესი და პირველი კატეგორია	მეორე კატეგორია
შეწონილი ნაწილაკები	დასაშვები შეწონილი ნაწილაკების შემცველობის მატება არა უმეტეს:			
	0,25 მგ/ლ	0,75 მგ/ლ	0,25 მგ/ლ	0,75 მგ/ლ
	მდინარეებისათვის, რომლებიც შეიცავენ წყალმცირობისას 30 მგ/ლ-ზე მეტ ბუნებრივ შეწონილ ნაწილაკებს, დასაშვებია მათი მომატება 5% ფარგლებში			
	თუ ჩამდინარე წყლები შეიცავენ შეწონილ ნაწილაკებს, რომელთა დალექვის სიჩქარე აღემატება 0,2 მმ/წმ, მათი ჩაშვება აკრძალულია წყალსატევებში (ტბებში), ხოლო თუ აღემატება 0,4 მმ/წმ, მდინარეებში (არხებში)			
მცურავი მინა- რეგები (ნივთი- ერებები)	წყლის ზედაპირზე არ უნდა შეინიშნებოდეს ნავთობპროდუქტების, ზეთების და ცხიმების აფსკები, აგრეთვე სხვა მინარევები			
სუნი, გემო	წყალმა არ უნდა მიიღოს 1 ბალზე მეტი ინტენსიურობის სუნი და გემო რომელიც შეინიშნება		წყალმა არ უნდა მისცეს თევზის პროდუქტს უცხო სუნი და გემო	
	უშუალოდ, შემდგომი კლორირების ან სხვაგვარი დამუშავების შემდეგ	უშუალოდ		
შეფერილობა	არ უნდა შეინიშნებოდეს წყლის სვეტში:		წყალმა არ უნდა მიიღოს უცხო ფერი	
	20 სმ	10 სმ		
ტემპერატურა	წყლის ზაფხულის ტემპერატურამ ჩამდინარე წყლების ჩაშვების შემდეგ არ უნდა მოიმატოს 3°C მეტად ბოლო 10 წლის განმავლობაში ყველაზე ცხელი თვის წყლის საშუალოთვიურ ტემპერატურასთან შედარებით წყლის ტემპერატურამ არ უნდა მოიმატოს 5°C მეტად წყალსატევის ბუნებრივ ტემპერატურასთან შედარებით		წყლის ტემპერატურამ არ უნდა მოიმატოს 5° C მეტად წყალსატევის ბუნებრივ ტემპერატურასთან შედარებით. ამასთან ერთად წყლის ობიექტებში, სადაც ბინადრობენ ცივი წყლის მოყვარული თევზები (ორავულისებრნი და სივასებრნი), მაქსიმალური დასაშვები ტემპერატურაა: 20°C ზაფხულში და 5°C ზამთარში, ხოლო დანარჩენ წყლის ობიექტებში 28°C ზაფხულში და 8°C ზამთარში	
რეაქცია (pH)	არ უნდა სცილდებოდეს ზღვარს 6,5 – 8,5			
წყლის მინერალიზაცია	არა უმეტეს 1000 მგ/ლ, მათ შორის: კლორიდები 350 მგ/ლ, სულფატები 500 მგ/ლ	ნორმირება ხდება ზემოთმოყვანილ მაჩვენებლის „გემოს“ მიხედვით	ნორმირება ხდება თევზსამეურნეო წყლის ობიექტების ტაკსაციების შესაბამისად	
წყალში გახსნი- ლი ჟანგბადი	წყლის ნებისმიერ პერიოდში დღის 12 საათამდე აღებულ სინჯში არ უნდა იყოს ნაკლები:			
	4 მგ/ლ	4 მგ/ლ	6 მგ/ლ	6 მგ/ლ
ჟანგბადის ბიოქიმიური მოთხოვნილება (ეპმ სრული)	20° C ტემპერატურისას არ უნდა აღემატებოდეს:			
	3 მგO ₂ /ლ	6 მგO ₂ /ლ	3 მგO ₂ /ლ	6 მგO ₂ /ლ
ჟანგბადის ქიმი- ური მოთხო- ვნილება (ეკმ)	არ უნდა აღემატებოდეს:			
	15 მგO ₂ /ლ	30 მგO ₂ /ლ	—	—



აღნიშნული მაჩვენებლებიდან განვიხილოთ წყლის ხარისხის ორი მნიშვნელოვანი მაჩვენებელი: ჟანგბადის ქიმიური მოთხოვნილება და ჟანგბადის ბიოქიმიური მოთხოვნილება.

ფაქტია, რომ ზედაპირულ წყლებში ხვდება მრავალი ორგანული და არაორგანული ნივთიერება, რომელთა ცალკეული კონცენტრაციის განსაზღვრა ძალიან რთულია. აღნიშნულის გამო, შემოღებულია წყლის ხარისხის მაჩვენებლები - ჟანგბადის ქიმიური მოთხოვნილება და ჟანგბადის ბიოქიმიური მოთხოვნილება, რომელთა დადგენა ლაბორატორიულ პირობებში არ წარმოადგენს განსაკუთრებულ სირთულეს.

წყალში არსებული ორგანული ნივთიერებები განიცდიან დაჟანგვას წყალში გახნილი ჟანგბადის გამოყენებით. ანუ სხვა სიტყვებით რომ ვთქვათ - ორგანული ნაერთები შედიან რეაქციაში წყალში გახსნილ ჟანგბადთან. შედეგად თუკი წყალში არის ორგანული ნაერთები - ადგილი აქვს ჟანგბადის მოთხოვნილებას, რასაც ჟანგბადის ქიმიური მოთხოვნილება ეწოდება. თუკი ჩვენ განვსაზღვრავთ წყალში ჟანგბადის ქიმიური მოთხოვნილებას, მიღებული მონაცემით შეგვიძლია ვიმსჯელოთ წყალში ორგანული ნაერთების შემცველობაზე.

ჟანგბადის ქიმიური მოთხოვნილება (ქქმ) გვიჩვენებს ჟანგბადის რაოდენობას მგ-ში, რომელიც იხარჯება წყალში არსებული ორგანული ნაერთების დაჟანგვის პროცესში. საზომი ერთეულია მგ O_2 /ლ.

ამრიგად, ჟანგბადის ქიმიური მოთხოვნილება (ქქმ) წარმოადგენს წყლის ხარისხის პარამეტრს, რომელიც წარმოადგენს ორგანული ნივთიერებების კონცენტრაციის მაჩვენებელს წყალში.



წყალში არსებული მიკროორგანიზმები თავიანთ საკვებად იყენებენ წყალში მოხვედრილ ორგანულ ნაერთებს, შედეგად ისინი იზრდებიან და მრავლდებიან. ეს მიკროორგანიზმები ცხოველმოქმედებისათვის ასევე იყენებენ წყალში არსებულ ჟანგბადს. შესაბამისად, თუკი ჩვენ განვსაზღვრავთ გარკვეული დროის პერიოდის განმავლობაში გაზრდილი და გამრავლებული მიკრობების მიერ მოხმარებულ ჟანგბადს, შეგვიძლია ვიმსჯელოთ წყალში ორგანული ნივთიერებების რაოდენობაზე.

ჟანგბადის ბიოქიმიური მოთხოვნილება (ქბმ) გვიჩვენებს ჟანგბადის რაოდენობას მგ-ში, რომელიც მოიხმარება ბიოლოგიური ორგანიზმების მიერ წყალში არსებული ორგანული ნაერთების შეთვისების პროცესში. საზომი ერთეულია მგ O_2 /ლ.

ამრიგად, წყალში ჟანგბადის მოთხოვნილება განპირობებულია, ერთი მხრივ, ორგანული ნაერთების ქიმიურ გარდაქმნით (ამ შემთხვევაში - დაჟანგვით) და, მეორეს მხრივ, ორგანული ნაერთების მოხმარების შედეგად გაზრდილი და გამრავლებული მიკროორგანიზმების სუნთქვისა და ცხოველმოქმედების პროცესით.

რაც უფრო მაღალია ქქმ და ქბმ, მით უფრო დაბალია წყლის ხარისხი.



ზედაპირული მტკნარი წყლის დაცვის მიზნით იქმნება წყალდაცვითი ზოლები. წყალდაცვით ზოლებს მიეკუთვნება მდინარეების, ტბების, წყალსაცავების სანაპირო ზოლები.

მდინარის წყალდაცვითი ზოლი. მდინარის წყალდაცვით ზოლად მიჩნეულია მისი მიმდებარე ტერიტორია, რომელშიც მყარდება სპეციალური რეჟიმი წყლის რესურსების გაბინძურების, დანაგვიანების, მოლამვისა და დაშრეტისაგან დასაცავად.

წყალდაცვით ზოლში შეიძლება შეტანილ იქნეს მდინარის მშრალი კალაპოტი, მისი მიმდებარე ტერასები, შემადგენელი და ციცაბოფერდობიანი ბუნებრივი ნაპირები, აგრეთვე ხევები, რომლებიც უშუალოდ ემიჯნება მდინარის ნაპირებს.

მცირე მდინარეები აღმოჩნდნენ ყველაზე მგრძნობიარენი ანთროპოგენური ზემოქმედების მიმართ. ისინი მდინარეთა ეკოსისტემის ძირითად რგოლს წარმოადგენენ. ამიტომ მცირე მდინარეების დაცვა, მათი წყალუხვობისა და სისუფთავის აღდგენა - სერიოზულ ეკოლოგიურ პრობლემას წარმოადგენს.

საქართველოს მცირე მდინარეების კატეგორიას განეკუთვნებიან მდინარეები, რომელთა სიგრძე სათავედან შესართავამდე არ აღემატება 75 კმ-ს.

წყალდაცვითი ზოლის საზღვრების დადგენის მცირე მდინარეთა წყლის რესურსების სისუფთავის შესანარჩუნებლად, მათი დაბინძურებისაგან დასაცავად, გამოიყოფა მცირე მდინარეთა წყალდაცვითი ზოლები (ზონები).

მდინარის წყალდაცვითი ზოლის სიგანე აითვლება მდინარის კალაპოტის კიდიდან ორივე მხარეს მეტრებში შემდეგი წესით:

- ა) 25 კილომეტრამდე სიგრძის მდინარისათვის - 10 მეტრი;
- ბ) 50 კილომეტრამდე სიგრძის მდინარისათვის - 20 მეტრი;
- გ) 75 კილომეტრამდე სიგრძის მდინარისათვის - 30 მეტრი;
- დ) 75 კილომეტრზე მეტი სიგრძის მდინარისათვის - 50 მეტრი.

ამ ზოლის ფარგლებში აკრძალულია:

ა) მშენებლობა ან მოქმედი საწარმოების გაფართოება და რეკონსტრუქცია, გარდა კანონით პირდაპირ დადგენილი შემთხვევებისა;

ბ) საჭაერო დაფრქვევის გზით მრავალწლოვანი ნარგავების, ნათესი კულტურებისა და ტყის სავარგულების შეწამვლა შხამქიმიკატებით;

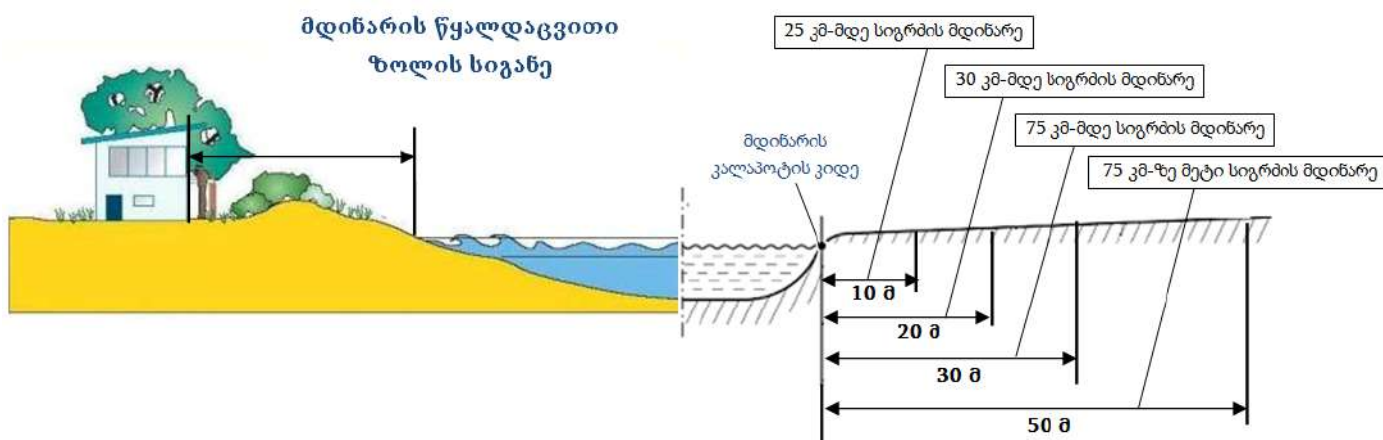
გ) შხამქიმიკატებისა და მინერალური სასუქების, აგრეთვე სხვადასხვაგვარი საყოფაცხოვრებო, სამეურნეო და სამრეწველო ნარჩენების შენახვა-დაგროვება, დასაწყობება ან დამარხვა.

წყალდაცვით ზოლში განლაგებული ჰიდროტექნიკური ნაგებობანი, როგორც წესი, უნდა აღიჭურვონ სათანადო ტექნიკური საშუალებებით, რათა მთლიანად გამოირიცხოს მდინარის გაბინძურებისა და დანაგვიანების შესაძლებლობა.

**მცირე მდინარეთა ნაპირებზე წყალდაცვითი ზოლის (ზონის)
ფარგლებში მოქმედი აკრძალვები**

მცირე მდინარეთა ნაპირებზე წყალდაცვითი ზოლის (ზონის) ფარგლებში აკრძალულია:

- ა) საწარმოო, სატრანსპორტო, სამშენებლო, კომუნალური და სხვა სამეურნეო ობიექტების, შენობების, ნაგებობების (გარდა წყალამღები, წყალმარეგულირებელი, ჰიდროტექნიკური და ჰიდრომეტრიული ობიექტებისა) მშენებლობა;
- ბ) მრავალწლიანი ნარგავების, ნათესი კულტურებისა და ტყის სავარგულების პესტიციდებით შეწამვლა ავიაშესხურების გზით;
- გ) პესტიციდებისა და მინერალური სასუქების, აგრეთვე სხვადასხვა სახის საყოფაცხოვრებო, სამეურნეო და სამრეწველო ნარჩენების შენახვა-დაგროვება, დასაწყობება ან დამარხვა;
- დ) ქიმიური და ბიოლოგიური პრეპარატების გამოყენება თევზსამეურნეო წყალსატევებისათვის დადგენილი ნორმების გადამეტებით;
- ე) ტყისა და სხვა ხე-მცენარეების მოჭრა, გარდა განსაკუთრებული შემთხვევებისა (დაავადება, გახმობა), კანონმდებლობით დადგენილი წესით;
- ვ) აფეთქებითი სამუშაოების წარმოება მდინარის კალაპოტში, გარდა საქართველოს კანონმდებლობით დადგენილი შემთხვევებისა;
- ზ) ინერტული მასალებისა და სხვა წიაღისეულის მოპოვება, გარდა საქართველოს კანონმდებლობით დადგენილი შემთხვევებისა.



სურათი 2.12. მდინარის წყალდაცვითი ზოლები

**მცირე მდინარეების წყალდაცვით ზოლში (ზონაში)
მოქმედი სპეციალური მოთხოვნები**

1. მცირე მდინარეების წყალდაცვით ზოლში (ზონაში) განლაგებული ჰიდროტექნიკური ნაგებობანი, როგორც წესი, აღიჭურვილი უნდა იყოს სათანადო ტექნიკური საშუალებებით, რათა მთლიანად გამოირიცხოს მდინარის დაბინძურებისა და დანაგვიანების შესაძლებლობა აღნიშნული ნაგებობებიდან.
2. ქალაქებში, დაბებსა და სოფლის ტიპის დასახლებულ პუნქტებში მცირე მდინარეთა წყალდაცვითი ზოლი (ზონა) უნდა მოეწყოს გენერალური გეგმების შესაბამისად, რომლებშიც გადაწყვეტილია გარემოს დაცვის ყველა საინჟინრო, სანიტარული და ჰიგიენური საკითხი.



კითხვები თვითშემოწმებისათვის:

1. აღწერეთ წყლის გამაჭუჭყიანებელი ნივთიერებები, დაახასიათეთ წყლის ქიმიური დაბინძურება.
2. რას უწოდებენ წყლის მექანიკურ დაბინძურებას.
3. ჩამოთვალეთ ზედაპირული და მიწისქვეშა წყლების გაჭუჭყიანების ძირითადი წყაროები.
4. რას წარმოადგენს წყლის მდგომარეობის ხარისხობრივი ნორმები.
5. ჩამოთვალეთ წყლის ხარისხის მაჩვენებლები.
6. რას გვიჩვენებს ჟანგბადის ქიმიური მოთხოვნილება (ჟქმ)
7. რას გვიჩვენებს ჟანგბადის ბიოქიმიური მოთხოვნილება (ჟბმ)
8. რას ეწოდება მდინარის წყალდაცვითი ზოლი?
9. როგორ აითვლება მდინარის წყალდაცვითი ზოლის სიგანე?
10. რა საქმიანობებია აკრძალული მდინარის წყალდაცვით ზოლში?
11. რას უდრის მდინარის წყალდაცვითი ზოლის სიგანე 75 კილომეტრზე მეტი სიგრძის მდინარისათვის?
12. რას უწოდებენ მცირე მდინარეებს? რისი ტოლია მათი წყალდაცვითი ზოლის სიგანე?
13. ჩამოთვალეთ მცირე მდინარეთა ნაპირებზე წყალდაცვითი ზოლის (ზონის) ფარგლებში მოქმედი აკრძალვები.
14. აღწერეთ მცირე მდინარეების წყალდაცვით ზოლში (ზონაში) მოქმედი სპეციალური მოთხოვნები.



2.4. ქიმიური ნივთიერებების უსაფრთხო მართვის საფუძვლები

2.4.1. ნივთიერებათა საშიშროების მაჩვენებლები

გამაჭუჭყიანებელი ნივთიერებები ადამიანის ორგანიზმზე ზემოქმედების ხარისხის მიხედვით დაყოფილია საშიშროების კლასებად. აღნიშნული დაყოფა მოქმედებდა სსრკ-ის არსებობის დროს და ამჟამად გამოიყენება რუსეთის გარემოსდაცვით კანონმდებლობაში. საქართველოში, ამჟამად მოქმედი ძველი კანონმდებლობის მიხედვით ეს მაჩვენებლები ჯერ-ჯერობით ისევ გამოიყენება.

ნივთიერებების საშიშროების მაჩვენებლად გამოდის (წარმოჩინდება) მისი გრძელვადიანი (რეზორბიული) ზემოქმედება, სხვანაირად, ადამიანის ორგანიზმში დაგროვების შესაძლებლობა, რომლის მიხედვით ისინი დაყოფილია 4 კლასად.

I კლასი: განსაკუთრებით საშიში ნივთიერებები ($\text{ზდკ} < 0,1 \text{ მგ/მ}^3$);

II კლასი: ძლიერ საშიში ნივთიერებები ($\text{ზდკ} = 0,1-1,0 \text{ მგ/მ}^3$);

III კლასი: ზომიერად საშიში ნივთიერებები ($\text{ზდკ} = 1,0-10,0 \text{ მგ/მ}^3$);

IV კლასი: მცირედ საშიში ნივთიერებები ($\text{ზდკ} > 10 \text{ მგ/მ}^3$).

მაგალითად, განსაკუთრებული საშიში ნივთიერებებია (I კლასი): ვერცხლისწყალი, დიეთილვერცხლისწყალი, ტეტრაეთილტყვია, ბენზ(ა)პირენი, ლინდანი, 2,3,7,8-დიოქსინი, დიქლორეთილენი, გალიუმის, ტეტრაეთილკალა, ტრიქლორ-ბიფენილი.

ძლიერ საშიში ნივთიერებები (II კლასი): ალუმინი, ბარიუმი, ბორი, კადმიუმი, მოლიბდენი, დარიშხანი, ნიტრატები, ტყვია, სელენი, სტრონციუმი, ციანიდები.

ზომიერად საშიში და მცირედ საშიში ნივთიერებებია (III და IV ჯგუფის ტოქსიკური ნივთიერებები): ამონიუმი, ნიკელი, ნიტრატები, ქრომი, სპილენძი, მანგანუმი, თუთია, ფენოლები, ნავთობპროდუქტები, ფოსფატები.

იმ ნივთიერებებს, რომელთა ტოქსიკურობა ვლინდება მცირე კონცენტრაციების (დოზების) დროს სუპერეკოტოქსიკანტებს წოდებენ.

სუპერეკოტოქსიკანტებს განეკუთვნებიან ორგანული ნაერთები - დიოქსინები და პოლიქლორირებული ბიფენილები, რომლებიც ჩვენს მიერ შემდგომში იქნება განხილული.

სხვადასხვა ბუნებრივი და ხელოვნური ქიმიური ნივთიერებები ფართოდ გამოიყენება მრეწველობაში, სოფლის მეურნეობასა და ყოფა-ცხოვრებაში. გარემოს დაცვის ისტორია იცნობს წარმოებასა და სამეურნეო საქმიანობაში გამოყენებული საშიში ქიმიური ნივთიერებების გარემოში მოხვედრის უამრავ ფაქტს. შესაბამისად, გარემოსდაცვითი საქმიანობა აუცილებლად უკავშირდება ქიმიური ნივთიერებების უსაფრთხო მართვას.

გარემოს დაცვის სფეროში მოქმედებს მთელი რიგი შეზღუდვები სხვადასხვა საშიშ ნივთიერებებთან დაკავშირებით. ამ კუთხით ჩვენ განვიხილოთ მდგრადი ორგანული დამაბინძურებლები.



წყალის დამაჭუჭყიანებელი ნივთიერებების ჩამონათვალი
საშიშროების კლასის ჩვენებით

ნივთიერება	ზდკ, მგ/ლ	საშიშროების კლასი	ნივთიერება	ზდკ, მგ/ლ	საშიშროების კლასი
აკრილამიდი	0,01	2	კადმიუმი	0,001	2
ალუმინი	0,5	2	კობალტი	1,0	2
ანილინი	0,1	2	მ- და პ- კრეზოლი	0,004	2
აცეტონციანჰიდინი	0,001	2	ლითიუმი	0,003	2
ბარიუმი	0,1	2	ნიტრატები	10,0	2
ბენზოლი	0,5	2	ვერცხლისწყალი	0,0005	1
ბენზ(ა)პირენი	0,000005	1	პირიდინი	0,2	2
ბერილიუმი	0,0002	1	ტყვია	0,03	2
ბორი	0,5	2	სტრონციუმი	7,0	2
ბრომი	0,2	2	სტიბიუმი	0,05	2
ბისმუტი	0,1	2	თალიუმი	0,0001	1
ვოლფრამი	0,05	2	ტეტრაქლორბენზოლი	0,02	1
დიეთილვერცხლისწყალი	0,0001	1	ტეტრაქლორეთილენი	0,02	2
დდტ	0,1	2	დიქლორეთილენი	0,0006	1
დიმეთილამინი	0,1	2	ფტორი	1,5	2
დიმეთილდიოქსანი	0,005	2	ქლოროფორმი	0,06	2

მდგრადი ორგანული დამაბინძურებლები წარმოადგენენ ნაერთებს, რომლებიც გამოირჩევიან გარემოში მაღალი მდგრადობით, ხასიათდებიან ბიოსფეროში (ნიადაგში, წყალში) დაგროვების უნარით, კარგად გადაიტანებიან კვებით ჯაჭვებში და მაღალი კონცენტრაციებით გროვდებიან კვებითი ჯაჭვის უმაღლესი წარმომადგენლის ორგანიზმში (ადამიანში). ისინი ცოცხალ ორგანიზმზე ძლიერი ტოქსიკური ზემოქმედებით ხასიათდებიან.

გარემოსდაცვით საქმიანობაში მდგრადი ორგანული დამაბინძურებლებში აერთიანებენ 12 სახის ნაერთებს, რომელთა შორისაა პესტიციდები, სამრეწველო ქიმიკატები და „დიოქსინები“. წლების განმავლობაში აღნიშნულ ნაერთების გამოყენება და გარემოში მოხვედრა მრავალი წლების განმავლობაში უკონტროლოდ ხდებოდა. მათი უარყოფითი მოქმედების შედეგად მსოფლიო დადგა აუცილებლობის წინაშე - მათი შეზღუდვის, აკრძალვისა და უსაფრთხო მართვის მხრივ.

ამჟამად მდგრადი ორგანული დამაბინძურებლები აკრძალულია და ექვემდებარებიან სპეციფიკურ მართვას საერთაშორისო მასშტაბით, რაც სტოკჰოლმის კონვენციის მიხედვით რეგულირდება. აღნიშნული კონვენცია მიზნად ისახავს ნარჩენების სახით არსებული მოდ-ების (მდგრადი ორგანული დამაბინძურებლების) განადგურება-ლიკვიდაციას და გამოყენებაში არსებული მოდ-ების მაქსიმალურად შეზღუდვას, საბოლოოდ მათ ხმარებიდან ამოღებას. ასევე მოდ-ების, როგორც თანაპროდუქტების გარემოში გამოყოფის შემცირებას და საბოლოოდ მის შეწყვეტას. ამ კონვენციის ხელმოწერით მრავალმა ქვეყანამ აიღო საერთაშორისო იურიდიული ვალდებულება მოდ-ების აკრძალვისა და რეგულირების მხრივ. საქართველო სტოკჰოლმის კონვენციას 2001 წელს მიუერთდა. სტოკჰოლმის კონვენციით რეგულირებული პესტიციდები და სამრეწველო ქიმიკატები შედის საქართველოში აკრძალული და შეზღუდული საშიში ქიმიური ნივთიერებების ჩამონათვალში და აგრეთვე შეზღუდულად ბრუნვადი მასალების სიაში. საქართველოს კანონმდებლობა ითვალისწინებს ნებართვებს შეზღუდულად ბრუნვადი მასალების წარმოების, გამოყენების, იმპორტ-ექსპორტის, რეექსპორტისა და ტრანზიტისთვის.



ცხრილი 2.9

სტოკჰოლმის კონვენციით რეგულირებადი ნივთიერებები და რეგულირების ზომები

ნივთიერების დასახელება	საერთაშორისო სარეგისტრაციო კოდი	ნივთიერების დანიშნულება	კონვენციის მოთხოვნა მხარე ქვეყნებისადმი	
			წარმოება და გამოყენება	იმპორტ-ექსპორტი
ენდრინი	72-20-8	პესტიციდი	წარმოების, იმპორტ-ექსპორტის და გამოყენების სრული აკრძალვა / აღკვეთა	იმპორტ-ექსპორტი დაიშვება მხოლოდ ეკოლოგიურად მისაღები მეთოდით განთავსებისთვის ან დაშვებული და რეგისტრირებული გამონაკლისების ფარგლებში გამოყენებისთვის
ტოქსაფენი	8001-35-2	პესტიციდი		
ალდრინი	309-00-2	პესტიციდი		
დიელდრინი	60-57-1	პესტიციდი		
ჰეპტაქლორი	76-44-8	პესტიციდი		
ქლორდანი	57-74-9	პესტიციდი		
მირექსი	2385-85-5	პესტიციდი		
დდტ	50-29-3	პესტიციდი		
ჰექსაქლორ-ბენზოლი	118-74-1	პესტიციდი, სამრეწველო ქიმიკატი	წარმოება, იმპორტი და გამოყენება მხოლოდ კონვენციით დადგენილი მიზნებისთვის და მხოლოდ კონვენციის სამდივნოში რეგისტრაციის საფუძველზე; გაუმიზნავი ემისიების მინიმიზაცია	
პოლიქლორირებული ბიფენილები (PCB)	-	სამრეწველო (ზეთებში)	წარმოების სრული შეწყვეტა; PCB-შემცველი მოწყობილობის ხმარებიდან ამოღება 2025 წლამდე, ასეთი მოწყობილობის იმპორტ-ექსპორტის შეწყვეტა, არსებული მოწყობილობიდან ნივთიერების მოგროვება და განადგურება 2028 წლამდე, შემთხვევითი ემისიების/დაღვრების მინიმიზაცია	
პოლიქლორირებული დიბენზო-პ-დიოქსინები (PCDD)		არ გააჩნია (წვის თანაპროდუქტია)	შემთხვევითი გაფრქვევების მინიმიზაცია	
პოლიქლორირებული დიბენზოფურანები (PCDF)		არ გააჩნია (წვის თანაპროდუქტია)		

წყარო: საქართველოს ქიმიური პროფილი, 2009



განვიხილოთ მდგრადი ორგანული დამაბინძურებლების წარმომადგენლები:

პესტიციდები (სიტყვა “პესტი” ნიშნავს მავნებელს, “ციდი” – განადგურებას) წარმოადგენენ ქიმიურ და ბიოლოგიურ პრეპარატებს, რომლებიც გამოიყენება მავნებლების, მცენარეთა დაავადებების, სარეველა მცენარეების, შესანახი სასოფლო-სამეურნეო პროდუქციის მავნებლების, საყოფაცხოვრებო მავნებლების და ცხოველთა გარე პარაზიტების საწინააღმდეგოდ.

პესტიციდები გარემოს ყველაზე გავრცელებული გამაჭუჭყიანებლებია. პესტიციდების უაღრესად ფართო გამოყენება გარემოში მათი დიდი მასშტაბებით გავრცელებას იწვევს. სხვადასხვა პესტიციდებით გაჭუჭყიანებულია სასოფლო-სამეურნეო სავარგულების უზარმაზარი ტერიტორიები, გრუნტის წყლები, წყალსატევები და ა.შ.

პესტიციდებს განეკუთვნება 1000-ზე მეტი ნაერთი, რომლებიც სხვადასხვა ქიმიურ კლასებს განეკუთვნებიან. მდგრად ორგანულ დამაბინძურებლებს განეკუთვნება რვა ქლორორგანული პესტიციდი: ალდრინი, ქლორდანი, დდტ, დილდრინი, ენდრინი, ჰეპტაქლორი, მირექსი, თოქსაფენი.

ქლორორგანული პესტიციდები ძირითადად წარმოადგენენ მყარ ნივთიერებებს, გააჩნიათ მაღალი თერმომდგრადობა, ცუდად იხსნებიან წყალში და კარგად იხსნებიან სხვადასხვა ორგანულ გამხსნელებსა და ცხიმებში. ქლორორგანული პესტიციდები ფიზიკური, ქიმიური და მიკრობიოლოგიური ფაქტორების მოქმედებით ძალიან ნელა იშლებიან, აქვთ თვისება დაგროვდნენ ნიადაგში, მცენარეში და ა.შ., გადაადგილდებიან ე.წ. კვებით ჯაჭვში და კონცენტრირდებიან ცოცხალ ორგანიზმში ე.ი. მათ ახასიათებთ კუმულაციური ტოქსიკური ეფექტი - გროვდებიან ცოცხალ ქსოვილში და უარყოფითად მოქმედებენ ადამიანის ნერვულ და გულ-სისხლძარღვთა სისტემაზე.

აღნიშნული შედეგების გამო, თანამედროვე მსოფლიოში მათი გამოყენება აკრძალული ან ძლიერ შეზღუდულია.

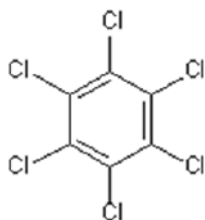
გარდა ზემოთ აღწერილი 8 ქლორორგანული პესტიციდისა, სტოკჰოლმის კონვენციის მიხედვით მოდებს განეკუთვნება შემდეგი ნაერთები:

ორი სამრეწველო ქიმიკატი:

1. ჰექსაქლორბენზოლი;
2. პოლიქლორირებული ბიფენილები.

სამრეწველო თანაური პროდუქტების ორი ჯგუფი:

3. დიოქსინები;
4. ფურანები.



ჰექსაქლორბენზოლი

ჰექსაქლორბენზოლი გამოიყენება ორგანული გამხსნელების, პესტიციდების, ქიმიური სინთეზის კომპონენტების სახით. როგორც წესი, ამ ნივთიერების ზემოქმედებას ადამიანები განიცდიან საწარმოო პირობებში, მაგრამ უკანასკნელ ხანებში მათი მაღალი რაოდენობები აღმოაჩინეს გარემოს სხვადასხვა კომპონენტებშიც: ჰაერში, ნიადაგში, წყალსა და საკვებ პროდუქტებში. ქლორირებული ბენზოლები გროვდებიან ცხოველისა და ადამიანი ორგანიზმში, იწვევენ სხვადასხვა სახის ტოქსიკურ ეფექტებს.

პოლიქლორირებული ბიფენილები (პკბ) სინთეზური ქლორშემცველი ნაერთებია. ისინი ფართოდ გამოიყენებოდა ელექტრომოწყობილობათა გამაცივებელი სითხეების (ძირითადად ტრანსფორმატორებისა და გამაძლიერებლების), საღებარებისა და პესტიციდების, ტურბინების შესაზეთი მასალების, ტექსტილის, ქაღალდის, ფლუოროსცენცული ნათურებისა და სატელევიზიო მიმღებების



შემავსებლების სახით. პეპ ასეთი ფართო გამოყენება განპირობებული იყო მათი მაღალი თერმომდგრადობით, ქიმიური სტაბილურობითა და დიალექტრიკული თვისებებით.

დიოქსინები და ფურანები ჩვენს მიერ განხილული იქნება საერთო ზოგადი სახელწოდებით “დიოქსინები”. დიოქსინები გარემოში მდგრადი ნაერთებია. დედამიწაზე არ არსებობს ბაქტერია, რომელიც ახდენდეს მათ ეფექტურად დაშლას.

დიოქსინთათვის არ არსებობს ისეთი ნორმა, როგორიცაა ზღვრულად დასაშვები კონცენტრაცია (ზდკ), რადგან ისინი ტოქსიკურნი არიან ნებისმიერი კონცენტრაციისას. დიოქსინთა ორგანიზმზე მოქმედება ტოქსიკური ეფექტების ძალზე ფართო სპექტრით ხასიათდება.

დიოქსინების წარმოქმნის მნიშვნელოვანი ანთროპოგენური ფაქტორებია:

1. წვა და წვის წყაროები - მყარი საყოფაცხოვრებო ნარჩენების, ჩამდინარე წყლის დანაწდომების, საშიში ნარჩენებისა და სამედიცინო ნარჩენების წვა, მეტალურგიული მრეწველობა - ფოლადის მაღალტემპერატურული დნობა, ღუმელებში ჯართის აღდგენისა და დნობის პროცესები, ცემენტის ღუმელები, ნახშირის, შემის, ნავთობპროდუქტების (მათ შორის საავტომობილო ბენზინისა და დიზელის) და გამოყენებული საბურავების წვა. დიოქსინების წარმოქმნის “უმნიშვნელო წყაროდ” სახელდება სიგარეტის კვამლი, კრემატორიუმები, ვულკანები და ტყის ხანძრები;
2. ქიმიური მრეწველობა - ძირითადად ისეთი ქიმიკატების წარმოება, როგორიცაა ფენოლები და ბენზოლი, პერბიციდები, ქლორირებული ორგანული ნივთიერებები;
3. ცელულოზა-ქაღალდის წარმოება - ცელულოზის ქლორით გამოთეთრება;
4. გარემოში წლობით დაგროვებულ ნარჩენებში არსებული დიოქსინები.

დიოქსინთა წარმოქმნის მნიშვნელოვან წყაროდ სახელდება შესაბამისი გაწმენდის გარეშე მომუშავე ნავავსაწვავი ქარხნები და სამედიცინო ნარჩენების წვა.

დიოქსინები ასევე შესაძლებელია წარმოიქმნას გარემოში სხვადასხვა სახის ქლორშემცველი პესტიციდების ფოტოქიმიური გარდაქმნის შედეგად. აღნიშნულის გამო, ქლორშემცველი ორგანული პესტიციდების გამოყენება ძლიერ შეზღუდული ან აკრძალულია.

დიოქსინები ადამიანის ორგანიზმში ძირითადად ხვდება საკვებთან ერთად და ნაკლებად ჰაერთან და წყალთან ერთად. ისინი გადაადგილდებიან კვებით ჯაჭვში და ყველაზე დიდი რაოდენობით ამ კვებით ჯაჭვის უმაღლეს წარმომადგენელს - ადამიანის ორგანიზმში გროვდებიან. დიოქსინების 90% ადამიანის ორგანიზმში ცხოველური საკვებიდან ხვდება. მათ ყველაზე მეტად შეიცავს ცხიმოვანი პროდუქტები: თევზი, ხორცი, ყველი და კარაქი.

სტოკჰოლმის კონვენციის განხორციელების ეროვნული გეგმის პროექტით საქართველოში კონვენციის შესასრულებლად სამი პრიორიტეტული მიმართულება არის გამოვლენილი:

- ყოფილ საბჭოთა საწყობებში დაგროვილი ვადაგასული პესტიციდების მოგროვება, გაუვნებელყოფა ან გარემოსთვის უსაფრთხოდ განთავსება;
- ძველი ელექტროტრანსფორმატორებიდან პოლიქლორირებული ბიფენილების შემცველი ზეთების მოგროვება და გაუვნებელყოფა;
- ნარჩენების წვის შედეგად გარემოში დიოქსიდებისა და ფურანების მოხვედრის აღკვეთა.



2.4.2. საშიში ქიმიური ნივთიერებების ნიშანდებისა და ეტიკეტირების წესები

საშიში ქიმიური ნივთიერებების ეტიკეტირებისა და ნიშანდების მიზანია მათი უსაფრთხო გამოყენების უზრუნველყოფა.

აღნიშნული მიზნის მიღწევისათვის პირველად ღონისძიებას წარმოადგენს კონტაქტში მყოფი პირებისა და მომხმარებლის ინფორმირება ჯანმრთელობასა და გარემოზე ამ ნივთიერებების მავნე ზემოქმედების შესახებ.

საქართველოში მოქმედებს „საშიში ქიმიური ნივთიერებების ნიშანდებისა და ეტიკეტირების ტექნიკური რეგლამენტი“ (საქართველოს მთავრობის დადგენილება, №428, 31.12.2013).

საშიში ქიმიური ნივთიერებები წარმოადგენენ ნივთიერებები და პრეპარატები, რომლებიც მავნე ზემოქმედებას ახდენენ ადამიანის ჯანმრთელობასა და გარემოზე.

საშიში ქიმიური ნივთიერებების კლასიფიცირებულია ქვემოთ ჩამოთვლილი თვისებების მიხედვით და გამოსახება აბრევიატურით, რომელსაც თან ახლავს შესაბამისი რისკის ფრაზა ან ფრაზები:

- | | |
|---------------------------------|--|
| ა) ფეთქებადი: E | ი) კოროზიული: C |
| ბ) დამჟანგავი: O | კ) გამაღიზიანებელი: Xi |
| გ) განსაკუთრებულად აალებადი: F+ | ლ) მასენსიბილიზებული: R42 და/ან R43 |
| დ) მაღალაალებადი: F | მ) კანცეროგენული: Carc. Cat. |
| ე) აალებადი: R10 | ნ) მუტაგენური: Muta. Cat. |
| ვ) ძლიერტოქსიკური: T+ | ო) ტოქსიკური რეპროდუქციისათვის: Repr. Cat. |
| ზ) ტოქსიკური: T | პ) საშიში გარემოსათვის: N ან/და R52, R53, R59. |
| თ) მავნე: Xn | |

ფეთქებადი ნივთიერებები და პრეპარატები მყარ, თხევად, პასტისმაგვარ ან ლაბისებრ მდგომარეობაში, რომლებიც იწვევენ ეგზოთერმულ რეაქციას ატმოსფერული ჟანგბადის გარეშე და სწრაფად გამოყოფენ გაზებს, დეტონირებენ, ადვილად აალებიან ან ფეთქდებიან ნაწილობრივ დახშულ პირობებში გახურებით;

დამჟანგავი ნივთიერებები და პრეპარატები, რომლებიც იწვევენ ძლიერ ეგზოთერმულ რეაქციას სხვა აალებად ნივთიერებებთან შეხებისას;

უკიდურესად აალებადი ნივთიერებები და პრეპარატები, რომლებსაც აქვთ დაბალი აალების და დუღილის წერტილები, აალებიან ჰაერთან შეხებისას ოთახის ტემპერატურასა და ნორმალურ ატმოსფერულ წნევაზე;

ძლიერ აალებადი ნივთიერებები და პრეპარატები:

- ნივთიერებები და პრეპარატები, რომლებიც ცხელდებიან და აალებიან ჰაერთან შეხებისას ოთახის ტემპერატურაზე, ენერგიის სხვა წყაროების არარსებობისას;
- მყარი ნივთიერებები და პრეპარატები, რომლებიც აალებიან სითბოს წყაროსთან ხანმოკლე შეხებისას და განაგრძობენ წვას ამ წყაროს მოცილების შემდეგაც;
- თხევადი ნივთიერებები და პრეპარატები, რომლებსაც აქვთ დაბალი აალების წერტილი;
- ნივთიერებები და პრეპარატები, რომლებიც წყალთან ან ნესტიან ჰაერთან შეხებისას გამოყოფენ ადვილდაალებად აირებს საშიში ოდენობით;

კოროზიული ნივთიერებები და პრეპარატები, რომლებიც აზიანებენ და ჟანგავენ როგორც ლითონის ზედაპირს, ასევე ცოცხალ ქსოვილს.

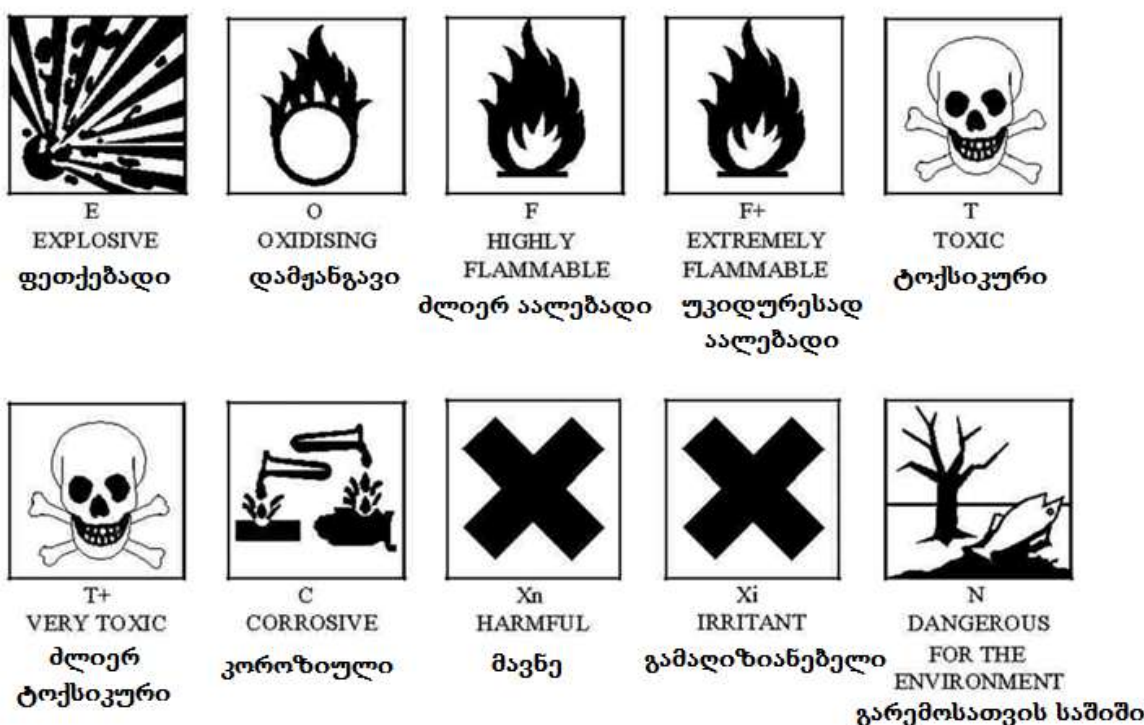


მაგნე და ტოქსიკური ნივთიერებები და პრეპარატები, რომლებიც ორგანიზმში მცირე ოდენობით მოხვედრისას იწვევენ სიკვდილს, მწვავე ან ქრონიკულ მოწამვლას;

გამაღიზიანებელი ნივთიერებები და პრეპარატები, რომლებიც ორგანიზმში მოხვედრისას იწვევენ ფიზიკურ გაღიზიანებასა და ანთებით პროცესს; ასევე ალერგიული ნივთიერებები და პრეპარატები, რომლებიც ორგანიზმში მოხვედრისას იწვევენ ზემოქმედებლობას (ალერგიულ რეაქციას);

ძლიერ ტოქსიკური ნივთიერებები: კანცეროგენული ნივთიერებები და პრეპარატები, რომლებიც ორგანიზმში მოხვედრისას იწვევენ ან ხელს უწყობენ სიმსივნური დაავადების განვითარებას; უტაგენური ნივთიერებები და პრეპარატები, რომლებიც ორგანიზმში მოხვედრისას იწვევენ ან ხელს უწყობენ გენეტიკური სისტემის და სხვა ეფექტები.

საშიშროების კლასიფიკაციის კატეგორიები გამოისახება დასურათებული სიმბოლოებით, რისკის R-ფრაზებით და უსაფრთხოების S-ფრაზებით. გამოიყენება შემდეგი დასურათებული სიმბოლოები:



სურათი 2.14. საშიშროების კლასიფიკაციის კატეგორიები დასურათებული სიმბოლოებით, რისკის R-ფრაზებით და უსაფრთხოების S-ფრაზებით

რისკის R-ფრაზები წარმოადგენს ინფორმაციას ნივთიერების სპეციფიკური რისკის შესახებ. გამოისახება R-ით და მის შემდგომი ციფრების სერიით. იხილეთ ცხრილი 2.10. თუ ნივთიერება კლასიფიცირდა, როგორც აალებადი, მასენსიბილიზირებელი და საშიში გარემოსათვის, გამოიყენება მხოლოდ რისკის ფრაზა.

უსაფრთხოების S-ფრაზები წარმოადგენს რეკომენდაციას უსაფრთხოების ღონისძიებების შესახებ. გამოისახება S-ით და მის შემდგომი ციფრების სერიით. იხილეთ ცხრილი 2.11.



რისკის R -ფრაზები

R1	ფეთქებადი ან მშრალ მდგომარეობაში;	R34	იწვევს დამწვრობას;
R2	დარტყმა, ხახუნი, სროლა ან აალების სხვა წყაროები წარმოქმნიან აფეთქების რისკს;	R35	იწვევს მძიმე დამწვრობას;
R3	დარტყმა, ხახუნი, სროლა ან აალების სხვა წყაროები წარმოქმნიან აფეთქების განსაკუთრებულ რისკს;	R36	იწვევს თვალების გაღიზიანებას;
R4	წარმოქმნის მეტად მგრძნობიარე ფეთქებად მეტალურ ნაერთებს;	R37	იწვევს სასუნთქი გზების გაღიზიანებას;
R5	ფეთქებადი გათბობისას;	R38	იწვევს კანის გაღიზიანებას;
R6	ფეთქებადი ჰაერთან შეხებისას ან შეხების გარეშე;	R39	ძალიან სერიოზული შეუქცევადი ეფექტების საშიშროება;
R7	შეიძლება გამოიწვიოს ხანძარი;	R40	მონაცემები კანცეროგენული ეფექტის შესახებ შეზღუდულია;
R8	შეიძლება გამოიწვიოს ხანძარი საწვავ მასალასთან შეხებისას;	R41	თვალების დაზიანების სერიოზული რისკი;
R9	ფეთქებადი საწვავთან შერევისას;	R42	ჩასუნთქვისას შეიძლება გამოიწვიოს სენსიბილიზაცია;
R10	აალებადი;	R43	კანზე მოხვედრისას შეიძლება გამოიწვიოს სენსიბილიზაცია;
R11	ძლიერ აალებადი;	R44	დახურულ სივრცეში გახურებისას წარმოიქმნება აფეთქების რისკი;
R12	უკიდურესად აალებადი;	R45	იწვევს კიბოს განვითარებას;
R13	გაუქმებულია	R46	შეიძლება გამოიწვიოს მემკვიდრეობითი გენეტიკური დაზიანება;
R14	აგრესიულად რეაგირებს წყალთან;	R47	ხანგრძლივი ზემოქმედებისას ჯანმრთელობის სერიოზული დაზიანების საშიშროებაა;
R15	წყალთან შეხებისას გამოიყოფა განსაკუთრებით აალებადი აირები;	R49	ჩასუნთქვისას შესაძლებელია კიბოს განვითარება;
R16	ფეთქებადი დამჟანგავებთან შერევისას;	R50	ძლიერ ტოქსიკურია წყლის ორგანიზმებისათვის;
R17	ჰაერში სპონტანურად აალებადი;	R51	ტოქსიკურია წყლის ორგანიზმებისათვის;
R18	გამოყენებისას შეიძლება წარმოიქმნას ჰაერისა და ორთქლის აალებადი/ფეთქებადი ნარევი;	R52	მავენა წყლის ორგანიზმებისათვის;
R19	შეიძლება წარმოიქმნას ფეთქებადი ზეჟანგები;	R53	შეიძლება გამოიწვიოს მავნე შორეული შედეგები;
R20	საშიშა ჩასუნთქვისას;	R54	ტოქსიკურია მცენარეებისათვის;
R21	საშიშა კანზე მოხვედრისას;	R55	ტოქსიკურია ცხოველებისათვის;
R22	საშიშა გადაყლაპვისას;	R56	ტოქსიკურია ნიადაგის ორგანიზმებისათვის;
R23	ტოქსიკურია ჩასუნთქვისას;	R57	ტოქსიკურია ფუტკრებისათვის;
R24	ტოქსიკურია კანზე მოხვედრისას;	R58	შეიძლება გამოიწვიოს გარემოში შორეული უარყოფითი ეფექტები;
R25	ტოქსიკურია გადაყლაპვისას;	R59	საშიშა ოზონის შრისათვის;
R26	ტოქსიკურია ჩასუნთქვისას;	R60	აზიანებს განაყოფიერების ფუნქციას;
R27	ძლიერ ტოქსიკურია კანზე მოხვედრისას;	R61	შეიძლება გამოიწვიოს ემბრიოტოქსიკური ეფექტი;
R28	ძლიერ ტოქსიკურია კუჭ-ნაწლავის ტრაქტში მოხვედრისას;	R62	განაყოფიერების ფუნქციის დაზიანების რისკი;
R29	წყალთან შეხებისას გამოიყოფა ტოქსიკური აირები;	R63	ემბრიოტოქსიკური ეფექტის წარმოქმნის შესაძლო რისკი;
R30	გამოყენებისას შეიძლება გახდეს ძლიერ აალებადი;	R64	შეიძლება დააზიანოს ძუძუმწოვარი ბავშვი;
R31	მჟავებთან შეხებისას გამოიყოფა ტოქსიკური აირები;	R65	საშიშა: შეიძლება გამოიწვიოს ფილტვების დაზიანება;
R32	მჟავებთან შეხებისას გამოიყოფა ძლიერ ტოქსიკური აირები;	R66	შეიძლება გამოიწვიოს კანის სიმშრალე და დასკდომა;
R33	კუმულაციური ეფექტის საშიშროება;	R67	ორთქლმა შეიძლება გამოიწვიოს თავბრუ და ძილიანობა;
		R68	შეუქცევადი ეფექტების განვითარების შესაძლო რისკი;



უსაფრთხოების S-ფრაზები

S ₁	შეინახეთ ჩაკეტილ სათავსში;	S ₃₄	გაუქმებულია
S ₂	შეინახეთ ზეშვებვისაგან მიუწვდომელ ადგილზე;	S ₃₅	ეს მასალა და მისი კონტეინერი უნდა განთავსდეს უსაფრთხოდ;
S ₃	შეინახეთ გრილ ადგილზე;	S ₃₆	ჩაიცვით შესატყვისი დამცავი ტანსაცმელი;
S ₄	შეინახეთ შორს დასახლებული ადგილიდან;	S ₃₇	იხმარეთ შესატყვისი დამცავი ხელთათმანები;
S ₅	შეინახეთ ნივთიერება სითხის (სითხის სახეს განსაზღვრავს ნივთიერების დამამზადებელი). ქვეშ;	S ₃₈	არასაკმარისი ვენტilaციისას იხმარეთ შესატყვისი სასუნთქი მოწყობილობა;
S ₆	შეინახეთ ნივთიერება აირის (აირის სახეს განსაზღვრავს ნივთიერების დამამზადებელი). ქვეშ;	S ₃₉	იხმარეთ თვალების/ სახის დამცავი საშუალებები;
S ₇	შეინახეთ ნივთიერება ჰერმეტიკულ ტარაში;	S ₄₀	დაბინძურებული სათავსი (იატაკი და ყველა ობიექტი) უნდა დასუფთავდეს (დასუფთავების საშუალებას განსაზღვრავს ნივთიერების დამამზადებელი);
S ₈	შეინახეთ ტარა მშრალად;	S ₄₁	აფეთქების ან ხანძრის შემთხვევაში არ შეისუნთქოთ ორთქლი;
S ₉	შეინახეთ ტარა კარგად განიავეზად ადგილზე;	S ₄₂	ნივთიერების გამოფრქვევის შემთხვევაში იხმარეთ შესატყვისი სასუნთქი მოწყობილობა (სასუნთქ მოწყობილობას განსაზღვრავს დამამზადებელი);
S ₁₂	არ შეინახოთ ტარა დალუქული;	S ₄₃	ხანძრის შემთხვევაში გამოიყენეთ ----- (მიუთითეთ ხანძარსაწინააღმდეგო მოწყობილობის ტიპი. თუ წყალი ზრდის რისკს, არ დაუმატოთ. არასოდეს არ გამოიყენოთ წყალი;
S ₁₃	შეინახეთ შორს საკვები პროდუქტების, სპირტიანი სასმელებისა და ცხოველების საკვებისაგან;	S ₄₄	გაუქმებულია
S ₁₄	შეინახეთ შორს მასალებისაგან (შეუთავსებელ მასალებს განსაზღვრავს ნივთიერების დამამზადებელი);	S ₄₅	უბედური შემთხვევის დროს, ან თუ თქვენ თავს ცუდად იგრძნობთ, სასწრაფოდ მიმართეთ ექიმს (აჩვენეთ ეტიკეტი);
S ₁₅	შეინახეთ შორს სითბოსაგან;	S ₄₆	ჩაყლაპვისას, მიმართეთ ექიმს და დაუყოვნებლივ აჩვენეთ ტარა და ეტიკეტი;
S ₁₆	შეინახეთ შორს აალების წყაროებისაგან. თამბაქოს მოწევა აკრძალულია;	S ₄₇	დაიცავით ტემპერატურული რეჟიმი, რომელიც არ აღემატება ... °C (ტემპერატურას განსაზღვრავს დამამზადებელი);
S ₁₇	შეინახეთ შორს საწვავი მასალებისაგან;	S ₄₈	შეინახეთ სველ მგომარეობაში ----- (შესაბამის მასალას განსაზღვრავს დამამზადებელი);
S ₁₈	ტარა აიღეთ და გახსენით ფრთხილად;	S ₄₉	შეინახეთ მხოლოდ პირველად ტარაში;
S ₁₉	გაუქმებულია	S ₅₀	ნუ შეურევთ (განსაზღვრავს დამამზადებელი);
S ₂₀	გამოყენებისას აკრძალულია საკვების და სასმელის მიღება;	S ₅₁	გამოიყენება მხოლოდ კარგად განიავეზულ სათავსში;
S ₂₁	გამოყენებისას აკრძალულია თამბაქოს მოწევა;	S ₅₂	არ არის რეკომენდებული შენობის შიგნით დიდ ფართობზე გამოყენება;
S ₂₂	არ შეისუნთქოთ მტვერი;	S ₅₃	მოერიდეთ ზემოქმედებას. გამოყენების წინ გაეცანით სპეციალურ ინსტრუქციას. (გამოიყენება კანცეროგენული, მუტაგენური და რეპროდუქციისათვის ტოქსიკური ნივთიერებებისა და პრეპარატებისათვის);
S ₂₃	არ შეისუნთქოთ აირი/ორთქლი/შხეფები (შესატყვის ფორმულირებას განსაზღვრავს ნივთიერების დამამზადებელი);	S ₅₄	გაუქმებულია
S ₂₄	დაიცავით კანი;	S ₅₅	გაუქმებულია
S ₂₅	დაიცავით თვალები;	S ₅₆	განათავსეთ ეს მასალა და მისი ტარა საშიში ქიმიური ნივთიერებების ან ნარჩენების შეგროვების პუნქტებში;
S ₂₆	თვალებში მოხვედრისას, ჩამოირეცხეთ დიდი რაოდენობა წყლით და მიმართეთ ექიმს;	S ₅₇	გარემოს დაბინძურების თავიდან ასაცილებლად გამოიყენება შესაბამისი ტარა;
S ₂₇	სასწრაფოდ მოიშორეთ დაბინძურებული ტანსაცმელი;	S ₅₈	გაუქმებულია
S ₂₈	კანზე მოხვედრისას ჩამოირეცხეთ დიდი რაოდენობა (განსაზღვრავს ნივთიერების დამამზადებელი);	S ₅₉	აღდგენისა და ხელახალი გადამუშავების შესახებ ინფორმაციის მისაღებად მიმართეთ დამამზადებელს/მომწოდებელს;
S ₂₉	ტარას ბოლომდე ნუ დაცლით;	S ₆₀	ეს ნივთიერება და მისი ტარა უნდა განთავსდეს, როგორც საშიში ნარჩენები;
S ₃₀	არ დაამატოთ წყალი;	S ₆₁	ნივთიერება არ უნდა მოხვდეს გარემოში. ისარგებლეთ საინფორმაციო ფურცლის მონაცემებით უსაფრთხოების შესახებ;
S ₃₁	გაუქმებულია	S ₆₂	კუჭ-ნაწლავის ტრაქტში მოხვედრისას სასწრაფოდ მიმართეთ ექიმს და აჩვენეთ ტარა ან ეტიკეტი
S ₃₂	გაუქმებულია	S ₆₃	ჩასუნთქვისას, დაზარალებული სასწრაფოდ გამოიყენეთ სუფთა ჰაერზე და ამყოფეთ მოსვენებულ მდგომარეობაში;
S ₃₃	გადმოტვირთვისას მიიღეთ წინასწარი გამაფრთხილებელი ზომები;	S ₆₄	ჩაყლაპვისას, საჭიროა პირში წყლის გამოვლება (მხოლოდ იმ შემთხვევაში, თუ პიროვნებას გრძნობა არა აქვს დაკარგული);



აქვე შევნიშნავთ, რომ ევროკავშირის ქვეყნებში 2015 წლიდან შემოვიდა ახალი აღნიშვნები, რომელმაც ჩაანაცვლა ძველი აღნიშვნები. ახალი აღნიშვნები მოცემულია წითელი რომბის პიქტოგრამებით.

ფეთქებადი	აალებადი/უკიდურესად აალებადი	დამჟანგველი	შეჭირხნილი აირი	ტოქსიკური/ ძლიერ ტოქსიკური
E 	F F+ 	O 		T T+
კოროზიული	ტოქსიკური და მავნე ორგანოებისათვის	მავნე	საზიფათო გარემოსათვის	
C Xi 	Xn T / T+ 	Xi / Xn 	N 	

სურათი 2.15. საშიშროების კლასიფიკაციები და მათი შესაბამისობა
ევროკავშირის ქვეყნებში 2015 წლიდან მოქმედ აღნიშვნებთან



კითხვები თვითშემოწმებისათვის:

1. აღწერეთ მდგრადი ორგანული დამაბინძურებლები
2. რას წარმოადგენენ სუპერეკოტოქსიკანტები?
3. რა ზღვრებშია ზდკ განსაკუთრებით საშიში ნივთიერებებისათვის?
4. რა ზღვრებშია ზდკ ძლიერ საშიში ნივთიერებებისათვის?
5. რას წარმოადგენენ პესტიციდები?
6. ჩამოთვალეთ დიოქსინების წარმოქმნის ანთროპოგენური ფაქტორები.
7. რას აღნიშნავს რისკის ფრაზები?
8. რას აღნიშნავს უსაფრთხოების ფრაზები?



2.5. მაიონებული გამოსხივება და რადიაციული უსაფრთხოება

2.5.1. რადიოაქტივობა და მაიონებული გამოსხივება

გავიხსენოთ, რომ **ატომი** შედგება ატომბირთვისაგან და მის ირგვლივ მოძრავი ელექტრონებისაგან. ატომბირთვი დადებითადაა დამუხტული და შედგება პროტონებისა (p) და ნეიტრონებისაგან (n).

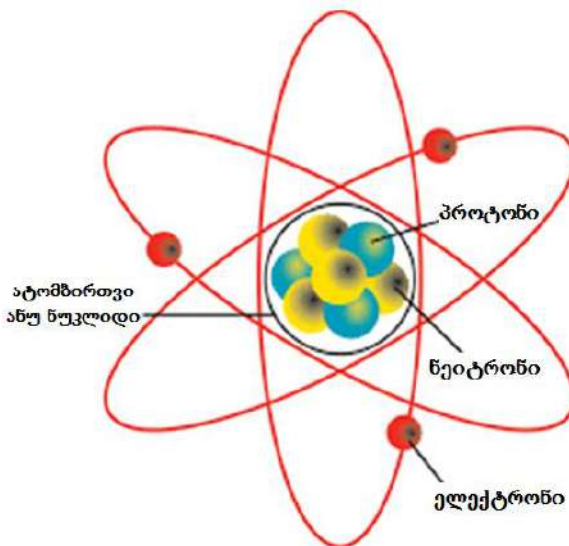
პროტონი (${}^1p^+$) - ნაწილაკი, რომლის მუხტის სიდიდეა +1, ხოლო მასა უდრის 1.

ნეიტრონი (${}^1n^0$) - ნეიტრალური ნაწილაკი, რომლის მასა აგრეთვე 1-ის ტოლია.

ელექტრონი (e) - უარყოფითად დამუხტული ნაწილაკი, მისი მუხტის სიდიდეა -1.

მიჩნეულია, რომ ელექტრონის მასა ნულის ტოლია, ამიტომ მასთან შედარებით პროტონისა და ნეიტრონის მასები ერთის ტოლად მიიჩნეის. აღნიშნულის გამო, ატომის მასური რიცხვი შეადგენს პროტონებისა და ნეიტრონების ჯამს.

ატომში პროტონების რიცხვი ემთხვევა ატომბირთვის მუხტის სიდიდეს და წარმოადგენს ელემენტის რიგობრივ ნომერს (Z). ამიტომ, ელემენტის ფარდობითი ატომური მასა - $A = Z + N$. (N-ნეიტრონების რიცხვია). ქიმიურ ელემენტთა პერიოდული სისტემის მიხედვით, როცა ცნობილია ქიმიური ელემენტის ატომის რიგობრივი ნომერი და მასა, იოლად ვგებულობთ მასში ნეიტრონების რაოდენობას.



ელემენტთა პერიოდული სისტემა

(გრძელპერიოდული ვარიანტი)

1	2
H HYDROGEN 1	He HELIUM 4
3 Li LITHIUM 7	4 Be BERYLLIUM 9
11 Na SODIUM 23	12 Mg MAGNESIUM 24

6

რიგობრივი ნომერი=პროტონების რაოდ.=ატომბირთვის მუხტი

C

ქიმიური სიმბოლო

CARBON

ელემენტის დასახელება

12

ატომური მასა = (პროტონ.+ნეიტრონ.)

არალითონები

5	6	7	8	9	10
B BORON 11	C CARBON 12	N NITROGEN 14	O OXYGEN 16	F FLUORINE 19	Ne NEON 20
13	14	15	16	17	18
Al ALUMINUM 27	Si SILICON 28	P PHOSPHORUS 31	S SULFUR 32	Cl CHLORINE 35	Ar ARGON 40

ლითონები

19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
K POTASSIUM 39	Ca CALCIUM 40	Sc SCANDIUM 45	Ti TITANIUM 48	V VANADIUM 51	Cr CHROMIUM 52	Mn MANGANESE 55	Fe IRON 56	Co COBALT 59	Ni NICKEL 59	Cu COPPER 64	Zn ZINC 65
37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48
Rb RUBIDIUM 85	Sr STRONTIUM 88	Y YTTRIUM 89	Zr ZIRCONIUM 91	Nb NIOBIUM 93	Mo MOLYBDENUM 96	Tc TECHNETIUM 98	Ru RHODIUM 101	Rh RHODIUM 103	Pd PALLADIUM 106	Ag SILVER 108	Cd CADMIUM 112
55	56		72	73	74	75	76	77	78	79	80
Cs CESIUM 133	Ba BARIUM 137		Hf HAFNIUM 181	Ta TANTALUM 181	W TUNGSTEN 184	Re RHENIUM 186	Os OSMIUM 190	Ir IRIDIUM 192	Pt PLATINUM 195	Au GOLD 197	Hg MERCURY 201
87	88		104	105	106	107	108	109	110	111	112
Fr FRANCIUM 223	Ra RADIUM 226		Rf RUFORMIUM 261	Db DUBNIUM 268	Sg SEABORGIUM 271	Bh BOHRHIUM 272	Hs HASSIUM 277	Mt MEITNERIUM 276	Ds DUBNIUM 281	Rg ROSGOLDIUM 280	Uub UNUBIUM 285

31	32	33	34	35	36
Ga GALLIUM 70	Ge GERMANIUM 73	As ARSENIC 75	Se SELENIUM 79	Br BROMINE 80	Kr KRYPTON 84
49	50	51	52	53	54
In INDIUM 115	Sn STANNUM 119	Sb ANTIMONY 122	Te TELLURUM 128	I IODINE 127	Xe XEON 131
81	82	83	84	85	86
Tl THALLIUM 204	Pb LEAD 209	Bi BISMUTH 209	Po POLONIUM 209	At ASTATINE 210	Rn RADON 222
113	114	115	116	117	118
Uut UNUTRIUM 284	Uuq UNQUADIUM 289	Uup UNPENTIUM 288	Uuh UNHEXADIUM 291	Uus UNSEPTIUM 294	Uuo UNOCTADIUM 294

57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71
La LANTHANUM 139	Ce CELIUM 140	Pr PRASEODYMIUM 141	Nd NEODYMIUM 144	Pm PROMETHIUM 145	Sm SAMARIUM 150	Eu EUROPIUM 152	Gd GADOLINIUM 157	Tb TERBIUM 159	Dy DYSPROSIUM 163	Ho HOLMIUM 165	Er ERBIUM 167	Tm TERMIUM 169	Yb YTERBIUM 173	Lu LUTETIUM 175

89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100	101	102	103
Ac ACTINIUM 227	Th THORIUM 232	Pa PROTACTINIUM 231	U URANIUM 238	Np NEPTUNIUM 237	Pu PLUTONIUM 244	Am AMERICIUM 243	Cm CURSIUM 247	Bk BERKELEIUM 247	Cf CALIFORNIUM 251	Es EINSTEINIUM 252	Fm FERMIUM 257	Md MENDELIUM 258	No NOBELIUM 259	Lr LAWRENCIUM 262

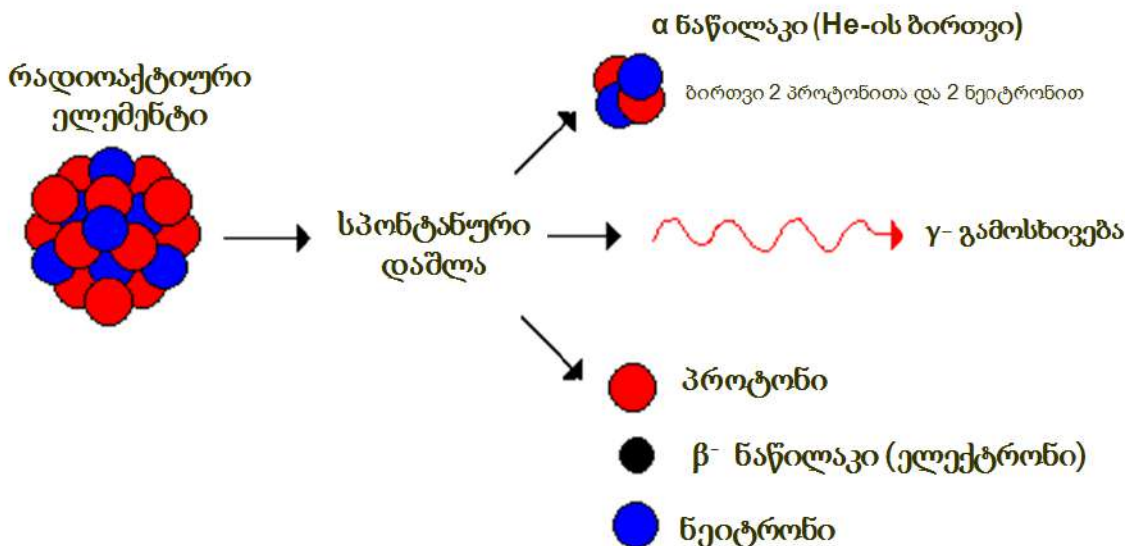
წვეულ. პირობებზე:

- მყარი
- თხევადი
- აირადი
- რადიოაქტიური
- ხელოვნური

სურათი 2.16. ელემენტთა პერიოდული სისტემა



რადიოაქტიურობა არის ქიმიური ელემენტების არასტაბილური ბირთვების თვითდაშლა, რომლის დროსაც ადგილი აქვს მაიონებელი გამოსხივების წარმოქმნას. აღნიშნულის გამო, ქიმიური ელემენტის არასტაბილურ ბირთვებს რადიონუკლიდებს უწოდებენ.



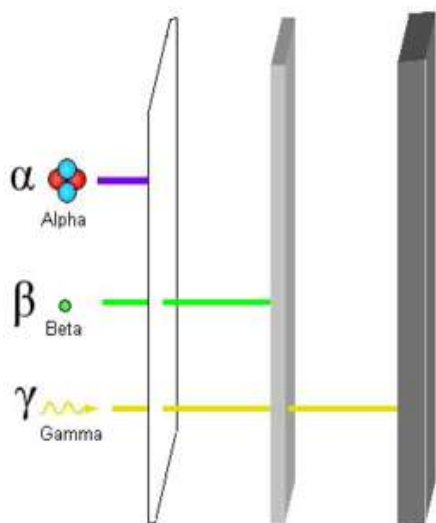
სურათი 2.17. რადიოაქტიური ატომბირვების დაშლა

რადიონუკლიდები განიცდიან ბირთვულ დაშლას (გარდაქმნას) ერთი ან რამოდენიმე მიმდევრობითი დაშლით, რომლებსაც თან ახლავს მაიონებელი გამოსხივება და საბოლოოდ გარდაიქმნებიან სტაბილურ ნუკლიდებად ე. ი. ისეთ ბირთვებად, რომლებიც არ განიცდიან თვითდაშლას.

მაიონებელია გამოსხივება, რომლის ზემოქმედებაც ამა თუ იმ გარემოზე იწვევს მასში სხვადასხვა ნიშნის ელექტრული მუხტების წარმოქმნას ანუ მაიონებელი ეწოდება გამოსხივებას, რომელიც გარემოში გავლისას იწვევს მის იონიზაციას. მაიონებელი რადიაციას განეკუთვნება α და β -ნაწილაკების, γ -ქვანტებისა და ნეიტ-

მაიონებელი გამოსხივება

გამოსხივება, რომელიც მიიღება ბირთვული გარდაქმნებისას ან ნივთიერებაში დამუხტული ნაწილაკების დამუხრუჭებისას და რომლის ზემოქმედების შედეგად ფიზიკურ ან ბიოლოგიურ სხეულში წარმოიქმნება სხვადასხვა ნიშნის იონები.



ქაღალდი ალუმინი ტყვია
სურათი 2.18

რონების ნაკადის გამოსხივება. ულტრაიისფერი და სინათლის სპექტრის ხილული ნაწილი მაიონებელ გამოსხივებას არ მიეკუთვნება.

α -გამოსხივება წარმოადგენს მძიმე ნაწილაკების ნაკადს (შედგება ორი პროტონისა და ორი ნეიტრონისაგან ანუ წარმოადგენს ჰელიუმის ბირთვს - ${}^4\text{He}^{2+}$). α -გამოსხივება აღიძვრება ბირთვული გარდაქმნების დროს. მას

α -ნაწილაკებს შეღწევადობის მცირე უნარი გააჩნიათ, ჰაერში მათი განარბენი არ აღემატება 11სმ-ს, მათ ქაღალდის ფურცელიც კი აჩერებს და პრაქტიკულად ვერ აღწევს კანის გარე შრეში. ადამიანის ქსოვილში კი მათი განარბენი მიკრონებს შეადგენს, ამიტომ α -ნაწილაკები ძირითადად აღწევს კანის ზედაპირული ფენის სიღრმეში.



α - ნაწილაკები გარეგანი დასხივებისას საშიში არაა, მაგრამ თუ რადიოაქტიური ნივთიერება, რომელიც გამოასხივებს α - ნაწილაკებს, მოხვდება ადამიანის ორგანიზმში ღია ჭრილობიდან, საკვებთან ან ჩასუნთქულ ჰაერთან ერთად, მაშინ α - გამოსხივება ძლიერ საშიშია. ადამიანის ჯანმრთელობისათვის საშიშვანია, როცა α -გამოსხივების წყაროს წარმოადგენს დაბინძურებული საკვები, ჰაერი ან წყალი, რის შედეგადაც დასხივებას განიცდის შინაგანი ორგანოები. ასევე საშიშვანია მისი მოქმედება თვალის კანსა და ლორწოვან გარსზე.

β -გამოსხივება. არსებობს ორი სახის β -გამოსხივება: β^- გამოსხივება (ელექტრონული) და β^+ -გამოსხივება (პოზიტრონული). ელექტრონული და პოზიტრონული გამოსხივება ხასიათდება დიდი შეღწევუნარიანობით. იგი ადამიანის სხეულის ქსოვილებში 1-2 სმ სიღრმეზე აღწევს.

β -ნაწილაკების მაიონებული თვისება უფრო ნაკლებია, ვიდრე α -ნაწილაკებისა. ყველაზე მაღალენერგეტიკულ β -ნაწილაკებს შეუძლიათ გააღწიონ 5მმ-მდე სისქის ალუმინის ფენაში. ჰაერში ისინი დაუბრკოლებლად გადიან რამდენიმე მეტრს, წყალში - 1-2 სმ, ადამიანის სხეულში - 2 სმ-მდე. ადამიანის ჯანმრთელობისათვის ასევე საშიშვანია, როცა β -გამოსხივების წყაროს წარმოადგენს რადიონუკლიდების დაბინძურებული საკვები, ჰაერი ან წყალი, რის შედეგადაც ზიანდება კუჭ-ნაწლავისა და ფილტვების ქსოვილები.

γ - გამოსხივება მაღალი შემღწევუნარიანობით ხასიათდება. γ - გამოსხივება 20-ჯერ უფრო საშიშია ცოცხალი ორგანიზმისათვის, ვიდრე გამოსხივების სხვა სახეები. γ - სხივები ვრცელდება სინათლის გავრცელების სიჩქარით და ისინი შეიძლება შეაჩეროს ტყვიის ან ბეტონის სქელმა ფენამ. პრაქტიკაში ნივთიერების რადიოაქტიურობის შეფასება γ - გამოსხივებით ხდება.

γ -გამოსხივებას ახასიათებს მაღალი შეღწევადობის უნარი, რომელიც ფართო ზღვრებში იცვლება. γ -ქვანტები ღრმად აღწევს ადამიანის სხეულში, გამოსხივების ენერგიის გაზრდის შემთხვევაში კი შეიძლება გაიაროს მასში. γ -გამოსხივებისაგან დასაცავად იყენებენ ბეტონის ან სხვა მსგავსი მასალის სქელ ფენას, ტყვიის ფენას და სხვ.

2.5.2. გავრცელებული რადიონუკლიდების თვისებები

რადიონუკლიდების უმეტესობა ძალიან ნელა იშლება, ამდენად ისინი დიდი ხნის განმავლობაში შეინარჩუნებს რადიოაქტიურობას. დროის ხანგრძლივობას, რომლის განმავლობაშიც იშლება მოცემული რადიოაქტიური ელემენტის ბირთვების ნახევარი ეწოდება **ნახევარდაშლის პერიოდი** - $T_{1/2}$. დღესდღეობით ცნობილი რადიონუკლიდები ხასიათდებიან ნახევარდაშლის პერიოდით, რომელიც იცვლება 10^{-7} წმ-დან 10^{10} წლამდე.

განვიხილოთ გავრცელებული რადიონუკლიდები:

ცეზიუმი-137 (ნახევარდაშლის პერიოდი 30 წელი) და **ცეზიუმი-134** (ნახევარდაშლის პერიოდი 2 წელი), რომელთა ხშირად “რადიოცეზიუმს” უწოდებენ. ახდენს β - და γ -გამოსხივებას.

მათი ქიმიური თვისებები მსგავსია კალიუმის თვისებებისა, ამიტომ აქვთ უნარი ჩაანაცვლონ კალიუმი ცოცხალი ორგანიზმის ყველა უჯრედში, განსაკუთრებით მუსკულურ მასაში (ნახევარგამოყოფის ბიოლოგიური პერიოდი დაახლოებით 2 თვე).

იოდი-131 (ნახევარდაშლის პერიოდი 8 დღე-ღამე), ხშირად უწოდებენ “რადიოიოდს”. ახდენს β - და γ -გამოსხივებას. ეს იზოტოპი უწყვეტად გამოიყოფა და იშლება ატომური რეაქტორის მუშაობისას. რადიოიოდი კარგად შეიწოვება ცხოველური ორგანიზმების მიერ, ნაწილობრივ გადადის რძეში და შეუძლიათ დაგროვდნენ ფარისებრ ჯირკვალში.



კალიუმი-40 (ნახევარდაშლის პერიოდი 1,3 მლრდ წელი), ახდენს β - და γ -გამოსხივებას. ბუნებაში გვხვდება ბუნებრივი სახით და სტაბილური კალიუმის ადგილას ჩაენაცვლება ყველა მცენარესა და ცოცხალ ორგანიზმში.

ნახშირბადი-14 (ნახევარდაშლის პერიოდი 5 500 წელი), გამოსხივების ძირითადი სახე β -გამოსხივება. წარმოადგენს ბუნებრივ რადიოაქტიურ იზოტოპს და მონაწილეობს ცხოველმოქმედების პროცესებში ისევე, როგორც სტაბილური იზოტოპები - ^{12}C და ^{13}C .

სტრონციუმი-90 (ნახევარდაშლის პერიოდი 29 წელი). ახდენს β -ნაწილაკების გამოსხივებას. იგი არის რადიოაქტიური ნარჩენების დაშლის ერთ-ერთი პროდუქტი. ბირთვული გამოცდის დროს ატმოსფეროში გამოიყოფა სტრონციუმი-90-ის მნიშვნელოვანი რაოდენობა. წარმოადგენს ლითონს, რომელიც ქიმიური თვისებებით კალციუმის მსგავსია, ამიტომ რძის საშუალებით სტრონციუმი-90 ეფექტურად აღწევს ძვლოვან ქსოვილებში. ^{90}Sr და ^{137}Cs , როგორც წესი, კონცენტრირდებიან ნიადაგის ზედა ფენაში 5სმ სისქეზე (70-80%) და მათი გადაყვანა ღრმა დახვნით შეიძლება უფრო ღრმა ფენებში (25-30სმ), სადამდეც არ მიდის მცენარეთა ფესვთა სისტემა.

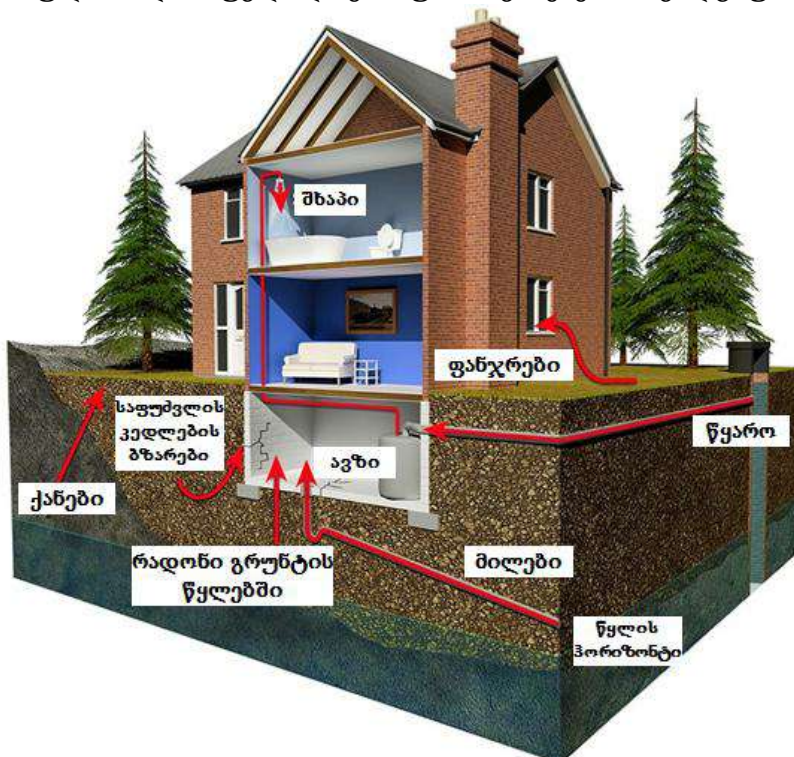
კრიპტონი-85 (ნახევარდაშლის პერიოდი 10 წელი), არის β - და γ -გამოსხივების წყარო. არის მძიმე კეთილშობილი აირი. იგი შედის “გაცივებადი” სათბობის ელემენტის შემადგენლობაში. როცა ასეთ ელემენტებს ხსნიან გადამუშავების მიზნით, კრიპტონი-85 გამოიყოფა გარემოში და ზრდის რადიაციულ ფონს.

პლუტონიუმი-239 (ნახევარდაშლის პერიოდი 24 000 წელი), ახდენს β -ნაწილაკების გამოსხივებას. წარმოადგენს ქიმიურად ტოქიკურ ელემენტს. მისი დაშლის ნახევარპერიოდის დიდი ხანგრძლივობა ქმნის პლუტონიუმის რადიოაქტიური ნარჩენებთან დაკავშირებულ ეკოლოგიურ პრობლემებს.

რადიუმი-226 (ნახევარდაშლის პერიოდი 1 600 წელი), იგი არის α -, β - და γ -გამოსხივების წყარო, რომლის დროსაც წარმოიქმნება რადონი-222. აღნიშნული რადიონუკლიდი ქიმიური თვისებებით კალციუმისა და ბარიუმის ანალოგიურია, ამიტომ არსებობს ცოცხალ ორგანიზმებში ამ ელემენტების რადიუმი-226-ით ჩანაცვლების საშიშროება.

რადონი-222 (ნახევარდაშლის პერიოდი 3,8 დღე-ღამე), კეთილშობილი აირი, რომელიც წარმოქმნის γ -გამოსხივებას. ბუნებრივად უწყვეტად წარმოიქმნება ზოგიერთი მთის ქანებში. წარმოადგენს საშიშროებას შახტებსა და საცხოვრებელ ადგილებში, რომლებიც აშენებულია ურანულ გრუნტებზე ან რადიუმის შემცველი მასალისაგან.

ატმოსფეროში რადონი დედამიწის ქერქის დიფუზიური პროცესების შედეგად ხვდება. დედამიწის ქერქიდან რადონის გამოთავისუფლება ყველგან ხდება, მაგრამ ჰაერში მისი კონცენტრაცია დედამიწის სფეროს სხვადასხვა წერტილში განსხვავებულია. რადონისაგან დასხივების დოზის ძირითად ნაწილს ადამიანი ღებულობს დახურულ, გაუნიავებელ სათავსში ყოფნისას. ზომიერი კლიმატის ზონაში დახურული სათავსის ჰაერში რადონის კონცენ-



სურათი 2.20. რადონის შეღწევა შენობებში

რადონისაგან დასხივების დოზის ძირითად ნაწილს ადამიანი ღებულობს დახურულ, გაუნიავებელ სათავსში ყოფნისას. ზომიერი კლიმატის ზონაში დახურული სათავსის ჰაერში რადონის კონცენ-



ტრაცია საშუალოდ 8-ჯერ აღემატება გარეთა ჰაერში რადონის კონცენტრაციას.

თანამედროვე მონაცემების თანახმად, რადიაციის ბუნებრივი წყაროებიდან ყველაზე ძლიერია რადონი - უხილავი, მძიმე აირი (ჰაერზე 7,5-ჯერ მძიმე) სუნისა და გემოს გარეშე. რადონზე და მისი დაშლის პროდუქტებზე მოდის დასახივების წლიური ინდივიდუალური ეფექტური ექვივალენტური დოზის (3 4. ამ დოზის დიდ ნაწილს ადამიანი ღებულობს რადიონუკლიდებიდან, რომლებიც ორგანიზმში ხვდება ჩასუნთქულ ჰაერთან ერთად, განსაკუთრებით გაუნიავებელ სათავსში.

ბუნებაში რადონი გვხვდება ძირითადად ორი რადიოაქტიური იზოტოპის - რადონი- 222 (U-238-ის დაშლის პროდუქტი) და რადონი-220 (თორიუმი-232 რადიოაქტიური რიგის წევრი) სახით. რადონი-222 იზოტოპის აქტიურობა 20-ჯერ აღემატება რადონი-220 იზოტოპის რადიოაქტიურობას. საერთოდ, დასახივების დიდი ნაწილი მოდის რადონის დაშლის პროდუქტებზე და არა თვით რადონზე.

შეაღწევს რა რადონი სათავსში გრუნტიდან ფუნდამენტის ან იატაკის გავლით, ან სახლის კონსტრუქციაში გამოყენებული მასალებიდან გამონთავისუფლებისას, გროვდება იქ, რის შედეგადაც სათავსში შეიძლება გაჩნდეს რადიაციის საკმაოდ მაღალი დონე, განსაკუთრებით კი ისეთ სახლში, რომელიც დგას რადიონუკლიდების შედარებით მაღალი შემცველობის მქონე გრუნტზე ან თუ მის ასაშენებლად გამოყენებული იყო რადიოაქტიური ნუკლიდების მაღალი შემცველობის მქონე მასალები. დათბობის მიზნით სათავსის ჰერმეტიზება კიდევ უფრო ამძიმებს მდგომარეობას. ბოლო წლებში სულ უფრო ხშირად არეგისტრირებენ საცხოვრებელი სახლების ჰაერში რადონის მაღალ კონცენტრაციას.

საცხოვრებელ სათავსში რადონის შედარებით უმნიშვნელო შეღწევის წყაროა წყალი და ბუნებრივი აირი. ჩვეულებრივ, სასმელად გამოყენებულ წყალში რადონის კონცენტრაცია ძალიან დაბალია, მაგრამ ზოგიერთი წყაროს წყალი, განსაკუთრებით, ღრმა ჭის ან არტეზიული ჭაბურღილის წყალი, დიდი რაოდენობით რადონს შეიცავს. მაგალითად, დიდი რაოდენობით რადონი აღმოჩნდა ფინეთში და აშშ-ში არტეზიული ჭის წყალში. რადონი მიწის ქვეშ ბუნებრივი აირის შემადგენლობაშიც აღწევს. ამიტომ სათავსში, სადაც არის გაზის ქურა, გამათბობელი ღუმელი და ბუნებრივ აირზე მომუშავე სხვა მოწყობილობები, აუცილებელია ვენტილაციის მოწყობა. მნიშვნელოვნად იზრდება რადონის კონცენტრაცია ისეთი სათავსის ჰაერში, რომელიც ენერგიის ეკონომიის მიზნით არ ნიავედება.



2.5.3. სიდიდეები, რომელიც გამოიყენება რადიაციული კონტროლისათვის

ერთეულთა საერთაშორისო სისტემაში (SI) რადიოაქტიურობის ერთეულია ბეკერელი (ბკ), რომელიც გვიჩვენებს ერთ წამში დაშლილი ატომური ბირთვების რიცხვს. 1ბკ შეესაბამება წამში ერთ ბირთვულ გარდაქმნას და ნიშნავს, რომ ერთ წამში იშლება ერთი რადიოაქტიური ატომის ბირთვი და გამოყოფს გამოსხივებას.

რადიოაქტიური გამოსხივება მით უფრო მეტად აზიანებს ცოცხალ ორგანიზმს, რაც უფრო მეტ ენერგიას გადასცემს იგი ცოცხალ ქსოვილებს. ორგანიზმისათვის გადაცემულ ენერგიის რაოდენობას **დოზა** ეწოდება.

დასხივების შთანთქმული დოზა. დასხივების დოზას, რომელიც ორგანიზმს აზიანებს, პოულობენ შთანთქმული ენერგიის რაოდენობის გაზომვით. დასხივების შთანთქმული დოზა წარმოადგენს ნებისმიერი სახის გამოსხივების ენერგიას, რომელიც შთანთქმება 1კგ ნივთიერების მიერ. მისი განსაზღვრისათვის გამოიყენებენ სხვადასხვა ერთეულებს:

გრეი (გრ) (SI სისტემის ერთეული). 1გრ არის გამოსხივების შთანთქმული დოზა, რომლის დროსაც 1კგ მასის ნებისმიერ ნივთიერებაში გამოიყოფა 1 ჯ ენერგია ($1 \text{ გრ} = 1 \text{ ჯ/კგ}$).

ერთი და იგივე შთანთქმული დოზის შემთხვევაში γ -გამოსხივება გაცილებით საშიშია, ვიდრე β - ან α -გამოსხივება. აღნიშნულის გამო შემოღებულია ე.წ. ექვივალენტური დოზა.

მაიონებელი გამოსხივების ექვივალენტური დოზა გვიჩვენებს განსახილველი გამოსხივების ბიოლოგიურ ზემოქმედებას რენტგენის და γ -გამოსხივებასთან შედარებით. ამიტომ, γ -გამოსხივებისთვის k ტოლია ერთის, თბური ნეიტრონებისათვის $k = 3$.

ექვივალენტური (ექვივალენტური) წლიური დოზა

ადამიანის მიერ კალენდარული წლის განმავლობაში მიღებული გარეგანი დასხივების ექვივალენტური (ექვივალენტური) და მოსალოდნელი შინაგანი დასხივების ექვივალენტური (ექვივალენტური) დოზების ჯამი. შინაგანი დასხივება განპირობებულია ორგანიზმში ამავე წლის განმავლობაში მოხვედრილი რადიონუკლიდებით. წლიური ექვივალენტური დოზის ერთეულია ზივერტი (ზვ).

მაიონებელი გამოსხივების ექვივალენტური დოზა წარმოადგენს შთანთქმულ დოზას გრეებში, რომელიც გამრავლებულია გამოსხივების ხარისხის კოეფიციენტზე (k). SI სისტემაში გამოსხივების ექვივალენტური დოზის საზომი ერთეულია ზივერტი (ზვ) - $1 \text{ ზვ} = k \cdot 1 \text{ გრ}$.

ბუნებრივი რადიაციული ფონი. ანსხვავებენ ბუნებრივ და ხელოვნურ რადიოაქტიურობას. ბუნებრივი რადიოაქტიურობა გამოწვეულია ბუნებრივი რადიოაქტიური იზოტოპებით, რომლებიც ყოველთვის, ამა თუ იმ რაოდენობით არიან გარემოში.

დედამიწის მოსახლეობა დასხივების ძირითად ნაწილს ღებულობს რადიაციის ბუნებრივი წყაროებიდან. ბევრი მათგანი ისეთია, რომელთაგან თავის დაღწევა შეუძლებელია. დედამიწის არსებობის მთელი



ისტორიის მანძილზე კოსმოსიდან დედამიწამდე აღწევს გამოსხივების სხვადასხვა სახე, ხოლო დედამიწის ქერქში არსებული რადიოაქტიური ნივთიერებებიდან დამატებით იქმნება რადიოაქტიური გამოსხივება. ადამიანი შეიძლება განიცდიდეს როგორც შინაგან, ისე გარეგან დასხივებას. თუ რადიოაქტიური ნივთიერება აღმოჩნდება ჰაერში, რომლითაც სუნთქავს ადამიანი, წყალში ან საკვებში, მაშინ რადიოაქტიური ნივთიერება შეიძლება აღმოჩნდეს ორგანიზმში, ანუ ადგილი ექნება შინაგან დასხივებას.

ბუნებრივ რადიონუკლიდებს ყოფენ სამ ჯგუფად:

- 1) რადიოაქტიური ელემენტები, რომელთა ყველა იზოტოპები რადიოაქტიურია: ურანი (^{238}U , ^{235}U), თორიუმი (^{232}Th), რადიუმი (^{226}Ra), რადონი (^{222}Rn , ^{220}Rn). პერიოდულ სისტემაში ბისმუტის შემდეგ მოთავსებული ყველა ქიმიური ელემენტი რადიოაქტიურია. მათი ატომბირთვები თავისთავადი დაშლით ხასიათდებიან, რის შედეგადაც გარდაიქმნებიან სხვა ელემენტის იზოტოპად. თუკი ახლადწარმოქმნილი ელემენტი რადიოაქტიურია, იგი კვლავ იშლება და ასე გრძელდება, სანამ არ მიიღება მდრადი იზოტოპის ატომი. მაგალითად მოვიყვანთ ურანის რადიოაქტიურ დაშლას, რომლის საბოლოო პროდუქტს ტყვიის მდგრადი იზოტოპი წარმოადგენს:
- 2) “ჩვეულებრივი” ელემენტების იზოტოპები, რომელიც ხასიათდებიან რადიოაქტიური თვისებებით: კალიუმი (^{40}K), რუბიდიუმი (^{87}Rb), კალციუმი (^{48}Ca), ცირკონიუმი (^{96}Zr) და სხვ.
- 3) რადიოაქტიული იზოტოპები, რომლებიც წარმოიქმნებიან ატმოსფეროში კოსმიური სხივების მოქმედებით: ტრიტიუმი (^3H), ბერილიუმი (^7Be , ^{10}Be), ნახშირბადი (^{14}C).

ბუნებრივი რადიაციული ფონი

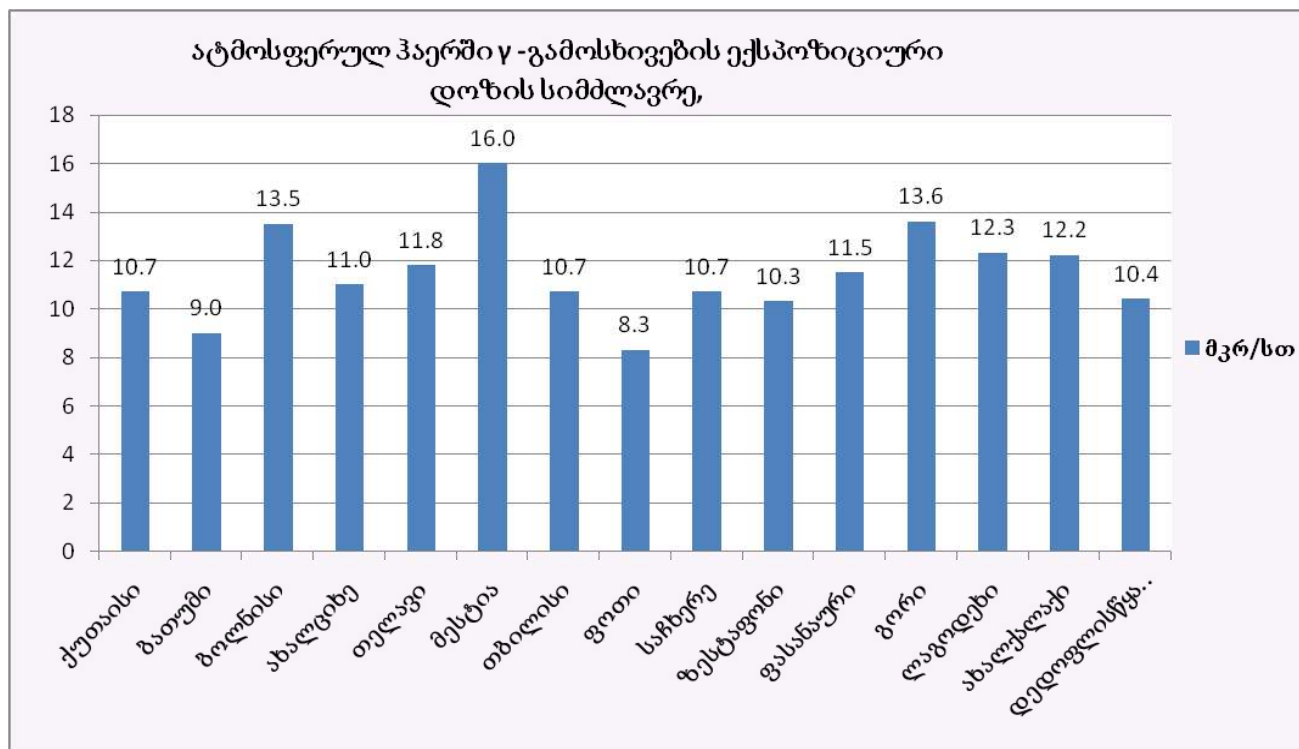
გამა-გამოსხივების დოზის სიმძლავრე, რომელსაც განაპირობებს კოსმიური გამოსხივება, ნიადაგში, წყალში, ატმოსფერულ ჰაერში და ბიოსფეროს სხვა ელემენტებში არსებული ბუნებრივი და ტექნოგენური რადიონუკლიდები.

რადიაციის ბუნებრივი წყაროებიდან სხვადასხვა დოზით დასხივებას განიცდის დედამიწის ნებისმიერი მაცხოვრებელი. დედამიწის სფეროს ზოგიერთ ადგილებში, მაგალითად, რადიოაქტიური ქანების განლაგების ადგილებში, რადიაციის დონე მნიშვნელოვნად აღემატება საშუალოს, ხოლო ზოგ ადგილებში - შედარებით დაბალია. შინაგანი დასხივებისას განსაკუთრებული ყურადღება უნდა მიექცეს რადონს - რადიოაქტიურ აირს, რომელზეც მოდის ბუნებრივი რადიაციის წყაროებიდან მოსახლეობის საშუალო დოზით დასხივების ყველაზე დიდი წილი.

დასხივების დოზა დამოკიდებულია აგრეთვე ცხოვრების წესზე. ზოგიერთი სამშენებლო მასალის გამოყენება, საკვების მოსამზადებლად ბუნებრივი აირით სარგებლობა, სათავსების ჰერმეტიზირება და თვითმფრინავით გადაფრენაც კი რადიაციის ბუნებრივი წყაროების ხარჯზე ზრდის დასხივების დონეს.

2015 წლისათვის საქართველოს ქალაქების ატმოსფერულ ჰაერში γ -გამოსხივების ექსპოზიციური დოზის სიმძლავრის საშუალო წლიური მნიშვნელობები მერყეობდა 9.0 მკრ/სთ-დან 16.0 მკრ/სთ-მდე, რაც ბუნებრივი რადიაციული ფონის ფარგლებშია.

საქართველოს ქალაქების ატმოსფერულ ჰაერში γ -გამოსხივების ექსპოზიციური დოზის სიმძლავრის საშუალო წლიური მნიშვნელობები მოცემულია სურ. 2.19-ზე.



სურათი 2.19. საქართველოს ქალაქების ატმოსფერულ ჰაერში γ -გამოსხივების ექსპოზიციური დოზის სიმძლავრის საშუალო წლიური მნიშვნელობები, 2015

2.5.4. რადიაციული უსაფრთხოების ნორმები

რადიაციული მავნე ზემოქმედებისაგან ადამიანის ჯანმრთელობის დაცვის მიზნით საქართველოში მოქმედებს ტექნიკური რეგლამენტი – „მაიონებელი გამოსხივების წყაროებთან მოპყრობისადმი რადიაციული უსაფრთხოების ნორმები და ძირითადი მოთხოვნები“ (საქართველოს მთავრობის დადგენილება №450. 2015 წლის 27 აგვისტო).

მაიონებელი გამოსხივების წყაროების ზემოქმედებისაგან რისკის შეზღუდვისა და თავიდან აცილების მიზნით ტექნიკური რეგლამენტი ადგენს მოთხოვნებს რადიაციული უსაფრთხოების უზრუნველყოფის სისტემისადმი, რომლებიც დაფუძნებულია რადიაციული უსაფრთხოების ფუნდამენტალურ პრინციპებზე.

ტექნიკური რეგლამენტი ადგენს:

ა) მაიონებელი გამოსხივების წყაროების კონტროლთან და დაცულობასთან დაკავშირებულ მოთხოვნებს;

ბ) უსაფრთხოების ძირითად ნორმებს მაიონებელი გამოსხივებით გამოწვეული საფრთხისაგან მუშაკების, მოსახლეობის, პაციენტებისა და სამედიცინო დასხივების გავლენის ქვეშ მყოფი სხვა პირთა დასაცავად;

გ) დაცულობისა და შესაბამისი ინფორმირების მიმართ მოთხოვნებს;

დ) მოთხოვნებს მუშაკებსა და მოსახლეობაზე უკონტროლო და არასათანადო კონტროლის ქვეშ მყოფი მაღალაქტიური დახურული წყაროებით გამოწვეული მაიონებელი გამოსხივების მავნე ზემოქმედების გავლენის თავიდან ასაცილებლად;



ე) სასმელ და მინერალურ წყალში, ნედლეულსა და ნიადაგში რადიონუკლიდების შემცველობის დასაშვებ დონეებს;

ვ) სამშენებლო მასალებისა და მშენებლობისთვის განკუთვნილი პროდუქციის რადიონუკლიდების შემცველობის დონეებს.

ადამიანზე გარეგანი და შინაგანი დასხივების ერთდროული ზემოქმედებისას წლიური ეფექტური დოზა არ უნდა აღემატებოდეს ცხრილი 2.12-ში მოყვანილ დოზურ ზღვრებს.

ძირითადი დოზური ზღვრები

ნორმატიული სიდიდეები	დოზური ზღვრები		
	ბუნებრივი	16-დან 18 წლამდე პირები	მოსახლეობა
ეფექტური დოზა	20 მზვ. წელიწადში საშუალოდ წებისმიერი 5 მომდევნო წლის განმავლობაში (100 მზვ.- 5 წელიწადში), მაგრამ არაუმეტეს 50 მზვ. წებისმიერი ცალკეული წლისათვის	6 მზვ წელიწადში	1 მზვ. წელიწადში განსაკუთრებულ გარემოებაში** შეიძლება გამოყენებული იქნეს უფრო მაღალი მარცვებული ერთი ცალკეული წელიწადისთვის იმ პირობით, რომ საშუალო ეფექტური დოზა 5 მომდევნო წლის განმავლობაში არ აღემატება 1 მზვ. წელიწადში

2.5.5. რადიაციული კონტროლის ხელსაწყოები

რადიაციული შემოწმება შესაძლებელია განხორციელდეს დოზიმეტრისა და რადიომეტრის გამოყენებით.



გამა-გამოსხივების
დოზიმეტრი
ДКГ-PM1603A



დოზიმეტრი-
სიგნალიზატორი
ИСП-PM1704



დოზიმეტრ-რადიომეტრი
საძიებო MKC-AT1125



პორტატული დოზიმეტრი
ДКР-AT1103M



დოზიმეტრ-რადიომეტრი
საძიებო MKC-PM1401K



დოზიმეტრ-რადიომეტრი
საძიებო MKC-PM1405



დოზიმეტრი-
სიგნალიზატორი
საძიებო ИСП-PM1701M



დოზიმეტრი-
სიგნალიზატორი
საძიებო ИСП-PM1703M

სურათი 2.21. სხვადასხვა სახის დოზიმეტრები და რადიომეტრები



სურათი 2.22. დოზიმეტრ-რადიომეტრი Polimaster PM 1621

სურათი 2.23. დოზიმეტრ-რადიომეტრი DPF-01T1

დოზიმეტრი წარმოადგენს ხელსაწყოს, რომლის საშუალებით იზომება მაიონებელი გამოსხივების სიმძლავრე ანუ დოზა. დოზიმეტრი გამოიყენება ადამიანის გამოსხივებისაგან თავდაცვისათვის და სამედიცინო და სამრეწველო პროცესების რადიაციული კონტროლისათვის.



სურათი 2.24. „SOEKS“-ის სხვადასხვა სახის რადიომეტრი

რადიომეტრი წარმოადგენს ხელსაწყოს, რომლის საშუალებით იზომება რადიონუკლიდის აქტივობა გარემოში ან ნიმუშში.

არსებობს რადიაციული კონტროლის პროფესიონალური და საყოფაცხოვრებო ხელსაწყოები.

საყოფაცხოვრებო ხელსაწყოებში ერთადაა კომბინირებული დოზიმეტრი და რადიომეტრი. როგორც წესი, მათი განსაზღვრის ზღვარია $0,1 \div 100$ მიკროზივერტი /სთ-ში, ცდომილების ზღვარი ± 30 %.



რადიაციული დონის შეფასება ეკოტესტერი „SOEKS“-ის გამოყენებით. ეკოტესტერი „SOEKS“-ის საშუალებით რადიაციული დონის შეფასება იწარმოება იონიზირებული გამოსხივების (გამა-გამოსხივება და ბეტა-ნაწილაკები) სიმძლავრის სიდიდის მიხედვით რენტგენის გამოსხივების გათვალისწინებით.

ცხრილი 2. 12



რადიაციული ფონის დონის ჩვენების დიაპაზონი, მკ. ზვ/სთ	1000-მდე
რადიაციული ფონის დონის ჩვენების დიაპაზონი, მკ. რ/სთ	100 000-მდე
გამა-გამოსხივების რეგისტრირებადი ენერგია, მევ (მეგაელექტრონულივოლტი) MeB	0,1-დან
უსაფრთხოების ზღვარი, მკ. ზვ/სთ	$0,3 \div 100$
უსაფრთხოების ზღვარი, მკ. რ/სთ	$30 \div 10000$
გაზომვის დრო, წმ	20-მდე
ინდიკაციის მაჩვენებელი	უწყვეტი, რიცხვითი, გრაფიკული
გაზომვის ცდომილება, არა ნაკლებ	30 %

სურათი 2.25. ეკოტესტერი „SOEKS“

მთავარი მენიუ

- ერთეულები

ამ განყოფილებაში შეიძლება რადიაციული ფონის გაზომვის ერთეულების არჩევა: მკ.რ/სთ (მიკრორენტგენი საათში) ან მკ. ზვ (მიკროზივერტი საათში).

100 რენტგენი = 1 ზივერტს;

1 ზივერტი = 1000 მ ზვ (მილიზივერტი) = 10^6 მკ. ზვ (მიკროზივერტი).

რადიაციის ბუნებრივი ფონი შეადგენს $0,05 \div 0,20$ მკ. ზვ/სთ.

თუ რადიაციული ფონი აჭარბებს 0,4 მკ. ზვ/სთ-ში, მაშინ საჭიროა გადაჭარბების ზომების ძებნა, ხოლო თუ რადიაციული ფონი აჭარბებს 1,2 მკ. ზვ/სთ-ში, მაშინ მოცემულ ადგილას ყოფნა არაა რეკომენდებული, რადგან სახიფათოა.

მენიუ „Настройки“ (მართვის) ელემენტებია:

- ზღვარი მკ. რ/სთ;
- ზღვარი მკ. ზვ/სთ.

ეს ელემენტები ურთიერთშეკავშირებულნი არიან: ცვლილებისას ერთი იცვლება მეორით. ზღვარის საჭირო მნიშვნელობა შეიძლება ამოირჩეს სიაში 16 მოცემული მნიშვნელობიდან:

მკ. რ/სთ	30	40	50	60	70	80	90	100	120	150	200	500	1000	2000	5000	10000
მკ. ზვ/სთ	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1	1,2	1,5	2	5	10	20	50	100

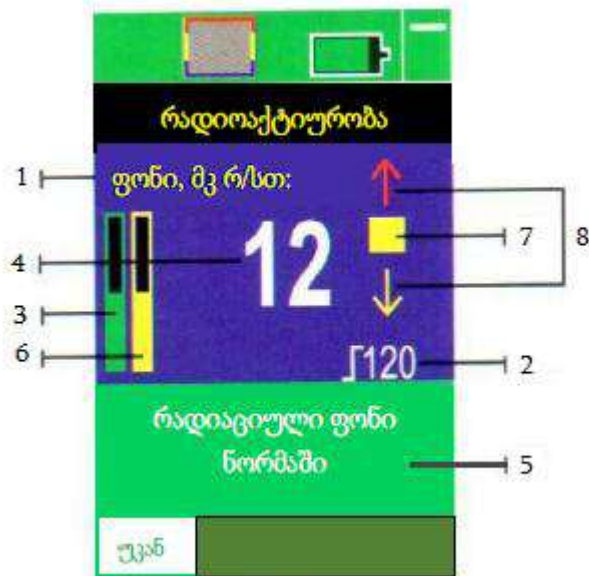
რადიაციული ფონის დადგენილი ზღვარის გადაჭარბებისას გაისმის წყვეტილი ხმოვანი სიგნალი.



აღნიშვნები რეჟიმში „რადიოაქტიურობა“.

გაზომვის რეჟიმში გამოჩნდება ეკრანი შემდეგი ელემენტებით:

1. გაზომვის ერთეულები: მკ.რ/სთ (მიკრო-რენტგენი/სთ) ან მკ.ზვ/სთ (მიკროზივერტი/სთ).
2. ზღვარი დაყენებული ერთეულში.
3. გაზომვის შედეგების მზადყოფნის ინდიკატორი: სრული შევსების დრომ არ უნდა გადააჭარბოს 10 წმ-ს. თუ რადიაციული ფონის დონე მაღალია, მაშინ შედეგების მიღების დრო შეიძლება იყოს მნიშვნელოვნად ნაკლები.
4. რადიოაქტიურობის დონე. გამოისახება დიდი ციფრებით ეკრანის ცენტრში. გაზომვისას პირველად გამოისახება სიტყვა „ИЗМЕРЕНИЕ“ (გაზომვა).
5. საინფორმაციო შეტყობინება რადიაციული ფონის მდგომარეობის შესახებ დაფუძნებულია რადიაციული უსაფრთხოების ნორმებზე (НРБ-99/2009).
 - თუ რადიაციული ფონის გაზომვის შედეგები ნაკლებია 40 მკ.რ/სთ (0,4 მკ.ზვ/სთ), მაშინ მწვანე ფონზე გამოჩნდება შეტყობინება „РАДИАЦИОННЫЙ ФОН В НОРМЕ“ (რადიაციული ფონი ნორმაში).
 - თუ რადიაციული ფონის გაზომვის შედეგები შეადგენს $40 \div 120$ მკ.რ/სთ (0,4-1,2 მკ.ზვ/სთ), მაშინ ყვითელ ფონზე გამოჩნდება შეტყობინება „ПОВЫШЕННЫЙ РАДИАЦИОННЫЙ ФОН“ (ამაღლებული რადიაციული ფონი).
 - თუ რადიაციული ფონის გაზომვის შედეგები აღემატება 120 მკ.რ/სთ (1,2 მკ.ზვ/სთ), მაშინ წითელ ფონზე გამოჩნდება შეტყობინება „ОПАСНЫЙ РАДИАЦИОННЫЙ ФОН“ (საშიში რადიაციული ფონი).
6. გაზომვის სიზუსტის ინდიკატორი: სიზუსტის მატებასთან ერთად ივსება ყვითელი ფერით. ყოველი გაზომვით (10 წმ) სიზუსტის ინდიკატორის სვეტი იზრდება სრულ შევსებამდე. სრული შევსება ხდება მიახლოებით 2 წთ-ში (12 გაზომვა). თუ გაზომვისას აღმოჩნდება რადიაციული ფონის მკვეთრი ცვლილება: 3-ჯერ მატება ან 10-ჯერ ვარდნა, მაშინ სიზუსტის ინდიკატორი ნულდება. ფონის მკვეთრი ცვლილების ამ აღმოჩენის დადებითი მხარეა ის, რომ უტყუარი მაჩვენებლების ასახვა ხდება მაშინვე, არ აჭარბებს 10-20 წმ-ს.
7. რადიაციული ნაწილაკების აღმოჩენის ინდიკატორი. თუ ნაწილაკები ხშირად ხვდებათ, მაშინ ინდიკატორი ინთება ყვითლად და წითლად; თუ ნაწილაკები იშვიათია, მაშინ ინდიკატორი ყვითლდება.
8. რადიაციული ფონის ცვლილების დიაპაზონი:
 - ერთი წითელი ისარი, მიმართული ზემოთ, ჩნდება მაშინ, თუ აღმოჩენილია 30 %-ზე მეტი რადიაციული ფონის მატება (საშუალო მნიშვნელობიდან).
 - ერთი წითელი ისარი მიმართული ქვემოთ ჩნდება მაშინ, თუ აღმოჩენილია 30 %-ზე მეტი რადიაციული ფონის კლება (საშუალო მნიშვნელობიდან).
 - ორი წითელი ისარი მიმართული ზემოთ, ჩნდება რადიაციული ფონის მნიშვნელოვანი მატების დროს.
 - ორი მწვანე ან ყვითელი ფერის ისარი მიმართული ქვემოთ, ჩნდება რადიაციული ფონის მნიშვნელოვანი კლების დროს.



სურათი 2.26. ეკოტესტერი „SOEKS“-ის მენიუ



„რადიოაქტიურობის“ რეჟიმში გაზომვის განხორციელება. რადიოაქტიურობის მდგომარეობის შეფასება იწყება მაშინვე, მიუხედავად იმისა, რომელ რეჟიმში იმყოფება ხელსაწყო. სხვა რეჟიმში მუშაობისას რადიაციული ფონის გაზომვის შედეგები გამოისახება „დიაგრამის“ არეში, ხოლო „რადიოაქტიურობის“ რეჟიმში შესვლისას ეკრანზე გამოისახება გაზომვის მიმდინარე შედეგები, ან სიტყვა „ИЗМЕРЕНИЕ“ (გაზომვა) (როცა „რადიოაქტიურობის“ რეჟიმში შესვლის მომენტისათვის არ იყო დასრულებული გაზომვის არც ერთი ციკლი). გაზომვის პირველი შედეგები გამოჩნდება მიახლოებით 10 წმ-ში ხელსაწყოს ჩართვიდან, რის შემდეგაც იწყება გაზომვის შემდეგი ციკლი და ასე შემდეგ ხელსაწყოს გამორთვამდე. მაქსიმალურად ზუსტი შედეგების მიღწევისათვის რეკომენდებულია არა ნაკლებ 4-5 ციკლის განხორციელება.

იმისათვის, რათა გაიზომოს საკვები პროდუქტების, სამშენებლო მასალების და სხვა საგნების რადიაციული ფონი, საჭიროა აწარმოთ შემდეგი მოქმედებანი:

1. გაზომეთ რადიაციული ფონის დონე გასაზომი საგნიდან რამოდენიმე მეტრის დაშორებით.
2. მიიტანეთ ხელსაწყო გასაზომ ობიექტთან პერპორაციული მხრიდან და გაზომეთ რადიაციული ფონი საგნიდან მაქსიმალურად ახლო მანძილზე.
3. შეადარეთ მიღებული ჩვენება 1-ით მიღებულ გარემომცველი გარემოს რადიაციული ფონის დონეს, 1-2 პუნქტებს შორის მიღებული სხვაობა იქნება საგნიდან დამატებითი რადიაციული ფონი.

ხსნარების რადიაციული დაბინძურების შეფასებისათვის გაზომვა მიმდინარეობს ხსნარის ღია ზედაპირის ზემოთ. ხელსაწყოს ზედაპირზე ხსნარის მოხვედრისაგან დასაცავად რეკომენდებულია ხელსაწყოს ერთ ფენა პოლიეთილენის პაკეტში მოთავსება.

შეფასების შედეგები, ბუნებრივი ფონის გადაჭარბება, მოცემული ადგილმდებარეობის დახასიათება მოწმობს გამოსაკვლევი ობიექტის რადიოაქტიურ დაბინძურებას.

არ შეიძლება რადიაციულ მდგომარეობაზე ოფიციალური დასკვნისათვის მოცემული ხელსაწყოთი მიღებული შედეგების გამოყენება.



კითხვები თვითშემოწმებისათვის:

1. რას წარმოადგენს მაიონებელი გამოსხივება?
2. აღწერეთ α -გამოსხივება.
3. აღწერეთ β -გამოსხივება.
4. აღწერეთ γ - გამოსხივება.
5. რა ერთეულით იზომება რადიაქტიურობა?
6. რას წარმოადგენს დასხივების შთანთქმული დოზა? რა ერთეულებში იზომება?
7. რას წარმოადგენს მაიონებელი გამოსხივების ექვივალენტური დოზა? რა ერთეულებში იზომება?
8. როგორ იქმნება ბუნებრივი რადიაციული ფონი?
9. აღწერეთ რადონი-222 დაკავშირებული გარემოსდაცვითი საკითხები.
10. რომელი ხელსაწყოები გამოიყენება რადიაციული კონტროლისათვის?
11. რას წარმოადგენს დოზიმეტრი?
12. რას წარმოადგენს რადიომეტრი?
13. რას წარმოადგენს რადიაციული უსაფრთხოების ნორმები?
14. შეაფასეთ სასწავლო გარემოს რადიაქტიული ფონი ეკოტესტერის გამოყენებით. მონაცემები წარმოადგინეთ ოქმის სახით.



რეკომენდებული ლიტერატურა და სასწავლო მასალები

- ❖ <http://www.moe.gov.ge/ka/%E1%83%97%E1%83%94%E1%83%9B%E1%83%94%E1%83%91%E1%83%98/haeri/>
- ❖ <http://www.moe.gov.ge/ka/%E1%83%97%E1%83%94%E1%83%9B%E1%83%94%E1%83%91%E1%83%98/wyali/>
- ❖ <https://www.youtube.com/watch?v=Ze1GVy7mG0>
- ❖ <https://www.youtube.com/watch?v=bkaiPq-nl4Y>
- ❖ <https://www.youtube.com/watch?v=tfSDTChnoRA>
- ❖ <https://www.youtube.com/watch?v=zhh8eaU-1KM>
- ❖ <https://www.youtube.com/watch?v=Q4BCaWTsQHk>
- ❖ ტექნიკური რეგლამენტი - მაიონებელი გამოსხივების წყაროებთან მოპყრობისადმი რადიაციული უსაფრთხოების ნორმებისა და ძირითადი მოთხოვნები. საქართველოს მთავრობის 2015 წლის 27 აგვისტოს N 450 დადგენილება.
- ❖ საშიში ქიმიური ნივთიერებების ნიშანდებისა და ეტიკეტირების ტექნიკური რეგლამენტი. საქართველოს მთავრობის 2013 წლის 31 დეკემბრის N 428 დადგენილება.



თავი 3. გარემოსდაცვითი კანონმდებლობა

3.1. საქართველოს გარემოსდაცვითი კანონმდებლობა

1995 წლის კონსტიტუციის თანახმად, საქართველომ იკისრა ვალდებულება - დაიცვას ადამიანის ძირითადი უფლება - ცხოვრობდეს ჯანმრთელობისათვის უვნებელ გარემოში, სარგებლობდეს ბუნებრივი და კულტურული გარემოთი, მიიღოს სრული, ობიექტური და დროული ინფორმაცია მისი სამუშაო ადგილისა და საცხოვრებელი გარემოს მდგომარეობის შესახებ, ხელი შეუწყოს ბუნებრივი რესურსების რაციონალურ და მდგრად გამოყენებას.

აღნიშნული სახელმწიფო პოლიტიკის განხორციელებაში მთავარი ადგილი ეკუთვნის საქართველოს გარემოსა და ბუნებრივი რესურსების დაცვის სამინისტროს.

სამინისტროს ამოცანებია: ქვეყნის მდგრადი განვითარების ხელშეწყობა; გარემოს დაცვის დაგეგმვის სისტემის ორგანიზება; გარემოს დაცვის სფეროში სახელმწიფო პოლიტიკის, მიზნობრივი პროგრამების, გარემოს დაცვის მდგრადი განვითარების სტრატეგიის, მოქმედებათა ეროვნული

გარემოს დაცვის სფერო

ატმოსფერული ჰაერის, წყლის, მიწის, წიაღისა და ბიომრავალფეროვნების დაცვის, ბუნებრივი რესურსებით სარგებლობისა და აღწარმოების, ნარჩენების რეგულირების, ქიმიური უსაფრთხოების, ბირთვული და რადიაციული უსაფრთხოების სფერო.

პროგრამის და სამენეჯმენტო გეგმების შემუშავება და განხორციელება, ატმოსფერული ჰაერის, წყლის, მიწის, წიაღისა და ბიომრავალფეროვნების, ქვეყნისათვის დამახასიათებელი იშვიათი, საფრთხის წინაშე მყოფი ფლორისა და ფაუნის სახეობების, თვითმყოფადი ლანდშაფტებისა და ეკოსისტემების დაცვა და შენარჩუნება, ნარჩენების და ქიმიური ნივთიერებების სფეროში სახელმწიფო მართვის (რეგულირება, ლიცენზირება, აღრიცხვა, ზედამხედველობა და კონტროლი) ფუნქციის განხორციელება; თავისი კომპეტენციის ფარგლებში გარემოს დაცვის სფეროში საქართველოს კანონმდებლობით დადგენილი და საერთაშორისო ვალდებულებათა შესრულება.

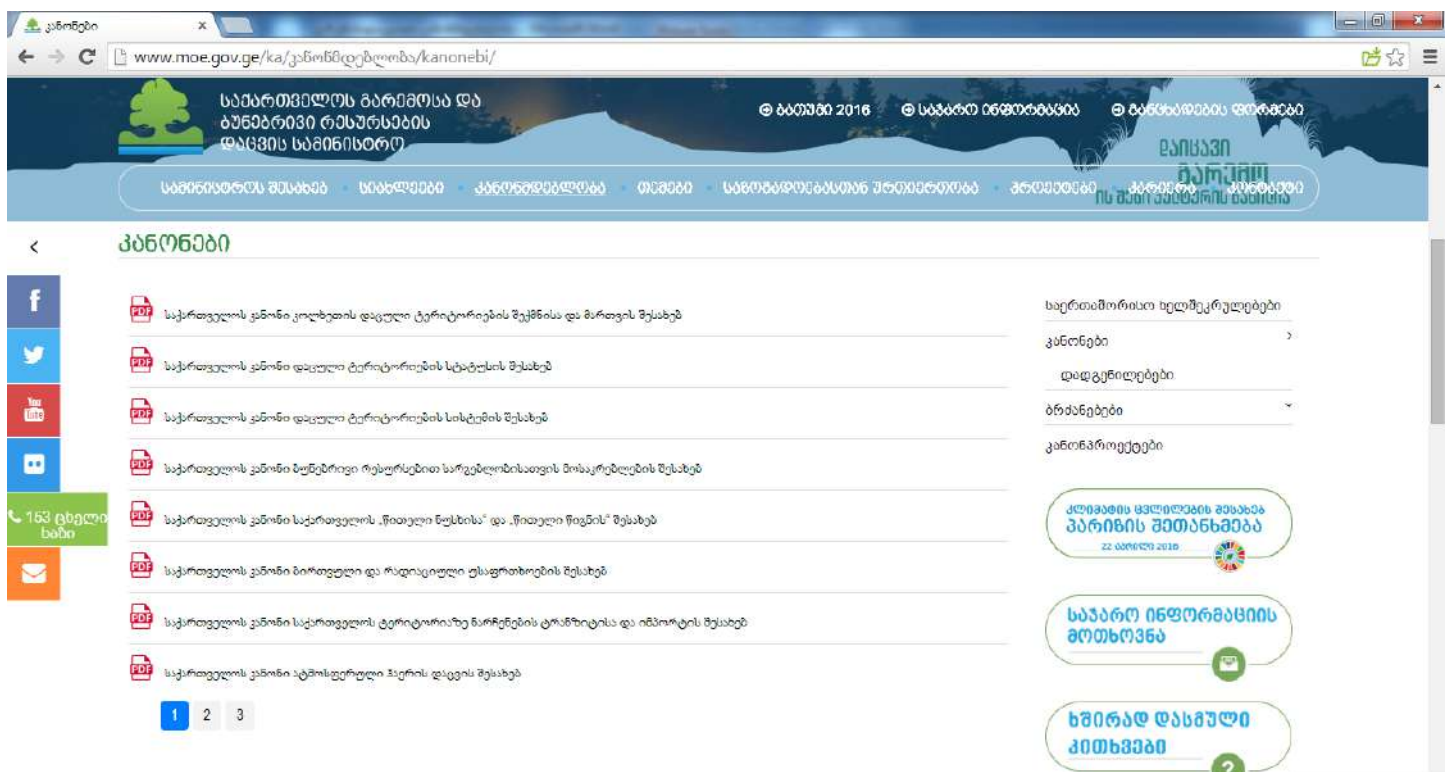
საქართველოს გარემოსდაცვითი კანონმდებლობა წარმოდგენილია შემდეგი კანონებით:

- საქართველოს კანონი გარემოს დაცვის შესახებ;
- საქართველოს კანონი გარემოზე ზემოქმედების ნებართვის შესახებ;
- საქართველოს კანონი ეკოლოგიური ექსპერტიზის შესახებ;
- საქართველოს კანონი ატმოსფერული ჰაერის დაცვის შესახებ;
- საქართველოს კანონი წყლის შესახებ;
- საქართველოს კანონი ნიადაგის დაცვის შესახებ;
- საქართველოს კანონი წიაღის შესახებ;
- საქართველოს ტყის კოდექსი;
- საქართველოს კანონი საქართველოს "წითელი ნუსხისა" და "წითელი წიგნის" შესახებ;
- საქართველოს კანონი დაცული ტერიტორიების სისტემის შესახებ;
- საქართველოს კანონი ცხოველთა სამყაროს შესახებ;
- საქართველოს კანონი ბორჯომ-ხარაგაულის ეროვნული პარკის ტერიტორიის გაფართოების შესახებ;
- საქართველოს კანონი მტირალას ეროვნული პარკის შესახებ;
- საქართველოს კანონი კოლხეთის დაცული ტერიტორიების შექმნისა და მართვის შესახებ;
- საქართველოს კანონი "საქართველოს ტერიტორიაზე ნარჩენების ტრანზიტისა და იმპორტის შესახებ";



- საქართველოს კანონი ბირთვული და რადიაციული უსაფრთხოების შესახებ;
 - საქართველოს კანონი საშიში ქიმიური ნივთიერებების შესახებ;
 - საქართველოს კანონი საშიში ნივთიერებებით გამოწვეული ზიანის კომპენსაციის შესახებ;
 - საქართველოს კანონი მავნე ორგანიზმებისგან მცენარეთა დაცვის შესახებ;
 - საქართველოს კანონი ქალაქ თბილისის საზღვრებში და მიმდებარე ტერიტორიებზე არსებული მწვანე ნარგავებისა და სახელმწიფო ტყის ფონდის განსაკუთრებული დაცვის შესახებ;
- გარემოს დაცვის სფეროში მიღებული კანონების ეფექტურობა დიდადაა დამოკიდებული იმ ღონისძიება-თა გატარებაზე, რომელთა განხორციელებაზე კონტროლი კანონმდებლობით ევალება საქართველოს გარემოს დაცვისა და ბუნებრივი რესურსების სამინისტროს.

სამინისტროს ვებ-გვერდზე წარმოდგენილია მოქმედი ძირითადი კანონები, დადგენილებები და ბრძანებები. <http://www.moe.gov.ge/ka>

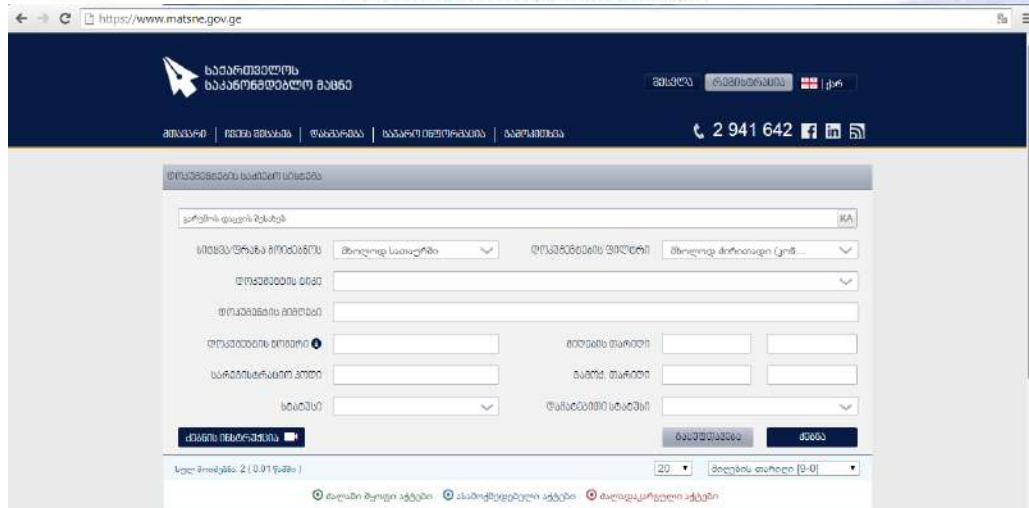


სურათი 3.1. გარემოსა და ბუნებრივი რესურსების სამინისტროს გვერდი, სადაც წარმოდგენილია სფეროში მოქმედი კანონები

ყველაზე სრულყოფილი ინფორმაცია სასურველი კანონისა თუ ტექნიკური რეგლამენტის შესახებ გამოქვეყნებულია „საქართველოს საკანონმდებლო მაცნეში“. მას გააჩნია ოფიციალური ვებ-გვერდი www.matsne.gov.ge.

ვებ-გვერდი წარმოადგენს ოფიციალური იურიდიული ძალის მქონე ნორმატიული აქტების სრულყოფილ მონაცემთა ბაზას, რომელიც მოიცავს ყველა ნორმატიულ აქტს. აღნიშნული ნორმატიული ბაზა მუდმივად განახლებადია.

ამრიგად, საქართველოს გარემოს დაცვის სფეროში მოქმედი კანონების, ნორმატიული აქტების, საერთაშორისო ხელშეკრულებებისა და ტექნიკური რეგლამენტების სრული ვერსიები შესაძლებელია მოვიძიოთ ვებ-გვერდზე www.matsne.gov.ge.



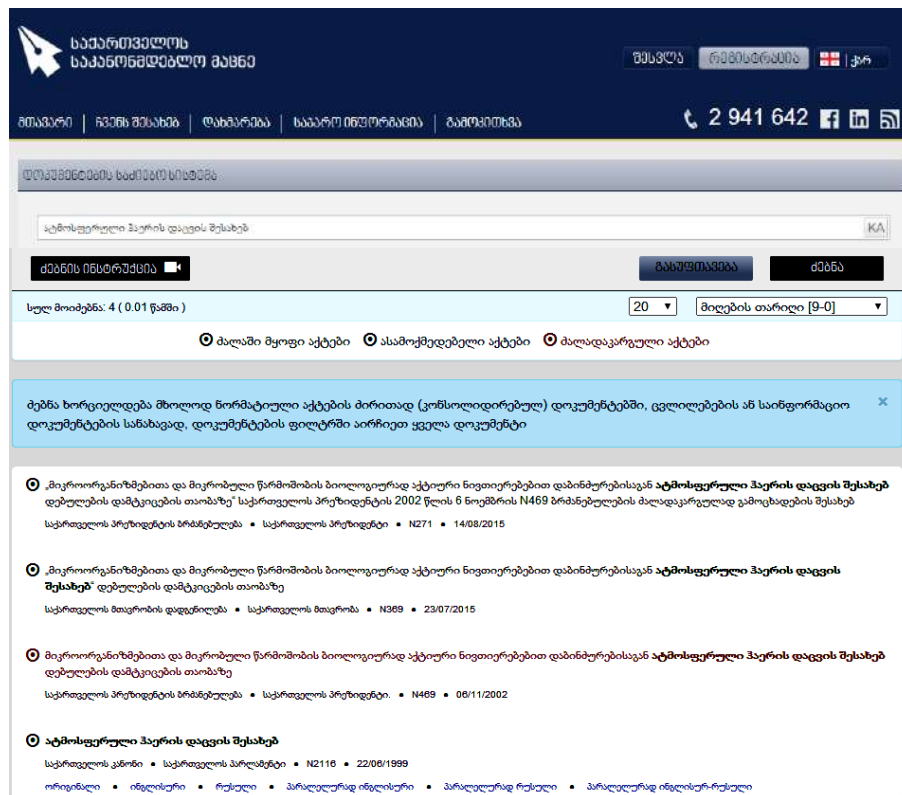
სურათი 3.2. საქართველოს საკანონმდებლო მაცნე, ვებ-გვერდი - www.matsne.gov.ge

საძიებო ფრაზის შეყვანის შემდგომ, სათანადო პარამეტრების დაყენებით, სისტემა მოძებნის შესაბამის დოკუმენტს.

ნორმატიული აქტი შესაძლებელია იყოს ძალადაკარგული, ამ შემთხვევაში ასეთ დოკუმენტს სისტემა განსხვავებული ფერით წარმოადგენს (წითელი ფერი). ძალაში მყოფი ნორმატიული აქტი წარმოდგენილია მწვანე ფერით, ხოლო ასამოქმედებელი - ლურჯი ფერით.

მაგალითად, საძიებო ველში ავკრიფეთ სიტყვები: „ატმოსფერული ჰაერის დაცვის შესახებ“.

შესაბამისად სისტემამ წარმოგვიდგინა ნორმატიული დოკუმენტები, რომელთა სათაურშიც ფიგურირებდა საძიებო სიტყვები. მათ შორის არის ძალადაკარგული აქტი, რომელიც წითელი ფერითაა აღნიშნული.



სურათი 3.3. ძიების შედეგი საქართველოს საკანონმდებლო მაცნეს ვებ-გვერდზე



მოკლედ მიმოვიხილოთ გარემოს დაცვის სფეროს ძირითადი კანონები:

კანონი „გარემოს დაცვის შესახებ“ მიღებული იქნა 1996 წელს. კანონი არეგულირებს სამართლებრივ ურთიერთობებს სახელმწიფო ხელისუფლების ორგანოებსა და ფიზიკურ და იურიდიულ (საკუთრებისა და ორგანიზაციული-სამართლებრივი ფორმის განურჩევლად) პირებს შორის გარემოს დაცვისა და ბუნებათსარგებლობის სფეროში.

კანონის ძირითადი ამოცანებია:

- დაიცვას და შეინარჩუნოს ადამიანის ჯანმრთელობისათვის უსაფრთხო გარემო;
- სამართლებრივად უზრუნველყოს გარემოს მავნე ზემოქმედებისაგან დაცვა;
- სამართლებრივად უზრუნველყოს გარემოს ხარისხობრივი მდგომარეობის შენარჩუნება და გაუმჯობესება;
- უზრუნველყოს საზოგადოების ეკოლოგიური, ეკონომიკური და სოციალური ოპტიმალური ურთიერთშეთანაწყობა (ჰარმონიული შეხამება);
- სამართლებრივად უზრუნველყოს ბუნებრივი რესურსებით სარგებლობის მართვა გარემოს პოტენციური შესაძლებლობებისა და მდგრადი განვითარების პრინციპების გათვალისწინებით.

საქართველოს კანონის „ატმოსფერული ჰაერის დაცვის შესახებ“. რეგულირების სფეროა საქართველოს მთელ ტერიტორიაზე ატმოსფერული ჰაერის დაცვა მავნე ანთროპოგენური ზემოქმედებისაგან და მისი დაბინძურების შემცირების ღონისძიებათა განსაზღვრა არახელსაყრელი მეტეოროლოგიური პირობების შემთხვევებში.

კანონის ძირითადი ამოცანებია:

- უზრუნველყოს ატმოსფერული ჰაერის ადამიანის ჯანმრთელობისა და ბუნებრივი გარემოსათვის უსაფრთხო მდგომარეობის მიღწევა, შენარჩუნება და გაუმჯობესება;
- სამართლებრივად უზრუნველყოს ატმოსფერულ ჰაერში მავნე ნივთიერებების გაფრქვევათა რეგულირება;
- ხელი შეუწყოს ატმოსფერული ჰაერის შესახებ ინფორმაციის საზოგადოებისათვის ხელმისაწვდომობის პრინციპის უზრუნველყოფას;

საქართველოს კანონით ატმოსფერული ჰაერის დაცვის შესახებ საწარმო ვალდებულია:

- უზრუნველყოს სტაციონალური წყაროებიდან მავნე ნივთიერებათა გაფრქვევის სწორი თვითმონიტორინგის წარმოება;
- უზრუნველყოს საწარმოო ტექნოლოგიის აირგამწმენდი მოწყობილობებით აღჭურვა და დაიცვას მისი ექსპლუატაციის წესები;
- შეადგინოს გამწმენდი მოწყობილობების პასპორტები;
- შეადგინოს გარემოში მავნე ნივთიერებათა წყაროების ინვენტარიზაციის ანგარიში;
- დაამუშაოს ინვენტარიზაციის საფუძველზე დადგენილი წყაროებიდან გარემოში მავნე ნივთიერებათა გაფრქვევის ზღვრულად დასაშვები ნორმატივების პროექტი.

კანონი „ეკოლოგიური ექსპერტიზის შესახებ“. ამ კანონის თანახმად, ეკოლოგიური ექსპერტიზა წარმოედგენს გარემოზე ზემოქმედების ნებართვის ან მშენებლობის ნებართვის გაცემის სავალდებულო საფეხურს. ეკოლოგიური შეფასების მიზანია, დაიცვას ეკოლოგიური ბალანსი გარემოსდავითი მოთხოვნების, ბუნებრივი რესურსების რაციონალური გამოყენების და მდგრადი განვითარების პრინციპების გათვალისწინებით. ეკოლოგიური ექსპერტიზის დადებითი დასკვნა სავალდებულოა გარემოსდაცვითი და/ან მშენებლობის ნებართვის მისაღებად. ეკოლოგიური შეფასების პროცესი რეგულირდება გარემოს დაცვის და ბუნებრივი რესურსების სამინისტროს მიერ.



ეკოლოგიური ექსპერტიზა არის გარემოსდაცვითი ხასიათის აუცილებელი ღონისძიება, რომელიც ხორციელდება საქმიანობაზე გარემოზე ზემოქმედების ან მშენებლობის ნებართვის გაცემის შესახებ გადაწყვეტილების მიღების პროცესში.

იმ საქმიანობათა სრულ ნუსხას, რომლებიც გარემოზე ზემოქმედების ან მშენებლობის ნებართვის გაცემის შესახებ გადაწყვეტილების მიღების პროცესში ექვემდებარება სავალდებულო ეკოლოგიურ ექსპერტიზას, განსაზღვრავს «გარემოზე ზემოქმედების ნებართვის შესახებ» საქართველოს კანონი.

ეკოლოგიური ექსპერტიზის მიზანია გარემოსდაცვითი მოთხოვნების, რაციონალური ბუნებათსარგებლობისა და მდგრადი განვითარების პრინციპების გათვალისწინებით გარემოს ეკოლოგიური წონასწორობის შენარჩუნების უზრუნველყოფა.

ეკოლოგიური ექსპერტიზისადმი დაქვემდებარებული საქმიანობებია:

- ა) სასარგებლო წიაღისეულის გადამუშავება (ეკოლოგიურ ექსპერტიზას არ ექვემდებარება სამშენებლო (მათ შორის, ინერტული) მასალების გადამუშავება, გარდა ამ პუნქტის „გ“ ქვეპუნქტით გათვალისწინებული-სა);
- ბ) ნებისმიერი საწარმოო ტექნოლოგია, სადაც გამოყენებული იქნება აზბესტი;
- გ) ცემენტის, ასფალტის, კირის, გაჯის, თაბაშირისა და აგურის წარმოება;
- დ) მინისა და მინის პროდუქციის წარმოება;
- ე) მყარი საყოფაცხოვრებო ნარჩენების გადამუშავება (მათ შორის, ნარჩენების დაწვის ქარხნების მოწყობა) ან/და ნაგავსაყრელების მოწყობა;
- ვ) ტოქსიკური და სხვა სახიფათო ნარჩენების განთავსება, მათი სამარხების მოწყობა ან/და ამ ნარჩენების გადამუშავება, გაუვნებლება;
- ზ) ქვანახშირის გაზიფიცირებასთან, გათხევადებასთან, ბრიკეტირებასა და დაკოქსვასთან დაკავშირებული ნებისმიერი სიმძლავრის წარმოება;
- თ) მაგისტრალური ნავთობსადენისა და გაზსადენის გაყვანა;
- ი) ნავთობისა და ნავთობპროდუქტების, აგრეთვე თხევადი და ბუნებრივი აირების საცავების, ტერმინალების განთავსება, რომელთა ტერიტორიაზე განლაგებული ავზებიდან ერთ-ერთის მოცულობა 1000 კუბ.მ-ზე მეტია ან მათი ჯამური მოცულობა 1000 კუბ.მ-ს აღემატება;
- კ) საერთაშორისო და შიდასახელმწიფოებრივი მნიშვნელობის საავტომობილო გზების, რკინიგზის და მათზე განთავსებული ხიდების, გზაგამტარი გვირაბის, აგრეთვე საავტომობილო გზის, რკინიგზის და მათი ტერიტორიების საინჟინრო დაცვის ნაგებობების აგება;
- ლ) მაღალი ძაბვის (35 კვტ და მეტი) საჰაერო და საკაბელო ელექტროგადამცემი ხაზების გაყვანა და ქვესადგურის (110 კვტ-ისა და მეტი ძაბვის) განთავსება;
- მ) ჰიდროელექტროსადგურის (2 მვტ-ისა და მეტი სიმძლავრის) და თბოელექტროსადგურის (10 მვტ-ისა და მეტი სიმძლავრის) განთავსება;
- ნ) მეტროპოლიტენის მშენებლობა;
- ო) წყალსაცავის (10 000 კუბ.მ-ისა და მეტი მოცულობის) მოწყობა;
- პ) ჩამდინარე წყლების გამწმენდი ნაგებობების (დღე-ღამეში 1000 კუბ.მ-ისა და მეტი მოცულობის), აგრეთვე მაგისტრალური საკანალიზაციო კოლექტორის განთავსება;
- ჟ) აეროდრომის, აეროპორტის, რკინიგზის სადგურისა და საზღვაო ნავსადგურის მოწყობა;
- რ) კაშხლის, ნავსადგურის, ნავმისადგომის, მოლისა და ბუნის განთავსება;
- ს) ქიმიური მრეწველობა, კერძოდ: ნახევარფაბრიკატების (შუალედური პროდუქტების) ქიმიური დამუშავება და ქიმიური ნივთიერებების წარმოება; პესტიციდების, მინერალური სასუქების, ქიმიური საღებავების,



ლაქის, პეროქსიდებისა და ელასტიკური ნივთიერებების (რეზინის ან პლასტიკური ნივთიერებების) წარმოება და დამუშავება; დენთისა და სხვა ასაფეთქებელი ნივთიერებების წარმოება; აკუმულატორების წარმოება; გრაფიტის ელექტროდების დამზადება;

ტ) ნავთობგადამამუშავებელი და გაზგადამამუშავებელი წარმოებები (დღე-ღამეში 500 ტ-ზე მეტის);

უ) ნებისმიერი მეტალურგიული წარმოება (საათში ტონაზე მეტი პროდუქციის წარმადობით), გარდა ლითონთა ცივად დამუშავებისა და საიუველირო წარმოებებისა;

ფ) ტოქსიკური და სხვა საშიში ნივთიერების საცავების მოწყობა.

აღნიშნულ საქმიანობებთან დაკავშირებული მშენებლობა ან არსებული საწარმოო ტექნოლოგიის შეცვლა განსხვავებული ტექნოლოგიით, რაც იწვევს ექსპლუატაციის პირობების შეცვლას, ასევე განიხილება, როგორც ეკოლოგიური ექსპერტიზისადმი დაქვემდებარებული საქმიანობა.

საკანონმდებლო მოთხოვნათა შესაბამისად, ეკოლოგიური ექსპერტიზის დასკვნის პირობა არის სანებართვო პირობა.

ყველა იმ საქმიანობისათვის, რომელიც არ არის გათვალისწინებული მითითებულ (ამ კანონის შესაბამის) ჩამონათვალში - სავალდებულოა გარემოსდაცვითი ტექნიკური რეგლამენტების დაცვა, რომელიც მტკიცდება „გარემოსდაცვითი ტექნიკური რეგლამენტების შესახებ“ საქართველოს გარემოს დაცვისა და ბუნებრივი რესურსების მინისტრის კანონქვემდებარე ნორმატიული აქტით.

კანონი „გარემოზე ზემოქმედების ნებართვის შესახებ“. 2007 წლის 14 დეკემბერს, საქართველოს პარლამენტის მიერ მიღებულია საქართველოს კანონი „გარემოზე ზემოქმედების ნებართვის შესახებ“.

ამ კანონის რეგულირების სფერო არის ისეთი ორგანიზებული საქმიანობა ან ქმედება, რომელიც ეხება პირთა განუსაზღვრელ წრეს და ხასიათდება ადამიანის სიცოცხლისთვის ან ჯანმრთელობისთვის მომეტებული საფრთხით. ეს კანონი განსაზღვრავს საქართველოს ტერიტორიაზე სავალდებულო ეკოლოგიური ექსპერტიზისადმი დაქვემდებარებულ საქმიანობათა სრულ ნუსხას და მათ განსახორციელებლად გარემოზე ზემოქმედების ნებართვის გაცემის, ნებართვის გაცემისას ეკოლოგიური ექსპერტიზის ჩატარების, გარემოზე ზემოქმედების შეფასებისა და ნებართვის გაცემის შესახებ გადაწყვეტილების მიღების პროცესებში საზოგადოების მონაწილეობისა და მისი ინფორმირების სამართლებრივ საფუძვლებს.

საქართველოს კანონი ნიადაგის დაცვის შესახებ (1994 წ.). ნიადაგის დაცვა სახელმწიფოებრივი პრობლემაა.

კანონის მიზნებია:

- უზრუნველყოს ნიადაგის საფარის მთლიანობა, ნაყოფიერების ზრდა და შენარჩუნება;
- განსაზღვროს მიწათმოსარგებლეთა, მიწათმესაკუთრეთა და სახელმწიფოს მოვალეობა და პასუხისმგებლობა ნიადაგის დაცვისა და ეკოლოგიურად სუფთა პროდუქციის წარმოების პირობების შესაქმნელად;

- აღკვეთოს ნიადაგის ნაყოფიერების ზრდის საშუალებათა გამოყენებისას უარყოფითი შედეგები.

საქართველოს კანონი წიაღის შესახებ (1996 წ.). კანონის მიზანია უზრუნველყოს წიაღისა და სასარგებლო წიაღისეულის რესურსების რაციონალური გამოყენება, ბუნებრივი კანონზომიერებისა და გარემოს პოტენციური შესაძლებლობების დღევანდელი და მომავალი თაობების ინტერესებისა და მდგრადი განვითარების პრინციპების გათვალისწინებით.

საქართველოს კანონით „წიაღის შესახებ“ საწარმო ვალდებულია:

- აიღოს შესაბამისი წიაღით სარგებლობის ლიცენზია.
- ისარგებლოს წიაღით მხოლოდ ლიცენზიით განსაზღვრული მიზნებისათვის.
- უზრუნველყოს წიაღისეული რესურსების რაციონალური და კომპლექსური გამოყენება, გარემოს



და წიაღის დაცვა.

- შეისწავლოს წიაღი კომპლექსურად, უზრუნველყოს შესაბამისი გეოლოგიური, სამარკშიდერო და სხვა დოკუმენტაციის წარმოება და შენახვა.

საქართველოს ტყის კოდექსი (1999 წ.). „საქართველოს ტყის კოდექსი“ აწესრიგებს საქართველოს ტყის ფონდის, მისი რესურსების მოვლასთან, დაცვასთან, აღდგენასა და გამოყენებასთან დაკავშირებულ სამართლებრივ ურთიერთობებს.

ტყის კოდექსის მიზანია:

- ადამიანის ძირითადი უფლებების დაცვა და კანონიერების განმტკიცება სატყეო ურთიერთობების სფეროში;

- ტყეების მოვლა, დაცვა და აღდგენა კლიმატური, წყალმარეგულირებელი, დაცვითი, კულტურული, გამაჯანსაღებელი და სხვა სასარგებლო ბუნებრივი თვისებების შენარჩუნებისა და გაუმჯობესებისათვის.

- თვითმყოფადი ბუნებრივი და კულტურული გარემოსა და მისი ცალკეული კომპონენტების, მათ შორის, მცენარეული საფარისა და ცხოველთა სამყაროს, ბიომრავალფეროვნების, ლანდშაფტის, ტყეში არსებული კულტურისა და ბუნების ძეგლების, მცენარეთა იშვიათი, გადაშენების პირას მყოფი სახეობებისა და სხვათა მომავალი თაობებისათვის შენარჩუნება და დაცვა, მათი ჰარმონიული ურთიერთგავლენის რეგულირება;

- ტყითმოსარგებლეთა უფლებებისა და მოვალეობების დადგენა სატყეო ურთიერთობების სფეროში;

- ტყის რესურსების მეცნიერულად დასაბუთებული შესაძლებლობების საფუძველზე მათი მიზნობრივი, კომპლექსური და რაციონალური გამოყენებით საქართველოსა და მისი ნოსახლეობის ეკოლოგიური, ეკონომიკური, სოციალური და კულტურული მოთხოვნილებების დაკმაყოფილება;

- ტყის მეურნეობის წარმართვის ძირითადი პრინციპების განსაზღვრა.

საქართველოს კანონი დაცული ტერიტორიების სისტემის შესახებ (1996 წ.). დაცული ტერიტორიები საქართველოში იქმნება უმნიშვნელოვანები ეროვნული მემკვიდრეობის – უნიკალური, იშვიათი და დამახასიათებელი ეკოსისტემების, მცენარეთა და ცხოველთა სახეობების, ბუნებრივი წარმონაქმნებისა და კულტურული არელების დასაცავად და აღსადგენად, მათი სამეცნიერო, საგანმანათლებლო, რეკრეაციული და ბუნებრივი რესურსების დამზოგავი მეურნეობების განვითარების მიზნით გამოყენების უზრუნველსაყოფად.

საქართველოს კანონი ცხოველთა სამყაროს შესახებ (1996 წ.). საქართველოს სახმელეთო ტერიტორიის, საჰაერო სივრცის, ტერიტორიული წყლების, კონტინენტური შელფისა და განსაკუთრებული ეკონომიკური ზონის ფარგლებში არსებული ცხოველთა სამყარო საქართველოს ეროვნული სიმდიდრეა და მას სახელმწიფო იცავს.

კანონის ძირითადი მიზანია უზრუნველყოს ცხოველთა სამყაროს, მისი საბინადრო გარემოს დაცვა და აღდგენა, სახეობრივი მრავალფეროვნების და გენეტიკური რესურსების შენარჩუნება, მდგრადობა და მდგრადი განვითარებისათვის პირობების შექმნა, დღევანდელი და მომავალი თაობების ინტერესების გათვალისწინებით.

საქართველოს კანონი საქართველოს ტერიტორიაზე ნარჩენების ტრანზიტისა და იმპორტის შესახებ (1995 წ.). საქართველოს რესპუბლიკის ტერიტორიაზე აკრძალულია:

▪ ტოქსიკური და რადიაქტიური სამრეწველო და საყოფაცხოვრებო ნარჩენების ტრანზიტი და იმპორტი, მათი საქართველოში უტილიზაციის, გაუვნებელყოფის, გადამუშავების, დამარხვის ან ნებისმიერი სხვა მიზნით.

▪ სხვა სამრეწველო და საყოფაცხოვრებო ნარჩენების იმპორტი მათი გაუვნებელყოფის, დამარხვის ან



დაწვის მიზნით.

▪ საქართველოს რესპუბლიკის ტერიტორიაზე ნარჩენების იმპორტი დაშვებულია მხოლოდ იმ შემთხვევაში, თუ ისინი აკმაყოფილებელ საქართველოს რესპუბლიკისა და ექსპორტიორი ქვეყნის კანონმდებლობის მოთხოვნათა შორის უმკაცრესს.



დავალებები და კითხვები თვითშემოწმებისათვის:

1. ჩამოთვალეთ გარემოსდაცვითი სფეროს ძირითად კანონები.
2. საკანონმდებლო მაცნის ვებ-გვერდის გამოყენებით მოძებნეთ საქართველოს კანონი „ეკოლოგიური ექსპერტიზის შესახებ“. გადმოწერეთ აღნიშნული კანონი pdf ფორმატის სახით. რა არის ეკოლოგიური ექსპერტიზა?
3. არის თუ არა საზოგადოების ინტერესების გათვალისწინება ეკოლოგიური ექსპერტიზის ერთ-ერთი ძირითადი პრინციპი?
4. საკანონმდებლო მაცნის ვებ-გვერდის გამოყენებით მოძებნეთ საქართველოს კანონი „გარემოზე ზემოქმედების შესახებ“. მისი გამოყენებით გაარკვიეთ ექვემდებარება თუ არა ეკოლოგიურ ექსპერტიზას მინისა და მინის პროდუქციის წარმოება?
5. საკანონმდებლო მაცნის ვებ-გვერდის გამოყენებით მოძებნეთ საქართველოს კანონი „ეკოლოგიური ნიადაგის დაცვის შესახებ“. გადმოწერეთ აღნიშნული კანონი pdf ფორმატის სახით. ყურადღებით შეისწავლეთ კანონში მოცემული ტერმინების განმარტებები.



3.2. გარემოს დაცვის სფეროში გამოყენებული ტექნიკური რეგლამენტები

გარდა ძირითადი კანონებისა გარემოს დაცვის სფეროში გამოყენებულია მთელი რიგი ტექნიკური რეგლამენტები.

ტექნიკური რეგლამენტი - განსაზღვრავს/ადგენს პროდუქტის, ასევე, წარმოების პროცესის უსაფრთხოების ძირითად პარამეტრებს. ტექნიკური რეგლამენტი (იმ სფეროში, სადაც არსებობს) სავალდებულოა შესასრულებლად.

სტანდარტი - გამოიყენება ტექნიკურ რეგლამენტში განსაზღვრული უსაფრთხოების მოთხოვნების ან/და მიზნების შესრულებისათვის. სტანდარტი შეიძლება ეხებოდეს კონკრეტულ პროცედურას, დეტალს ან სხვა კომპონენტს. სტანდარტის გამოყენება არის ნებაყოფლობითი ხასიათის, რაც საშუალებას აძლევს მეწარმეს ან სხვა პირს, საკუთარი შეხედულების შესაბამისად, შეარჩიოს და გამოიყენოს სტანდარტი.

გარემოს დაცვის სფეროში არსებული ტექნიკური რეგლამენტები ასახავს ჰაერის, წყლისა და ნიადაგის დაცვისა და ხარისხის შენარჩუნებისათვის საჭირო მოთხოვნებს, ასევე ნარჩენებისა და ქიმიური ნივთიერებების მართვის საკითხებს.

მაგალითად, გარემოს დაცვისა და სამრეწველო ეკოლოგიისათვის საყურადღებო ტექნიკური რეგლამენტებია:

- ტექნიკური რეგლამენტი - ატმოსფერული ჰაერის დაბინძურების სტაციონარული წყაროების ინვენტარიზაციის ტექნიკური რეგლამენტი;
- ტექნიკური რეგლამენტი - სამუშაო ზონის ჰაერში მავნე ნივთიერებების შემცველობის ზღვრულად დასაშვები კონცენტრაციები;
- ტექნიკური რეგლამენტი - საწარმოო სათავსების მიკროკლიმატისადმი წაყენებული ჰიგიენური მოთხოვნები;
- ტექნიკური რეგლამენტი - სამუშაო ზონის ჰაერში ფიბროგენული, შერეული ტიპის მოქმედების აეროზოლებისა და ლითონების ზღვრულად დასაშვები კონცენტრაციების დამტკიცების შესახებ;
- ტექნიკური რეგლამენტი - გარემოსთვის მიყენებული ზიანის განსაზღვრის (გამოანგარიშების) მეთოდოლოგია;
- ატმოსფერული ჰაერის დაბინძურების სტაციონარული წყაროების ინვენტარიზაციის ტექნიკური რეგლამენტის დამტკიცების თაობაზე;
- ტექნიკური რეგლამენტი ზედაპირული წყლის ობიექტებში ჩამდინარე წყლებთან ერთად ჩაშვებულ დამაბინძურებელ ნივთიერებათა ზღვრულად დასაშვები ჩაშვების (ზდჩ) ნორმების გაანგარიშების შესახებ;
- საქართველოს ზედაპირული წყლების დაბინძურებისაგან დაცვის ტექნიკური რეგლამენტი;
- ტექნიკური რეგლამენტი - წყლის სინჯის აღების სანიტარული წესები;
- სასმელი წყლის ტექნიკური რეგლამენტი;
- ტექნიკური რეგლამენტი - ნარჩენების ტრანსპორტირების წესი;
- ტექნიკური რეგლამენტი - რადიოაქტიური ნარჩენებისადმი მოპყრობის წესი;
- ტექნიკური რეგლამენტი - მაიონებელი გამოსხივების წყაროებთან მოპყრობისადმი რადიაციული უსაფრთხოების ნორმებისა და ძირითადი მოთხოვნები;
- ტექნიკური რეგლამენტი ნაგავსაყრელის მოწყობის, ოპერირების, დახურვისა და შემდგომი მოვლის შესახებ;



- ტექნიკური რეგლამენტი - მეტალის ჯართის რადიაციული მონიტორინგის წესი.
ტექნიკურ რეგლამენტებს დადგენილების სახით ღებულობს საქართველოს მთავრობა. ასეთი სახის დოკუმენტები ასევე წარმოდგენილია ვებ-გვერდზე www.matsne.gov.ge.

ტექნიკური რეგლამენტი

<https://www.matsne.gov.ge/ka/document/view/2196749>

საქართველოს მთავრობის
დადგენილება №70
2014 წლის 15 იანვარი
ქ.თბილისი

ტექნიკური რეგლამენტი - სამუშაო ზონის პაერში მავნე ნივთიერებების შემცველობის ზღვრულად დასაშვები კონცენტრაციების დამტკიცების შესახებ

მუხლი 1
მოსახლეობის ჯანმრთელობის დაცვის მიზნით შრომის პიგიურ პირობების უზრუნველყოფისა და პროფესიული დაავადებების პროფილაქტიკისათვის გასატარებელ ღონისძიებათა ზედმესაზღვრად, „ჯანმრთელობის დაცვის შესახებ“ საქართველოს კანონის 70-ე მუხლის გათვალისწინებით, პროდუქტის უსაფრთხოებისა და თავისუფალი მიმოქცევის კოდექსის 103-ე მუხლის პირველი ნაწილისა და ასევე, „ნორმატიული აქტების შესახებ“ საქართველოს კანონის 25-ე მუხლის შესაბამისად,
1. დამტკიცდეს თანდართული ტექნიკური რეგლამენტი – „სამუშაო ზონის პაერში მავნე ნივთიერებების ზღვრულად დასაშვები კონცენტრაციები (ზდკ)“;
2. მალადავრულად გამოცხადდეს „სამუშაო ზონის პაერში მავნე ნივთიერებების შემცველობის ზღვრულად დასაშვები კონცენტრაციების დამტკიცების შესახებ“ საქართველოს შრომის, ჯანმრთელობისა და სოციალური დაცვის მინისტრის 2003 წლის 25 დეკემბრის №346/ზ ბრძანება.

მუხლი 2
დადგენილება ამოქმედდეს 2014 წლის 1 იანვრიდან.

პრემიერ-მინისტრი ირაკლი ლარიბაშვილი

ტექნიკური რეგლამენტი – სამუშაო ზონის პაერში მავნე ნივთიერებების ზღვრულად დასაშვები კონცენტრაციები (ზდკ)

სურათი 3.4. ტექნიკური რეგლამენტის ელ-ვერსია <https://www.matsne.gov.ge/ka/document/view/2196749>



3.3. გარემოს დაცვის საერთაშორისო კონვენციები. საქართველოს მონაწილეობა საერთაშორისო კონვენციებში და შეთანხმებებში

საქართველო კანონმდებლობით დადგენილი წესით ახდენს იმ საერთაშორისო ხელშეკრულებებისა და შეთანხმებების დადებას, რატიფიცირებას, დენონსაციას და მათთან შეერთებას, რომლებიც არეგულირებენ გარემოს დაცვის სფეროში საქართველოს ურთიერთობებს სხვა სახელმწიფოებთან, სახელმწიფოთა კავშირებთან, აგრეთვე საერთაშორისო ორგანიზაციებთან.

საქართველოს მიერ რატიფიცირებული ძირითადი გარემოსდაცვითი ხელშეკრულებებია:

- კონვენცია გარემოსდაცვით საკითხებთან დაკავშირებული ინფორმაციის ხელმისაწვდომობის, გადაწყვეტილებების მიღების პროცესში საზოგადოების მონაწილეობისა და ამ სფეროში მართლმსაჯულების საკითხებზე ხელმისაწვდომობის შესახებ (ორჰუსის კონვენცია);
- კონვენცია სახიფათო ნარჩენების ტრანსსასაზღვრო გადაზიდვის და განთავსების შესახებ;
- გაეროს კონვენცია მდგრადი ორგანული დამაბინძურებლების შესახებ;
- საერთაშორისო კონვენცია გემებიდან დაბინძურების თავიდან აცილების შესახებ "MARPOL";
- ოზონის შრის დაცვის შესახებ ვენის კონვენცია;
- მონრეალის ოქმი ოზონის შრის დამშლელ ნივთიერებათა შესახებ;
- "ოზონის შრის დამშლელ ნივთიერებათა შესახებ" მონრეალის 1987 წლის ოქმის ცვლილება;
- შავი ზღვის დაბინძურებისაგან დაცვის კონვენცია;
- გაეროს კლიმატის ცვლილების ჩარჩო კონვენცია;
- შორ მანძილებზე ჰაერის ტრანსსასაზღვრო დაბინძურების კონვენცია
- გაეროს კონვენცია გაუდაბნოების წინააღმდეგ ბრძოლის შესახებ.

კონვენცია „გარემოსდაცვით საკითხებთან დაკავშირებული ინფორმაციის ხელმისაწვდომობის, გადაწყვეტილებების მიღების პროცესში საზოგადოების მონაწილეობისა და ამ სფეროში მართლმსაჯულების საკითხებზე ხელმისაწვდომობის შესახებ“ (ორჰუსის კონვენცია)

მიღების ადგილი და თარიღი: ორჰუსი, დანია, 1998წ

ძალაში შესვლის თარიღი საქართველოსათვის: 11 თებერვალი, 2001

ორჰუსის კონვენციას საფუძველი ჩაეყარა 1998 წელს ორჰუსში, დანიაში და იგი ძალაშია 2001 წლის ოქტომბრიდან. კონვენციის მთავარი მიზანია გააძლიეროს გარემოს დაცვა საზოგადოების სხვადასხვა პროცესებში ჩართვით და მათი მონაწილეობით გადაწყვეტილების მიღებაში. კონვენცია შექმნილია ისე, რომ ეხმარება დაიცვას ახლანდელი და მომავალი თაობების უფლებები, ვინაიდან ყოველ ადამიანს აქვს მისი ჯანმრთელობისა და კეთილდღეობის შესაბამის გარემოში ცხოვრების უფლება, აგრეთვე ყოველ მოქალაქეს გააჩნია მოვალეობა როგორც ინდივიდუალურად, ისე სხვებთან ერთად დაიცვას და გააუმჯობესოს გარემო.

ორჰუსის კონვენცია ერთმანეთთან აკავშირებს გარემოს დაცვის საკითხებსა და ადამიანის უფლებებს და შედეგად ადასტურებს რომ:

- მოქალაქეებისათვის ხელმისაწვდომი უნდა იყოს გარემოსდაცვითი ინფორმაცია,
- საზოგადოებას უნდა ჰქონდეს გადაწყვეტილებების მიღების პროცესში მონაწილეობის უფლება,
- საზოგადოებას უნდა ჰქონდეს უფლება მართლმსაჯულებაზე ზემოთხსენებული უფლებების დარღვევის შემთხვევაში. შესაბამისად, მას ხელი უნდა მიუწვდებოდეს გარემოსდაცვითი სფეროს კანონმდებლობაზე;



ინფორმაციის ხელმისაწვდომობასთან დაკავშირებით კი არის სპეციფიკური უფლებები და მოვალეობები სახელმწიფოს მხრიდან. ესენია ისევე როგორც ვადები ინფორმაციის გაცემისა, ასევე კონკრეტული მიზეზი, თუ რატომ შეიძლება საზოგადოებას ეთქვას უარი ამა თუ იმ ინფორმაციის გაცემაზე.

საზოგადოებამ ინფორმაციის გაცემაზე შეიძლება მიიღოს უარი იმ შემთხვევებში, თუკი საჯარო დაწესებულება არ ფლობს მოთხოვნილ ინფორმაციას; განაცხადი აშკარად არ შეესაბამება მოთხოვნებს, ან კიდევ ძალზედ ზოგადად არის ჩამოყალიბებული; ხდება ისეთი ინფორმაციის მოთხოვნა, რომლიც ჯერ კიდევ გადამუშავებაშია საჯარო ორგანიზაციის მიერ.

ასევე, ინფორმაციის გაცემაზე შეიძლება საზოგადოებამ მიიღოს უარი, თუკი ეს ინფორმაცია პირდაპირ თუ ირიბად აისახება და ეხება კონფიდენციალურ ინფორმაციას, ეროვნულ უსაფრთხოებას და ასევე საზოგადოების უსაფრთხოებას, შემდგომ მართლმსაჯულების პროცესს, როდესაც ინფორმაცია ეხება ინტელექტუალურ საკუთრებას ან პირადი მონაცემების კონფიდენციალურობას, ასევე იმ მესამე მხარის ინტერესებს რომელმაც ნებაყოფლობით გასცა ინფორმაცია.

თუმცა, ინფორმაციის გაცემაზე უარის მიღების შემთხვევაში უარის მიზეზი უნდა იყოს მოცემული, ასევე გარკვეულად უნდა იყოს მითითებული გასაჩივრების ის ფორმები, რომლებიც ინფორმაციის მომთხოვნმა მხარემ შეიძლება გამოიყენოს კონკრეტულ შემთხვევაში.

და ბოლოს, ნებისმიერი ადამიანისთვის, რომელიც თვლის, რომ მას ინფორმაციის მიღებაზე უარი ეთქვა, მისი განაცხადი იქნა იგნორირებული, თუ არასწორად განმარტებული, შესაძლებელი უნდა იყოს კონკრეტული გარემოებების გათვალისწინებით პროცესის განხილვა ეროვნული კანონმდებლობის ქვეშ.

ორჰუსის კონვენციის მიზანია: უზრუნველყოს საზოგადოებისათვის გარემოსდაცვითი ინფორმაციის და მასთან დაკავშირებულ მართლმსაჯულების საკითხებზე ხელმისაწვდომობისა და გადაწყვეტილებების მიღების პროცესში მონაწილეობის უფლების გარანტია.

ხელი შეუწყოს ნებისმიერ მოქალაქეს დაიცვას თავისი უფლება - იცხოვროს ჯანმრთელობისთვის უსაფრთხო და უვნებელ გარემოში. ორჰუსის კონვენცია ანიჭებს მოქალაქეებს უფლებას, როგორც ინდივიდუალურად, ასევე სხვებთან ერთად დაიცვან გარემო და გააუმჯობესონ საკუთარი მდგომარეობა;

საზოგადოებისთვის უფრო ხელმისაწვდომს ხდის საჯარო გარემოსდაცვით ინფორმაციას, რაც ხელს უწყობს ამ ორგანიზაციების საქმიანობის გამჭვირვალებას და ამაღლებს მათ საზოგადოებისადმი ანგარიშგების დონეს;

მოქალაქეებს ანიჭებს თავისი აზრის გამოთქმის და გარემოზე ზრუნვის უფლებას და უზრუნველყოფს საზოგადოების აზრის გათვალისწინებას;

კონვენციის მიერ მინიჭებული უფლებების დარღვევის შემთხვევაში, კონვენცია უზრუნველყოფს გასაჩივრების უფლებას;

ნებისმიერ ადამიანს ანიჭებს უფლებას ისარგებლოს კონვენციით მინიჭებული უფლებებით, მიუხედავად მისი მოქალაქეობისა თუ ეროვნებისა.

ორჰუსის კონვენციის წევრი სახელმწიფოების მოვალეობები:

- საჯარო დაწესებულებებს უნდა გააჩნდეთ გარემოსდაცვითი ინფორმაცია და უნდა რეგულარულად ანახლებდნენ მას თავისი ფუნქციების შესაბამისად;
- ნებისმიერი საჯარო ორგანიზაცია ვალდებულია საზოგადოების მოხოვნისამებრ ერთი (1) თვის განმავლობაში გასცეს მოთხოვნილი გარემოსდაცვითი ინფორმაცია;
- იმ შემთხვევაში, თუკი ადამიანის ჯანმრთელობას ან გარემოს საფრთხე ემუქრება, შესაბამისმა ორგანიზაციებმა დაუყოვნებლივ უნდა გაავრცელოს სრული და დეტალური ინფორმაცია, რათა თავიდან აიცილონ მოსალოდნელი საფრთხე;



- საჯარო მონაცემთა ელექტრონულ ბაზაში განთავსებული უნდა იყოს სრული გარემოსდაცვითი ინფორმაცია, რაც ხელს შეუწყობს მის ხელმისაწვდომობას;
- რეგულარულად უნდა მომზადდეს და გავრცელდეს გარემოსდაცვითი მოხსენებები;
- უნდა იყოს რეგისტრირებული დამაბინძურებელი ნივთიერებები და ის საქმიანობები, რომლებიც აბინძურებს გარემოს; ამასთან ერთად, უნდა შეიქმნას და შემდგომ რეგულარულად განახლდეს გარემოს დაბინძურების დონის ამსახველი საჯარო ელექტრონული რეესტრი;
- იმ შემთხვევაში, თუ ლიცენზიის გაცემა ხდება საქმიანობაზე, რომელიც იწვევს გარემოს დაბინძურებას და სერიოზულ ზიანს აყენებს მას, დაინტერესებულ მხარეებს უნდა მიეწოდოს დროული ობიექტური ინფორმაცია, რათა გარანტირებული იყოს მათი მონაწილეობის მიღება გადაწყვეტილების მიღების პროცესში;
- სახელმწიფომ უნდა უზრუნველყოს საზოგადოების მონაწილეობა გარემოსდაცვითი გადაწყვეტილების მიღების პროცესში საწყის ეტაპზე, მაშინ როდესაც განსჯისათვის ყველა ალტერნატივა ღიაა;
- ამა თუ იმ საქმიანობაში საბოლოო გადაწყვეტილების მიღების დროს აუცილებლად უნდა იყოს გათვალისწინებული დაინტერესებული მხარის აზრი;
- კონვენციის წევრი სახელმწიფო ვალდებულია უზრუნველყოს საზოგადოების ჩართვა გარემოსდაცვითი სამუშაო გეგმებისა თუ კანონმდებლობის შემუშავებაში;
- კონვენციის მიერ მინიჭებული უფლებების დარღვევის შემთხვევაში უზრუნველყოფილი უნდა იყოს სასამართლოში ან სხვა დამოუკიდებელ ორგანოში გასაჩივრების საშუალება;
- კერძო პირების ან ორგანიზაციების მიერ ეროვნული გარემოსდაცვითი კანონმდებლობის დარღვევის შემთხვევაში, მოქალაქეებს უნდა შეეძლოთ სასამართლოში ჩივილი.

შავი ზღვის დაბინძურებისაგან დაცვის კონვენცია - ბუქარესტის კონვენცია

მიღების ადგილი და თარიღი: ბუქარესტი, 1992

ძალაში შესვლის თარიღი საქართველოსათვის: 12 იანვარი, 1994

საქართველოს მიერ კონვენცია რატიფიცირებულ იქნა 1992 წლის 21 აპრილს. ძალაში შევიდა 1994 წლის 12 იანვარს.

ბულგარეთის, საქართველოს, რუმინეთის, რუსეთის ფედერაციის, თურქეთისა და უკრაინის მთავრობები:

ადასტურებენ თავიანთ ვალდებულებებს შავი ზღვის ეკოსისტემებიდან რეაბილიტაციასა და დაცვაზე, აგრეთვე მისი რესურსების მდგრად განვითარებაზე.

შავი ზღვის გარემოს მდგომარეობა რჩება შემფოთების საგნად, ვინაიდან გრძელდება მისი ეკოსისტემების გაუარესება და ბუნებრივი რესურსების არამდგრადი მოხმარება.

შავი ზღვის ეკოსისტემას კვლავ საფრთხეს უქადის ზოგიერთი დამაბინძურებელი წყლების არასაკმარისად გაწმენდა ისევე მიკრობიოლოგიური დამაბინძურებლის არსებობას და ა.შ. საჭიროა აღინიშნოს, რომ გარემოზე დაკვირვებამ ბოლო 4-5 წლის განმავლობაში გამოავლინა შესამჩნევი და ახლაც მიმდინარე გაუმჯობესება შავი ზღვის ეკოსისტემის რამდენიმე კერძო უბანში. ეს სასიკეთო ძვრები – არაპირდაპირი შედეგია რეგიონში ეკონომიკური აქტიურობის დაქვეითებისა, ნაწილობრივ კი – მთავრობების მხრიდან გატარებული დაცვითი ღონისძიებების.

ამოცანა, რომლის წინაშეც დგას ახლა რეგიონი, ასეთია: შენარჩუნებულ იქნას შავი ზღვის გარემოს ჯანსაღი დგომარეობა იმ მომენტისათვის, როდესაც დაიწყება რეგიონის ეკონომიკური აღორძინება.



სტრატეგიული სამოქმედო გეგმა არის ერთ-ერთი საფეხური შავი ზღვის რეგიონში მდგრადი განვითარების მიღწევის საქმეში. მისი საბოლოო მიზანია – მიეცეს შავი ზღვის რეგიონის მოსახლეობას საშუალება ისარგებლოს ჯანსაღი საცხოვრებელი გარემოთი, როგორც ქალაქში, ასევე სოფლად.

შავი ზღვის რეაბილიტაციასა და დაცვაზე პასუხისმგებელი მინისტრები ყოველ ხუთ წელიწადში ერთხელ შეხვედებიან ერთმანეთს, რათა შეაფასონ ის წინსვლა, რომელსაც ადგილი ექნება ამ სტრატეგიული სამოქმედო გეგმის განხორციელებაში და საჭიროების შემთხვევაში დასახავენ დამატებით ღონისძიებებს ამ გეგმის ზოგადი მიზნების მისაღწევად.

3.4. გარემოსდაცვითი მოთხენები საქართველო-ევროკავშირის ასოცირების ხელშეკრულებაში და გარემოსდაცვითი სფეროს განვითარების პერსპექტივები

2014 წლის ევროკავშირი-საქართველოს ასოცირების ხელშეკრულებით საქართველომ აიღო ვალდებულება გაატაროს რეფორმები და უზრუნველყოს კანონმდებლობის ჰარმონიზაცია ევროკავშირის მთელ რიგ დირექტივებთან, მათ შორის, გარემოს დაცვისა და მდგრადი განვითარების სფეროში. კერძოდ, საუბარია შემდეგ სფეროებზე: გარემოსდაცვითი მმართველობა და ჰორიზონტული საკითხები; ჰაერის ხარისხი; წყლის ხარისხი და წყლის რესურსების მართვა; ნარჩენების მართვა; ბუნების დაცვა; საწარმოების მიერ გარემოს დაბინძურება; ქიმიური ნივთიერებების მართვა.

ჰაერის ხარისხის დაცვა

ატმოსფერული ჰაერის ხარისხისა და ევროპაში უფრო სუფთა ჰაერის შესახებ 2008 წლის 21 მაისის ევროპარლამენტისა და საბჭოს 2008/50/EC დირექტივის მიხედვით:

- ზონებისა და აგლომერაციების დადგენა და კლასიფიცირება (უნდა შესრულდეს 2020 წლამდე)
- ჰაერის დამაბინძურებლებთან მიმართებაში ატმოსფერული ჰაერის ხარისხის შეფასების რეჟიმის დადგენა შესაბამისი კრიტერიუმების მიხედვით (უნდა შესრულდეს 2020 წლამდე);
- ჰაერის ხარისხის გეგმების შემუშავება იმ ზონებისა და აგლომერაციებისათვის, სადაც დაბინძურების დონე ზღვრულ/მიზნობრივ მაჩვენებელს აღემატება (უნდა შესრულდეს 2021 წლამდე);
- მოკლევადიანი სამოქმედო გეგმების შემუშავება იმ ზონებისა და აგლომერაციებისათვის, სადაც არსებობს საგანგაშო ზღვრების გადაჭარბების რისკი (უნდა შესრულდეს 2021 წლამდე);
- საზოგადოების ინფორმაციით უზრუნველყოფის სისტემის ჩამოყალიბება (უნდა შესრულდეს 2021 წლამდე).

ზოგიერთ თხევად საწვავში გოგირდის შემცველობის შემცირების შესახებ 1999 წლის 26 აპრილის 1999/32/EC დირექტივა, რომელიც შესწორებულია N 1882/2003 EC რეგულაციის და 2005/33/EC დირექტივის მიხედვით:

- სინჯების აღების ეფექტური სისტემის შექმნა და ანალიზისათვის შესაბამისი ანალიტიკური მეთოდების დადგენა (უნდა შესრულდეს 2021 წლამდე);
- დადგენილ ზღვრებზე მეტი გოგირდის შემცველობის მქონე მძიმე საწვავისა და გაზოილის (ნავთობის გამოხდის თხევადი პროდუქტი) გამოყენების აკრძალვა (უნდა შესრულდეს 2021 წლამდე);



ბენზინის შენახვითა და მისი ტერმინალებიდან ავტოგასამართ სადგურებში დისტრიბუციით გამოწვეული აქროლადი ორგანული ნაერთის (VOC) გაფრქვევების კონტროლის შესახებ 1994 წლის 20 დეკემბრის 94/63/EC დირექტივა, N 1882/2003 (EC) რეგულაციით შეტანილი ცვლილების თანახმად:

- ყველა ტერმინალის იდენტიფიცირება, სადაც ბენზინის შენახვა და ჩატვირთვა ხდება (უნდა შესრულდეს 2017 წლამდე);
- ტერმინალებისა და ავტოგასამართი სადგურების საცავებიდან და ტერმინალებზე მოძრავი კონტეინერების ჩატვირთვა/გადმოტვირთვის დროს ბენზინის დაღვრის შესამცირებლად ტექნიკური ზომების დაწესება (უნდა შესრულდეს 2018 წლამდე);
- ყველა საგზაო ცისტერნის ჩამტვირთავ მოწყობილობასა და მოძრავი კონტეინერისთვის მოთხოვნების შესრულების ვალდებულების დაწესება (უნდა შესრულდეს 2021 წლამდე).

ზოგიერთ საღებავში, ლაქებსა და ავტოსატრანსპორტო საშუალებების გადაღების პროდუქციაში ორგანული გამხსნელების გამოყენებით გამოწვეული აქროლადი ორგანული ნაერთების (VOC) გაფრქვევების შემცირების შესახებ 2004 წლის 21 აპრილის ევროპარლამენტისა და საბჭოს 2004/42/EC დირექტივის მიხედვით:

- საღებავებსა და ლაქებში აქროლადი ორგანული ნაერთის (VOC) შემცველობის მაქსიმალური ზღვრული მნიშვნელობის დაწესება (უნდა შესრულდეს 2023 წლამდე);
- მოთხოვნების დაწესება, რათა უზრუნველყოფილ იქნას ბაზარზე არსებული პროდუქციის ეტიკეტირება და ბაზარზე პროდუქტების განთავსება, რომლებიც შესაბამის მოთხოვნებს აკმაყოფილებს (უნდა შესრულდეს 2023 წლამდე).

წყლის ხარისხი და წყლის რესურსების მართვა

წყლის პოლიტიკის სფეროში საზოგადოებრივი მოქმედებისათვის ჩარჩოს შემუშავების შესახებ 2000 წლის 23 ოქტომბრის ევროპარლამენტისა და საბჭოს 2000/60/EC დირექტივა, 2455/2001/EC გადაწყვეტილებით შეტანილი შესწორებების შესაბამისად.

- მდინარის აუზის უბნების განსაზღვრა და ადმინისტრაციული მექანიზმების დაწესება საერთაშორისო მდინარეების, ტბებისა და სანაპირო წყლებისათვის (უნდა შესრულდეს 2017 წლამდე);
- მდინარის აუზის უბნების მახასიათებლების ანალიზი (უნდა შესრულდეს 2018 წლამდე);
- წყლის ხარისხის მონიტორინგის პროგრამების ჩამოყალიბება გრუნტის წყლებთან დაკავშირებით (უნდა შესრულდეს 2022 წლამდე);
- წყლის ხარისხის მონიტორინგის პროგრამების ჩამოყალიბება ზედაპირულ წყლებთან დაკავშირებით (უნდა შესრულდეს 2020 წლამდე);
- მდინარის აუზის მართვის გეგმების მომზადება, საზოგადოებასთან კონსულტაციები და ამ გეგმების გამოქვეყნება (უნდა შესრულდეს 2024 წლამდე).

წყალდიდობის რისკების შეფასებისა და მართვის შესახებ 2007 წლის 23 ოქტომბრის ევროპარლამენტისა და საბჭოს 2007/60/EC დირექტივა:

- წყალდიდობების შესახებ წინასწარი შეფასების გაკეთება (უნდა შესრულდეს 2019 წლამდე);
- წყალდიდობის საფრთხეების რუკებისა და წყალდიდობის რისკების რუკების მომზადება (უნდა შესრულდეს 2021 წლამდე);
- წყალდიდობის რისკის მართვის გეგმების შემუშავება (უნდა შესრულდეს 2023 წლამდე).



ურბანული ჩამდინარე წყლის გაწმენდის შესახებ 1991 წლის 21 მაისის საბჭოს 91/271/EEC დირექტივა, 98/15/EC დირექტივითა და N 1882/2003 რეგულაციით შეტანილი ცვლილებების შესაბამისად:

- ურბანული ჩამდინარე წყლის შეგროვებისა და გაწმენდის მდგომარეობის შეფასება (უნდა შესრულდეს 2020 წლამდე);
- სენსიტიური არეალებისა და აგლომერაციების იდენტიფიცირება (უნდა შესრულდეს 2021 წლამდე);
- ტექნიკური და საინვესტიციო პროგრამების მომზადება ურბანული ჩამდინარე წყლის შეგროვებისა და გაწმენდისათვის (უნდა შესრულდეს 2022 წლამდე).

ადამიანის მოხმარებისათვის განკუთვნილი წყლის ხარისხის შესახებ 1998 წლის 3 ნოემბრის საბჭოს 98/83/EC დირექტივა (EC) N 1882/2003 რეგულაციით შეტანილი ცვლილებებით:

- სასმელი წყლის სტანდარტების დაწესება (უნდა შესრულდეს 2018 წლამდე);
- მონიტორინგის სისტემის ჩამოყალიბება (უნდა შესრულდეს 2021 წლამდე);
- მომხმარებლებისათვის ინფორმაციის მიწოდების მექანიზმების შემუშავება (უნდა შესრულდეს 2021 წლამდე);

სასოფლო სამეურნეო საქმიანობაში გამოყენებული ნიტრატებით დაბინძურებისაგან წყლების დაცვის შესახებ 1991 წლის 12 დეკემბრის საბჭოს 91/676/EEC დირექტივა, (EC) N 1882/2003 რეგულაციით შეტანილი ცვლილებების შესაბამისად

- მონიტორინგის პროგრამების შექმნა (ზედაპირული წყლებისათვის უნდა შესრულდეს 2019 წლამდე, გრუნტის წყლებისათვის უნდა შესრულდეს 2022 წლამდე);
- დაბინძურებული წყლების ან რისკის ქვეშ მყოფი წყლების იდენტიფიცირება და ნიტრატების მიმართ მოწყვლადი ზონების განსაზღვრა (ზედაპირული წყლებისათვის უნდა შესრულდეს 2019 წლამდე, გრუნტის წყლებისათვის უნდა შესრულდეს 2022 წლამდე);
- სამოქმედო გეგმების შემუშავება და ნიტრატების მიმართ მოწყვლადი ზონებისათვის კარგი სასოფლო სამეურნეო პრაქტიკის წესების განსაზღვრა (უნდა შესრულდეს 2021 წლამდე);

ნარჩენების მართვა

ნარჩენების შესახებ 2008 წლის 19 ნოემბრის ევროპარლამენტისა და საბჭოს 2008/98/EC დირექტივის მიხედვით:

- ნარჩენების მართვის გეგმების მომზადება ნარჩენების ხუთსაფეხურიანი იერარქიის შესაბამისად და ნარჩენების პრევენციის პროგრამების შემუშავება (უნდა შესრულდეს 2020 წლამდე);
- ხარჯების ამოღების მექანიზმის შემუშავება "დამაბინძურებელი იხდის" პრინციპზე დაყრდნობით (უნდა შესრულდეს 2021 წლამდე);
- სანებართვო სისტემის შექმნა ისეთი ობიექტებისათვის, რომლებიც ეწევიან ნარჩენების განთავსებისა და აღდგენის ოპერაციებს და იღებენ სპეციალურ ვალდებულებებს სახიფათო ნარჩენების მართვასთან დაკავშირებით (უნდა შესრულდეს 2019 წლამდე);
- ნარჩენების შემგროვებელი და გადამზიდავი დაწესებულების და საწარმოების რეგისტრაციის შემოღება (უნდა შესრულდეს 2018 წლამდე);

ნაგავსაყრელების შესახებ 1999 წლის 26 აპრილის საბჭოს 1999/31/EC დირექტივა EC) N1882/2003 რეგულაციით შეტანილი ცვლილებების შესაბამისად:

- ნაგავსაყრელების კლასიფიკაცია (უნდა შესრულდეს 2019 წლამდე);
- ეროვნული სტრატეგიის შემუშავება, რომლითაც შემცირდება ნაგავსაყრელზე ბიოდეგრადირებადი მუნიციპალური ნარჩენების მოხვედრა (უნდა შესრულდეს 2020 წლამდე);



- ნაგავსაყრელებზე ნარჩენების მიღების პროცედურების, განაცხადის შეტანისა და სანებართვო სისტემის ჩამოყალიბება (უნდა შესრულდეს 2019 წლამდე);
- დადგინდეს კონტროლის და მონიტორინგის პროცედურები ნაგავსაყრელების ოპერირების, დახურვის და დახურვის შემდგომ ფაზებში მოვლის პროცედურების შესახებ (უნდა შესრულდეს 2020 წლამდე);
- არსებული ნაგავსაყრელებისათვის პირობათა გეგმების შემუშავება (უნდა შესრულდეს 2020 წლამდე);
- ხარჯთაღრიცხვის მექანიზმების შემუშავება, რომელიც ითვალისწინებს ნაგავსაყრელის მოწყობასა და ოპერირებას, და რამდენადაც შესაძლებელია, დახურვასა და დახურვის შემდგომ მოვლა-პატრონობის პროცედურებს (უნდა შესრულდეს 2022 წლამდე);
- ნაგავსაყრელზე განთავსებამდე გარკვეული ნარჩენების დამუშავების უზრუნველყოფა (უნდა შესრულდეს 2022 წლამდე);

მოპოვებითი მრეწველობიდან წარმოქმნილი ნარჩენების მართვის შესახებ 2006 წლის 15 მარტის ევროპარლამენტისა და საბჭოს 2006/21/EC დირექტივით:

- ოპერატორების მიერ ნარჩენების მართვის გეგმების შემუშავების უზრუნველყოფა; ნარჩენების გადამამუშავებელი საწარმოების იდენტიფიკაცია და კლასიფიკაცია (უნდა შესრულდეს 2019 წლამდე);
- სანებართვო, ინსპექტირებისა და ფინანსური გარანტიების სისტემის ჩამოყალიბება (უნდა შესრულდეს 2020 წლამდე);
- სამთო-მოპოვებითი სამუშაოების შედეგად დარჩენილი კარიერების მართვისა და მონიტორინგის პროცედურების შემუშავება (უნდა შესრულდეს 2020 წლამდე);
- სამთო-მოპოვებითი ნარჩენების მოპოვების შედეგად არსებული ადგილების დახურვისა და დახურვის შემდგომი პროცედურების შემუშავება (უნდა შესრულდეს 2020 წლამდე);
- დახურული სამთო-მოპოვებითი ნარჩენების მომპოვებელი ადგილების ინვენტარიზაცია (უნდა შესრულდეს 2020 წლამდე);



დავალებები და კითხვები თვითშემოწმებისათვის:

1. რას წარმოადგენს ტექნიკური რეგლამენტი? არის თუ არა იგი სავალდებულოდ შესასრულებელი?
2. რომელი სახელმწიფო მართვის ორგანო ღებულობს ტექნიკურ რეგლამენტებს?
3. რომელ საიტზე ქვეყნდება ტექნიკური რეგლამენტები?
4. იპოვეთ და გადმოწერეთ ტექნიკური რეგლამენტი სამუშაო ზონის ჰაერში მავნე ნივთიერებების შემცველობის ზღვრულად დასაშვები კონცენტრაციები.
5. ჩამოთვალეთ გარემოსდაცვით სფეროში მოქმედი საერთაშორისო კონვენციები.
6. რას არეგულირებს ორჰუსის კონვენცია?
7. აღწერეთ შავი ზღვის დაბინძურებისაგან დაცვის კონვენციის ძირითადი მიზანი. რომელი ქვეყნები ერთიანდებიან ამ კონვენციის ქვეშ?
8. აღწერეთ რა ცვლილებებია მოსალოდნელი სასმელი წყლის ხარისხის მართვაში ევროკავშირთან ასოცირების ხელშეკრულების მიხედვით.
9. აღწერეთ რა ცვლილებებია მოსალოდნელი ატმოსფერული ჰაერის ხარისხის მართვაში ევროკავშირთან ასოცირების ხელშეკრულების მიხედვით.
10. საკანონმდებლო მაცნის ვებ-გვერდის გამოყენებით მოძებნეთ საქართველოს კანონი „ატმოსფერული ჰაერის დაცვის შესახებ“. რა ცვლილებებია შესული აღნიშნულ კანონში 2014 წლის შედმეგ? შეადარეთ აღნიშნული ცვლილებები ევროკავშირთან ასოცირების მოთხოვნებს.



3.5. გარემოსდაცვითი ზედამხედველობა, ნებართვებისა და ლიცენზირების სისტემა

ლიცენზიებისა და ნებართვების სისტემა რეგულირდება საქართველოს კანონით ლიცენზიებისა და ნებართვების შესახებ, რომელიც მიღებულ იქნა 2005 წლის ივნისში. აღნიშნული კანონი არეგულირებს ისეთ ორგანიზებულ საქმიანობას ან ქმედებას, რომელიც მოიცავს განსაკუთრებით მნიშვნელოვან სახელმწიფო ან საზოგადოებრივ ინტერესებს ან დაკავშირებულია სახელმწიფო რესურსებით სარგებლობასთან. იგი აწესრიგებს ლიცენზიითა და ნებართვით რეგულირებულ სფეროს, განსაზღვრავს ლიცენზიისა და ნებართვის სახეების ამომწურავ ჩამონათვალს, ადგენს მათი გაცემის, გაუქმების ან მათში ცვლილებების შეტანის წესებს.

ლიცენზიით ან ნებართვით რეგულირების მიზანი და ძირითადი პრინციპებია:

- ადამიანის სიცოცხლისა და ჯანმრთელობის უსაფრთხოების უზრუნველყოფა და დაცვა;
- ადამიანის საცხოვრებელი გარემოს უსაფრთხოების უზრუნველყოფა და დაცვა;
- სახელმწიფო და საზოგადოებრივი ინტერესების დაცვა.

კანონით გათვალისწინებულია ლიცენზიის მოპოვების აუცილებლობა 84 დასახელების საქმიანობაზე, რომელთა შორისაცაა: ბავშვთა კვების პროდუქტების წარმოება, ბირთვული და რადიაციული მასალების წარმოებასთან დაკავშირებული საქმიანობა, ელექტროენერგიის წარმოება, გადაცემა, დისპეჩერიზაცია და განაწილება, ბუნებრივი გაზის განაწილება და ტრანსპორტირება, ნავთობის გადამუშავება და ტრანსპორტირება, კლინიკურ-იმუნოლოგიური და ალერგიულ სნეულებათა სტაციონალური მკურნალობა, განსაკუთრებით საშიშ ინფექციებზე საქმიანობის განხორციელება, თერაპიული, ქირურგიული და სხვადასხვა მიმართულების სტაციონალური სამედიცინო საქმიანობა, სასარგებლო წიაღისეულის მოპოვება და სხვ.

ლიცენზია

განსაზღვრული საქმიანობის განხორციელების უფლება, რომელიც მინიჭებული და გაცემულია ადმინისტრაციული ორგანოს მიერ ადმინისტრაციული აქტის საფუძველზე პირისათვის კანონით დადგენილი პირობების დაკმაყოფილების საფუძველზე.

კანონით გათვალისწინებულია ნებართვის გაცემა განსაზღვრული სახის საქმიანობებზე, რომელთა შორისაცაა: გარემოზე ზემოქმედების ნებართვა.

ლიცენზია – განსაზღვრული საქმიანობის განხორციელების უფლება, რომელიც მინიჭებული და გაცემულია ადმინისტრაციული ორგანოს მიერ ადმინისტრაციული აქტის საფუძველზე პირისათვის კანონით დადგენილი პირობების დაკმაყოფილების საფუძველზე.

ლიცენზიის სახეებია სარგებლობის ლიცენზია და საქმისნობის ლიცენზია.

სარგებლობის ლიცენზია – ლიცენზიის სახეობა, რომლითაც პირს ენიჭება ამ კანონით განსაზღვრული სახელმწიფო რესურსებით სარგებლობის უფლება. სარგებლობის ლიცენზია გაიცემა აუქციონის წესით, გარდა ამ კანონითა და „ელექტრონული კომუნიკაციების შესახებ“ საქართველოს კანონით გათვალისწინებული შემთხვევებისა, და უკავშირდება ობიექტს. ლიცენზიის მფლობელი უფლებამოსილია დაყოს სარგებლობის ლიცენზია ან/და მთლიანად ან ნაწილი გადასცეს სხვა პირს, მათ შორის, მემკვიდრეობით;

საქმიანობის ლიცენზია – ლიცენზიის სახეობა, რომლითაც პირს ენიჭება ამ კანონით განსაზღვრული საქმიანობის განხორციელების უფლება. საქმიანობის ლიცენზია გაიცემა მაძიებლის მიერ კანონით დადგენილი პირობების დაკმაყოფილების შემდეგ და უკავშირდება სუბიექტს. საქმიანობის ლიცენზიის მემკვიდრეობით ან სხვა სახით გადაცემა დაუშვებელია;



გენერალური ლიცენზია – უფლება, როდესაც პირს შეუძლია ერთიანი ზოგადი ლიცენზიის საფუძველზე განახორციელოს მსგავსი ტიპის საქმიანობები და ვალდებული არ არის ცალ-ცალკე მოიპოვოს თითოეული საქმიანობის ლიცენზია;

სპეციალური ლიცენზია – უფლება, როდესაც პირს შეუძლია განახორციელოს რომელიმე ვიწრო საქმიანობა ლიცენზირებადი საქმიანობის ზოგადი სახეობიდან და ვალდებულია წარმოადგინოს მხოლოდ სპეციალური სალიცენზიო პირობების დამაკმაყოფილებელი ფაქტობრივი გარემოებები. ლიცენზიის მაძიებელს შეუძლია განახორციელოს სპეციალური ლიცენზიით ნებადართული საქმიანობა ისე, რომ არ მოიპოვოს საქმიანობათა უფრო ფართო წრის მარეგულირებელი ლიცენზია;

ნებართვა – გათვალისწინებული, განსაზღვრული ან განუსაზღვრელი ვადით ქმედების განხორციელების უფლება, რომელიც უკავშირდება ობიექტს და ადასტურებს ამ განზრახვის კანონით დადგენილ პირობებთან შესაბამისობას. შესაძლებელია ნებართვის გადაცემა სხვა პირისთვის, თუ ეს კანონით არ არის აკრძალული ან ნებართვა არსობრივად არ არის დაკავშირებული მის მფლობელთან;

სალიცენზიო მოწმობა – ლიცენზიის ფლობის დამადასტურებელი საბუთი;

სანებართვო მოწმობა – ნებართვის ფლობის დამადასტურებელი საბუთი;

სარგებლობის ლიცენზიის სახეები:

1. სასარგებლო წიაღისეულის მოპოვების ლიცენზია.
2. მიწისქვეშა სივრცის გამოყენების ლიცენზია.
3. ნავთობისა და გაზის რესურსებით სარგებლობის გენერალური ლიცენზია:
 - ა) ნავთობისა და გაზის ძებნა-ძიების სპეციალური ლიცენზია;
 - ბ) ნავთობისა და გაზის მოპოვების სპეციალური ლიცენზია.
4. ტყით სარგებლობის გენერალური ლიცენზია:
 - ა) ხე-ტყის დამზადების სპეციალური ლიცენზია;
 - ბ) სამონადირეო მეურნეობის სპეციალური ლიცენზია.
5. თევზჭერის ლიცენზია.

კანონის სრული ვერსია იხილეთ <https://www.matsne.gov.ge/ka/document/view/26824#!>

კანონი „გარემოზე ზემოქმედების ნებართვის შესახებ“. 2007 წლის 14 დეკემბერს, საქართველოს პარლამენტის მიერ მიღებულია საქართველოს კანონი „გარემოზე ზემოქმედების ნებართვის შესახებ“.

ამ კანონის რეგულირების სფერო არის ისეთი ორგანიზებული საქმიანობა ან ქმედება, რომელიც ეხება პირთა განუსაზღვრელ წრეს და ხასიათდება ადამიანის სიცოცხლისთვის ან ჯანმრთელობისთვის მომეტებული საფრთხით. ეს კანონი განსაზღვრავს საქართველოს ტერიტორიაზე სავალდებულო ეკოლოგიური ექსპერტიზისადმი დაქვემდებარებულ საქმიანობათა სრულ ნუსხას და მათ განსახორციელებლად გარემოზე ზემოქმედების ნებართვის გაცემის, ნებართვის გაცემისას ეკოლოგიური ექსპერტიზის ჩატარების, გარემოზე ზემოქმედების შეფასებისა და ნებართვის გაცემის შესახებ გადაწყვეტილების მიღების პროცესებში საზოგადოების მონაწილეობისა და მისი ინფორმირების სამართლებრივ საფუძვლებს.

გარემოზე ზემოქმედების ნებართვა

საქართველოს გარემოსა და ბუნებრივი რესურსების დაცვის სამინისტროს მიერ საქართველოს კანონმდებლობით დადგენილი წესითა და ფორმით, განუსაზღვრელი ვადით მინიჭებული უფლება, რომელიც გაიცემა საქმიანობის განმახორციელებელზე და საქმიანობის დაწყების სამართლებრივი საფუძველია.



გარემოზე ზემოქმედების შეფასება (გზშ)

დაგეგმილი საქმიანობის შესწავლისა და გამოკვლევის პროცედურა, რომლის მიზანია გარემოს ცალკეული კომპონენტების, ადამიანის, ასევე ლანდშაფტის და კულტურული მემკვიდრეობის დაცვა. გზშ შეისწავლის, გამოავლენს და აღწერს საქმიანობის პირდაპირ და არაპირდაპირ ზეგავლენას ადამიანის ჯანმრთელობასა და უსაფრთხოებაზე, მცენარეულ საფარსა და ცხოველთა სამყაროზე, ნიადაგზე, ჰაერზე, წყალზე, კლიმატზე, ლანდშაფტზე, ეკოსისტემებსა და ისტორიულ ძეგლებზე ან ყველა ზემოაღნიშნული ფაქტორის ერთიანობაზე, მათ შორის, ამ ფაქტორების ზეგავლენას კულტურულ ფასეულობებსა (კულტურულ მემკვიდრეობასა) და სოციალურ-ეკონომიკურ ფაქტორებზე.

ამ კანონის მიზნებსა და ამოცანებში შედის:

- საქმიანობის პროცესში ადამიანის ჯანმრთელობის, ბუნებრივი გარემოს, ასევე კულტურული და მატერიალური ფასეულობების დაცვა;

- საქართველოს კონსტიტუციით გათვალისწინებული მოქალაქის ძირითადი უფლების – მიიღოს სრული, ობიექტური და დროული ინფორმაცია თავისი სამუშაო და საცხოვრებელი გარემოს მდგომარეობაზე, აგრეთვე გარემოსდაცვით სფეროში სახელმწიფოს მიერ მნიშვნელოვანი გადაწყვეტილებების მიღების პროცესში საზოგადოების მონაწილეობის უზრუნველყოფა;

- საქმიანობის განხორციელებასთან დაკავშირებული მნიშვნელოვანი გადაწყვეტილებების

მიღების პროცესში სახელმწიფოსა და საზოგადოების ეკოლოგიური, სოციალური და ეკონომიკური ინტერესების გათვალისწინება.

- საქმიანობაზე ნებართვის გაცემის სფეროში საქმიანობის განმახორციელებლის, საზოგადოებისა და სახელმწიფოს უფლება-მოვალეობების ჩამოყალიბება და დაცვა;

- გარემოსა და ბუნებრივი რესურსების შეუქცევადი რაოდენობრივი და ხარისხობრივი ცვლილებებისაგან დაცვის, ასევე მათი რაციონალური გამოყენების ხელშეწყობა.

„გარემოზე ზემოქმედების ნებართვის შესახებ“ საქართველოს კანონი განსაზღვრავს **გარემოზე ზემოქმედების შეფასების (გზშ) ანგარიშის საჯარო განხილვის წესს:**

- გზშ არის დაგეგმილ საქმიანობაზე დამასაბუთებელი დოკუმენტაციის შექმნისა და ამ საქმიანობაზე გარემოსდაცვითი გადაწყვეტილების მიღების პროცესებში გარემოზე ყოველგვარი მოსალოდნელი ზემოქმედების წყაროს ხასიათისა და ხარისხის განსაზღვრა, აგრეთვე დაგეგმილი საქმიანობის ეკოლოგიური, სოციალური და ეკონომიკური შედეგების შეფასება. გზშ-ის პროცედურას და გზშ-ის ანგარიშის შინაარსისადმი მოთხოვნებს განსაზღვრავს საქართველოს კანონმდებლობა და „გარემოზე ზემოქმედების შეფასების შესახებ“ დებულება, რომელსაც კანონქვემდებარე ნორმატიული აქტით ამტკიცებს მინისტრი. ნებართვის მისაღებად წარდგენილი გარემოზე ზემოქმედების შეფასების ანგარიში უნდა ასახავდეს როგორც გარემოს არსებული მდგომარეობის ანალიზს (ეკოლოგიურ აუდიტს), ისე მიმდინარე საქმიანობით გამოწვეული გარემოზე ზემოქმედების შემამცირებელ ღონისძიებათა გეგმას;

- საქმიანობის განმახორციელებელი ვალდებულია გზშ-ის ანგარიშის ნებართვის გამცემი ადმინისტრაციული ორგანოსათვის წარდგენამდე მოაწყოს მისი საჯარო განხილვა;

- გზშ-ის ანგარიშის საჯარო განხილვის მოწყობის მიზნით, საქმიანობის განმახორციელებელი ვალდებულია გამოაქვეყნოს თავის მიერ დაგეგმილი საქმიანობის შესახებ ინფორმაცია. ინფორმაცია უნდა გამოქვეყნდეს როგორც ცენტრალურ პერიოდულ ბეჭდვით ორგანოში, ისე იმ თვითმმართველი ერთეულის ადმინისტრაციული ტერიტორიის ფარგლებში არსებულ პერიოდულ ბეჭდვით ორგანოში (ასეთის არსებობის შემთხვევაში), სადაც დაგეგმილია საქმიანობის განხორციელება;

- დაგეგმილი საქმიანობის შესახებ ინფორმაცია უნდა შეიცავდეს:



- ა) დაგეგმილი საქმიანობის მიზნებს, დასახელებასა და ადგილმდებარეობას;
- ბ) მისამართს, სადაც საზოგადოების წარმომადგენლებს შეეძლება დაგეგმილ საქმიანობასთან დაკავშირებული დოკუმენტების (მათ შორის, გზშ-ის ანგარიშის) გაცნობა;
- გ) საზოგადოების წარმომადგენელთა მოსაზრებების წარდგენის ვადას;
- დ) გზშ-ის ანგარიშის საჯარო განხილვის მოწყობის დროსა და ადგილს.
- საქმიანობის განმახორციელებელი ვალდებულია:
- ა) ბეჭდვით ორგანოში დაგეგმილი საქმიანობის შესახებ ინფორმაციის გამოქვეყნებიდან ერთი კვირის ვადაში ნებართვის გამცემ ადმინისტრაციულ ორგანოში წარადგინოს გზშ-ის ანგარიშის როგორც დოკუმენტური, ისე ელექტრონული ვერსიები;
- ბ) დაგეგმილი საქმიანობის შესახებ ინფორმაციის გამოქვეყნებიდან 45 დღის განმავლობაში მიიღოს და განიხილოს საზოგადოების წარმომადგენლებისაგან წერილობითი სახით წარმოდგენილი შენიშვნები და მოსაზრებები;
- გ) დაგეგმილი საქმიანობის შესახებ ინფორმაციის გამოქვეყნებიდან არა უადრეს 50 და არა უგვიანეს 60 დღისა მოაწყოს გზშ-ის ანგარიშის საჯარო განხილვა თავის მიერ დაგეგმილ საქმიანობასთან დაკავშირებით;
- დ) გზშ-ის ანგარიშის საჯარო განხილვაზე უზრუნველყოს შესაბამისი ადგილობრივი თვითმმართველობის ორგანოების, საქართველოს გარემოს დაცვისა და ბუნებრივი რესურსების სამინისტროს, საქართველოს ეკონომიკური განვითარების სამინისტროსა და სხვა დაინტერესებული ადმინისტრაციული ორგანოების წარმომადგენლების წერილობითი მიწვევა.
- გზშ-ის ანგარიშის საჯარო განხილვა ეწყობა იმ თვითმმართველი ერთეულის ადმინისტრაციულ ცენტრში, სადაც დაგეგმილია საქმიანობის განხორციელება. გზშ-ის ანგარიშის საჯარო განხილვაზე დასწრების უფლება აქვს საზოგადოების ნებისმიერ წარმომადგენელს;
- საქმიანობის განმახორციელებელი ვალდებულია გზშ-ის ანგარიშის საჯარო განხილვიდან 5 დღის ვადაში უზრუნველყოს გზშ-ის ანგარიშის საჯარო განხილვის შედეგების შესახებ ოქმის გაფორმება, რომელიც დეტალურად უნდა ასახავდეს გზშ-ის ანგარიშის საჯარო განხილვისას გამოთქმულ შენიშვნებსა და მოსაზრებებს. ოქმს ხელს აწერენ საქმიანობის განმახორციელებელი (ან მისი უფლებამოსილი წარმომადგენელი) და შესაბამისი ადგილობრივი თვითმმართველობის ორგანოების, საქართველოს გარემოს დაცვისა და ბუნებრივი რესურსების სამინისტროსა და საქართველოს ეკონომიკური განვითარების სამინისტროს წარმომადგენლები (გზშ-ის ანგარიშის საჯარო განხილვაზე მათი დასწრების შემთხვევაში);
- საქმიანობის განმახორციელებლის მიერ საზოგადოების წარმომადგენელთა შენიშვნებისა და მოსაზრებების გაუთვალისწინებლობის შემთხვევაში, საქმიანობის განმახორციელებელი ვალდებულია უზრუნველყოს შენიშვნებისა და მოსაზრებების გაუთვალისწინებლობის წერილობითი დასაბუთება და მათი ავტორისთვის (ავტორებისთვის) გაგზავნა. ეს წერილობითი დასაბუთება (შესაბამის წერილობით შენიშვნებთან და მოსაზრებებთან ერთად) საქმიანობის განმახორციელებელმა, გზშ-ის ანგარიშის საჯარო განხილვის შედეგების ამსახველ ოქმთან და გზშ-ის ანგარიშთან ერთად, უნდა წარადგინოს ნებართვის გამცემ ადმინისტრაციულ ორგანოში. აღნიშნული დოკუმენტები გზშ-ის ანგარიშის განუყოფელი ნაწილია.
- გზშ-ის ანგარიშის საჯარო განხილვის მოწყობის, მისი შედეგების გაფორმებისა და გზშ-ის ანგარიშის საბოლოო სახით ჩამოყალიბების შემდეგ, საქმიანობის განმახორციელებელი უფლებამოსილია ნებართვის გამცემ ადმინისტრაციულ ორგანოს ერთი წლის განმავლობაში, ამ კანონითა და საქართველოს კანონმდებლობით განსაზღვრული წესით („ლიცენზიებისა და ნებართვების შესახებ“ საქართველოს კანონით დადგენილი მოთხოვნებით) წარუდგინოს განცხადება საძიებელი ნებართვის მიღებასთან დაკავშირებით:
- საქმიანობის განმახორციელებელი ვალდებულია, „ლიცენზიებისა და ნებართვების შესახებ“ საქართვე-



ლოს კანონით დადგენილი, ნებართვის მიღების თაობაზე განცხადებასთან ერთად წარადგინოს შემდეგი დოკუმენტაცია:

ა) საქართველოს კანონმდებლობით დადგენილი ნორმების შესაბამისად შედგენილი გზშ-ის ანგარიში (5 ეგზემპლარად და ელექტრონული ვერსიით);

ბ) დაგეგმილი საქმიანობის განხორციელების ადგილის სიტუაციური გეგმა (მანძილების მითითებით);

გ) მოსალოდნელი ემისიების მოცულობა და სახეები (დაბინძურების სტაციონარული წყაროების და მათ მიერ გაფრქვეულ/ჩაშვებულ მავნე ნივთიერებათა ინვენტარიზაციის ტექნიკური ანგარიში და მავნე ნივთიერებათა ზღვრულად დასაშვები გაფრქვევის/ჩაშვების ნორმების პროექტი (4 ეგზემპლარად);

დ) მოკლე ანოტაცია საქმიანობის შესახებ (არატექნიკური რეზიუმეს სახით);

ე) განცხადება წარდგენილი განცხადების კონფიდენციალური ნაწილის შესახებ.

საქმიანობის განმახორციელებელი ვალდებულია ნებართვის გამცემ ადმინისტრაციულ ორგანოს მიაწოდოს ტექნოლოგიური ციკლის სრული სქემა იმ შემთხვევაშიც კი, თუ საქმიანობა შეიცავს კომერციულ ან/და სახელმწიფო საიდუმლოებას (ტექნოლოგიური ციკლის კონფიდენციალური ნაწილი, საქმიანობის განმახორციელებელმა უნდა წარადგინოს ცალკე).

ამ კანონით გათვალისწინებულ შემთხვევაში, მშენებლობის ნებართვის მაძიებელმა მშენებლობის ნებართვის მისაღებად საჭირო დოკუმენტაციასთან ერთად მშენებლობის ნებართვის გამცემ ადმინისტრაციულ ორგანოში უნდა წარადგინოს შემდეგი დამატებითი დოკუმენტაცია:

ა) დაგეგმილი საქმიანობის განხორციელების ადგილის სიტუაციური გეგმა (მანძილების მითითებით) – აღნიშნული დოკუმენტი წარდგენილ უნდა იქნეს მშენებლობის ნებართვის გაცემის პირველ სტადიაზე;

ბ) მოკლე ანოტაცია საქმიანობის შესახებ (არატექნიკური რეზიუმეს სახით) – აღნიშნული დოკუმენტი წარდგენილ უნდა იქნეს მშენებლობის ნებართვის გაცემის პირველ სტადიაზე;

გ) საქართველოს კანონმდებლობით დადგენილი ნორმების შესაბამისად შედგენილი გზშ-ის ანგარიში (5 ეგზემპლარად და ელექტრონული ვერსიით) – აღნიშნული დოკუმენტი წარდგენილ უნდა იქნეს მშენებლობის ნებართვის გაცემის მეორე სტადიაზე;

დ) მოსალოდნელი ემისიების მოცულობა და სახეები (დაბინძურების სტაციონარული წყაროების და მათ მიერ გაფრქვეულ მავნე ნივთიერებათა ინვენტარიზაციის ტექნიკური ანგარიში და მავნე ნივთიერებათა ზღვრულად დასაშვები გაფრქვევის/ჩაშვების ნორმების პროექტი (4 ეგზემპლარად) – აღნიშნული დოკუმენტაცია წარდგენილ უნდა იქნეს მშენებლობის ნებართვის გაცემის მეორე სტადიაზე;

ე) განცხადება წარდგენილი განცხადების კონფიდენციალური ნაწილის შესახებ – აღნიშნული დოკუმენტი წარდგენილ უნდა იქნეს მშენებლობის ნებართვის გაცემის მეორე სტადიაზე.

ყველა შემთხვევაში, საძიებელი ნებართვა „ლიცენზიებისა და ნებართვების შესახებ“ საქართველოს კანონის შესაბამისად, გაიცემა მხოლოდ ეკოლოგიური ექსპერტიზის დადებითი დასკვნის არსებობის შემთხვევაში.

საკანონმდებლო მოთხოვნების გათვალისწინებით, საქმიანობის განმახორციელებელი ვალდებულია:

- განახორციელოს საქმიანობა ეკოლოგიური ექსპერტიზის დასკვნის პირობების შესაბამისად და დაიცვას ეკოლოგიური ექსპერტიზის დასკვნით მისთვის განსაზღვრული სანებართვო პირობები.;

- საქმიანობის განხორციელების დაწყების შემდეგ შეასრულოს გარემოზე ზემოქმედების შემამცირებელი ღონისძიებები, რომელთაც აუცილებლად მიიჩნევს ნებართვის გამცემი ორგანო.

ნებართვა არ გაიცემა, თუ:

ა) დარღვეულია „ლიცენზიებისა და ნებართვების შესახებ“ საქართველოს კანონისა და გარემოსდაცვით სფეროში საქართველოს კანონმდებლობის მოთხოვნები;



ბ) განსახორციელებელ საქმიანობაზე ეკოლოგიური ექსპერტიზის უარყოფითი დასკვნა არსებობს.

ნებართვის მფლობელი უფლებამოსილია, კანონმდებლობით დადგენილი წესის შესაბამისად, გადასცეს ნებართვა სხვა პირს. განცხადება ნებართვის გადაცემის თაობაზე განიხილება საქართველოს ზოგადი ადმინისტრაციული კოდექსით დადგენილი მარტივი ადმინისტრაციული წარმოების წესით, შესაბამისი გადაწყვეტილების საფუძველზე კეთდება ცვლილებები სანებართვო რეესტრში და ახალ მფლობელზე გაიცემა სათანადო სანებართვო მოწმობა.

კონტროლს სანებართვო პირობების შესრულებაზე ახორციელებს საქართველოს გარემოს დაცვისა და ბუნებრივი რესურსების სამინისტრო „ლიცენზიებისა და ნებართვების შესახებ“ საქართველოს კანონით დადგენილი წესით. პასუხისმგებლობა სანებართვო პირობების დარღვევისათვის და ნებართვის გაუქმების წესი განისაზღვრება „ლიცენზიებისა და ნებართვების შესახებ“ საქართველოს კანონით.

ამ კანონით გათვალისწინებულ საქმიანობებზე გარემოსდაცვითი ნებართვის ან სახიფათო ეკოლოგიური ექსპერტიზის დადებითი დასკვნის მქონე პირთა უფლებრივი მდგომარეობა ითვალისწინებს - განცხადების საფუძველზე მოითხოვონ გარემოზე ზემოქმედების სანებართვო მოწმობის გაცემა. საქართველოს გარემოს დაცვისა და ბუნებრივი რესურსების სამინისტრო ვალდებულია, სახელმწიფო ეკოლოგიური ექსპერტიზის დასკვნის საფუძველზე მიიღოს გადაწყვეტილება სანებართვო მოწმობის გაცემის თაობაზე. ამ შემთხვევაში განცხადების შემომტანი თავისუფლდება სანებართვო მოსაკრებლის გადახდისაგან.

კანონის მოთხოვნებიდან გამომდინარე, ნებართვის მაძიებელი ნებართვის მისაღებად, ნებართვის გამცემს წარუდგენს წერილობით განცხადებას. ნებართვის მიღების თაობაზე განცხადების წარდგენა, განხილვა და წარმოებაში მიღება ხორციელდება საქართველოს ზოგადი ადმინისტრაციული კოდექსით დადგენილი წესით. საქართველოს ზოგადი ადმინისტრაციული კოდექსის თავი VI, მუხლი 78-ის თანახმად განსაზღვრულია განცხადების შინაარსი:

1. განცხადება უნდა იყოს წერილობითი ფორმით და შეიცავდეს:

- იმ ადმინისტრაციული ორგანოს დასახელებას, რომელსაც მიმართავს განმცხადებელი;
- განმცხადებლის ვინაობას და მისამართს;
- მოთხოვნას;
- განცხადების წარდგენის თარიღსა და განმცხადებლის ხელმოწერას;
- განცხადებაზე დართული საბუთების ნუსხას.

2. განცხადებას უნდა დაერთოს ყველა ის საბუთი, რომლის წარდგენის ვალდებულებაც განმცხადებელს კანონით ეკისრება.

3. განმცხადებელს უფლება აქვს წარუდგინოს შესაბამის ადმინისტრაციულ ორგანოს ყველა სხვა საბუთი, რომელიც შეიძლება საფუძვლად დაედოს განმცხადებლის მიერ მოთხოვნილი ინდივიდუალური ადმინისტრაციულ-სამართლებრივი აქტის გამოცემას.

ამრიგად, განცხადება უნდა შეიცავდეს მითითებას, თუ რომელი კონკრეტული სახის ნებართვის მიღებას ითხოვს მაძიებელი და განცხადება აგრეთვე უნდა შეიცავდეს თანდართული საბუთების ნუსხას. საქმიანობის თავისებურებებიდან გამომდინარე, ნებართვის მისაღებად აუცილებელია დამატებითი სანებართვო პირობების დაკმაყოფილება, რომლებიც განისაზღვრება კანონით ან კანონის საფუძველზე, ადგილობრივი თვითმმართველობის (მმართველობის) წარმომადგენლობითი ორგანოს გადაწყვეტილებით.

კანონის თანახმად, ლიცენზიის//ნებართვის შესახებ მონაცემები ქვეყნდება პრესაში, აგრეთვე სარეგისტრაციო ჩანაწერის სახით შეიტანება სახელმწიფო სალიცენზიო/სანებართვო რეესტრში. ყველას აქვს უფლება, საქართველოს ზოგადი ადმინისტრაციული კოდექსით დადგენილი წესით, გაეცნოს სალიცენზიო/სანებართვო რეესტრის მონაცემებს და მიიღოს ლიცენზიებთან/ნებართვებთან დაკავშირებული საჯარო ინფორმაცია.



იმ შემთხვევაში, თუ ზემოთმითითებულ საქმიანობათა განხორციელება საჭიროებს მშენებლობის ნებართვას, მშენებლობის ნებართვის გამცემი ადმინისტრაციული ორგანო უზრუნველყოფს მშენებლობის ნებართვის გაცემის მიზნით დაწყებულ ადმინისტრაციულ წარმოებაში სხვა ადმინისტრაციული ორგანოს სახით საქართველოს გარემოს დაცვისა და ბუნებრივი რესურსების სამინისტროს ჩაბმას “ლიცენზიებისა და ნებართვების შესახებ” საქართველოს კანონით დადგენილი წესით. ამ შემთხვევაში, მშენებლობის ნებართვის გამცემ ადმინისტრაციულ ორგანოს მიერ საქართველოს გარემოს დაცვისა და ბუნებრივი რესურსების სამინისტროში წარდგენილ დოკუმენტაციაზე გაიცემა შეთანხმება(სახელმწიფო ეკოლოგიური ექსპერტიზის დასკვნა), რომელიც მტკიცდება საქართველოს გარემოს დაცვისა და ბუნებრივი რესურსების მინისტრის ადმინისტრაციული აქტით. შეთანხმება (სახელმწიფო ეკოლოგიური ექსპერტიზის დასკვნა) არის მშენებლობის ნებართვის განუყოფელი ნაწილი და საქმიანობის განხორციელებისათვის მისი პირობების შესრულება სავალდებულოა.

იმ შემთხვევაში, თუ ზემოთმითითებულ საქმიანობათა განხორციელება არ საჭიროებს მშენებლობის ნებართვას, მასზე სახელმწიფო ეკოლოგიური ექსპერტიზის დასკვნის საფუძველზე გაიცემა გარემოზე ზემოქმედების ნებართვა (ნებართვის გაცემის თაობაზე საქართველოს გარემოს დაცვისა და ბუნებრივი რესურსების მინისტრი გამოსცემს ადმინისტრაციულ აქტს). სახელმწიფო ეკოლოგიური ექსპერტიზის დასკვნა გარემოზე ზემოქმედების ნებართვის განუყოფელი ნაწილია.

ნებართვის გაცემასთან დაკავშირებული ადმინისტრაციული წარმოების ვადის ათვლა იწყება ნებართვის მაძიებლის მიერ მითითებული დოკუმენტაციის სრულად წარდგენის დღიდან და მოიცავს 20 დღეს.

საქართველოში გარემოსდაცვითი ზედამხედველობას ახორციელებს გარემოს და ბუნებრივი რესურსების სამინისტროს სახელმწიფო საქვეუწყებო დაწესებულება - გარემოსდაცვითი ზედამხედველობის დეპარტამენტი, რომელიც შეიქმნა 2013 წლის 14 მაისს.

გარემოსდაცვითი ზედამხედველობის დეპარტამენტი უზრუნველყოფს გარემოს დაცვისა და ბუნებრივი რესურსებით სარგებლობის სფეროში სახელმწიფო კონტროლის განხორციელებას საქართველოს მთელ ტერიტორიაზე, მათ შორის, მის ტერიტორიულ წყლებში, კონტინენტურ შელფსა და განსაკუთრებულ ეკონომიკურ ზონაში.

დეპარტამენტის საქმიანობის სფერო და ძირითადი მიმართულებები:

- ატმოსფერული ჰაერის, წყლის, მიწის, წიაღისა და ბიომრავალფეროვნების დაცვა;
- საქართველოს ტყის კანონმდებლობის მოთხოვნათა დაცვა;
- ბუნებრივი რესურსებით სარგებლობის, ქიმიური უსაფრთხოების, ნარჩენების მართვის სახელმწიფო კონტროლის განხორციელება (გარდა ბირთვული და რადიაციული ნარჩენებისა);
- ცოცხალი გენმოდირეცირებული ორგანიზმების გამოყენების სფეროში სახელმწიფო კონტროლი, რომელიც მოიცავს, გარემოსდაცვითი მოთხოვნების შესრულებაზე, ფიზიკური და იურიდიული პირების მიერ ცოცხალი გენმოდირეცირებული ორგანიზმების გამოყენებაზე საქართველოს კანონმდებლობითა და საერთაშორისო ხელშეკრულებებითა და შეთანხმებებით დადგენილი მოთხოვნების შესრულებაზე კონტროლის განხორციელებას და შესაბამისი რეგულირების ობიექტების მიერ წარმოდგენილი ანგარიშების განხილვას;
- გარემოს დაცვისა და ბუნებრივი რესურსებით სარგებლობის სფეროში გაცემული ლიცენზიების, ნებართვებისა და „გარემოზე ზემოქმედების ნებართვის შესახებ“ საქართველოს კანონით გათვალისწინებული მიმდინარე საქმიანობის გაგრძელების შესახებ გადაწყვეტილებით დადგენილი პირობების შესრულების კონტროლი.



დეპარტამენტის ძირითადი ამოცანები:

- სახელმწიფო კონტროლის განხორციელება გარემოს დაცვისა და ბუნებრივი რესურსებით სარგებლობის სფეროში;
- ბუნებრივი რესურსებით უკანონო სარგებლობის ფაქტების პრევენცია, გამოვლენა და აღკვეთა;
- გარემოს დაბინძურების ფაქტების პრევენცია, გამოვლენა და აღკვეთა;
- საქართველოს მიერ გარემოს დაცვის სფეროში ნაკისრი საერთაშორისო ვალდებულებების შესრულების კონტროლის განხორციელება მისი კომპეტენციის ფარგლებში;
- კანონმდებლობის შესრულების მონიტორინგის წარმოება, მათ შორის, რეგულირების ობიექტის მონაცემთა ბაზის შექმნა, რეგულირების ობიექტების მიერ წარმოდგენილი ლიცენზიების, ნებართვებისა და „გარემოზე ზემოქმედების ნებართვის შესახებ“ საქართველოს კანონით გათვალისწინებული მიმდინარე საქმიანობის გაგრძელების შესახებ გადაწყვეტილებით დადგენილი პირობების შესრულების ანგარიშგების ანალიზი;
- გარემოს დაცვისა და ბუნებრივი რესურსებით სარგებლობის სფეროში სახელმწიფო კონტროლის დაგეგმვა და კოორდინაცია;
- გარემოს დაცვისა და ბუნებრივი რესურსებით სარგებლობის სფეროში სახელმწიფო კონტროლის მეთოდური და სახელმძღვანელო დოკუმენტების მომზადება;
- საზოგადოების ინფორმირება დეპარტამენტის საქმიანობის თაობაზე.



კითხვები თვითშემოწმებისათვის:

1. რას წარმოადგენს ნებართვა?
2. რას წარმოადგენს ლიცენზია?
3. ჩამოთვალეთ ლიცენზიის სახეები.
4. ჩამოთვალეთ სარგებლობის ლიცენზიის სახეები
5. აღწერეთ რას წარმოადგენს გარემოზე ზემოქმედების ნებართვა.
6. ჩამოთვალეთ გარემოზე ზემოქმედების ნებართვის აღების პროცედურებს არსებული კანონმდებლობის მიხედვით.
7. რომელი სტრუქტურა ახორციელებს საქართველოში გარემოსდაცვით ზედამხედველობას?



რეკომენდებული ლიტერატურა და სასწავლო მასალები

- ❖ თ. ურუშაძე, ვ. ლორია. ეკოლოგიური სამართალი. 2010
- ❖ გარემოსდაცვითი მმართველობა საქართველოში და ევროკავშირის როლი მის გაძლიერებაში. მწვანე ალტერნატივა. 2006, 85 გვ.
- ❖ ცნობარი - საქართველოს გარემოსა და ბუნებრივი რესურსების დაცვის სამინისტროს სახელმწიფო საქვეუწყებო დაწესებულება გარემოსდაცვითი ზედამხედველობის დეპარტამენტი. http://www.des.gov.ge/uploads/2016-06-11/14%E1%83%AA%E1%83%9C%E1%83%9D%E1%83%91%E1%83%90%E1%83%A0%E1%83%98_GE.pdf
- ❖ მეწარმეებისთვის - რა უნდა ვიცოდეთ გარემოსდაცვითი ინსპექტირების შესახებ. http://www.des.gov.ge/uploads/2016-06-11/10%E1%83%91%E1%83%A3%E1%83%99%E1%83%9A%E1%83%94%E1%83%A2%E1%83%98_%E1%83%9B%E1%83%94%E1%83%AC%E1%83%90%E1%83%A0%E1%83%9B%E1%83%94%E1%83%94%E1%83%91%E1%83%98%E1%83%A1%E1%83%97%E1%83%95%E1%83%98%E1%83%A1_GE.pdf
- ❖ საქართველოს გარემოს დაცვისა და ბუნებრივი რესურსების სამინისტროს ვებ-გვერდი. <http://www.moe.gov.ge>
- ❖ საქართველოს საკანონმდებლო მაცნე. www.matsne.gov.ge.



თავი 4. ქიმიური ექსპერიმენტის ტექნიკა

4.1. ქიმიურ ლაბორატორიაში უსაფრთხოდ მუშაობა

როგორც ცნობილია, ქიმიურ ლაბორატორიას ახასიათებს მრავალი თავისებურება, რითაც ის განსხვავდება სხვა დარგის ლაბორატორიებისაგან. სახელდობრ, ქიმიურ ლაბორატორიაში ხშირად საქმე გვაქვს ადვილად ალუბად, მომწამლავ და ფეთქებად ნივთიერებებთან. სწორედ ამიტომ, ქიმიურ ლაბორატორიებში მუშაობა საჭიროებს სპეციალურ უნარ-ჩვევებს. მავნე ნივთიერებების ზემოქმედება შეიცავს გარკვეულ რისკებს სიცოცხლისათვის და ჯანმრთელობისათვის. ამასთანავე, არასწორად ჩატარებულმა რეაქციებმა შეიძლება საფრთხე შეუქმნას გარემოს. ქიმიური ექსპერიმენტის ჩატარებისათვის სტუდენტმა უნდა იცოდეს და დაიცვას უსაფრთხოების ტექნიკა, ხანძარსაწინააღმდეგო წესები, უნდა შეეძლოს უბედურების შემთხვევაში დაზარალებულისთვის პირველადი დახმარების აღმოჩენა. ლაბორატორიაში არსებული ქიმიური რეაქტივები, ჭურჭელი, დანადგარები და მოწყობილობები მოითხოვენ კვალიფიციურ მოპყრობას, ამიტომ, უსაფრთხო მუშაობისათვის, სტუდენტი ვალდებულია გულდასმით გაეცნოს ქვემოჩამოთვლილ წესებს და პრაქტიკული მუშაობის დროს ზუსტად დაიცვას ისინი:



სურათი 4.1. ქიმიური ლაბორატორია

- ქიმიურ ლაბორატორიაში მუშაობისათვის აუცილებელია სტუდენტს ჰქონდეს ლაბორატორიაში სამუშაო სპეციალური ხალათი, რომლის ჩაცმა არ შეიძლება სხვა ოთახებში: მაგ. სასემინარო ოთახში, ბიბლიოთეკაში, სალექციო დარბაზებში, კვების ობიექტებზე. ამით თავიდან იქნება აცილებული სხვა სათავსების დაზინძურება; ასევე საჭიროა ჰქონდეს ხელისა და ჭურჭლის გასამშრალე ტილო და ჩვარი.
- ლაბორატორიაში უნდა გამოიყენებოდეს მყარი და დახურული ფეხსაცმელი.
- მუშაობისათვის საჭიროა ყოველ სტუდენტს ჰქონდეს ლაბორატორიული პრაქტიკუმისათვის განკუთვნილი რვეული, რომელშიც უნდა ჩაიწეროს ჩატარებული მუშაობის მოკლე შინაარსი, რეაქციათა ტოლობები და მათი განმარტებები.
- პრაქტიკული მუშაობა უმრავლეს შემთხვევაში სტუდენტმა უნდა შეასრულოს ინდივიდუალურად, გარდა ზოგიერთი სამუშაოსი, რომელთა შესახებ მითითებული იქნება სახელმძღვანელოში.
- ლაბორატორიული სამუშაოს შესრულებისათვის საჭიროა სტუდენტი წინასწარ ემზადებოდეს მასწავლებლის მიერ მითითებული როგორც თეორიული, ისე ლაბორატორიული პრაქტიკუმის სახელმძღვანელოებით.
- სტუდენტმა დამოუკიდებლად უნდა ააწყოს ცდისათვის საჭირო ხელსაწყოები და ცდის დაწყების წინ გულდასმით შეამოწმოს მათი ვარგისიანობა.



- სტუდენტი ცდის ჩატარებას უნდა შეუდგეს მაშინ, როდესაც ის გაეცნობა ცდის შინაარსს, ააწყობს და შეამოწმებს ხელსაწყოებს და მოიმარაგებს საჭირო ჭურჭელსა და რეაქტივებს.
- ცდის ჩატარება და მასზე დაკვირვებები უნდა წარმოებდეს გულდასმით და აუჩქარებლად; საჭიროა ყურადღება მიექცეს ყველა მოვლენას, რომელსაც ადგილი ექნება ცდის ჩატარების დროს.
- ცდის უშედეგოდ დამთავრების შემთხვევაში საჭიროა მისი შემაფერხებელი მიზეზების გამორკვევა და ცდის გამეორება სასურველი შედეგების მიღებამდე.
- ლაბორატორიაში მუშაობის დროს სტუდენტი ვალდებულია დაიცვას სისუფთავე; სამუშაო მაგიდასა და იატაკზე არ დაღვაროს წყალი, რეაქტივები და მათი ხსნარები.
- არ შეიძლება ნივთიერებების ხელით შეხება, თვალთან ან პირთან მიტანა, მუშაობის დროს კი კვების პროდუქტების მიღება (სურათი 4.2).
- მჟავათა, ტუტეთა და მარილთა ხსნარების ნარჩენები უნდა ჩაისხას არა წყალსადენის ნიჟარაში, არამედ მათთვის განკუთვნილ ჭურჭელში.
- მუშაობის დამთავრების შემდეგ სტუდენტი ვალდებულია წესრიგში მოიყვანოს თავისი სამუშაო მაგიდა, გარეცხოს და გაასუფთაოს ცდისათვის გამოყენებული ხელსაწყოები, ჭურჭლები და შეინახოს ისინი სათანადო ადგილას.
- სტუდენტი მოვალეა გაუფრთხილდეს ლაბორატორიის ქონებას, დაუდევრობით არ გატეხოს და არ გააფუჭოს ცდისათვის გამოყენებული ჭურჭლები და ხელსაწყოები, მომჭირნეობით ხარჯოს რეაქტივები.



სურათი 4.2. ქიმიური ლაბორატორიაში მოქმედი აკრძალვები



სურათი 4.3. უსაფრთხოების წესების დაცვით მიმდინარე მუშაობის პროცესი ქიმიურ ლაბორატორიაში



- ქიმიურ ლაბორატორიაში თვალსაჩინო ადგილას უნდა იყოს განთავსებული უსაფრთხოების ტექნიკის ინსტრუქცია, რომლის გაცნობაც აუცილებელია.
- პირველადი დახმარების სტანდარტული აფთიაქის გარდა, ლაბორატორიაში მისაწვდომ და თვალსაჩინო ადგილზე უნდა იყოს განთავსებული შემდეგი საშუალებები ჭრილობების, სიდამწვრისა და სხვა შემთხვევისათვის:
 - სოდის ხსნარი (3 %-იანი);
 - იოდის ხსნარი (5 %-იანი);
 - ბორის მჟავას ხსნარი (2 %-იანი);
 - კალიუმის პერმანგანატის ხსნარი (2-3%-იანი);
 - ნატრიუმის ბიკარბონატის (საკვები სოდის) ხსნარი (3 %-იანი);
 - ძმარმჟავას ხსნარი (3 %-იანი);
 - ნიშადურის სპირტი 10 %-იანი;
 - ჰიგროსკოპიული დოლბანდი, ბამბა;
 - მაღამო სიდამწვრის საწინააღმდეგო, რომელიც მზადდება მცენარეული ზეთისა და განზავებული კირიანი წყლის შენჯღრევით (კირის ნაჯერ ხსნარს განზავებენ ტოლი მოცულობის წყალში). მზადდება მისი ხმარების წინ, რისთვისაც ქილაში ასხამენ ტოლი მოცულობებით ზეთს და კირიან წყალს, შენჯღრევენ, რის შედეგადაც მიიღებენ ემულსიას. ამ ემულსიით ასველებენ ბამბას, აფარებენ დამწვარ ადგილზე და შეახვევენ. დასახელებული რეცეპტის ნაცვლად შეიძლება სოდის 3 %-იანი ხსნარისა და ვაზელინის ნარევის გამოყენება.
- მჟავებით დამწვრობისას ადგილი ჩამოიბანეთ წყლის ძლიერი ნაკადით და შემდეგ საკვები სოდის 3%-იანი ხსნარით.
- ტუტეებით დამწვრობისას ადგილი ჩამოიბანეთ წყლის ძლიერი ნაკადით და შემდეგ ბორის მჟავას 2 %-იანი ხსნარით.
- თბური დამწვრობის დროს გამოიყენეთ კალიუმის პერმანგანატის 2-3%-იან ხსნარში დასველებული მარლის საფენი ან საკვები სოდის ხსნარი. დაუშვებელია დამწვარი ადგილის ცხიმით ან ვაზელინით შეხვევა.
- ლაბორატორიაში თვალსაჩინო ადგილას და სრულ წესრიგში უნდა იყოს განთავსებული ხანძარსაწინააღმდეგო საშუალებები - ქვიშის ყუთები და ცეცხლმაქრობები. ხანძრის გაჩენის შემთხვევაში პირველ რიგში საჭიროა ყველა გამახურებლის გამორთვა, მოშორებულ უნდა იქნას ცეცხლის კერასთან ახლოს მდებარე აალებადი ნივთიერებები, ხოლო შემდეგ მოხდეს ცეცხლის ჩაქრობა ნახშირმჟავიანი ცეცხლმაქრით, ქვიშით ან ხანძარსაწინააღმდეგო საბნით.

ნახშირმჟავიანი ცეცხლმაქრი ეს არის ბალონი, რომელშიც არის თხევადი (IV) ოქსიდი CO₂ და ხელსაწყო გამოყენებისას ამ აირისა და „მშრალი ყინულის“ ძლიერი ნაკადი გამოიტყორცნება ბალონიდან. ხანძარსაწინააღმდეგო საბანი კი წარმოადგენს აზბესტის ან ცეცხლგამძლე ნივთიერებით გაჟღენთილ ქსოვილს, რომლითაც შეიძლება ცეცხლის სწრაფად ჩაქრობა.
- ცეცხლზე წყლის დასხმა არ არის მიზანშეწონილი, რადგან უმეტეს შემთხვევებში ეს იწვევს ხანძრის კერის გაფართოებას.
- ბენზინის, ნავთის და წყალზე უფრო მსუბუქი ნივთიერებების ცეცხლის ჩასაქრობად გამოიყენება ქვიშა.



ტექნიკური რეგლამენტი

სახანძრო უსაფრთხოების წესების და პირობების შესახებ

თავი I. სახანძრო უსაფრთხოების უზრუნველყოფის საერთო პრინციპები

მუხლი 16. სახანძრო უსაფრთხოების მოთხოვნები სამეცნიერო ლაბორატორიების სათავსებისათვის

- სამეცნიერო ლაბორატორიებში კვლევის დაწყებამდე სამუშაოების ხელმძღვანელი ვალდებულია ჩაუტაროს პერსონალს ინსტრუქტაჟი სახანძრო უსაფრთხოების ზომების შესახებ.
- ექსპერიმენტების ჩატარებისას სახანძრო უსაფრთხოების მოთხოვნების დაცვაზე პასუხისმგებლობა ეკისრება ექსპერიმენტის ხელმძღვანელს.
- ადვილალეზადი და წვადი სითხეების და წვადი ნივთიერებების მარაგი უნდა ინახებოდეს სპეციალურად მოწყობილ სათავსებში (საკნები).
- ქიმიური რეაქტივები, რომელთა ერთმანეთთან, წყალთან და ჰაერთან ურთიერთქმედება შეიძლება გახდეს ხანძრის ან აფეთქების მიზეზი, უნდა ინახებოდეს ცალ-ცალკე, შესაბამის შეფუთვაში, უწყ კარადებში. ქილეზზე, ბოთლებსა და სხვა შეფუთვებზე, სადაც ინახება ქიმიური რეაქტივები და ნივთიერებები უნდა იყოს წარწერები დამახასიათებელი საშიშროების აღნიშვნით: „ხანძარსაშიში“, „ფეთქებადხანძარსაშიში“, „შხამიანი“, „ქიმიურად აქტიური“. ლაბორატორიის სათავსებში ადვილალეზადი და წვადი სითხეები და აირები სამუშაო ადგილზე უნდა მიეწოდოს შეფუთულ და მსხვრევისაგან დაცულ ტარაში.
- ლაბორატორიის სათავსებში ყველა სამუშაო, რომელსაც თან ახლავს ფეთქებადხანძარსაშიში ორთქლის და აირის გამოყოფა, უნდა ჩატარდეს გამწოვ კარადებში. აკრძალულია სამუშაოების ჩატარება გამწოვ კარადებში, რომლებსაც აქვთ გაუმართავი ვენტილაცია.
- გამწოვ კარადებში უნდა იყოს გათვალისწინებული ჰაერის ზედა და ქვედა გაწოვა, თუ ჩატარებულ სამუშაოებს თან ახლავს ხანძარფეთქებადსაშიში ორთქლისა და აირების გამოყოფა.
- ლაბორატორიის მაგიდეები და გამწოვი კარადები, რომლებიც განკუთვნილია ადვილალეზად და წვად სითხეებსა და წვად აირებთან, აგრეთვე ხანძარფეთქებადსაშიში ნივთიერებებთან სამუშაოდ, უნდა იყოს შესრულებული უწყვი მასალებისაგან.
- ადვილალეზადი და წვადი სითხეების კანალიზაციაში ჩაღვრა დაუშვებელია.
- ხანძარსაშიში სათავსებსა და ხანძარფეთქებადსაშიში მოწყობილობებზე უნდა იყოს გამოკრული ღია ცეცხლის გამოყენების ამკრძალავი სახანძრო უსაფრთხოების ნიშნები (სურათი 4. 5).
- წითელი ფოსფორი უნდა ინახებოდეს მჭიდრო საცობის ან ხუფის მქონე მინის ან ლითონის ტარაში, წყალბადის ზეჟანგი (30%-იანი) - ლითონის კონტეინერში მოთავსებულ კორპისსაცობიან მუქი ფერის მინის ჭურჭელში. წითელი ფოსფორი და წყალბადის ზეჟანგი შეიძლება ინახებოდეს ნეიტრალურ მარილებთან (კარბონატები, სულფიდები) ერთად დამჟანგველების, ლითონის ფხვნილებისა და ტუტელითონებისაგან განცალკევებით.
- ქიმიური ნივთიერებები და მასალები უნდა ინახებოდეს ცალკე სათავსებში ჯგუფებად ფიზიკური, ქიმიური და ხანძარსაშიში თვისებების ერთგვაროვნების მიხედვით.
- აზოტის და გოგირდმჟავას შენახვისას უნდა იყოს მიღებული ზომები, რომლებიც გამორიცხავენ მათ შეხებას ხის მასალებსა და სხვა ორგანული წარმოშობის ნივთიერებებთან.
- სათავსებში, სადაც ინახება ხანძრის დროს გაღლობის უნარის მქონე ქიმიური ნივთიერებები, უნდა იყოს გათვალისწინებული ნაღობის თავისუფალი დაღვრის შემზღუდავი საშუალებები (ქიმები, ზღურბლები).



სურათი 4.5. ხანძარსაშიში სათავსები ღია ცეცხლის გამოყენების ამკრძალავი სახანძრო უსაფრთხოების ნიშნებით

- გაზებით მოწამვლისას დაზარალებული დაუყოვნებლივ გაიყვანეთ სუფთა ჰაერზე და ასუნთქეთ ნიშადურის სპირტი. უფრო მძიმე შემთხვევებში მიეცით ჟანგბადი და ჩაუტარეთ ხელოვნური სუნთქვა.
- თავდაცვის ინდივიდუალური საშუალებებიდან საჭიროა იქონიოთ მუშაობის წინსაფრები, ხელთათმანები, დამცავი ნიღბები (რესპირატორები) (სურათი 4.6).
- მყარი ნივთიერების დამტვრევისას და ყველა იმ ცდის ჩატარებისას, რომელთა დროს შეიძლება მოხდეს გაშხეფება, აუცილებელია თვალების დასაცავად სპეციალური სათვალის (გვერდითი დამცავებით) (სურათი 4.7) გამოყენება.



სურათი 4.6. დამცავი ნიღბი (რესპირატორი)



სურათი 4.7. ლაბორატორიული სათვალე



კითხვები თვითშემოწმებისათვის:

1. რა ძირითადი აკრძალვები მოქმედებს ქიმიურ ლაბორატორიაში?
2. ჩამოთვალეთ ხსნარები, რომლებიც გამოიყენება ქიმიურ ლაბორატორიაში სხვადასხვა შემთხვევების პირველადი დახმარების დროს
3. როგორ უნდა მოვიქცეთ მჟავებით დამწვრობისას?
4. როგორ უნდა მოვიქცეთ ტუტეებით დამწვრობისას?
5. როგორ უნდა მოვიქცეთ თბური დამწვრობის დროს?
6. აღწერეთ სახანძრო უსაფრთხოების მოთხოვნები ქიმიურ ლაბორატორიაში
7. როგორ უნდა მოვიქცეთ გაზებით მოწამვლის დროს?
8. ჩამოთვალეთ თავდაცვის ინდივიდუალური საშუალებები, რომლებიც გამოიყენება ქიმიურ ლაბორატორიაში.

4.2. ქიმიურ ლაბორატორიაში გამოყენებული ჭურჭელი და მასალები

ქიმიურ ლაბორატორიაში ექსპერიმენტის მიმდინარეობისას გამოიყენება სპეციალური ჭურჭელი, რომლის ძირითადი ნაწილი მინისგანაა დამზადებული. მინის ჭურჭლის უპირატესობა იმაში მდგომარეობს, რომ შესაძლებელია ექსპერიმენტის მსვლელობაზე დაკვირვება. მაგრამ ის ადვილად ზიანდება მექანიკური ზემოქმედებისას და შესაბამისად საშიშია. ლაბორატორიის ყოველდღიურობაში მრავლადაა ტრამვები, რომლებიც გამოწვეულია მინის ჭურჭლის ნამსხვრევებით.



სურათი 4.8. ლაბორატორიული თაროები ქიმიური ჭურჭლით

ქიმიური ჭურჭელი დანიშნულების მიხედვით კლასიფიცირდება:

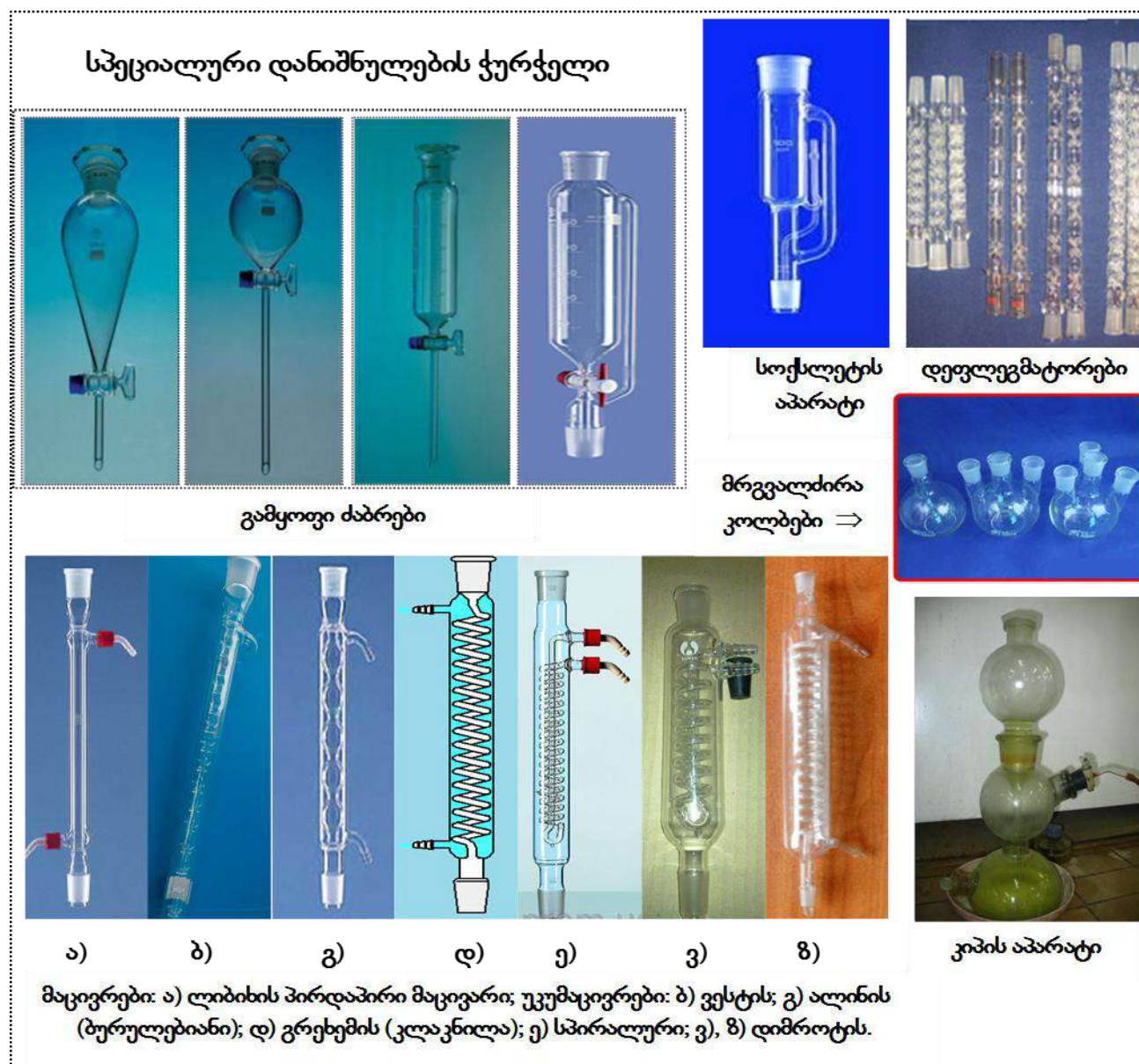
1. **საერთო დანიშნულების ჭურჭელი:** ჭურჭელი, რომელიც ყოველთვის უნდა იყოს ლაბორატორიაში და რომლის გარეშეც არ შეიძლება ჩატარდეს არც ერთი სამუშაო. ასეთებია: ძაბრები, ჭიქები, კონუსური და ბრტყელძირიანი კოლბები, სინჯარები და სხვ.



სურათი 4.9. საერთო დანიშნულების ქიმიური ჭურჭელი



2. **სპეციალური დანიშნულების ჭურჭელი:** ჭურჭელი, რომელიც გამოიყენება რაიმე მიზნისათვის, როგორიცაა დეფლუგმატორები, მაცივრები, გამყოფი ძაბრები, მრგვალძირა კოლბები და სხვ.



სურათი 4.10. სპეციალური დანიშნულების ქიმიური ჭურჭელი

3. **საზომი ჭურჭელი:** ჭურჭელი, რომელიც განკუთვნილია ხსნარის მოცულობის გასაზომად, როგორიცაა: საზომი კოლბა და ცილინდრი, პიპეტი, ბიურეტი.

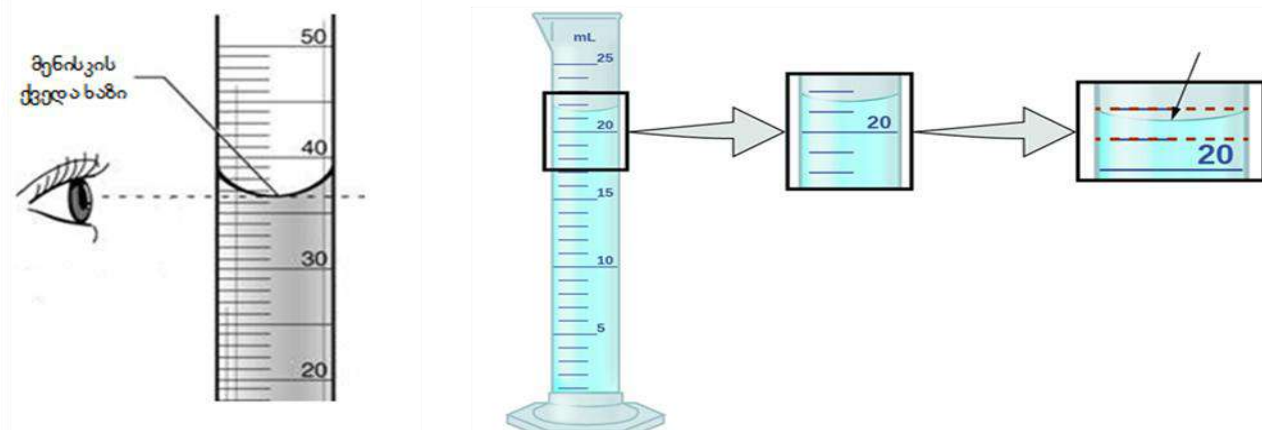
მოთხოვნები საზომი ჭურჭლისადმი:

- დამზადებული უნდა იყოს ქიმიურად მდგრადი მინისაგან;
- დაგრადუირებული უნდა იყოს ზუსტად და უნდა გააჩნდეს ხილული, მკაფიო აღნიშვნები;
- შიდა ზედაპირზე არ უნდა შეინიშნებოდეს ცხიმის კვალი, სითხე უნდა ჩამოედინებოდეს თანაბრად და არ უნდა რჩებოდეს წვეთები.

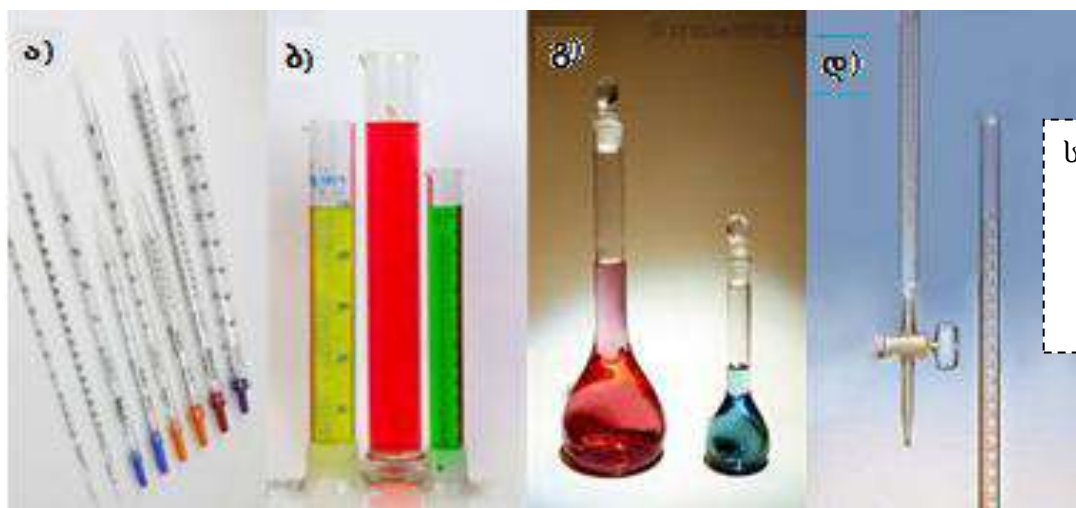


საზომ ჭურჭელთან მუშაობის წესები:

- საზომი ჭურჭლის მოცულობა მნიშვნელოვნად არ უნდა განსხვავდებოდეს გასაზომი სითხის მოცულობისგან;
- გაზომვა უნდა ჩატარდეს ვერტიკალურ მდგომარეობაში თვალის დონეზე;
- გაზომვა უნდა ჩატარდეს ოთახის ტემპერატურაზე;
- ფერადი ხსნარები უნდა გაიზომოს ზედა, უფერო კი ქვედა მენისკის მიხედვით.



სურათი 4.11. მოცულობის ათვლა მენისკის ქვედა ხაზის მიხედვით.



საზომი ჭურჭლები:

- ა) პიპეტი
- ბ) საზომი ცილინდრი
- გ) საზომი კოლბა
- დ) ბიურეტი

სურათი 4.12. საზომი ქიმიური ჭურჭელი

მინის ჭურჭელი აუცილებელია თითქმის ყველა ქიმიური ცდებისათვის. ლაბორატორიაში ჩვეულებრივ გამოიყენება სამი ხარისხის მინის ჭურჭელი:

- თხელკედლიანი ჭურჭელი ადვილდნობადი მინისაგან (უმთავრესად სითხეების გასაცხელებლად);
- ძნელდნობადი მინის თხელკედლიანი ჭურჭელი (განსაკუთრებით მშრალი ნივთიერებების ძლიერი გახურებისათვის);
- სქელკედლიანი ჭურჭელი (რეაქტივების შესანახად და ისეთი ცდებისათვის, რომლებიც არ მოითხოვენ ძლიერ გაცხელებას).

მინის ან სხვა ქიმიური ჭურჭლის გამოყენებისას უნდა დავიცვათ შემდეგი წესები:

- მინის ჭურჭელი გამოყენების წინ გულდასმით უნდა დათვალიერდეს, რომ არ ჰქონდეს ბზარები. გაბზარული მინის ჭურჭელი გაცხელებისას ან ვაკუუმის ქვეშ ადვილად ტყდება.



- სქელკედლიანი ქიმიური ჭურჭელი არ უნდა ცხელდებოდეს ცეცხლის ალზე, არამედ - აზბესტის ბადეზე. ამ დროს ყურადღება უნდა მიექცეს სითხის თანაბარ გაცხელებას. არათანაბარი გაცხელების დროს შესაძლებელია სითხის გაშხეფება და ჭურჭლის გაბზარვა.
- გახურებით ჩასატარებელი ყველა პროცედურები ან საკმაოდ რაოდენობით სითხის გამოყოფით მიმდინარე პროცესები უნდა ჩატარდეს თხელკედლიანი მინის ან ფაიფურის ჭურჭელში.
- გახურებისას თხელკედლიანი მინის ჭურჭელი (გარდა ბრტყელძირიანისა) შეიძლება მოთავსდეს უშუალოდ ცეცხლის ალში, მაგრამ უმჯობესია დამცველი ბადის გამოყენება. ბრტყელძირიანი კოლბისა და სხვა ბრტყელძირიანი ჭურჭლის უშუალოდ ცეცხლზე გაცხელება არ შეიძლება, საჭიროა აზბესტის ბადის ან აზბესტის ფურცლის (სურათი 4.13) საფენი, თუმცა ამ შემთხვევაში გახურება მეტად ნელა მიმდინარეობს.
- მრგვალძირა კოლბები (სურათი 4.14) გაცილებით უფრო გამძლეა ალში უშუალოდ გახურებისადმი, ვიდრე ბრტყელძირიანი კოლბები. მრგვალძირიანი კოლბების გახურება ალში მოთავსებით შეიძლება, მაგრამ აირისა და სხვა სანთურის (გარდა სპირტურისა) დადგმა ჭურჭლის ქვევით არ შეიძლება, მათ ხელით შემოატარებენ ჭურჭლის ფსკერზე ან, პირიქით, ხელით დაიკავენ ჭურჭელს და ამოძრავებენ ალის ზევით.



სურათი 4. 13. აზბესტის ბადე



სურათი 4.14. მრგვალძირა კოლბები



- სქელკედლიან ქიმიურ ჭურჭელში არ შეიძლება გაცხელება, რადგან შეიძლება გასკდეს. ასევე მათში ცხელი სითხეების ჩასხმა არ შეიძლება. არ უნდა დაემატოთ კონცენტრირებული გოგირდმჟავა (მაგ. კიპის აპარატში).



სურათი 4. 15. სინჯარის გაცხელება უსაფრთხოების წესების დაცვით



სურათი 4. 16. საზომი ცილინდრის გაცხელება არ შეიძლება

- განსაკუთრებით სიფრთხილით უნდა გაცხელდეს დიდი რაოდენობით აღებული ნივთიერებები დიდ ჭურჭელში და, შეძლებისამებრ, უმჯობესია ამის მორიდება, ვინაიდან ჭურჭლის კედლები სითხის დონეს ზევით ხურდება სითხის დუღილის უფრო მაღალ ტემპერატურამდე და ადვილად სკდება, როგორც კი მოხვდება მდულარე სითხის წვეთები, განსაკუთრებით თუ სითხე არ ინჯღრევა.
- სინჯარების გახურება ალში შეტანით შეიძლება, მაგრამ უნდა დავიცვათ უსაფრთხოების ტექნიკის წესები. საზომი ცილინდრების, მენზურებისა და საზომი კოლბების ცეცხლის ალზე გახურება კი არ შეიძლება (სურათი 4.15; 4.16).



სურათი 4. 17. სინჯარის გაცხელება მყარი ნივთიერების თანაობისას



სურათი 4. 18. მინის წკირით სითხის არევა ჭიქაში

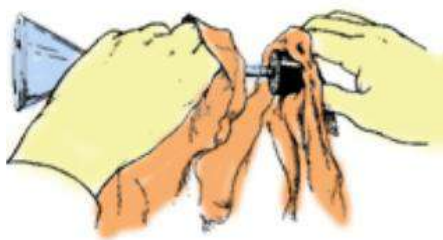
- დიდი სიფრთხილეა საჭირო კოლბების, ჭიქებისა და სინჯარების გახურებისას, რომლებშიც, სითხის გარდა, მოთავსებულია მყარი ნივთიერება, მაგალითად, გახსნის დროს. ასეთ შემთხვევაში აუცილებელია სითხის განუწყვეტელი რხევა (სურათი 4.17).
- წყლის ან სხვა სითხის ადუღებისას, როდესაც მისგან ჰაერი მთლიანად გამოიყოფა, იწყება სითხის უთანაბრო დუღილი - ბიძგებით, მცირე ფეთქვით. ამ დროს შეიძლება მინის ჭურჭელი გასკდეს. სითხის ზომიერი დუღილისათვის საჭიროა მასში მოთავსდეს ხამი ძაფი, გამომწვარი თიხის ნატეხები, ფაიფურის ნატეხები ან მინის კაპილარები. მათში მოქცეული ჰაერი თანდათანობით გამოიყოფა და დუღილი თანაზომიერად წარიმართება.



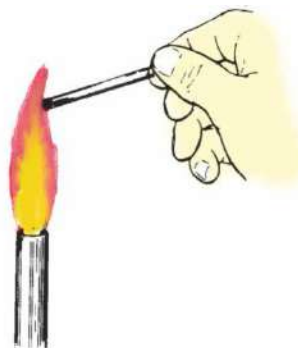
- როდესაც თხელკედლიან ჭურჭელში გვიხდება მინის წკირით რაიმეს არევა, ეს უნდა ჩატარდეს ფრთხილად - წკირის წრიულად მოძრაობით (სურათი 4. 18). ასევე საჭიროა მათში მყარი ნივთიერების ფრთხილად მოთავსება, მაგალითად, რკინის სულფიდის, ტუტის ნატეხების. არ შეიძლება მათი ვერტიკალურად ჩაგდება კოლბის ყელში ან ჭიქაში, საჭიროა ჭურჭლის დახრილად დაკავება და ნივთიერების ფრთხილად ჩაშვება ჭურჭლის კედელზე.
- შტატივის მომჭერში მინის ჭურჭლის დამაგრებისას აუცილებლად უნდა შემოწმდეს, წესრიგშია თუ არა შუასადები, რომლებიც დაწებებული უნდა იყოს შტატივის მომჭერებში.
- ექსპერიმენტში წკირების გამოყენებისას (სურათი 4.19) მისი მაგიდაზე დადება არ შეიძლება. უნდა ჩაიდოს ფაიფურის ჭიქაში, რადგან სიმძიმის გამო შეიძლება ჭიქა წაიქცეს.
- მაცივრების გამოყენებისას, საჭიროა შემავალი და გამომავალი წყლის მილები მაცივართან დამაგრებული იყოს სპეციალური მომჭერით. წყლის გამაცივებელი ნაკადის შენარჩუნება აუცილებელია, რადგან მისმა შეწყვეტამ შესაძლოა გამოიწვიოს ხანძარი ან აფეთქება. ტუტე ან ტუტემიწათა ლითონების ჰიდრიდებთან მუშაობისას მინის უკუმაცივრის ნაცვლად გამოყენებული უნდა იქნას მეტალის უკუმაცივარი.
- მინის დეტალებზე კაუჩუკის საცობის ან რეზინის მილების მორგებისას მილი უნდა დავიჭიროთ რაც შეიძლება ახლოს მორგების წერტილიდან (მინის გატეხვის თავიდან აცილების მიზნით). აუცილებელია მათი წინასწარ წყლით დასველება, გლიცერინის ან ვაზელინის წასმა (სურათი 4. 20). მინის მილების ბასრი ნაწილები უნდა იქნეს შემღვალი სპირტქურის ან გაზქურის ალზე (სურათი 4. 21).



სურათი 4. 19. მინის წკირები



სურათი 4.20. მინის დეტალებზე რეზინის მილების ჩამოცმა



სურათი 4.21. მინის მილის შეღვლა ალში

- არავითარ შემთხვევაში არ შეიძლება ცდის ჩატარება ჭუჭყიან ჭურჭელში. ცდის დამთავრებისთანავე ჭურჭელი უნდა გაირეცხოს.
- ჭურჭელთან, რომელშიც რაიმე ხსნარი დუღს ან რომელშიც რაიმე ხსნარის დამატება ხდება, არ შეიძლება სახის ახლოს მიტანა; სინჯარის პირი, რომელშიც ხდება ხსნარის ან სითხის გაცხელება, არ უნდა იყოს მიმართული ვინმეს მიმართ, რადგან შესაძლებელია ამოშხეფება (სურათი 4. 22).



სურათი 4. 22. ღია ცეცხლზე სინჯარის მიმართვა სითხის გაცხელებისას

**მექანიკური მორევა სხვადასხვა ხელსაწყოების
გამოყენებით**



მექანიკური მორევა წკირის
გამოყენებით



სანტორევი აპარატით
ნარევის მორევა



მორევა მექანიკური
სარეველას გამოყენებით



სხვადასხვა ზომის
მაგნიტის ღეროები



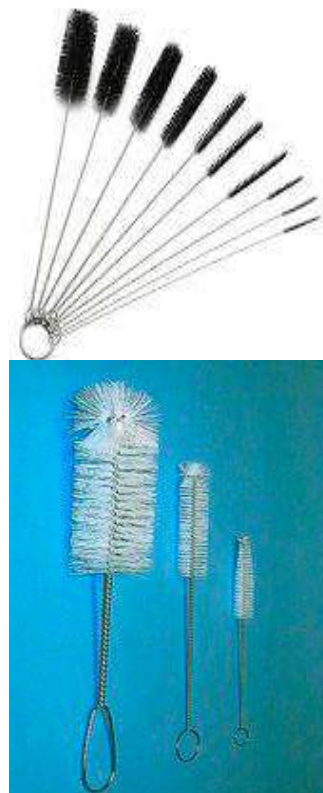
მაგნიტური სარეველათი
მორევა მაგნიტის ღეროს
გამოყენებით

სურათი 4. 23. სხვადასხვა სახის მექანიკური მომრეველები

4.3. ჭურჭლის გარეცხვისა და გაშრობის წესები

ქიმიური ცდებისათვის გამოყენებული ჭურჭელი სრულიად სუფთა უნდა იყოს, რადგან მისი სისუფთავე ექსპერიმენტის წესიერად შესრულების ერთ-ერთი უმნიშვნელოვანესი პირობათაგანია. ჭურჭლის გარეცხვა მოითხოვს გარკვეულ ჩვევებს, რომლებსაც ქიმიკოსი კარგად უნდა ფლობდეს.

- ქიმიური ჭურჭელი აუცილებლად უნდა გაირეცხოს მუშაობის დამთავრებისთანავე და არა ექსპერიმენტის წინ, რადგან გამოურეცხავად დიდხანს დატოვებული ჭურჭელი ძნელად ირეცხება.
- გარეცხვა ისე უნდა ჩატარდეს, რომ არ მოხდეს მისი ზედაპირის დაზიანება, ამიტომ გარეცხვისათვის არ შეიძლება გამოყენებული იქნას სილა ან სხვა ისეთი სახეხი საშუალებები, რამაც შეიძლება მინის ზედაპირი გაფხაჭნოს. ასეთი ჭურჭელი ადვილად გატყდება პირველივე თერმულ თუ მექანიკურ ზემოქმედებაზე.
- პირველად ჭურჭელს რეცხავენ წყალსადენის წყლით. თუ ასეთი გარეცხვის შემდეგ ჭურჭლის კედლებზე მაინც დარჩა ლაქები, მაშინ მათ მოსაცილებლად იყენებენ ჭურჭლის გამრეცხ სპეციალურ ჯაგრისს (სურათი 4. 24). თუ ჯაგრისის გამოყენებითაც არ მოსცილდა ჭურჭელს ჭუჭყი, მაშინ წყალს უნდა მიემატოს ცოტა მარილმჟავა ან ტუტე. ხშირად მისაღებია ჭურჭლის გარეცხვა იაფფასიანი (მაგალითად, სპირტით) ან გამოყენებული გამხსნელებით.
- გამხსნელების შერჩევისას ასევე უნდა იყოს გათვალისწინებული, რომ გამხსნელი არ შევიდეს ენერგიულ რეაქციაში მოსაცილებელ ნაერთთან. მაგალითად, ნატრიუმის გამოყენების შემდეგ კოლბა უნდა გაირეცხოს სპირტით და არა წყლით.



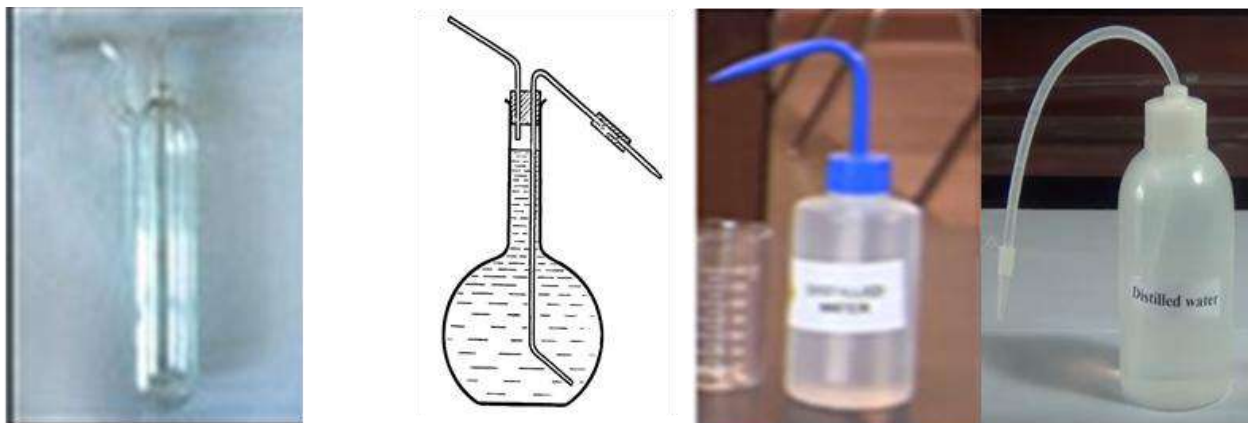
სურათი 4. 24. ჭურჭლის
გამრეცხი ჯაგრისები



სურათი 4. 25. ჭურჭლის გასარეცხი
ნიჟარა

- ზოგიერთ შემთხვევებში შესაძლებელია გამოყენებული იქნას აგრეთვე წყლის ორთქლი. მას იყენებენ განსაკუთრებით მაშინ, როდესაც ჭურჭლის ფორმა არ იძლევა ჯაგრისით გასუფთავების საშუალებას.
- თუ ამ ზომების მიღებითაც არ ხერხდება ჭურჭლის კარგად გარეცხვა, მაშინ სარეცხად იყენებენ ეფექტურ გამწმენდ საშუალებებს ე. წ. ქრომის ნარეცხ, კალიუმის პერმანგანატის (KMnO_4) ტუტე ხსნარს ან მარილმჟავას და წყალბადის ზეჟანგის ხსნარს.
- კვარცის ჭიქებს წმენდენ საკვები სოდიანი ფილტრის ქაღალდით, შემდეგ ავლებენ გამდინარე წყალს და

ბიდისტილატს. გამოწვისათვის ამუშავენ კონცენტრირებული გოგირდმჟავათი (0,1-0,2 მლ ან 4-6 წვეთი), აცხელებენ ელ. ქურაზე $30^{\circ}\text{--}350^{\circ}\text{C}$ ტემპერატურაზე მჟავას აორთქლებამდე, ახურებენ მუფელის ღუმელში $500\text{--}600^{\circ}\text{C}$ ტემპერატურაზე 20-30 წთ და კვლავ ავლებენ ბიდისტილირებულ წყალს.



სურათი 4. 26. სხვადასხვა ტიპის სარეცხელები

- ბიურეტის გასარეცხად იყენებენ სპეციალურ ჯაგრისებს (სურათი 4. 27). იმ შემთხვევაში თუ ისინი ლაბორატორიაში არ მოგვეპოვება, მაშინ ბიურეტში ჩაყრიან ქაღალდის პატარა ნაჭრებს, ჩაასხამენ შიგ სუფთა წყალს და კარგად შეანჯღრევენ, რის შემდეგ ბიურეტს რეცხავენ სოდიანი ან საპნის ცხელი ხსნარით, ბოლოს კი სუფთა წყლით. მიზანშეწონილია გასარეცხად ქრომის ნარევის ხსნარის გამოყენება.
- ჭურჭელი კარგად გარეცხილად შეიძლება ჩაითვალოს მაშინ, თუ გამოხდილი წყლით საბოლოო გამორეცხვის შემდეგ ჭურჭლის კედლები ერთნაირად იქნება დაფარული წყლის თხელი ფენით და მის კედლებზე არ დარჩება წყლის ცალკეული წვეთები და ლაქები.



სურათი 4. 27. ბიურეტის
გამრეცხი ჯაგრისები

ჭურჭლის გაშრობა: გარეცხილ ჭურჭელს გამოავლებენ გამოხდილ წყალს და ჰაერზე გასაშრობად ათავსებენ ჭურჭლის საშრობ თაროზე ძირით ზევით ან პირქვე ჩამოაცმევენ დაფაზე დახრილად დამაგრებულ ღეროებზე (სურათი 4. 28) და ტოვებენ გაშრობამდე. უმჯობესია თუ თარო ნიჟარასთან დამაგრებული იქნება დახრილად. უფრო სწრაფად გაშრობისათვის კი გამოიყენება საშრობი კარადები, სადაც 100-200 °C-ზე ჭურჭელი რამოდენიმე წუთში შრება (სურათი 4. 29).



სურათი 4. 28. სხვადასხვა სახის ჭურჭლის საშრობი თაროები



- გასუფთავებული და გამშრალი ჭურჭელი ინახება ჭურჭლის კარადაში, რათა დაცული იქნას ხელმეორედ გაჭუჭყიანებისაგან.
- ვიწრო ცილინდრული ჭურჭლების (ცილინდრების, გრძელი მილების, ბიურეტების და სხვ.) გასაწმენდად და გასაშრობად გამოიყენება სხვადასხვა დიამეტრის ხის გრძელი ჩხირები; ასეთი ჩხირების ბოლოზე დამაგრებულია სპილენძის (არა რკინის) რამდენიმე გადანაჭერი, რომლებიც 1-0,5 მმ-ით გამოშვებულია ჩხირიდან. ღეროს ბოლოზე შემოახვევენ ფილტრის ქაღალდს და მილს გაწმენდენ ჯერ სველი, ხოლო შემდეგ მშრალი ქაღალდით. ღეროს ბოლოზე მავთულით ქაღალდი მჭიდროდ მაგრდება ღეროზე. მავთულის ღეროები არ უნდა ეხებოდეს მინას, რადგან იგი იწვევს მილის დაზიანებას, რაც ზოგჯერ რამდენიმე ხნის შემდეგ შეიძლება გამოვლინდეს.
- თხელი მილებისა და ორივე მხრიდან ღია ხელსაწყოების გასაწმენდად ასე იქცევიან: ძაფზე, რომელიც მილზე ორჯერ უგრძესია, გამოაბამენ ბამბის ნაფლეთს, შემდეგ ძაფის ერთ ბოლოს გამოაბამენ სპილენძის მავთულზე და ჩაუშვებენ მილში, უკანასკნელნი ვერტიკალურად უჭირავთ. როდესაც ძაფი გატარებულია მილში, ბამბას გაატარებენ ძაფის საშუალებით რამდენჯერმე ორივე მიმართულებით. თუ მილი ძლიერ დაბინძურებულია, შეიძლება მისი გაწმენდა ჯერ სველი ან ოდნავ სპირტით დასველებული ბამბით, შემდეგ კი მშრალი ბამბით.



სურათი 4. 29. საშრობი კარადა



4.4. ქიმიურ ლაბორატორიაში გამოყენებული ხელსაწყოები და დანადგარები

ქიმიურ ლაბორატორიებში გარდა ქიმიური ჭურჭელისა, აქტიურად გამოიყენება სხვადასხვა მექანიკური თუ ელექტრო დანადგარები და მოწყობილობები. ისინი თავის მხრივ მოითხოვენ კვალიფიციურ მოპყრობას, ამიტომ უსაფრთხო მუშაობისათვის სტუდენტი ვალდებულია გულდასმით გაეცნოს ქვემოჩამოთვლილ წესებს და პრაქტიკული მუშაობის დროს ზუსტად დაიცვას ისინი:

- ლაბორატორიული სამუშაოების ჩატარებისას მოქმედი დანადგარის უწყურადღებოდ მიტოვება აკრძალულია. სამუშაო ადგილის დატოვება შესაძლებელია მხოლოდ მაშინ, როდესაც არ არის საჭირო ექსპერიმენტის კონტროლი ან ექსპერიმენტის მეთვალყურეობას განაგრძობს სხვა კომპეტენტური პირი. სახიფათო ექსპერიმენტის ჩატარებისას უნდა იმყოფებოდეს მინიმუმ ორი ადამიანი.
- განსაკუთრებით სიფრთხილის დაცვაა საჭირო საწვავ ნივთიერებითა და თბური ხელსაწყოებით მუშაობისას. ხანძრის ასაცილებლად ელექტროქურას და სხვა თბურ ხელსაწყოებს დგამენ კერამიკის საყრდენზე, აზბესტის ფურცელზე ან სხვა რომელიმე ცეცხლგამძლე მასალაზე.
- ლაბორატორიაში გამოყენებული ელექტროხელსაწყოები, მაგალითად, მექანიკური სარეველები, ქურები, ცენტრიფუგები, გამაცივებელი და შემრევი მოწყობილობები და სხვ. (სურათი 4. 31), უნდა იყოს გამართულ მდგომარეობაში და ელექტროდენის გატარებისას აკმაყოფილებდეს უსაფრთხოების ნორმებს. პერიოდულად უნდა ხდებოდეს მათი შემოწმება ტექნიკური პერსონალის მიერ და ამით აღმოფხვრილ იქნას წარმოქმნილი დეფექტები.



სურათი 4. 30. სპირტქურის მომზადება და მოხმარების წესები

ლაბორატორიული ხელსაწყოები



მაგნიტური სარეველა

- მაგნიტური ან მექანიკური სარეველა გამოიყენება მექანიკური შერევის განსახორციელებლად;
- თანამედროვე მაგნიტური სარეველების ზედაპირი აღჭურვილია გაცხელება ან გაცივლება/გაცივების ფუნქციითაც, რაც საშუალებას იძლევა ნარევი შეთბეს 40°C -მდე ან გაცივდეს -5°C -მდე.



მექანიკური სარეველა



როტაციული
ამოთქლებელი



წელისა და თრთქლის
აბაზანა



კოლბაგამახურებელი



ცენტრიფუგა

- გამსხნელების დაბალ ტემპერატურაზე ასათრთქლებლად და ხსნარების დასაკონცენტრირებლად ფართოდ გამოიყენება როტაციული ტიპის ამოთქლებლები;
- წელისა და თრთქლის აბაზანა ასევე გამოიყენება ხსნარების წელა ამოსაშრობად (გაცივლება 100°C -მდე)
- ცენტრიფუგა - ხელსაწყო, რომელიც ცენტრიდანული ძალების მოქმედებით ახდენს ნარევის მექანიკურ დაყოფას.

სურათი 4. 31. ლაბორატორიული ელექტრო ხელსაწყოები



- მაღალი რისკის მატარებელია მინის ის აპარატურა, რომელიც რამდენიმე კომპონენტისაგან შედგება. ასეთი ხელსაწყოთა გამოყენებისას ადვილად შესაძლებელია მოხდეს საშიში ნივთიერების გაჟონვა და ხანძრის გაჩენა. მნიშვნელოვანია, რომ გამოყენებული აპარატურა დამზადებული იყოს უსაფრთხოების ნორმების დაცვით, ამასთან, სხვადასხვა ნაწილები არ უნდა იყოს დამზადებული უვარგისი მასალისგან (მაგ. სხვადასხვა ხარისხის მინა, შეუსაბამო შლიფები). საყურადღებოა, რომ აპარატურის აწყობისას არ მოხდეს რაიმე მექანიკური დაზიანება, რაც ამ უკანასკნელის გატეხვას გამოიწვევს. აპარატურა უნდა იდგეს მყარად, უსაფრთხო ადგილას, უმჯობესია ამწოვ კარადაში.
- ექსპერიმენტის დაწყების წინ სავალდებულოა ყველა ტექნიკური დამხმარე ხელსაწყოების შემოწმება, მაგალითად, ვაკუუმის, გამაცივებელი და შემრევი სისტემების, მათი ელექტრო გამტარების შემოწმება, და ასევე იმის დადგენა როგორ რეაგირებს ქიმიური რეაგენტები აღნიშნულ აპარატურასთან.

გამაცხელებელი ხელსაწყოები



ბუნზენის სანთურა



სპირტქურა



სხვადასხვა ზომის
კოლბაგამახურებლები



მაგნიტური სარეველა
ტემპერატურული
მარეგულირებლით



ელექტრო ქურა
თერმორეგულატორით



წყლის აბაზანა



ელექტრო ქურა

სურათი 4. 32. გამაცხელებელი ხელსაწყოები



- მაგნიტური სარეველით მორევის შემთხვევაში, აუცილებელია მაგნიტის ღეროს ფრთხილად ჩაშვება ჭურჭელში. დაუშვებელია მისი პირდაპირ ჩაგდება, რადგან ჩაგდება შეიძლება გამოიწვიოს როგორც მისი დაზიანება, ასევე თვით ჭურჭლის გატეხვა. სასურველია მაგნიტის ღეროს წინასწარ მოთავსება ჭურჭელში. მაგნიტური სარეველას ჩართვა უნდა მოხდეს ნელი ბრუნით, სასურველი სიჩქარის მიღწევა კი ბრუნთა რიცხვის ნელი მატებით.
- წყლის აბაზანის გამოყენებისას საყურადღებოა ის, რომ აბაზანა გავსებული უნდა იყოს განსაზღვრულ ნიშნულამდე, რადგან გაცხელებისას სითხემ შეიძლება მოიმატოს მოცულობაში. სითხე აბაზანისათვის ისე უნდა იყოს შერჩეული, რომ სარეაქციო ჭურჭლის გატეხვის შემთხვევაში, ჭურჭლის შიგთავსი მასთან რეაქციაში არ შევიდეს. პრაქტიკაში ეს ნიშნავს იმას, რომ ნატრიუმის ან კალიუმის შემცველი სუსპენზიის გაცხელება წყლის აბაზანაზე არ შეიძლება.
- განსაკუთრებულ შემთხვევაში – როგორიცაა რეაქციები წნევის ქვეშ (როგორც წესი ფოლადის ან კოროზიამდედგი ნივთიერებებისაგანაა დამზადებული) – საჭიროა ლაბორატორიული აპარატურა აეწყოს როგორც „ღია“ სისტემა, ანუ წნევა ისე უნდა იყოს გათანაბრებული ატმოსფერულთან, რომ სისტემის შიგნით წნევის მომატებამ არ გამოიწვიოს აფეთქება.
- ამწოვი კარადის ფანჯრები მუშაობისას არ უნდა იყოს კარადის მუშა ფართობის 1/3-ზე მეტად გახსნილი (სურათი 4. 33). ამწოვ კარადაში აფეთქების შემთხვევაში პირველ რიგში უნდა გამოირთოს ვენტილაცია და დაიხუროს დროსელ-სარქველი, რათა არ მოხდეს სავენტილაციო ხაზზე ხანძრის გავრცელება.
- საშრობი კარადა (სურათი 4. 34), როგორც წესი, არ არის ფეთქებადსაშიში და არ გამოჰყოფს გადამუშავებულ ჰაერს. აღნიშნულ კარადაში შესაძლებელია ქიმიური ჭურჭლის გაშრობა. ჭურჭელი კარგად უნდა იყოს გარეცხილი და წყალში გავლებული.

- ლაბორატორიაში დაუშვებელია ქიმიური პრეპარატების შენახვა საკვები პროდუქტების შესანახად განკუთვნილ ჭურჭელში, ან პირით. ასევე დაუშვებელია სიგარეტის მოწევა, რადგან მოწევამ შეიძლება გამოიწვიოს აფეთქება და ხანძარი.



სურათი 4. 33. ამწოვი კარადა

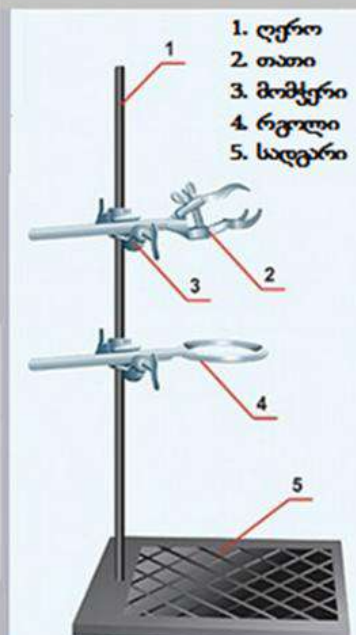


სურათი 4. 34. საშრობი კარადა



დამხმარე ლაბორატორიული ხელსაწყოები

ლაბორატორიული შტატივი



რგოლსა და თავის სახეები



საცხრების ნაკრები



მეტალისა და ფაიფურის კოვზები



შპატელი



სამფეხა სადგარი აზბესტის ბაღით

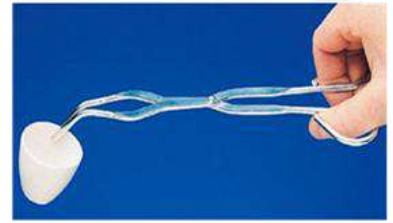


პიპეტების შტატივი



სადგარი სინჯარებისათვის

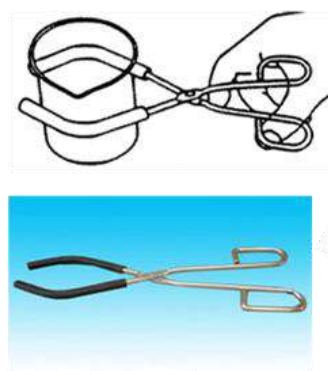
ჯაგრისები



მეტალის მაშა



სხვადასხვა სახის მომჭერები



პინცეტი

სურათი 4. 35. დამხმარე ლაბორატორიული ხელსაწყოები



დავალებები და კითხვები თვითშემოწმებისათვის:

1. ჩამოთვალეთ საზომი ჭურჭლების სახეები.
2. რა მოთხოვნები წაეყენებათ საზომ ჭურჭლებს?
3. გაზომეთ სითხის მოცულობა ლაბორატორიაში, აითვალეთ სითხის მოცულობა საზომ ცილინდრში წარმოდგენილი მეთოდის დაცვით.
4. რა ზოგადი წესები უნდა დავიცვათ მინის ჭურჭელთან მუშაობის დროს?
5. როგორი სახის მინის ჭურჭელში არ შეიძლება სითხის გაცხელება?
6. რომელი სახის კოლბა უფრო გამძლეა ალზე გახურების მიმართ?
7. შეიძლება თუ არა მენზურის გახურება ალზე?
8. აღწერეთ ჭურჭლის გარეცხვის საშუალებები ქიმიურ ლაბორატორიაში.
9. როგორ აშრობენ ჭურჭელს ქიმიურ ლაბორატორიაში?
10. აღწერეთ საპირტყურის მომზადებისა და მოხმარების წესები. ჩაატარეთ აღნიშნული სამუშაო პრაქტიკულად.
11. ჩამოთვალეთ ლაბორატორიაში გამოყენებული ელექტრული ხელსაწყოები
12. რა სახის გამაცხელებელი ხელსაწყოები გამოიყენება ქიმიურ ლაბორატორიაში?
13. აღწერეთ ამწოვ კარადასთან მუშაობის წესები.
14. ააწვეთ ლაბორატორიული შტატივი.
15. რა დამხმარე ხელსაწყოებს იყენებენ ქიმიურ ლაბორატორიაში?

4.5. ქიმიურ ნივთიერებებთან შრომის უსაფრთხოებისა და ჰიგიენის წესების დაცვა

ქიმიურ ნივთიერებებთან მუშაობისას უნდა იქნას გათვალისწინებული შრომის უსაფრთხოებისა და ჰიგიენის შემდეგი წესები:

- ქიმიური ნაერთების შესანახ ყოველ ჭურჭელს უნდა ჰქონდეს ეტიკეტი, რომელზედაც ნაჩვენებია იქნება რეაქტივის ზუსტი დასახელება, სიმბოლოები და სხვა საჭირო ინფორმაცია. ხსნარის შემთხვევაში კი კონცენტრაცია. რეაქტივების გამოყენება უწარწერო ჭურჭლიდან აკრძალულია.
- ეტიკეტების დაზიანების შემთხვევაში საჭიროა მათი შეცვლა ახლით. ქიმიური ზემოქმედებიდან ეტიკეტის დასაცავად საჭიროა ეტიკეტზე გამჭირვალე ფოლიეს (სკოჩის) გადაკვრა (სურათი 4. 36).
- მყარი ნივთიერებები უნდა ინახებოდეს კარგად თავდაცობილ მინის ქილებში, ხოლო ხსნარები - სარეაქტივო შუშებში (ბოთლებში), რადგან ორგანული გამხსნელების პლასტმასის ჭურჭელში შენახვისას შეიძლება ადგილი ჰქონდეს სითხის გაჟონვას ჭურჭლის კედლებიდან (დიფუზიას) (სურათი 4.37).
- ქიმიური ნივთიერებების შესანახად გამოყენებული ჭურჭელი და კონტეინერები დამზადებული უნდა იყოს შესაფერისი მასალისაგან. ხშირად გამოიყენება მინისგან ან პლასტმასისგან დამზადებული კონტეინერები. შუქმგრძნობიარე ნივთიერებების შესანახად (მაგ. დიეთილის ეთერი), რომლებიც როგორც წესი, სინათლის მოქმედებით წარმოქმნიან ზეჟანგებს, გამოყენებული უნდა იქნა მუქი მინისგან დამზადებული კონტეინერები.
- ლაბორატორიაში არსებული ყველა ნივთიერება და პრეპარატი წელიწადში მინიმუმ ერთხელ მაინც უნდა იქნეს შემოწმებული და აღწერილი.
- ზოგიერთი მომწამვლელი, ადვილად აალებადი ან კოროზიული ნივთიერებები მხოლოდ მცირე რაოდენობით უნდა ინახებოდეს ამწოვ კარადაში.
- ნივთიერებების დიდ რაოდენობებთან მუშაობა არაა სასურველი. შემთხვევით ჭარბად აღებული რეაქტივი არ შეიძლება ჩაიყაროს ან ჩაისხას უკან სარეაქტივო ჭურჭელში. ამიტომ ყოველთვის უნდა აიღოს მხოლოდ ექსპერიმენტისათვის საჭირო რაოდენობა.
- ქიმიური ნივთიერებები, როგორც წესი, კანთან კონტაქტისას სახიფათოა არიან. ამიტომ საჭიროა შეძლებისდაგვარად ამის თავიდან აცილება, რისთვისაც გამოიყენება სპეციალური ხელთათმანები.



სურათი 4. 36. ქიმიური ნაერთის ეტიკეტირება



ჭურჭელი
ხსნარებისათვის



ჭურჭელი მყარი
ნივთიერებებისათვის

სურათი 4. 37.
რეაქტივებისათვის
განკუთვნილი ჭურჭელი



სურათი 4. 38. ტუტეებთან მუშაობის ზოგადი წესები

- ყოვლად დაუშვებელია პირით სითხის ამოწოვა პიპეტის საშუალებით, ამას ყოველთვის მივყავართ მძიმე მოწამვლამდე და დაშვრობამდე. ეს წესი დაცული უნდა იყოს არააგრესიული სითხეების შემთხვევაშიც, ამით მოხდება მავნე ჩვევებისგან თავის არიდება ლაბორატორიულ ყოველდღიურობაში. სითხის პიპეტით ამოღებისას გამოყენებული უნდა იყოს სპეციალური ბუშტი ან ნივთიერების ამოსატუმბი მოწყობილობა.
- ქილიდან რეაქტივის ამოღებისას უნდა მოხდეს ეტიკეტზე წარწერის ორჯერ წაკითხვა და შემდეგ გადმოყრა (გადმოსხმა) ეტიკეტის მოპირდაპირე მხრიდან. რეაქტივების ქილები გამოყენების შემდეგ დაუყენებლივ უნდა დაბრუნდეს მისთვის განკუთვნილ ადგილზე.



სურათი 4. 39. სარეაქტივო ქილის ხელში დაჭერა და ხსნარის გადმოსხმა

- სარეაქტივო ქილიდან მყარი რეაქტივის ამოღება უნდა ხდებოდეს ფაიფურის ან მეტალის შპატელით ან კოვზით, რომელიც ხმარების შემდეგ გასუფთავების გარეშე არ შეიძლება გამოყენებულ იქნეს სხვა რეაქტივის ამოსაღებად.



ა)



ბ)



გ)

სურათი 4. 40. ა) ფაიფურის სხვადასხვა ზომის შპატელები და კოვზები; ბ) მეტალის შპატელი; გ) მეტალის კოვზი

**მყარი ნივთიერებების ამოღება სარეაქტივო
ჭურჭლიდან**

მყარი ნივთიერებები ფრთხილად ამოიღეთ სინჯარის გამოყენებით	მყარი ნივთიერებები გადმოყარეთ ქილის ნელი რხევით	გადახარეთ ქილა და ფხვნილი ამოიღეთ შპატელის საშუალებით
--	---	---



ფხვნილის ქილიდან
გადმოყრა არ
შეიძლება



ფხვიერი ნივთიერების დაქუცმაცება



1. ფოლთაქვა
2. როლინი

სხვადასხვა სახის
შპატელი



სურათი 4. 41. ჭურჭლიდან მყარი ნივთიერების ამოღების წესები

- სხვადასხვა სარეაქტივო შუშების საცობების ძირს (მაგიდაზე) დადება არ შეიძლება, თანაც არავითარ შემთხვევაში არ უნდა იქნეს არეული ერთმანეთში.
- კატეგორიულად დაუშვებელია ქიმიური ნივთიერებების გემოს გასინჯვა; რომელიმე ნივთიერების დაყნოსვის დროს საჭიროა სიფრთხილე - უნდა დავდგეთ ისე, რომ ორთქლი ან აირი წარვმართოთ თავისკენ ძლიერი შეყნოსვის გარეშე. სუნის შესაგრძნობად საკმარისია ასევე რეაქტივიან ჭურჭელზე



საცობის არამკვერვად დაცობა, რითაც შეიძლება ნივთიერებათა ორგანოლეპტიკურობის განსაზღვრა (სუნის მიხედვით).

- ბრომზე მუშაობისას საჭიროა:
 - ცდები ჩაატაროთ ამწოვ კარადაში;
 - მოერიდოთ ბრომის ორთქლის შესუნთქვას;
 - მოარიდოთ თვალები ბრომის ორთქლს;
 - გაუფრთხილდეთ ხელებს (ბრომით გამოწვეული სიღამწვრე იწვევს დიდი ხნით მოუშუშებელი იარის წარმოქმნას);
 - ბრომით დამწვარი ადგილი თიოსულფატის კონცენტრირებული ხსნარით უნდა მოიშოროთ;
 - ბრომის ორთქლის შემთხვევითი შესუნთქვისას უნდა დაყნოსოთ ამიაკის განზავებული ხსნარი და გახვიდეთ სუფთა ჰაერზე.
- თუ რომელიმე რეაქტივი ხელს მოხვდება, პირველ რიგში იგი წყლის დიდი ნაკადით უნდა ჩამოირეცხოთ; შემდეგ შემშრალდეს ან გამოყენებულ იქნეს გამანეიტრალებელი საშუალებები. განსაკუთრებით მნიშვნელოვანია სწრაფად თვალების მოხანვა, თუ მასში რომელიმე რეაქტივი მოხვდა.
- ტუტით ან მჟავით კანის დამწვრობის დროს საჭიროა წყლის ნაკადით დაახლოებით 20-30 წუთის განმავლობაში ჩარეცხვა, ხოლო ძლიერი დამწვრობის შემთხვევაში ჩარეცხვა ხდება 1.5-2 საათის განმავლობაში (წყალი არ უნდა იყოს ცივი). ჩატარებული პროცედურის შემდეგ დაზარალებულს ისევე ექცევიან, როგორც თერმული დამწვრობის შემთხვევაში.



სურათი 4. 42. მჟავებთან მუშაობის ზოგადი წესები

- ორი სითხის შერევისას საჭიროა მეტი ხვედრითი წონის სითხე ჩაისხას მორევის პირობებში ნაკლები ხვედრითი წონის სითხეში. მაგალითად, კონცენტრირებული გოგირდმჟავას განზავებისას, კონცენტრირებული გოგირდმჟავას და აზოტმჟავას შერევისას და ა.შ.



- ნივთიერებების შერევისას, რომლის დროსაც ადგილი აქვს სითბოს გამოყოფას, საჭიროა მხოლოდ თერმომდგრადი მინის ან ფაიფურის ქიმიური ჭურჭლის გამოყენება.
- სითხის უცაბედი გაცხელებისას შეიძლება ადგილი ჰქონდეს სითხის გაშხეფებას (გამოიყენეთ მაგნიტური ან მექანიკური სარეველა). ეს პრობლემა განსაკუთრებით მნიშვნელოვანია, როდესაც სითხე ცხელდება სინჯარაში. გაცხელებისას საჭიროა მისი შენჯღრევა, წინააღმდეგ შემთხვევაში ადგილი ექნება მთელი შიგთავსის გაშხეფებას. უსაფრთხოების მიზნით გაცხელებისას ჭურჭლის ღია ბოლო არ უნდა იყოს მიმართული ექსპერიმენტატორის ან სხვა პირების მიმართ.
- ქლორთან, ბრომთან, გოგირდის ან აზოტის ოქსიდებთან, გოგირდწყალბადთან და სხვა მომწავლავ ნივთიერებებთან მუშაობა აუცილებლად უნდა წარმოებდეს ამწოვ კარადაში.



სურათი 4. 43. კარადა და თაროები ქიმიური რეაქტივებისათვის



გამოყენების ინსტრუქციის მაგალითი ნივთიერებათა ჯგუფისათვის „მომწამლავი და ძლიერ მომწამლავი ნივთიერებები“

მომწამლავი და ძლიერ მომწამლავი ნივთიერებები

მაგალითი: აცეტონიტრილი, დარიშხანი, ბენზოლი, ქლორმარმჟავა, მეთანოლი, მეთილიოდიდი, კალიუმის ციანიდი, ვერცხლისწყალი და მისი მარილები, ტეტრაქლორმეთანი, ურანის მარილები.

R-ფრაზა: 23, 24, 25, 26, 27, 28

საფრთხეები ადამიანებისთვის და გარემოსათვის

- ყურადღება მიაქციეთ ეტიკეტზე ინფორმაციას უსაფრთხოების შესახებ.
- მომწამლელი და ძლიერ მომწამლელი ნივთიერებები ორგანიზმში ხვდებიან ჩასუნთქვით, ჩაყლაპვით ან კანთან კონტაქტისას. მომწამლელ და ძლიერ მომწამლელ ნივთიერებების მცირე რაოდენობასთან კონტაქტმაც კი შეიძლება გამოიწვიოს ჯანმრთელობის სერიოზული დაზიანება, მოწამლა და სიკვდილიც.
- დაუშვებელია მომწამლელი და ძლიერ მომწამლელი ნივთიერებების მოხვედრა გარემოში.

უსაფრთხოების ზომები, ინსტრუქცია და პირადი ჰიგიენის ზომები

- ყურადღებით გაეცანით უსაფრთხოების წესებს ეტიკეტზე. თავიდან აიცილეთ ყოველი კონტაქტი კანთან. ნივთიერებები არ შეისუნთქოთ და არ ჩაყლაპოთ. მომწამლავ და ძლიერ მომწამლავ ნივთიერებებთან იმუშავებთ მხოლოდ ამწოვ კარადაში. ატარეთ ლაბორატორიული ხალათი, დამცავი ხელთათმანები და სათვალეები! რეგულარულად დაიბანეთ ხელები და სახე.
- მომწამლელ და ძლიერ მომწამლელ ნივთიერებებთან აკრძალულია მუშაობა ადვილად მსხვრევადი და 5 ლიტრზე მეტი მოცულობის ჭურჭლით. გამონაკლისის დაშვება შეიძლება მხოლოდ იმ შემთხვევაში, თუ დაცული იქნება განსაკუთრებული უსაფრთხოების ზომები, მაგ. აბაზანის გამოყენება.
- ყურადღებით შეისწავლეთ ვერცხლისწყალთან მუშაობის სპეციალური დებულება!

რა ზომები უნდა მივიღოთ საფრთხის შემთხვევაში

დაბინძურებული კანი კარგად დაიბანეთ. დაბინძურებული სამოსი მაშინვე გაიხადეთ. დაყრილი მყარი, მომწამლელი და ძლიერ მომწამლელი ნივთიერებები მოაგროვეთ, დაღვრილი მომწამლელი და ძლიერ მომწამლელი ნივთიერებები მოაგროვეთ ადსორბენტის საშუალებით და შემდეგ მოახდინეთ მათი უტილიზაცია.

პირველადი დახმარება

- კანი:** მაშინვე კარგად დაიბანეთ წყლით, საპნით ან პოლიგლიკოლებით (მაგ. Roticlean), აუცილებლობის შემთხვევაში გამოიყენეთ საავარიო საშხაპე.
- თვალები:** ჩამოიბანეთ წყლის ნაკადით მინიმუმ 10 წუთის განმავლობაში, შემდეგ მიმართეთ ექიმს.
- ჩაყლაპვა:** გამოიწვიეთ ღებინება.
- ჩასუნთქვა:** სუფთა ჰაერი, სიმშვიდე, სითბო.
- სერიოზული უბედური შემთხვევის დროს გამოიძახეთ გადაუდებელი სასწრაფო დახმარება.** შესაძლებლობის შემთხვევაში ექიმს აჩვენეთ ჭურჭელი/ეტიკეტი!

გაუვნებლობა

მომწამლელი და ძლიერ მომწამლელი ნივთიერებების გაუვნებლობა უნდა მოხდეს მწარმოებლის მიერ მოწოდებული შესაბამისი ინსტრუქციის საფუძველზე.



ინსტრუქციის მაგალითი კონკრეტული მავნე ნივთიერებისათვის: „ფტორწყალბადი“

სპეციალური მითითება მავნე ნივთიერების გამოყენებისას

მავნეობის აღნიშვნები

ფტორწყალბადი - ფტორწყალბად მჟავა

R-ფრაზა : 26, 27, 28, 35

ფტორწყალბადმჟავა არის ძლიერ მომწამვლელი ჩასუნთქვისას და კანთან შეხებისას. ფტორწყალბადმჟავა იწვევს მძიმე დამწვრობას.

საფრთხეები ადამიანებისთვის და გარემოსათვის

ფტორწყალბადმჟავა როგორც სითხე, კონცენტრირებული აირი ან წყალხსნარი იწვევს კანის, თვალის და სასუნთქი გზების ძლიერ დამწვრობას. ცხიმში კარგი ხსნადობის გამო ადვილად შეიწოვება ორგანიზმის მიერ. ფტორიდ იონები ორგანიზმში ბლოკავენ კალციუმის და მაგნიუმის იონებს და თრგუნავენ მნიშვნელოვან ფერმენტებს. ეს იწვევს სიცოცხლისათვის საშიშ მეტაბოლურ დარღვევებს, ღვიძლის და თირკმლების დაზიანებას. HF-ით ტიპური დამწვრობა არის ძალიან მტკივნეული, ტკივილი შეიძლება გაგრძელდეს 2 დღის განმავლობაში. კანის დეგენერაციული ეფექტი აყვავებს იარის მოშუშებას. შესუნთქვა თავდაპირველად იწვევს ზედა სასუნთქი გზების გაღიზიანებას, ლარინგიტს, ბრონქიტს და ნაწილობრივ ყნოსვის დაკარგვას. 30–60 წუთი იმ ჰაერის შესუნთქვა, რომელიც შეიცავს HF-ს 50–დან 100 მკლ–მდე, შეიძლება აღმოჩნდეს ფატალური: ზღვრული კონცენტრაციების ქრონიკულ ჩასუნთქვას მიყვავრთ ფლუროზამდე. ქლორწყალბადი საშიშია წყლისთვის – მავნეობის კლასი 2.

უსაფრთხოების ზომები, ინსტრუქცია და პირადი ჰიგიენის ზომები

ფტორწყალბადის შემცველი ჭურჭელი უნდა ინახებოდეს მჭიდროდ თავდახურული, კარგად განიავებად ადგილზე. ორთქლი/აეროზოლი არ ჩაისუნთქოთ. მუშაობისას გამოიყენეთ შესაბამისი დამცავი ტანსაცმელი, ხელთათმანები და სათვალეები/ნიღბები. თვალში მოხვედრისას თვალები კარგად ჩამოიბანეთ წყლით და გაიარეთ კონსულტაცია ექიმთან. უბედური შემთხვევისას, ან თავის შეუძლოდ გრძნობის შემთხვევაში, მიმართეთ ექიმს.

რა ზომები უნდა მივიღოთ საფრთხის შემთხვევაში

ნივთიერების გაჟონვა: უწყლო HF-ის გაჟონვისას საჭიროა თანამშრომლების ევაკუაცია. შეძლებისდაგვარად რესპირატორის გაკეთება (ფილტრი ABEK Kombi) და ლაბორატორიის განიავება. ფტორწყალბადმჟავა უნდა დამუშავდეს კირის რძით (იხ. უტილიზაცია).

ხანძარი: მოახდინეთ თანამშრომლების ევაკუაცია და მიიღეთ ხანძარსაწინააღმდეგო ზომები! თვითონ არ იწვის, მაგრამ არსებობს მისი შესუნთქვის საშიშროება. ხანძრის ჩაქრობისას ატარეთ რეაპირატორი, ამ უკანასკნელის არქონის შემთხვევაში ხანძარი უნდა ჩააქროს მხოლოდ სახანძრო ბრიგადამ.

პირველადი დახმარება

კანი: სასწრაფოდ საფუძვლიანად ჩამოიბანეთ წყლის დიდი რაოდენობით (ყოველი წუთი ძვირფასია), შემდეგ შეიზილეთ კანში კალციუმის გლუკონატის გელი და ეჩვენეთ სპეციალისტს.

თვალები: ჩამოიბანეთ თვალები წყლის ნაკადით 15 წუთის განმავლობაში, ცერი და საჩვენებელი თითების საშუალებით ფართოდ გაახილეთ თვალები და ამოძრავეთ ყველა მიმართულებით, სასწრაფოდ ეჩვენეთ ოფთალმოლოგს!

ჩასუნთქვა: გადით სუფთა ჰაერზე. სასწრაფოდ მიიღეთ Auxiloson. დაუკავშირდით ექიმს. გათბით.

ტანისამოსი: დაბინძურებული სამოსი მაშინვე გაიხადეთ, ყოველი წუთი ძვირფასია!

გაუფრთხილება

HF-ის შემცველი ნარჩენები დაამუშავეთ კირის რძით და შეინახეთ ეტიკეტირებულ ჭურჭელში.

არაშესაფრთხილად მოპყრობის შედეგები

მითითებული ზომების იგნორირებამ შეიძლება მიგვიყვანოს ჯანმრთელობის სერიოზულ დაზიანებამდე (ქსოვილების დაზიანება, დამწვრობა, ძნელად შეხორცებადი იარები, სასუნთქი გზების გაღიზიანება, გულის მუშაობის რიტმის დარღვევა) ან სიკვდილამდე.



კითხვები თვითშემოწმებისათვის:

1. რა ინფორმაცია მიეთითება ქიმიური ნივთიერების ჭურჭლის ეტიკეტზე?
2. როგორ უნდა მოვიქცეთ ქიმიური ნივთიერებების ეტიკეტის დაზიანების დროს?
3. როგორ უნდა მოვიქცეთ ქილიდან რეაქტივის ამოსაღებად?
4. რა ინსტრუმენტით ხდება ქილიდან მყარი რეაქტივის ამოღება?
5. რა ინსტრუმენტით ხდება თხევადი რეაქტივის ამოღება ჭურჭელიდან?
6. აღწერეთ ბრომთან მუშაობის წესები.
7. აღწერეთ ტუტუებთან მუშაობის ზოგადი წესები.
8. აღწერეთ უსაფრთხოების წესები მჟავებთან მუშაობის დროს.
9. აღწერეთ უსაფრთხოებისა და პირადი ჰიგიენის ზომები მომწამლავ და ძლიერმომწამლავ ნივთიერებებთან მუშაობის დროს.
10. აღწერეთ პირველადი დახმარების ზომები მომწამლავ და ძლიერმომწამლავ ნივთიერებებთან მუშაობის დროს.
11. აღწერეთ HF-თან მუშაობის წესები.
12. აღწერეთ პირველადი დახმარების ზომები HF-ით მოწამვლისას.
13. ჩამოთვალეთ ნივთიერებები რომელთა გამოყენებით მუშაობა უნდა მოხდეს ამწოვ კარადაში.
14. როგორ ვიქცევით ქიმიური რეაქტივის სუნის გასაგებად? შეიძლება თუ არა ქიმიური რეაქტივის გემოს გასინჯვა?



4.6. ნივთიერებათა კლასიფიკაცია

მარტივი და რთული ნივთიერებები. მარტივია ნივთიერება, რომელიც წარმოქმნილია ერთი ელემენტის ატომებისაგან. მაგ., მარტივი ნივთიერება რკინა - შედგება რკინის ატომებისაგან, აზოტი - ელემენტ აზოტის ატომებისაგან.

რთულია ნივთიერება (ანუ ქიმიური ნაერთი), რომელიც წარმოქმნილია სხვადასხვა ელემენტის ატომებისაგან. მათ მიეკუთვნება არაორგანული ნაერთების უმნიშვნელოვანესი კლასები: ოქსიდები, მჟავები, ფუძეები, მარილები. ასევე ორგანული ნაერთები. განვიხილოთ ნაერთთა კლასები ცალ-ცალკე:

1. ორი ელემენტისაგან შემდგარ რთულ ნივთიერებებს, რომელთაგან ერთ-ერთი ჟანგბადია, ოქსიდები ეწოდებათ.

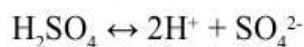
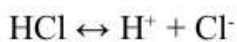
თითქმის ყველა ელემენტი წარმოქმნის ოქსიდებს. თუ ელემენტი წარმოქმნის რამდენიმე ოქსიდს, სახელწოდების შემდეგ რომელი ციფრით ფრჩხილებში მიეთითება ელემენტის დაჟანგულობის ხარისხი. მაგალითად, FeO - რკინის (II) ოქსიდი, SO_2 - გოგირდის (IV) ოქსიდი, Cl_2O_7 - ქლორის (VII) ოქსიდი. გავრცელებული ოქსიდებისათვის დასაშვებია სახელწოდება „ჟანგი“ რიცხვითი სახელით გამოხატული თავსართით, რომელიც მიუთითებს ჟანგბადის ატომების რიცხვს. მაგ., SO_2 - გოგირდის ორჟანგი, SO_3 - გოგირდის სამჟანგი, NO - აზოტის მონოოქსიდი, NO_2 - აზოტის დიოქსიდი.

2. მჟავები რთული ნაერთებია, რომელთა მოლეკულების შედგენილობაში შედის წყალბად-ატომები. ამ უკანასკნელთ აქვთ მეტალის ატომებით ჩანაცვლების ან მათთან გაცვლის უნარი.

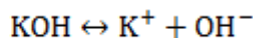
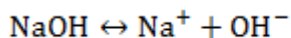
ჟანგბადის არსებობის მიხედვით არჩევენ ჟანგბადოვან და უჟანგბადო მჟავებს. უჟანგბადო მჟავების მოლეკულებში წყალბადი უშუალოდაა ბმული მეტალთან. ასეთებია: HF , HCl , HBr , HI , H_2S და ა. შ. ჟანგბადოვანი მჟავების მოლეკულებში წყალბად-ატომები ჟანგბადის მეშვეობითაა ბმული მეტალის ატომთან. ასეთებია: HNO_3 , H_2SO_4 , H_3PO_4 და სხვ.

მჟავას სახელწოდებას მისი წარმომქმნელი ელემენტის სახელწოდება განსაზღვრავს. მაგალითად, H_2SO_4 - გოგირდმჟავა, HNO_3 - აზოტმჟავა, H_3PO_4 - ფოსფორმჟავა. უჟანგბადო მჟავების დასახელება მიიღება მეტალისა და წყალბადის სახელწოდებისაგან. მაგალითად, HF - ფტორწყალბადმჟავა ანუ მლღობი მჟავა, HCl - ქლორწყალბადმჟავა ანუ მარილმჟავა, HBr - ბრომწყალბადმჟავა, H_2S - გოგირდწყალბადმჟავა და ა.შ.

მჟავის ელექტროლიტური დისოციაციის დროს მიიღება წყალბადიონი და მჟაური ნაშთის იონი:



3. ფუძეები რთული ნაერთებია და შედგებიან მეტალის ატომისა და ჰიდროქსილის (OH) ჯგუფისაგან. ელექტროლიტებია, რომელთა დისოციაციით ჰიდროქსილ-იონები მიიღება. მაგალითად:



წყალში ხსნად ფუძეებს ტუტეები ეწოდება. ასეთია ტუტე და ტუტემიწათა მეტალების ფუძეები: LiOH , NaOH , KOH , RbOH , CsOH , FrOH , Ca(OH)_2 , Sr(OH)_2 , Ba(OH)_2 , Ra(OH)_2 და აგრეთვე NH_4OH . სხვა ფუძეები წყალში უხსნადია.

ფუძეების სახელწოდება შედგება სიტყვა ჰიდროქსიდისა და მეტალის სახელწოდებისაგან. მაგალითად, NaOH - ნატრიუმის ჰიდროქსიდი, KOH - კალიუმის ჰიდროქსიდი, Ca(OH)_2 - კალციუმის ჰიდროქსიდი. თუ ელემენტი წარმოქმნის რამდენიმე ფუძეს, მაშინ სახელწოდებაში ფრჩხილებში მიეთითება მისი დაჟანგულობის ხარისხი რომელი ციფრით: Fe(OH)_2 - რკინის (II) ჰიდროქსიდი, Fe(OH)_3 - რკინის (III) ჰიდროქსიდი. ზოგიერთ ფუძეს სპეციალური სახელწოდება აქვს. მაგალითად, NaOH - მწვავე ნატრი, KOH - მწვავე კალი, Ca(OH)_2 - ჩამქრალი კირი, Ba(OH)_2 - მწვავე ბარიტი.



4. მარილები ეწოდება ნივთიერებებს, რომელთა მოლეკულის შედგენილობაში შედის მჟავას ნაშთთან შეერთებული მეტალთა ატომები.

ელექტროლიტური დისოციაციის თეორიით მარილები ისეთი ელექტროლიტებია, რომელთა დისოციაციით მეტალის კათიონები და მჟავას ნაშთის ანიონები წარმოიქმნება. თავისი შედგენილობის მიხედვით არჩევენ საშუალო (ნორმალური), მჟავე, ფუძე, ორმაგ და კომპლექსურ მარილებს.

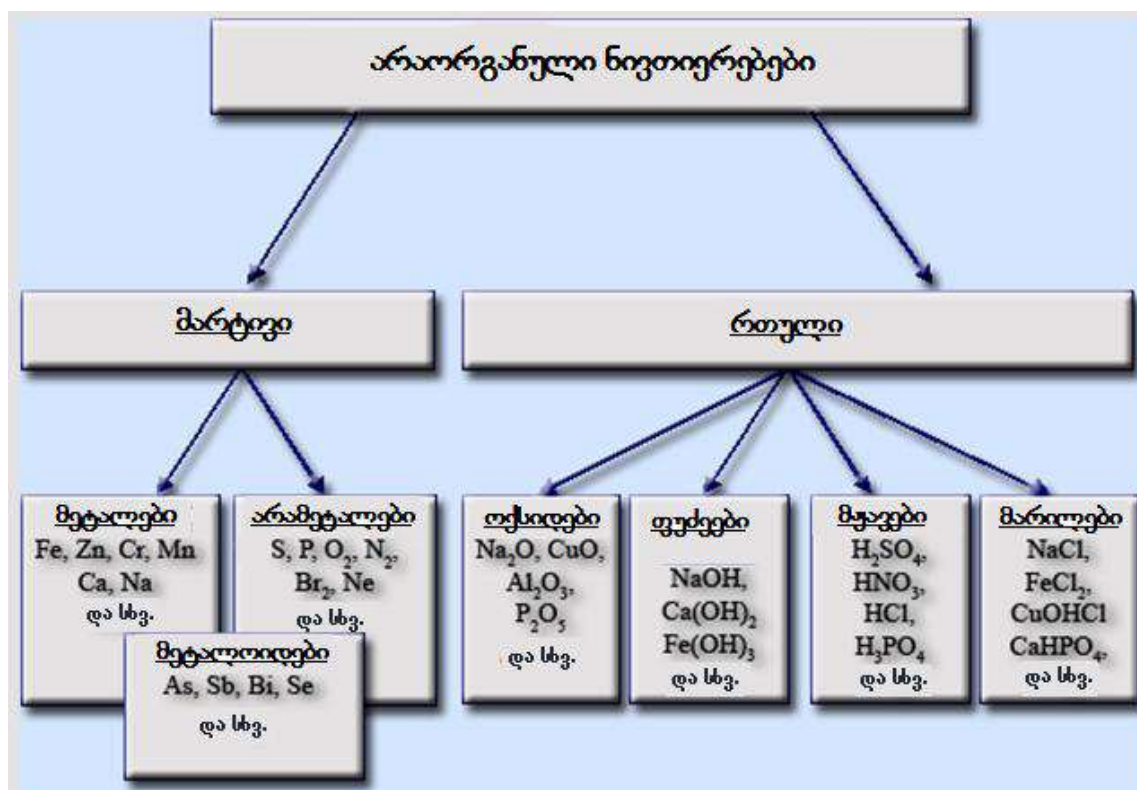
თუ მჟავას მოლეკულაში ჩანაცვლების უნარის მქონე წყალბადის ყველა ატომი ჩანაცვლებულია მეტალის ატომებით, ასეთ მარილს საშუალო ანუ ნორმალური ეწოდება. ასეთებია: NaCl – ნატრიუმის ქლორიდი, Na_2CO_3 – ნატრიუმის კარბონატი, K_2SO_4 – კალიუმის სულფატი, Na_3PO_4 – ნატრიუმის ფოსფატი და სხვ.

თუ მჟავას მოლეკულაში წყალბადის ატომების მხოლოდ ნაწილია ჩანაცვლებული მეტალზე, ასეთ მარილს მჟავე მარილი ეწოდება. ე. ი. მჟავე მარილების მოლეკულები შეიცავენ ერთ ან ორ ჩანაცვლებელ წყალბადის ატომს. ასეთებია: NaHCO_3 – ნატრიუმის ჰიდროკარბონატი, KHSO_4 – კალიუმის ჰიდროსულფატი, Na_2HPO_4 – ნატრიუმის ჰიდროფოსფატი, NaH_2PO_4 – ნატრიუმის დიჰიდროფოსფატი და სხვ.

ფუძე მარილი ეწოდება ისეთ მარილს, რომლებიც მეტალის იონებისა და მჟავური ნაშთის გარდა შეიცავენ ჰიდროქსილჯგუფს. ასეთებია: $\text{Mg}(\text{OH})\text{Cl}$, $\text{Fe}(\text{OH})\text{Cl}_2$, $\text{Fe}(\text{OH})_2\text{Cl}$ და სხვ.

ორმაგი მარილი ეწოდება ისეთ მარილს, რომლის შედგენილობაში შედის ორი მეტალის კათიონი და ერთი მჟავური ნაშთი. ასეთებია: $\text{KAl}(\text{SO}_4)_2$, KCl-MgCl_2 , $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4\text{-FeSO}_4$, KNaCO_3 და სხვ.

კომპლექსური მარილების შედგენილობაში შედიან რთული (კომპლექსური) იონები (ფორმულაში ისინი მოთავსებულნი არიან კვადრატულ ფრჩხილებში), მაგალითად: $\text{K}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]$, $[\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]\text{Cl}$, $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]\text{SO}_4$ და სხვ.



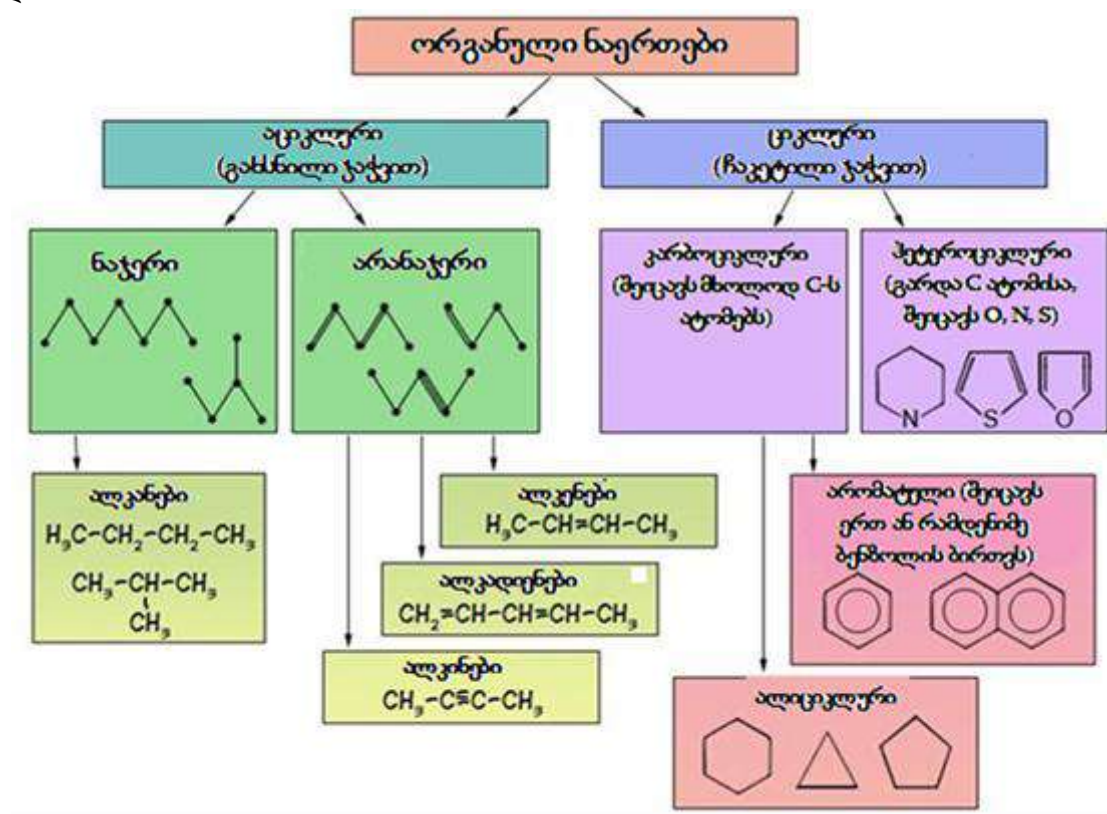
სურათი 4. 44. არაორგანულ ნაერთთა კლასიფიკაცია



სახელწოდება. საშუალო მარილების სახელწოდება წარმოდგება მჟავას სახელწოდებისაგან, რომელსაც ემატება მეტალის დასახელება, მაგალითად, Na_2CO_3 - ნახშირმჟავა ნატრიუმი, $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ - გოგირდმჟავა ამონიუმი, K_3PO_4 - ფოსფორმჟავა კალიუმი. უფრო ხშირად გამოიყენება საერთაშორისო სახელწოდებანი: Na_2CO_3 - ნატრიუმის კარბონატი, $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ - ამონიუმის სულფატი, K_3PO_4 - კალიუმის ფოსფატი, KNO_3 - კალიუმის ნიტრატი. მაგრამ თუ ერთი და იგივე მეტალი ამჟღავნებს დაჟანგულობის სხვადასხვა ხარისხს, მაშინ ამ უკანასკნელს მიეთითება ფრჩხილებში რომელი ციფრით. მაგალითად, FeSO_4 - რკინის (II) სულფატი, $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$ - რკინის (III) სულფატი.

მჟავე მარილების სახელწოდება წარმოდგება ანიონზე თავსართი „ჰიდრო“-ს დამატებით, ხოლო თუ აუცილებელია, მაშინ შესაბამისი რიცხვითი სახელებით: NaHSO_4 - ნატრიუმის ჰიდროსულფატი, KH_2PO_4 - კალიუმის დიჰიდროფოსფატი, NaH_2PO_4 - ნატრიუმის დიჰიდროფოსფატი.

ფუძე მარილების სახელწოდება იწარმოება ანიონების სახელწოდების ჩამოთვლით, რომლებიც დეფიზით იწერებიან: $\text{Al}(\text{OH})\text{SO}_4$ - ალუმინის სულფატ-ჰიდროქსიდი, $\text{Al}(\text{OH})_2\text{Cl}$ - ალუმინის ქლორიდ-ჰიდროქსიდი.



სურათი 4. 45. ორგანულ ნაერთთა კლასიფიკაცია

ქიმიური აღნაგობის მიხედვით ორგანული ნაერთები დაყოფილია სამ ჯგუფად:

1. აციკლური (ალიფატური, ანუ ცხიმოვანი) ნაერთები. მათი მოლეკულები შეიცავენ სწორ ან განტოტვილ, მაგრამ ნახშირბადის ატომებისაგან შეკრულ ჯაჭვს. ამ ჯგუფს მიეკუთვნება ნაჯერი (მეთანი, ეთანი) და არანაჯერი (ეთილენი, აცეტილენი) ნახშირწყალბადები და მათი ნაწარმები. მაგალითად:

CH_4
მეთანი

CH_3-CH_3
ეთანი

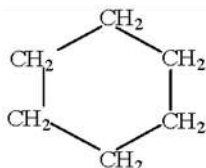
$\text{CH}_2=\text{CH}_2$
ეთილენი

$\text{CH}\equiv\text{CH}$
აცეტილენი

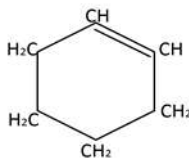


2. კარბოციკლური ნაერთები, რომელთა მოლეკულები შეიცავს ნახშირბად-ატომთა ერთ ან რამდენიმე რგოლს ანუ ჩაკეტილ ჯაჭვს. მათ შორის არჩევნ:

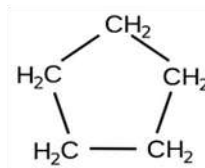
- ალიციკლურ ნაერთებს ანუ ციკლოპარაფინებს – ნაჯერს (ციკლოპექსანი, ციკლოპენტანი) და არანაჯერს (ციკლოპექსენი). მაგალითად:



ციკლოპექსანი

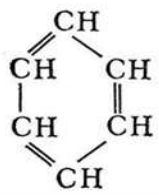


ციკლოპექსენი

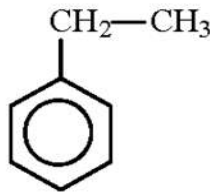


ციკლოპენტანი

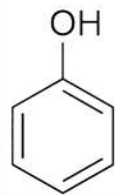
- ბენზოლის ბირთვის შემცველ არომატულ ნაერთებს. მაგალითად:



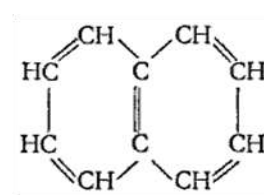
ბენზოლი



ეთილბენზოლი

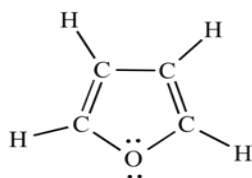


ფენოლი

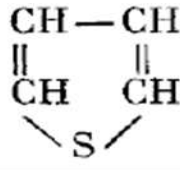


ნაფტალინი

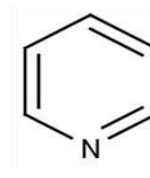
3. ჰეტეროციკლური ნაერთები, რომელთა რგოლები ნახშირბად ატომთა გარდა სხვა ატომსაც შეიცავენ. ეს ატომებია: S, N, O და სხვ. მაგალითად:



ფურანი



თიოფენი



პირიდინი

ორგანული ნაერთების თითოეული კლასისათვის დამახასიათებელია ატომთა გარკვეული ჯგუფი, რომელსაც ფუნქციონალური ჯგუფი ეწოდება. ფუნქციონალური ჯგუფები განაპირობებენ მოცემული კლასის ნაერთთა დამახასიათებელ ქიმიურ თვისებებს.



4.7. ქიმიური რეაქტივების კლასიფიკაცია

ქიმიური ლაბორატორიისათვის აუცილებელი რეაქტივების უმეტესობა მიეკუთვნება საყოველთაოდ გამოყენებულ რეაქტივებს. ასეთია: მჟავები (მარილმჟავა, აზოტმჟავა, გოგირდმჟავა), ტუტეები, მრავალი ოქსიდი და მინერალური მჟავების მარილები, ინდიკატორები (ლაკმუსი, ფენოლფტალეინი, მეთილორანჟი), ორგანული ნივთიერებების საგრძნობი ნაწილი, გამხსნელები, აგრეთვე ზოგიერთი მარტივი ნივთიერებები (თუთია, რკინა, ალუმინი, სპილენძი, გოგირდი, წითელი ფოსფორი, მეტალური ნატრიუმი, კრისტალური იოდი და სხვ.). ცალკეული ცდებისათვის საჭიროა სპეციალური რეაქტივები (კობალტის, კადმიუმის, ლითიუმის მარილები, ზოგიერთი კომპლექსმარილები, სპეციალური ინდიკატორები და სხვ.).

სისუფთავის ხარისხისა და მინარევების დასაშვები რაოდენობის მიხედვით რეაქტივები იყოფა რამდენიმე ჯგუფად: სუფთა, ანალიზისათვის სუფთა, ქიმიურად სუფთა და სხვ. რაც უფრო სუფთაა რეაქტივი, მით უფრო რთულია მისი წარმოება და მით უფრო ძვირად ფასობს. ცდებისათვის გამოსადეგია რეაქტივები ნიშნით (მარკით) „სუფთა“ და „ანალიზისათვის სუფთა“, ზოგჯერ - „ქიმიურად სუფთა“. ზოგიერთ შემთხვევაში გამოიყენება ტექნიკური მასალები: ტექნიკური (საკმაო რაოდენობის მინარევებიანი და გაჭუჭყიანებული) სუფრის მარილი (გამაცივებელი ნარევების დასამზადებლად), კალიუმის გვარჯილა (ნივთიერებათა გასასუფთავებლად) და სხვ., მაგრამ არ შეიძლება ტექნიკური თუთიის (ფურცლოვანი თუთიის ჩამონაჭრებით) გამოყენება წყალბადის მისაღებად სპეციალური შემოწმების გარეშე, ვინაიდან ასეთ თუთიაში შეიძლება იყოს საგრძნობი რაოდენობით დარიშხანი, რომელიც მომწამვლავ დარიშხანოვან წყალბადს წარმოქმნის.

ცხრილი 4. 1

რეაქტივების დახასიათებები მათი კვალიფიკაციის შესაბამისად

აღნიშვნა (ფრჩხილებში - პირობითი შემოკლება)	დახასიათება
სუფთა (ს)	იაფფასიანი რეაქტივები. ძირითადი ნივთიერების შემცველობა არანაკლებ 98 %-ისა; ცალკეული მინარევების შემცველობა 0,01-0,5 %-ის საზღვრებში; თუ პრეპარატი დნობადია, მაშინ მისი დნობის წერტილი უნდა იყოს 1-2°C ინტერვალში, ანალიზური განსაზღვრებისათვის არ გამოიყენება.
ანალიზისათვის სუფთა (ა. ს.)	ძირითადი ნივთიერების შემცველობა ჩვეულებრივ 99 %-ზე ნაკლები არ უნდა იყოს, ხოლო ცალკეული მინარევების შემცველობა არ აღემატება დასაშვებ ზღვარს, რაც შესაძლებლობას იძლევა ზუსტი ანალიზური განსაზღვრისათვის.
ქიმიურად სუფთა (ქ. ს.)	ძირითადი ნივთიერების შემცველობა აღემატება 99 %-ს; ცალკეული მინარევების შემცველობა 0,001-0,00001 %-ის საზღვრებში.
სპექტრალურად სუფთა (სპ. ს.)	პრეპარატში სპექტრალური ანალიზის მეთოდით მინარევების შემცველობის აღმოჩენა არ შეიძლება; ისინი შეადგენენ 0,001 – 0,00001 %-ს; სასკოლო პრაქტიკაში არ გამოიყენება.
ეტალონურად სუფთა (ე. ს.)	ეტალონური სისუფთავის ნივთიერებები, რომლებიც ხასიათდებიან ძირითადი ნივთიერების მაქსიმალურად შესაძლო შემცველობით, აგრეთვე ზოგიერთი არასასურველი მინარევების მინიმალური შემცველობით ეტალონური ნივთიერების დანიშნულებასთან კავშირში. სასკოლო პრაქტიკაში არ გამოიყენება.
განსაკუთრებულად სუფთა (გ. ს.)	მაღალსისუფთავის ნივთიერებები, რომლებიც გამოიყენებიან ტექნოლოგიური, ანალიზური და მეცნიერული მიზნით ნახევარგამტარ და ინფრაწითელ ტექნიკაში, კვანტურ ელექტროტექნიკასა და ახალი ტექნიკის სხვა დარგებში; ხასიათდებიან ცალკეული მინარევების მინიმალური შემცველობით (0,00001-0,0000000001 %). სასკოლო პრაქტიკაში არ გამოიყენება.



კითხვები თვითშემოწმებისათვის:

1. მოიყვანეთ მარტივი ნივთიერების მაგალითი
2. დაასახელეთ თქვენთვის ცნობილი რთული ნივთიერება. რომელი ქიმიური ელემენტის ატომებისაგან შედგება ამ ნივთიერების მოლეკულა?
3. რას ეწოდება ოქსიდი? დაასახელეთ მაგალითები.
4. რას ეწოდება მჟავა? მოიყვანეთ მაგალითი.
5. რას ეწოდება ფუძე? მოიყვანეთ მაგალითი.
6. რომელ იონებს იძლევა ტუტე ელექტროლიტური დისოციაციის შედეგად?
7. რას ეწოდება მარილი? მოიყვანეთ მაგალითი.
8. დაასახელეთ მჟავა მარილი - KH_2PO_4
9. დაასახელეთ მარილი - $\text{Fe}(\text{OH})\text{SO}_4$
10. ორგანული ნივთიერებების რომელ ჯგუფს მიეკუთვნება ბენზოლი?
11. რას ნიშნავს სიტყვა „აციკლური“
12. ჩამოთვალეთ რეაქტივების ჯგუფები სისუფთავის მიხედვით.
13. რას ნიშნავს ნივთიერების აღნიშვნა ქ.ს.?
14. რა მიზნებით იყენებენ განსაკუთრებულად სუფთა ნივთიერებებს?



4.8. ქიმიური ანალიზის სამუშაოს სპეციფიკა

4.8.1. ნივთიერებების ფიზიკური თვისებები

ნივთიერებები ხასიათდებიან გარკვეული თვისებებით, რომელთა აღქმა შესაძლებელია გრძნობის ორგანოებით. მათ აქვთ როგორც საერთო, ასევე განსხვავებული თვისებები; გარდა ამისა ყოველ ნივთიერებას აქვს მისთვის დამახასიათებელი თვისებები. მაგ. სუფრის მარილი, საკვები შაქარი და გლუკოზა თეთრი ფერის უსუნო ნივთიერებებია, მყარ აგრეგატულ მდგომარეობაში, ეს მათი მსგავსი თვისებებია. მაგრამ ისინი ხასიათდებიან განსხვავებული თვისებებითაც, მაგ. სუფრის მარილი მლაშე, ხოლო საკვები შაქარი და გლუკოზა ტკბილი ნივთიერებებია.

ქანგზადი აირადი, უფერო, უსუნო ნივთიერებაა და აუცილებელია წვისა და სუნთქვისათვის; აზოტიც ასევე აირადი, უფერო, უსუნო ნივთიერებაა, მაგრამ მის არეში არ მიმდინარეობს წვა და სუნთქვა; აირადი ნივთიერებაა ქლორიც, მომწვანო-მოყვითალო ფერის, მძაფრი სუნით. სპილენძი მყარი, მოწითალო მეტალია, ვერცხლისწყალი თხევადი მეტალია, რომლის ორთქლი მომწამლავია. ჩვენი გრძნობის ორგანოებით ნივთიერებების მხოლოდ ზოგიერთ თვისებებს შევიგრძნობთ - ფერს, სუნს, გემოს.

ნივთიერებებს აქვთ ისეთი თვისებებიც, რომელთა გაზომვა შესაძლებელია მხოლოდ სპეციალური ხელსაწყოების საშუალებით. მაგ. დუღილისა და ღვთის ტემპერატურები, სიმკვრივე. **ფერი, სუნი, გემო, აგრეგატული მდგომარეობა, დუღილისა და ღვთის ტემპერატურები და სიმკვრივე** ნივთიერებების ფიზიკურ თვისებებს განეკუთვნებიან.

ნივთიერების აგრეგატული მდგომარეობა. ყოველი ნივთიერება შეიძლება იმყოფებოდეს სხვადასხვა აგრეგატულ მდგომარეობაში: მყარ, თხევად და აირად მდგომარეობაში. ეს დამოკიდებულია იმ პირობებზე (ტემპერატურა, წნევა და სხვ.), რომელშიც ის იმყოფება. შედარებით დაბალ ტემპერატურაზე ნივთიერება იმყოფება მყარ მდგომარეობაში, სადაც ნივთიერების ნაწილაკებს შორის მანძილი ნაწილაკების ზომისაა. ნაწილაკებს შორის მოქმედებს გარკვეული ძალები, რომლებიც უნარჩუნებენ მათ წონასწორულ მდგომარეობას. სწორედ ამით აიხსნება კრისტალური სხეულებისათვის დამახასიათებელი ფორმა და მოცულობა.

გაღვთისას მყარი ნივთიერება გადადის თხევად მდგომარეობაში, სადაც დარღვეულია წონასწორობა ნაწილაკების ზომასა და მათ შორის მანძილს შორის. აორთქლებისას (მაგ. დუღილი) თხევადი ნივთიერება გადადის აირად ანუ გაზისებრ მდგომარეობაში, რომელშიც ნაწილაკები იმყოფება გაცილებით დიდ მანძილზე ერთმანეთის მიმართ მათ ზომებთან შედარებით. მათ შორის ურთიერთმიზიდვის ძალები ძალიან სუსტია და შეუძლიათ თავისუფლად გადაადგილება. მაგ. წყალს შეუძლია არსებობდეს მყარ, თხევად და აირისებრ აგრეგატულ მდგომარეობაში: ნორმალური წნევის (760 მმ. ვწყ. სვ.) დროს და 0°C-ზე კრისტალდება ყინულად, ხოლო 100°C-ზე დუღს და ორთქლად გარდაიქმნება.

ნივთიერების არსებობას რამდენიმე აგრეგატულ მდგომარეობაში განაპირობებს განსხვავება ნივთიერების მოლეკულების (ან ატომების) სითბური მოძრაობის ხასიათსა და მათ ურთიერთქმედებას შორის.

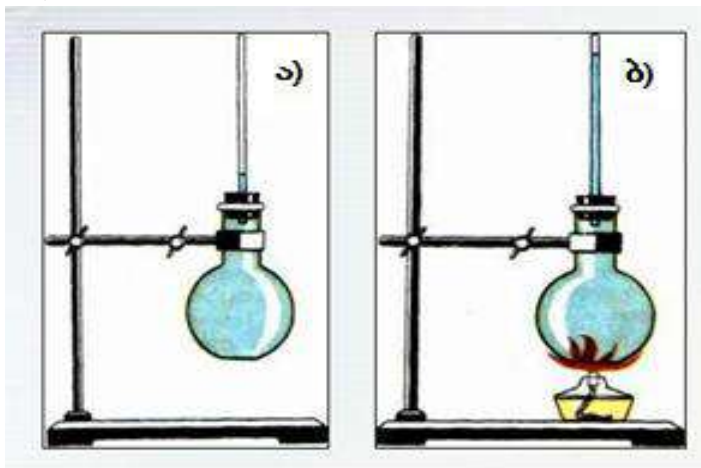
განვიხილოთ ნივთიერებათა ფიზიკური თვისებების ზოგიერთი მაგალითი:



წყლის გაფართოება გაზურებისას

- მრგვალძირა კოლბაში ასხამენ შეფერადებულ წყალს;
- რეზინის საცობში ათავსებენ მინის მილს და არგებენ კოლბას ისე, რომ საცობის მორგებისას წყლის აწევა მოხდეს მილში;
- ფრთხილად ახურებენ კოლბას.

შედეგი: წყალი აიწევს მილში.



სურათი 4. 46. წყლის გაფართოება გაზურებისას: ა) გაცხელებამდე; ბ) გაცხელების შემდეგ

წყლის გაფართოება გაყინვისას

- 50-60 მლ ტევადობის შუშას (სასურველია ბრტყელი) ავსებენ რაც შეიძლება ცივი წყლით (ცივი წყლის სიმკვრივე მეტია თბილი წყლის სიმკვრივეზე);
 - მტკიცედ უცობენ რეზინის საცობს ისე, რომ არ მოიხსნას (გაყინვისას არ ამოვარდეს);
 - კოლბას ათავსებენ გამაციებელ ნარევეში (სუფრის მარილის 1 მოცულობის ნარევი 2 მოცულობა დანამცეცებულ ყინულთან);
 - კოლბას მთლიანად ფარავენ ნარევით და ახურავენ თავსახურს;
- შედეგი:** 10-20 წუთის შემდეგ კოლბა გასკდება, ამავე დროს გაისმის მშრალი, არაძლიერი დარტყმა.



სურათი 4. 47. წყლის გაფართოება გაყინვისას.

წყლის მცირე თბოგამტარობა

- იღებენ სინჯარას და ასხამენ მასში $\frac{3}{4}$ -მდე მოცულობის ცივ წყალს;
 - გამაციებელ ნარევეში (სუფრის მარილის 1 მოცულობის ნარევი 2 მოცულობა დანამცეცებულ ყინულთან) ათავსებენ სინჯარას და ყინავენ;
 - ყინულიან სინჯარას იკავებენ ძირით და ფრთხილად ახურებენ მის ზედა ნაწილს მცირე ალით;
- შედეგი:** ყინული გადნება და წყალი ზედა ფენაში ადუღდება, ქვევით კი ყინული დარჩება.
- შენიშვნა:** ცდა შეიძლება აგრეთვე ჩატარდეს სინჯარაში ჩასხმული ცივი წყლის გამოყენებითაც.

წყლისა და სპირტის დუღილის ტემპერატურა

- იღებენ ვიურცის კოლბას და ასხამენ 100 მლ წყალს (დაახლოებით მოცულობის $\frac{1}{4}$ -მდე);
- კოლბას არგებენ საცობს, რომლის განიერ ჭრილში ატარებენ თერმომეტრს ისე, რომ მისი რეზერვუარი იმყოფებოდეს წყლის ზედაპირიდან 2-3 სმ სიმაღლეზე;



- სინჯარის ყელში საცობს ათავსებენ ძალდაუტანებლად;
- წყალში ათავსებენ პემზის ნაჭერს ან ფაიფურის ნამსხვრევებს;
- აცხელებენ წყალს ადუღებამდე და როდესაც თერმომეტრში ვერცხლის წყალი შეწყვეტს აწევას, აღნიშნავენ ტემპერატურას (აუცილებლად აღნიშნავენ აგრეთვე გარეგან წნევას ბარომეტრის საშუალებით).

შენიშვნა: გარდა წყლისა, განსაზღვრავენ სპირტის დუდილის ტემპერატურას და შედეგებს ადარებენ.

ნივთიერებათა ლღობის ტემპერატურა

ა) - იღებენ სამ სინჯარას;

- ათავსებენ მათში:

ა) 3-4 გ კრისტალურ ფენოლს (დნობის $t \approx 40^{\circ}\text{C}$);

ბ) ვუდის შენადნობის ნაჭერს (დნობის $t \approx 80^{\circ}\text{C}$);

გ) გოგირდის ნატეხებს (დნობის $t \approx 119^{\circ}\text{C}$);

- სინჯარებს ათავსებენ ადუღებულ წყალში; აკვირდებიან ნივთიერებათა გაღვნილობას: პირველად ფენოლი, შემდეგ ვუდის შენადნობი; გოგირდი კი არ ღვდება წყლის დუდილის ტემპერატურაზე;

- გოგირდიან სინჯარას აცხელებენ სპირტქურის ალზე.

ბ) მღვრე ყინულში ათავსებენ თერმომეტრს. აღნიშნავენ ყინულის დნობის ტემპერატურას (წყლის ლღობას).



სურათი 4. 48. ვუდის შენადნობი:

- კალა - 12.5%
- ტყვია - 25%
- ბისმუტი - 50%
- კადმიუმი - 12.5%

ნივთიერებათა გაყინვის ტემპერატურა

ა) - იღებენ ორ სინჯარას;

- ერთში ათავსებენ 2-3 მლ ეთილის სპირტს; მეორეში იმავე რაოდენობის ბენზოლს;

- ათავსებენ მდნობარე ყინულში.

შედეგი: ასეთ ტემპერატურაზე სპირტი არ იყინება, ხოლო ბენზოლი იყინება (გაყინვის $t \approx 6^{\circ}\text{C}$).

ბ) - ამზადებენ გამაცივებელ ნარევს: 1 წილი სუფრის მარილის და 4 წილი დანამცეცებული ყინული;

- იღებენ ორ სინჯარას: ერთში ათავსებენ 3-4 მლ წყალს, მეორეში კი იმავე რაოდენობის სპირტს;

- ათავსებენ გამაცივებელ ნარევეში.

შედეგი: ასეთ ტემპერატურაზე წყალი სწრაფად იყინება (ნარევის ტემპერატურა $\approx 20^{\circ}\text{C}$), სპირტი კი უცვლელი რჩება.

დიფუზია. დიფუზია (ლათ. diffusio - გავრცელება, გაჟონვა) არის შემხებ ნივთიერებათა ურთიერთშეღწევა, რაც ნაწილაკების სითბური მოძრაობით არის გამოწვეული. დიფუზია ხდება აირებში, სითხეებში და მყარ ნივთიერებებში. სითბური მოძრაობის გამო შესაძლებელია დიფუნდირდნენ როგორც ნივთიერებაში მოხვედრილი გარეშე ნივთიერებათა ატომები და მოლეკულები (მოლეკულური დიფუზია), ასევე საკუთარი ატომები და მოლეკულები (თვითდიფუზია).

აირებში დიფუზიის გამომწვევი სითბური მოძრაობა შედარებით მარტივი ხასიათისაა. აქ შედარებით ადვილია თავისუფლად მოძრაი ნაწილაკების ურთიერთშეღწევა. რაც შეეხება დიფუზიას სითხეებში – ატომებსა და მოლეკულებს ძირითადად დროებითი წონასწორობის მდგომარეობა აქვთ, ისინი ირხევიან და იშვიათად გადაადგილდებიან. მყარ სხეულებში ნაწილაკების სითბური მოძრაობის ძირითადი სახეა წონასწორობის მდგომარეობის მახლობლად რხევა.



4.8.2. ნივთიერებათა ქიმიური თვისებები

ნივთიერებებს გარდა ფიზიკური თვისებებისა, ახასიათებთ ქიმიური თვისებებიც. ნივთიერებათა ფიზიკური და ქიმიური თვისებების ერთობლიობა საშუალებას გვაძლევს განვასხვავოთ ნივთიერებები ერთმანეთისაგან ან დავადგინოთ მათ შორის მსგავსება. მაგ. სამედიცინო სპირტი, აცეტონი და წყალი უფერო, გამჭვირვალე სითხეებია. ისინი განსხვავდებიან როგორც ფიზიკური, ასევე ქიმიური თვისებებით. ნივთიერებები რკინა, სპილენძი, ალუმინი ხასიათდებიან როგორც მსგავსი, (ისინი მეტალებია), ასევე განსხვავებული (სიმაგრე, ფერი, ქიმიური თვისებები) თვისებებით.

პრაქტიკიდან ცნობილია, რომ ზოგიერთი მეტალი ჰაერზე განიცდის გარკვეულ ცვლილებებს. მაგ. მიტოვებული რკინის საგნების ზედაპირზე წარმოიქმნება მოყავისფრო ნივთიერება - ჟანგი, რომელიც რკინასთან ჟანგბადის ურთიერთქმედების შედეგია ტენიან ჰაერზე. წყლის არსებობა ჰაერში ხელს უწყობს რკინის ჟანგვას; სრულიად მშრალ ჰაერზე რკინის ჟანგვა არ მოხდებოდა.

გარდა რკინისა ჟანგბადთან ურთიერთქმედებენ სხვა მეტალებიც. მაგ., ნატრიუმი იმდენად აქტიური მეტალია და სწრაფად იჟანგება, რომ მას ინახავენ ნავთში, რათა არ მოხდეს მისი შეხება ჰაერის ჟანგბადთან. სპილენძის დასაჟანგდ კი საჭიროა მისი გახურება.

ნივთიერების ქიმიურ ურთიერთქმედებას ჟანგბადთან ჟანგვის რეაქცია ეწოდება. ჟანგვის რეაქციის პროცესში გამოიყოფა სითბო. რკინის ჟანგვის პროცესი ბუნებრივ პირობებში შედარებით ხანგრძლივად მიმდინარეობს.



1



2



3

სურათი 4. 49. 1, 2 - მეტალების წვა, 3 - მეტალების წვით NO_2 -ის გამოყოფა

მნიშვნელოვანია ნივთიერებების ისეთი ურთიერთქმედება ჟანგბადთან, როდესაც საჭიროა ადამიანის უშუალო ჩარევა - ეს არის წვის პროცესები. ჟანგბადის არეში ნივთიერებები არა მხოლოდ იჟანგება, არამედ იწვის კიდევ. წვას განიცდის როგორც არაორგანული (ნახშირი, გოგირდი, ფოსფორი და სხვ.) (სურათი 4. 49), ასევე ორგანული ნივთიერებები. ყოველდღიურ ყოფა-ცხოვრებაში სწორედ ორგანული ნივთიერებების წვასთან გვაქვს შეხება: ვიყენებთ ბუნებრივი და ხელოვნური აირების, შეშის, სანთლის, ნავთის, ბენზინის წვას საოჯახო პირობებში, წარმოებაში. წვის აღნიშნულ პროცესებს აქვთ საერთო ნიშნები: ყველა შემთხვევაში ნივთიერებები რეაქციაში შედიან ჟანგბადთან, ე.ი. იჟანგებიან, რასაც თან ახლავს არა მხოლოდ სითბოს, არამედ სინათლის გამოყოფაც.

სწრაფად მიმდინარე ჟანგვის რეაქციას, რომელსაც თან ახლავს სითბოსა და სინათლის გამოყოფა, წვის რეაქცია ეწოდება. იმისათვის, რომ წვა დაიწყოს, აუცილებელია ნივთიერება გახურდეს განსაზღვრულ ტემპერატურაზე, რომელსაც აღლების ტემპერატურა ეწოდება. მაგ. ნახშირი იწვის $300\text{ }^{\circ}\text{C}$ -ზე მეტი ტემპერატურისას, ხე იწვის $270\text{ }^{\circ}\text{C}$ -ზე, სპირტის ორთქლი $400\text{ }^{\circ}\text{C}$ -ზე და ა.შ.



ზოგჯერ შესაძლებელია წვადი ნივთიერების თვითააღება. ეს ხდება იმ შემთხვევაში, როდესაც დასაჟანგი ნივთიერების მასა დიდია და ნელი ჟანგვისას გამოყოფილი სითბო გარემოში კი არ იფანტება, არამედ გროვდება მასის შიგნით. ნელი ჟანგვა მიმდინარეობს ნაგავსაყრელებზე, რასაც ხშირად მოყვება ნაგვის თვითააღება, რაც არაბუნებრივი პროცესია და რის შედეგადაც ატმოსფეროში მავნე აირები გროვდება. როგორც ვხედავთ, წვას ხელს უწყობს ჰაერის ჟანგბადი, ტემპერატურა და სხვა პირობები.

განვიხილოთ ნივთიერებათა ქიმიური თვისებების ზოგიერთი მაგალითი:

აზოტმჟავას მოქმედება მეტალებზე

- მაღალ ცილინდრში ათავსებენ თუთიის ან სპილენძის ბურთულებს;
- ასველებენ აზოტმჟავაში (არა უმეტეს 3-4 მლ).

შედეგი: რეაქცია მომდინარეობს ენერგიულად, სინჯარა ივსება მურა-ყავისფერი აზოტის ოქსიდით (NO_2) (სურათი 4.49-3).

შენიშვნა: ნივთიერებების აღნიშნული რაოდენობით ცდას ამწოვი კარადის გარეშე ატარებენ, მხოლოდ სარეაქციო ჭურჭელს (ცილინდრს, კოლბას) რეაქციის დამთავრების შემდეგ აფარებენ მინის ფირფიტას ან საცობს.

ორი მყარი ნივთიერების შერევით ახალი ნივთიერების წარმოქმნა

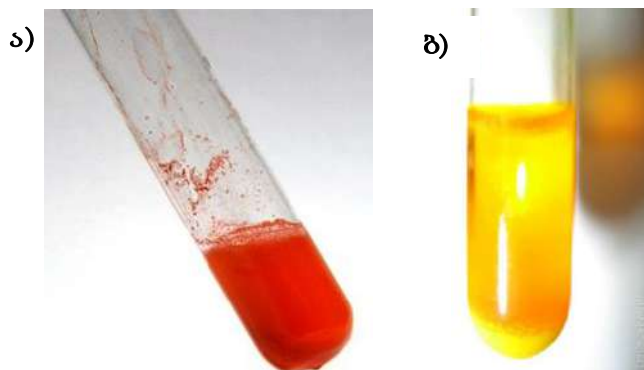
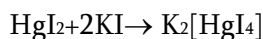
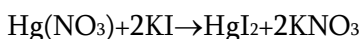
- ფაიფურის ჯამზე ათავსებენ თითო კოვზ ჩამქრალ კირს და ნიშადურს;
- მიღებულ ნარევს კარგად აფხვიერებენ.

შედეგი: შეინიშნება ახალი ნივთიერების - ამიაკის აირის წარმოქმნა მისთვის დამახასიათებელი სუნით.

ახალი ნივთიერების მიღება ხსნართა შერევით

ჭიქებში ან სინჯარებში ასხამენ ისეთი ნივთიერებათა ხსნარებს, რომლებიც იძლევიან ან მკვეთრ შეფერილობას, ან ნალექს. მაგალითად, იღებენ ხსნარებს:

- 1) ფენოლფტალეინისა და ამიაკის სპირტხსნარისა (სპირტხსნარის რამდენიმე წვეთი ჭიქა წყალში) – შეიმჩნევა ჟოლოსფერი შეფერილობა;
- 2) ვერცხლისწყლის ნიტრატისა და კალიუმბრომიდის ხსნარებს, რომლებიც წარმოქმნიან იოდიდის წითელ (სურათი 4.50-ა) ნალექს (HgI_2), იგი ჭარბ კალიუმბრომიდის ხსნარში იხსნება (წარმოიქმნება კომპლექსური მარილი – $\text{K}_2[\text{HgI}_4]$);



სურათი 4. 50. ა) ვერცხლისწყლის იოდინი;

ბ) კომპლექსური მარილი



- 3) შაბიამნისა და ამიაკისა (ჭარბად) – მიიღება ინტენსიურად ლურჯი შეფერილობა, წარმოქმნილი კომპლექსური მარილისა;
- 4) ბარიუმქლორიდისა და ნატრიუმის სულფატისა (ან გოგირდმჟავას რომელიმე ხსნადი მარილისა) – წარმოიქმნება ბარიუმის ქლორიდის (BaSO_4) თეთრი ნალექი (სურათი 4. 51);
- 5) სისხლის ყვითელი მარილისა $\{\text{K}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]\}$ და რკინის ქლორიდის ხსნარებს – შეინიშნება ლურჯი შეფერვა (ბერლინის ლაჟვარდის წარმოქმნა) (სურათი 4. 52).



სურათი 4. 51. ბარიუმის ქლორიდი



სურათი 4. 52. ბერლინის ლაჟვარდი

4.8.3. ნივთიერების სიმკვრივის დადგენა

ფიზიკურ სიდიდეს, რომელიც გვიჩვენებს რას უდრის ერთეული მოცულობის ნივთიერების მასა, ამ ნივთიერების სიმკვრივე ეწოდება. იგი ნივთიერების მნიშვნელობანი მახასიათებელი სიდიდეა. სიმკვრივის განზომილებებია კგ/მ³, კგ/დმ³, გ/სმ³, მგ/მ³. ნივთიერების მოცულობასა და მასას შორის ურთიერთდამოკიდებულება გამოიხატება შემდეგი ფორმულით:

$$\rho = \frac{m}{V}$$

სადაც, ρ – არის ნივთიერების სიმკვრივე;

m – მასა;

V – ნივთიერების მოცულობა.

ნივთიერების სიმკვრივე დამოკიდებულია მისი შემადგენელი ატომების მასაზე, ნივთიერებაში მათი განლაგების სიმჭიდროვეზე. ამიტომ არის, რომ მყარი სხეულების სიმკვრივე, რომელთა ატომები მჭიდროდ არიან განლაგებული ერთმანეთის მიმართ, ყველაზე დიდია. სითხეებში მოლეკულებს შორის საშუალო მანძილი ცოტათი მეტია, ვიდრე მყარ სხეულებში და შესაბამისად სიმკვრივეც ნაკლებია. აირების ატომებს შორის ურთიერთქმედება ძალიან სუსტია და ამიტომაც მათი სიმკვრივე კიდევ უფრო მცირეა.

სიმკვრივე ცვალებადი სიდიდეა და დამოკიდებულია ტემპერატურაზე და წნევაზე. ტემპერატურის გაზრდით სიმკვრივე მცირდება, წნევის გაზრდით კი - იზრდება.

წყლის სიმკვრივე დაახლოებით 1 კგ/დმ³ შეადგენს, მყარი სხეულებისა და სითხეების უმეტესობის სიმკვრივე კი 0.1-დან 20 კგ/დმ³ ფარგლებში მერყეობს.

ზოგიერთი ნივთიერების და მასალის სიმკვრივე მოცემულია ცხრილი 4.2-ში.



ზოგიერთი ნივთიერებისა და მასალის სიმკვრივები

ნივთიერება	სიმკვრივე, კგ/მ³	ნივთიერება, მასალა	სიმკვრივე, კგ/მ³
აზოტი	1.251	ალუმინი	2700
მეთანი	0,717	ბეტონი	2150
ნახშირორჟანგი	1.977	პარაფინი	890
ჟანგბადი	1,429	პლატინა	21450
წყალბადი	0,090	ფაიფური	2350
ჰაერი (მშრალი)	1,293	ფოლადი	7750
წყალი	998,2	ყინული	900
		მუხა	750

სიმკვრივის განსაზღვრის ჩასატარებლად საჭირო მოწყობილობებია: საზომი ცილინდრი, საზომი კოლბა, პიკნომეტრი, პიპეტი, არეომეტრების ნაკრები, საანალიზო სასწორი, საკვლევი ხსნარი, მცირე ზომის წყალში უხსნადი მინერალები, ქანები, ქვები ან პარალელეპიპედის და/ან კუბის ფორმის მცირე საგანი.

სითხეების სიმკვრივის გამოთვლა:

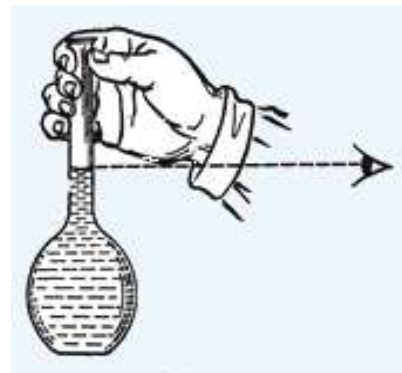
- ელექტო სასწორით წონიან ცარიელ საზომ კოლბას (ან ცილინდრს) (m_1);
- დიდი სიზუსტით ავსებენ მას საკვლევი სითხით შემდეგნაირად: ჯერ ასხამენ ძაბრის საშუალებით, შემდეგ კი პიპეტით უმატებენ სითხის წვეთებს და დონეს ნიშან-ჭდემდე მიიყვანენ. ამ შემთხვევაში მომუშავის თვალი, ჭდე და სითხის მენისკი ერთ პორიზონტალურ სიბრტყეში უნდა მდებარეობდეს (სურათი 4.53).
- შევსებულ საზომ კოლბას (ან ცილინდრს) ხელახლა წონიან (m_2).
- სითხიანი და ცარიელი კოლბების სხვაობით ადგენენ სითხის წონას.
- სიმკვრივეს ρ (გ/სმ³) ანგარიშობენ შემდეგი ფორმულით:

$$\rho = \frac{m_2 - m_1}{V}$$

სადაც, m_1 – ცარიელი საზომი კოლბის (ან საზომი ცილინდრის) მასა, გ;

m_2 – საზომი კოლბის (ან საზომი ცილინდრის) მასა საანალიზო სითხით, გ;

V – საანალიზო სითხის მოცულობა, სმ³.



სურათი 4. 53. ხსნარის მოცულობის ათვლა საზომ კოლბაში მენისკის მიხედვით

მყარი ნივთიერების სიმკვრივის გამოთვლა:

ა) პარალელეპიპედის ან კუბის ფორმის საგნის სიმკვრივის განსაზღვრისათვის წონიან ადებულ საგანს (m). სახაზავის საშუალებით ზომავენ საგნის განზომილებებს (სიგრძე, სიგანე, სიმაღლე) და გამოითვლიან მოცულობას (V).

$$V = \text{სიგრძე} \times \text{სიგანე} \times \text{სიმაღლე}$$

სიმკვრივეს ρ (გ/სმ³) ანგარიშობენ შემდეგი ფორმულით:

$$\rho = \frac{m}{V}$$

სადაც, m – მყარი ნივთიერების მასა, გ;

V – მყარი ნივთიერების მოცულობა, სმ³.



ბ) უსწორმასწორო ზედაპირის მქონე საგნის სიმკვრივის გამოთვლისათვის წონიან მყარ სხეულს (m).

იღებენ ისეთი დიამეტრის საზომ ცილინდრს, რომელშიც საანალიზო მყარი სხეულის მოთავსება იქნება შესაძლებელი და ავსებენ წყლით ნახევრად. აითვლიან მოცულობას (V_1). შემდეგ ცილინდრში ფრთხილად ჩაუშვებენ საანალიზო სინჯს და ხელახლა აითვლიან წყლის მოცულობას (V_2) (სურათი 4. 54)

სიმკვრივეს ρ (გ/სმ³) ანგარიშობენ შემდეგი ფორმულით:

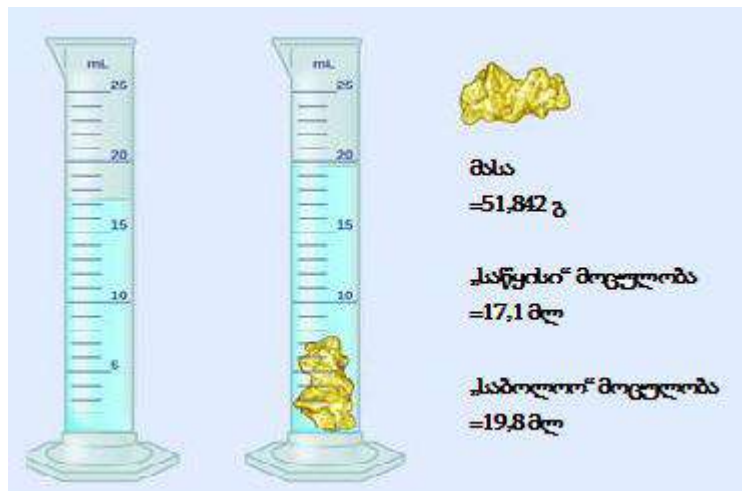
$$\rho = \frac{m}{V_2 - V_1}$$

სადაც, m_1 – არის მყარი სხეულის მასა, გ;

V_1 – წყლის მოცულობა მყარი სხეულის გარეშე, სმ³;

V_2 – წყლის მოცულობა მყარი სხეულით, სმ³.

შენიშვნა: ამ მეთოდის გამოყენებით ვერ განისაზღვრება იმ ნივთიერების სიმკვრივე, რომელიც წყალში იხსნება ან ქიმიურ ურთიერთქმედებაში შედის მასთან.



სურათი 4. 54. მყარი სხეულის მოცულობის დადგენა

სითხეების სიმკვრივის განსაზღვრა არეომეტრით:

სითხეების სიმკვრივის განსაზღვრისათვის, როდესაც დიდი სიზუსტე არაა საჭირო, გამოიყენება სპეციალური მოწყობილობა, რომელსაც არეომეტრი ეწოდება. არეომეტრი წარმოადგენს მინის ბოლოებრშემქმნილ მილს, რომლის ერთ ბოლოში მოთავსებულია რაიმე მძიმე ნივთიერება, მაგ.: საფანტი ან ვერცხლისწყალი. ხოლო მეორე მხარეს მოთავსებულია სკალა დანაყოფით. იმის გამო, რომ არეომეტრის ერთი ბოლო მძიმეა, სითხეში ჩაშვებისას იგი დგება ვერტიკალურ მდგომარეობაში. არეომეტრის სკალაზე გაკეთებული დანაყოფები შეესაბამება სიმკვრივის სხვადასხვა სიდიდეს განსაზღვრულ ტემპერატურაზე.

სხვადასხვა სიმკვრივის მქონე ხსნარებში არეომეტრი ჩაიძირება სხვადასხვა სიღრმეზე, რასაც არკვევენ სითხის დონის მიმართ არეომეტრის სკალის დანაყოფების მდებარეობით. არეომეტრები მზადდება სხვადასხვანაირი, იმისდა მიხედვით, თუ როგორი სიმკვრივის სითხეების ან ხსნარებისათვის არის განკუთვნილი.

არეომეტრით სითხის სიმკვრივის განსაზღვრისათვის საჭიროა: საზომი ცილინდრი და არეომეტრების ნაკრები.

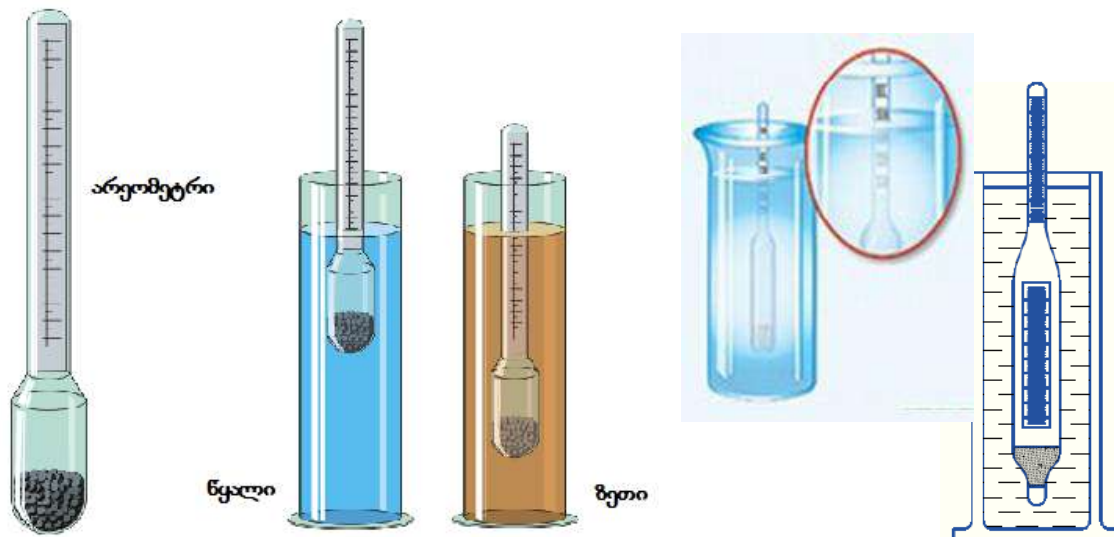
სიმკვრივის გასაზომად 250-300 მლ მოცულობის საზომ ცილინდრში ასხამენ დაახლოებით მისი მოცულობის 4/5-მდე გამოსაკვლევ ხსნარს (სითხეს) და მასში ფრთხილად ჩაუშვებენ მშრალ და სუფთა არეომეტრს ისე, რომ იგი ცილინდრის კედლებს არ უნდა ეხებოდეს და სითხეში შუა ადგილად ცურავდეს.

პირველად ირჩევენ არეომეტრს, რომლის განსაზღვრის ზედა ზღვარი ახლოსაა სითხის სიმკვრივის მოსალოდნელ მნიშვნელობასთან. არეომეტრი უნდა ჩაიძიროს საზომ ცილინდრში იმდენად, რომ სითხის მენისკი მოხვდეს არეომეტრის ათვლის სკალაზე (სურათი 4.55). წინააღმდეგ შემთხვევაში არეომეტრი უნდა შეიცვალოს: უნდა ავიღოთ უფრო მძიმე, თუ არეომეტრი არ ჩაიძირა და ტივტივებს, ან უფრო მსუბუქი, თუ არეომეტრი მთლიანად ჩაიძირა.



არეომეტრის სკალაზე იღებენ ანათვალს მენისკის შეხების ადგილას. რამდენჯერმე იმეორებენ თითის მსუბუქი დარტმით არეომეტრის ჩაძირვას და ტივტივის შეწყვეტის შემდეგ კვლავ იღებენ ანათვალს. სიმკვრივის მნიშვნელობად ღებულობენ საშუალო არითმეტიკულ სიდიდეს.

არეომეტრის სკალაზე ათვლას აწარმოებენ 0,003 სიზუსტით.



სურათი 4. 55. სიმკვრივის განსაზღვრა არეომეტრით.

სითხეების სიმკვრივის განსაზღვრა პიკნომეტრის დახმარებით:

სიმკვრივის ზუსტად განსაზღვრას აწარმოებენ პიკნომეტრების დახმარებით, რომელსაც ამზადებენ სხვადასხვა ფორმისა და მოცულობისა. ერთ-ერთი მათგანი წარმოადგენს პატარა კოლბას, რომელსაც გაკეთებული აქვს მილესილი საცობი კაპილარით (სურათი 4.56-ა). მეორე სახის პიკნომეტრი წარმოადგენს ვიწროყელიან პატარა საზომ კოლბას, რომლის ყელზე გაკეთებულია ნაჭდევი (სურათი 4.56-ბ). კოლბა ამ ხაზამდე უნდა გაივსოს, რათა სითხის მოცულობა იყოს პიკნომეტრზე აღნიშნული მოცულობის ტოლი. პიკნომეტრი იხურება მილესილი საცობით.

თუ გვეცოდინება პიკნომეტრში მოთავსებული გამოსაკვლევი სითხის წონა და იმავე მოცულობის გამოხდილი წყლის წონა, მაშინ მათი შეფარდებით ადვილად გავიგებთ გამოსაკვლევი სითხის სიმკვრივეს.



ა)



ბ)

სურათი 4. 56. პიკნომეტრით
სიმკვრივის განსაზღვრა



დავალებები და კითხვები თვითშემოწმებისათვის:

1. აღწერეთ ნივთიერებათა აგრეგატული მდგომარეობები. როგორ ხდება აგრეგატული მდგომარეობის ცვლილება?
2. აღწერეთ წყლის აგრეგატული მდგომარეობის ცვლილება მაღალ და დაბალ ტემპერატურაზე.
3. ექსპერიმენტულად განსაზღვრეთ წყლის დუღილის ტემპერატურა მითითებების შესაბამისად
4. ექსპერიმენტულად განსაზღვრეთ ეთილის სპირტის დუღილის ტემპერატურა მითითებების შესაბამისად
5. ექსპერიმენტულად განსაზღვრეთ გოგირდის ნატეხების ლღობის ტემპერატურა მითითებების შესაბამისად
6. რას ეწოდება წვის რეაქცია?
7. ლაბორატორიაში მასწავლების უშუალო მითითებებით ცდის ჩატარების შემდეგ აღწერეთ მეტალებზე აზოტმჟავას მოქმედება. რატომ ტარდება ცდა ამწოვ კარადაში?
8. ლაბორატორიაში მასწავლებლის უშუალო მითითებებით ჩატარეთ ხსნართა შერევით ახალი ნივთიერების მიღების რეაქცია. აღწერეთ ქიმიური რეაქციის მიმდინარეობის რა გარეგნული ნიშნები შენიშნეთ.
9. რას გვიჩვენებს ნივთიერების სიმკვრივე? რა ერთეულებში იზომება ნივთიერების სიმკვრივე?
10. როგორ ვსაზღვრავთ თხევადი ნივთიერების სიმკვრივეს?
11. როგორ გამოითვლება მყარი ნივთიერების სიმკვრივე?
12. რას წარმოადგენს არეომეტრი? აღწერეთ არეომეტრით სითხის სიმკვრივის განსაზღვრის მეთოდი.
13. განსაზღვრეთ მასწავლებლის მიერ მოწოდებული ხსნარის სიმკვრივე.

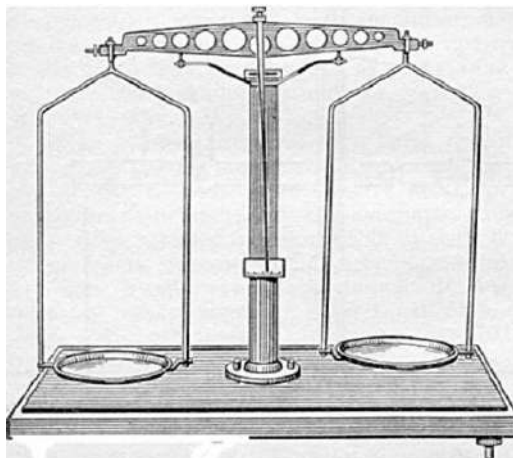
4.9. აწონვის ტექნიკა

ქიმიურ ლაბორატორიაში ჩვეულებრივ იხმარება ტექნიკური, ტექნოქიმიური და ანალიზური სასწორები.

ტექნიკურ სასწორზე აწონვას მიმართავენ იმ შემთხვევაში, როდესაც ასაწონი საგნის ან ნივთიერების წონისათვის 1-2 გრამის სიჭარბეს ან ნაკლებობას არ აქვს არსებითი მნიშვნელობა, ე. ი. ასეთ სასწორზე აწონვისას შეიძლება აწონვის ცდომილება იყოს 1-2 გრამი.



ა)



ბ)



გ)

სურათი 4. 57. სხვადასხვა ტიპის სასწორები: ა) სააფთიაქო; ბ), გ) ტექნიკური

უფრო ზუსტი აწონვისათვის იხმარება **ტექნოქიმიური სასწორი**, რომელიც შედგება სასწორის ფუძეებზე დამაგრებული ქვესადგამისაგან, რომლის თავზე პრიზმის საშუალებით დაყრდნობილია მხრეული (ბერკეტები), ხოლო მხრეულის ბოლოებზე დამაგრებულ პრიზმებზე საკიდარების საშუალებით დაკიდებულია ჯამები. სასწორს აქვს აგრეთვე სკალა, საჩვენებელი ისარი და არეტირი.

ამ სასწორისათვის ზღვრული დატვირთვა შეადგენს 200 გ-დან 1000 გ-მდე, რაც ციფრებით აღნიშნულია სასწორის მხრეულზე. უმრავლეს ტექნოქიმიურ სასწორებზე აწონვა შესაძლებელია 0,01 გრამის სიზუსტით.

ტექნოქიმიურ სასწორზე აწონვის წესი ისეთივეა, როგორც ტექნიკურ სასწორზე, მხოლოდ განსხვავდება იმით, რომ ტექნოქიმიური სასწორის ჯამებზე ასაწონი საგნის და წვრილსაწონების დადება ან აღება აუცილებლად უნდა ხდებოდეს არეტირებულ მდგომარეობაში.

ტექნოქიმიური სასწორით აწონვა ხორციელდება შემდეგნაირად:

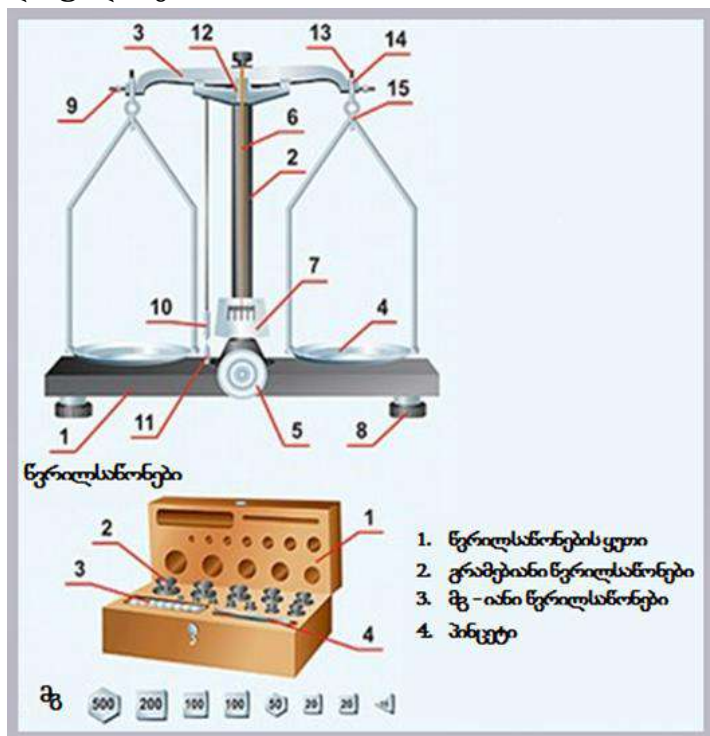
- ასაწონ საგანს ათავსებენ არეტირებული სასწორის მარცხენა ჯამზე, ხოლო მარჯვენაზე აწყობენ წვრილსაწონებს;
- ასაწონი საგნის სიდიდის მიხედვით თვალდათვალ არჩევენ ისეთ წვრილსაწონს, რომელიც დაახლოებით შეესაბამება ასაწონი საგნის წონას;
- წვრილსაწონის მოთავსების შემდეგ არეტირის დისკოს მობრუნებით სასწორს აუშვებენ და აკვირდებიან ისრის მოძრაობას;
- თუ ჯამზე მოთავსებული წვრილსაწონი აღმოჩნდა უფრო მძიმე, ვიდრე ასაწონი საგანია, მაშინ სასწორს გააჩერებენ, წვრილსაწონს შეცვლიან უფრო მცირე წონის მქონეთი და სასწორს აუშვებენ;
- იმ შემთხვევაში, თუ სასწორის მარცხენა მხარემ დაძლია, ე.ი. ასაწონი საგანი უფრო მძიმე აღმოჩნდა, ამიტომ ჯამზე ათავსებენ რიგით მომდევნო უფრო მცირე წონის მეორე წვრილსაწონს და ა. შ. მანამ,



სანამ არ დამყარდება წონასწორობა, ე. ი. მხრეულის ქანაობისას ისარი ნულხაზიდან თანაბრად არ გადაიხრება როგორც მარჯვნივ, ისე მარცხნივ;

- გააჩერებენ სასწორს და ჩაიწერენ წვრილსაწონების წონათა ჯამს. იგი გვიჩვენებს ასაწონი საგნის (ან ნივთიერების) წონას.

შენიშვნა: მუშაობის დროს, როცა ჯამზე თავსდება ასაწონი საგანი და წვრილსაწონები, სასწორი ჩაკეტილი უნდა იყოს.



ტექნოქიმიური სასწორის აგებულება:

- სადგამი
- სვეტი
- მხრეული
- სასწორის ჯამები
- არეტერი
- ისარი
- სკალა
- სადგამის სარეგულირო ხრახნები
- ცარიელი ჯამების გამაწონასწორებელი ხრახნები
- შვეული
- უძრავი კონუსი შვეულისათვის
- ცენტრალური პრიზმა
- გვერდითი პრიზმა
- ავჟანდები

სურათი 4. 58. ტექნოქიმიური სასწორი



ა)



ბ)



გ)

სურათი 4. 59. სხვადასხვა ტიპის ტექნოქიმიური სასწორები



სასწორის ჩართვის შემდეგ მოათავსეთ
ჯამზე ცარიელი ფილტრის ქაღალდი
(ბიუქსი, საათის მინა და ა. შ.)



შესაბამისი კლავიშის საშუალებით
მოახდინეთ სასწორის განულება



ფრთხილად დაყარეთ ნივთიერება
ცარიელ ფილტრის ქაღალდზე (ბიუქსი,
საათის მინა და ა. შ.)



აიღეთ ეკრანზე გამოსახული ნივთიერების
რაოდენობის ანათვალი



გამორთეთ ხელსაწყო და გაასუფთავეთ
სასწორის ზედაპირი შესაძლო
დაბინძურებისაგან

სურათი 4. 60. აწონვის ტექნიკა

ანალიზური სასწორი. ამა თუ იმ ნივთიერების ან საგნის ზუსტად აწონვისათვის იყენებენ ანალიზურ სასწორს. იგი წარმოადგენს ზუსტ ხელსაწყოს, რომელიც მოითხოვს ძლიერ ფრთხილ მოპყრობას. იგი მოთავსებულია ხის კარადაში, რომლის ჩარჩოებში ჩასმულია მინა - ტენის, ჰაერის ნაკადისა და მტვრისაგან დასაცავად. სასწორის ყუთს მარჯვენა და მარცხენა გვერდებზე აქვს კარები, ხოლო წინიდან ასაწევი მინის კედელი. ანალიზური სასწორით შეიძლება აიწონოს საგანი 0,1-0,0001 გ-ის სიზუსტით, ხოლო მისი ზღვრული დატვირთვა არ უნდა აღემატებოდეს 150-200გ-ს.

ანალიზური სასწორის მთავარი ნაწილები ისეთივეა, როგორც ტექნოქიმიური სასწორისა, მხოლოდ განსხვავებით ტექნოქიმიური სასწორისაგან, ანალიზური სასწორის მხრეულზე გაკეთებულია დანაყოფები,



რაც საშუალებას იძლევა საჭიროების შემთხვევაში აიწონოს გრამის მეათასედი და მეათათასედი ნაწილები.

წვრილსაწონები. ანალიზურ და ტექნოქიმიურ სასწორებზე აწონვისათვის იყენებენ ზუსტ წვრილსაწონების ანაწყოებს, რომელიც მოთავსებულია სპეციალურ კოლოფში. ანაწყოებში არის 100, 50, 20, 10, 5, 2 და 1 გ-იანი წვრილსაწონები. ამათ გარდა, მასში მოთავსებულია 500, 200, 100, 50, 20, 10 მილიგრამ-წვრილსაწონები. გრამიანი წვრილსაწონები მოთავსებულია კოლოფის შესაბამის ბუდეებში, ხოლო მილიგრამ-წვრილსაწონები კოლოფის ცალკე განყოფილებაში, სადაც ყოველ წვრილსაწონს მიჩნეული აქვს თავისი ადგილი.



1გ-ზე მეტი წონის წვრილსაწონები ჩვეულებრივ თითბერისაა, ხოლო 1გ-ზე ნაკლები - ხშირად ალუმინის. ყუთში ინახება რეიტერი, პინცეტი, რომლითაც იღებენ წვრილსაწონებს. მათი ხელით ადგება ყოველად დაუშვებელია.

სასწორები, რომლებიც ათწლეულების მანძილზე გამოიყენებოდა ლაბორატორიებში, თანდათან შეცვალა თანამედროვე ტექნოქიმიურმა (სურათი 4. 59. ბ და გ) და ანალიზურმა სასწორებმა, თუმცა ისინი დღესაც გვხვდება და გამოიყენება ბევრ ლაბორატორიაში.

ყოველი სასწორი (როგორც ტექნოქიმიური, ისე ანალიზური) ინდივიდუალურია. თითოეულ მათგანს გააჩნიათ სიზუსტისა და განზომილების სხვადასხვა მაჩვენებლები, ასევე მოხმარების განსხვავებული წესები, ამიტომ მათზე მუშაობა უნდა შესრულდეს თავიანთი ინსტრუქციის შესაბამისად.



სურათი 4. 63. ანალიზური სასწორი



სურათი 4. 64. ახალი ტიპის ანალიზური სასწორი WTB 200

ანალიზური სასწორი - WTB 200 (სურათი 4. 64). სასწორს დგამენ მაგიდაზე ისე, რომ ქვესადგამი იყოს ზუსტად ვერტიკალურ მდგომარეობაში, რაც მოწმდება ვერცხლისწყლის წვეთის მისთვის განკუთვნილ ბუდეში მოთავსებით, რომელიც მდებარეობს სასწორის უკანა მხარეს. თუ ქვესადგამი არავერტიკალურ მდგომარეობაშია, მაშინ სასწორის ფუძის ქვევით მიმაგრებულ ხრახნიანი რეგულატორების დისკოს



აბრუნებენ მარჯვნივ ან მარცხნივ, ვიდრე ვერცხლისწყლის წვეთი არ დაიკავებს წონასწორულ მდგომარეობას.

ანალიზური სასწორით ნივთიერების აწონვა:

- როტავენ ანალიზურ სასწორს ქსელში, შემდეგ კი ON/OFF კლავიშით, რომელიც განთავსებულია ხელსაწყოს ზედა პანელზე.
- როგორც კი ხელსაწყო შეასრულებს თვითტესტირებას, ეკრანი განათდება და ყველა სეგმენტი მაშინვე გამოისახება.
- შესაბამისი გადამრთველით (Esc კლავიშით) ირჩევენ საჭირო განზომილებას (გ, მგ) და გაზომვის სიზუსტეს (0,1; 0,01; 0,001 ან 0,0001);
- აღებენ სასწორის მარჯვენა გვერდით კარს და ფრთილად ათავსებენ ჯამზე საათის მინას, ფილტრის ქაღალდს, ბიუქსს და ა. შ.;
- Insert კლავიშით ახდენენ ხელსაწყოს განულებას;
- ფრთხილად ყრიან (ათავსებენ) ნივთიერებას (საგანს) საათის მინაზე, ფილტრის ქაღალდზე და ა.შ.;
- იღებენ ეკრანზე გამოსახული საგნის (ნივთიერების) რაოდენობის ანათვალს;
- ხურავენ დამცავ მინას, გამორთავენ ხელსაწყოს ჯერ ON/OFF კლავიშით, შემდეგ კი ელ. ქსელიდან.

ტექნოქიმიურ და ანალიზური სასწორით სარგებლობის წესი

- ანალიზური სასწორები უნდა იდგეს მისთვის განკუთვნილ სასწორების ოთახში თარაზულად სწორ და ჰორიზონტალურ-ზედაპირიან მაგიდაზე და არ შეიძლება იცვლებოდეს მისი დადგმულობა. ასევე უნდა იყოს ღუმელიდან დაცილებული და დაცული მზის სხივებისაგან. სასწორების ოთახში არ უნდა იყოს წყალი, ასევე ხსნარები.



სურათი 4. 65. სასწორების ოთახში მოთავსებული ანალიზური სასწორები

- აწონვის წინ აუცილებელი პირობაა სიზუსტის შემოწმება და საჭიროების დროს განულება.
- სასწორი არ უნდა დაიტვირთოს მისი ზღვრულ დატვირთვაზე მეტად (150-200გ).
- სასწორის ჯამზე არ უნდა დაიდგას ტენიანი, თბილი ან ჭუჭყიანი საგანი. ცხელ ასაწონ საგანს ნახევარი საათით ათავსებენ სასწორის ახლოს - ექსიკატორში.
- ასაწონი ნივთიერება თავსდება შესაფერ ჭურჭელში (ტიგელი, საათის მინა, ბიუქსი) და მაშით იდება სასწორის ჯამზე.



ა)



ბ)



გ)

სურათი 4. 66. ა) ტიგელები; ბ) საათის (სასაგნე) მინა; გ) ბიუქსები

- აწონვის პროცესს იმეორებენ მანამ, სანამ სხვაობა ორ მომდევნო აწონვას შორის არ იქნება მინიმალური.
- აწონვის შედეგების ჩაწერა წარმოებს სამუშაო რვეულში.
- მუშაობის დამთავრების შემდეგ სასწორი უნდა გასუფთავდეს და დაიხუროს კარები.

ექსიკატორი. ქიმიური ჭურჭლის გასაცხეებლად, ასევე აწონილი საგნის მუდმივი წონის შესანარჩუნებლად (ტენისაგან დასაცავად) გამოიყენება ექსიკატორი. ის წარმოადგენს მინის სქელკედლიან ჭურჭელს მიღესილი სახურავით. ექსიკატორის ქვედა შევიწროებულ ნაწილში მოთავსებულია ტენის მშთანთქმელი ნივთიერება (მაგ. უწყლო კალციუმის ქლორიდი, კონცენტრირებული გოგირდმჟავა, ფოსფორის ანჰიდრიდი და სხვა). მშთანთქმელის ზემოთ ექსიკატორში მოთავსებულია ფაიფურის სადგამი ნახვრეტებით (სურათი 4. 67). სადგამზე ათავსებენ გასაცხეებელ ჭურჭელს და აყოვნებენ 20 - 30 წუთს. ექსიკატორის გადაადგილების დროს საჭიროა სიფრთხილე, რათა სახურავი არ გადავარდეს.



სურათი 4. 67. ფაიფურის სადგამი

ექსიკატორში ცხელი ტიგელისა თუ ბიუქსის ჩადგმამდე მათი თავსახური მარჯვნივ ან მარცხნივ უნდა გადაიწიოს, ვიდრე არ გამოვა ცხელი ჰაერი და ასე ნაწილობრივ მოხდილი მოთავსდეს ექსიკატორში. მასში გაცივების შემდეგ შეიქმნება მცირე ვაკუუმი და სახურავი ძალიან მჭიდროდ მიემაგრება. სახურავის მოსაცილებლად მას ჯერ გვერდზე გადასწევენ და შემდეგ ხსნიან.



სურათი 4. 68. ექსიკატორები: ა) უონკანო; ბ) ონკანიანი



4.10. ხსნარების (პროცენტული, მოლური, ნორმალური) დამზადების სტანდარტული წესები

ხსნართა კონცენტრაციების გამოსახვის ხერხები

(იხ. თავი 6. ფიზიკურ-ქიმიური ანალიზების სამუშაოების ჩატარება)

სადემონსტრაციო და ლაბორატორიული ცდებისათვის, ასევე სხვა მრავალი სამუშაოებისათვის საწყისი ნივთიერებები წყალხსნარების სახით მზადდება, სხვა გამხსნელი იშვიათად იხმარება. დამზადების, განზავების ოპერაციებს, აუცილებელ სისუფთავეს და საჭირო კონცენტრაციების დაცვას სერიოზული ყურადღება უნდა მიექცეს.

არსებობს ხსნართა კონცენტრაციის გამოსახვის სხვადასხვა ხერხები: ემპირიული (პროცენტული), მოლური, ნორმალური და ტიტრი. განვიხილოთ ანალიზურ ლაბორატორიაში გამოყენებული ზოგიერთი ძირითადი სამუშაო სტანდარტული ხსნარების დამზადების მაგალითები:

ემპირიული (პროცენტული) ხსნარის დამზადება: პროცენტული კონცენტრაციის ხსნარის დასამზადებლად საჭიროა ამ ნივთიერების პროცენტული რაოდენობა გაიხსნას ჯერ მცირე რაოდენობით გამოხდილ წყალში და შემდეგ შეივსოს გამოხდილი წყლით 100 მლ-მდე.

მაგალითად, ნატრიუმის ქლორიდის 3%-იანი ხსნარის დასამზადებლად ანალიზურ სასწორზე ზუსტად წონიან 3 გ NaCl-ის მარილს, ათავსებენ პატარა ქიმიურ ჭიქაში გასახსნელად, ასხამენ მცირე რაოდენობით გამოხდილ წყალს (თუ საჭიროა მინის წკირით ფრთხილად ურევნენ), შემდეგ მას გადაიტანენ საზომ ცილინდრში და შეავსებენ გამოხდილი წყლით 100 მლ-მდე. ამგვარად მზადდება 3%-იანი ხსნარი, რაც იმას ნიშნავს, რომ ყოველ 100 გ ხსნარში არის 3 გ NaCl -ის მარილი და 97 გ წყალი.

ხშირად, ხსნარის კონცენტრაციის ნაცვლად მოცემულია მისი სიმკვრივე, რომლის მიხედვითაც ხსნარის კონცენტრაცია სპეციალური ცხრილის საშუალებით შეიძლება გავიგოთ. მაგალითად, თუ გოგირდმჟავას ხსნარის სიმკვრივე $\rho=1,84$ გ/სმ³, მაშინ ცხრილის საშუალებით 15°C-ზე მისი პროცენტული კონცენტრაცია იქნება 95,6 %.

გარკვეული ცდებისათვის შეიძლება დამზადდეს ამა თუ იმ კონცენტრაციის ხსნარები, რომელიც გვიჩვენებს გასახსნელი ნივთიერების მასის შეფარდებას წყლის მოცულობათა რიცხვთან. მაგალითად, გამოსახვა 1:5 ნიშნავს, რომ 1 მოცულობა ხსნარი გახსნილია 5 მოცულობა გამოხდილ წყალში. ე.ი. პირველი ციფრი გვიჩვენებს სითხის მოცულობათა რიცხვს, რომელიც გახსნილია წყლის შესაბამის მოცულობაში, მაგ. 1 მოცულობა H₂SO₄ და 5 მოცულობა გამოხდილი წყალი (წყალში იხსნება გოგირდმჟავა).

მოლური კონცენტრაციის ხსნარის დამზადება: მოლური ხსნარის დასამზადებლად საჭიროა შესაბამისი მოლთა რაოდენობა გაიხსნას მცირე რაოდენობით გამოხდილ წყალში და შემდეგ შეივსოს გამოხდილი წყლით 1 ლ-მდე.

მაგალითად, სუფრის მარილის 1 M ხსნარის დასამზადებლად საჭიროა NaCl-ის 1 მოლის, ანუ 58,5 გ (Mr(NaCl)=58,5გ/მოლი) მარილის აწონვა, მისი ჩაყრა ქიმიურ ჭიქაში, გახსნა ცოტაოდენ გამოხდილ წყალში და შემდეგ გადასხმა ერთ ლიტრიან საზომ კოლბაში და ჭდედე შევსება გამოხდილი წყლით.

ნორმალური კონცენტრაციის ხსნარის დამზადება: ხსნარის დასამზადებლად საჭიროა ქიმიური ნივთიერების შესაბამისი ექვივალენტური რაოდენობა გაიხსნას მცირე რაოდენობით გამოხდილ წყალში და



სურათი 4. 69. გოგირდმჟავას
სიმკვრივის დადგენა



შემდეგ შევისოს გამოხდილი წყლით 1 ლ-მდე. ქიმიური ნივთიერების ნორმალური (1N) ხსნარის დასამზადებლად საჭიროა ექვივალენტური მასის, ხოლო დეცინორმალური (0,1N) ხსნარის დასამზადებლად ამ ნივთიერების ექვივალენტური მასის მეთუედი წონითი ნაწილი გაიხსნას ჯერ მცირე რაოდენობით გამოხდილ წყალში და შემდეგ შევისოს 1ლ-მდე.

განვიხილოთ ზოგიერთი მაგალითი:

ნატრიუმის კარბონატის (სარეცხი სოდის) – Na_2CO_3 -ის 1N ხსნარის დამზადება. Na_2CO_3 -ის ექვივალენტური მასა ტოლია:

$$\Xi(\text{Na}_2\text{CO}_3) = \text{Mr}(\text{Na}_2\text{CO}_3) / 2 = 106 / 2 = 53 \text{ გ/მოლი}$$

ე.ი. აღნიშნული ხსნარის დასამზადებლად საჭიროა 53 გ Na_2CO_3 . ამისათვის ანალიზურ სასწორზე წონიან 53გ Na_2CO_3 -ს, აწონილი მარილი გადააქვთ ქიმიურ ჭიქაში და საათის მინას კარგად ჩარეცხავენ გამოხდილი წყალით. მიღებული ხსნარი გადააქვთ 1ლ-იან საზომ კოლბაში და ავსებენ ჭდედე გამოხდილი წყალით. საზომ კოლბას მიღესილი საცობით კარგად ახურავენ თავს და ანჯღრევენ.

მჟაუნმჟავას ($\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) დეცინორმალური 0,1 N ხსნარის დამზადება. მჟაუნმჟავას ექვივალენტური მასა ტოლია:

$$\Xi(\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}) = \text{Mr}(\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}) / 2 = 126,07 / 2 = 63,03 \text{ გ/მოლი}$$

ე.ი. უნდა ავიღოთ 6,303 გ მარილი, გავხსნათ და შევასოთ 1ლ-მდე გამოხდილი წყლით. გამოხდილი წყალი აუცილებლად უნდა იყოს ცხელი და ახლად ადუღებული, რათა თავიდან იქნას აცილებული წყალში ნახშირორჟანგის თანაობა.

ლაბორატორიულ პრაქტიკაში მჟაუნმჟავა თითქმის ყველაზე უფრო მეტად კალიუმისა და კალციუმის მარილებითაა გაჭუჭყიანებული. როგორც ავღნიშნეთ, ნებისმიერი ხსნარის დასამზადებლად აღებული საწყისი ნივთიერება ქიმიურად სუფთა უნდა იყოს. ამიტომ საჭიროა მჟაუნმჟავას გაწმენდა, რისთვისაც უნდა დამზადდეს მჟაუნმჟავას ნაჯერი ხსნარი 10%-იან მდულარე მარილმჟავაში და იგი ძაბრში მოთავსებულ მინის ბამბაში გაიფილტროს. მიღებულ ფილტრატს აცივებენ ცივი წყლით. ამ მიზნით მიზანშეწონილია ფილტრატის დაგროვება ყინულიან წყალში ჩადგმულ ჭურჭელში. ხსნარ-ნალექს ბიუხნერის ძაბრში წურავენ და მას ჩარეცხავენ ყინულიანი გამოხდილი წყლით ქლორის იონების მოსაცილებლად, რასაც ამოწმებენ ძაბრიდან ჩამოდენილ უკანასკნელ 2-3 წვეთზე AgNO_3 -ის ხსნარის მოქმედებით. ამის შემდეგ იმეორებენ ზემოთ აღწერილი წესით მის გადაკრისტალებას და საბოლოოდ მიღებულ პროდუქტს ჰაერზე, ფილტრის ქაღალდზე აშრობენ დაბალ ტემპერატურაზე. გასუფთავებული მჟაუნმჟავას შედგენილობა შეესაბამება ფორმულას $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$. იგი შენახვის დროს იფიტება და კარგავს საკრისტალიზაციო წყალს, ამიტომ ასეთი მჟავა ძირითადი ხსნარის დასამზადებლად არ გამოიყენება. უმჯობესია ხსნარის დასამზადებლად ახლადგადაკრისტალებული მჟავას გამოყენება.

ვერცხლის ნიტრატის (AgNO_3) 0,05 N ხსნარის დამზადება. საზღვრავენ AgNO_3 -ის ექვივალენტურ მასას.

$$\Xi(\text{AgNO}_3) = \text{M}(\text{AgNO}_3) / 1 = 169,88 / 1 = 169,88 \text{ გ/მოლი}$$

ე.ი. 0,05 N ხსნარის დასამზადებლად საჭირო იქნება $0,05 \cdot 169,88 = 8,494$ გ AgNO_3 . ვერცხლის ნიტრატს წონიან ანალიზურ სასწორზე, შემდეგ ხსნიან ჯერ მცირე რაოდენობის გამოხდილ წყალში, გადაიტანენ 1ლ-იან კოლბაში და ჭდედე შეავსებენ წყლით. მიღებულ ხსნარს კარგად აურევენ, გადაიტანენ მუქი ფერის მინის ჭურჭელში, თავზე მჭიდროდ დაუცობენ მინის საცობს და ინახავენ ბნელ ადგილას, რათა მასზე მზის სხივებმა არ იმოქმედოს.



სურათი 4. 70. სხვადასხვა მოცულობის საზომი



ნატრიუმის ქლორიდის (NaCl) 0,05 N ხსნარის დამზადება. საზღვრავენ NaCl-ის ექვივალენტურ მასას.

$$\Xi(\text{NaCl}) = M(\text{NaCl})/1 = 58,44/1 = 58,44 \text{ გ/მოლი}$$

ე.ი. 0,05 N ხსნარის დასამზადებლად საჭირო იქნება $0,05 \cdot 58,44 = 2,922 \text{ გ NaCl}$. ნატრიუმის ქლორიდს წონიან ანალიზურ სასწორზე, შემდეგ ხსნიან ჯერ მცირე რაოდენობის გამოხდილ წყალში, გადაიტანენ 1ლ-იან კოლბაში და ჭდემდე შეავსებენ წყლით. მიღებულ ხსნარს კარგად აურევენ.

ნატრიუმის ტუტის (NaOH) დეცინორმალური ხსნარის დამზადება. ნატრიუმის ტუტის ექვივალენტური მასა ტოლია:

$$\Xi(\text{NaOH}) = M_r(\text{NaOH})/1 = 40/1 = 40 \text{ გ/მოლი}$$

ე.ი. აღნიშნული ხსნარის დასამზადებლად საჭიროა 4 გ NaOH. ამისათვის ანალიზურ სასწორზე წონიან 4 გ ტუტეს, გადააქვთ ქიმიურ ჭიქაში და საათის მინას კარგად ჩარეცხავენ გამოხდილი წყალით. მიღებული ხსნარი გადააქვთ 1ლ-იან საზომ კოლბაში და ჭდემდე გამოხდილი წყალით ავსებენ. საზომ კოლბას მიღესილი საცობით კარგად ახურავენ თავს და ანჯღრევენ.

მჟავათა ტიტრირების ანუ სამუშაო ხსნარების დამზადება. მჟავათა კონცენტრირებული ხსნარებიდან საჭირო ნორმალურობის ხსნარის დასამზადებლად გარკვეული ცოდნა და პრაქტიკული გამოცდილებაა საჭირო. ამ სამუშაოს სპეციფიკა მდგომარეობს იმაში, რომ მჟავები მყარი ნივთიერებები არ არიან, მათ არ წონიან და იღებენ შესაბამისი მოცულობებით. ასეთი სითხეების სამუშაო ხსნარების დასამზადებლად საჭიროა ვიცოდეთ ხსნარის კონცენტრაცია და სიმკვრივე.

მჟავებისა და ზოგიერთი სხვა ხსნარების კონცენტრაციის გაგება შეიძლება არეომეტრისა და ცნობარებში არსებული ცხრილის საშუალებით. მაგალითად, როდესაც სურთ მარილმჟავას ხსნარის კონცენტრაციის გაგება, ამისათვის არეომეტრის საშუალებით გაიგებენ ამ ხსნარის სიმკვრივეს, რისთვისაც სარგებლობენ მაღალი მინის ცილინდრით, რომლის დიამეტრი 2-3-ჯერ აღემატება არეომეტრის დიამეტრს. ასეთ ცილინდრში ასხამენ მარილმჟავას და მასში ჩაუშვებენ არეომეტრს, რომელიც მასში თავისუფლად უნდა ცურავდეს და ცილინდრის კედლებს არ უნდა ეხებოდეს. არეომეტრის ჩვენების მიხედვით გებულობენ ხსნარის სიმკვრივეს. მჟავას პროცენტულ კონცენტრაციას გაიგებენ ცნობარში არსებული ცხრილის საშუალებით. ამის შემდეგ გამოთვლიან აღნიშნული მჟავას ტიტრსა და ნორმალურობას და ანგარიშობენ სამუშაო ხსნარის დასამზადებლად საჭირო მჟავას რაოდენობას.



სურათი 4. 71. სიმკვრივის განსაზღვრა არეომეტრის საშუალებით

ანგარიშისათვის გამოიყენება ფორმულები:

$$T = c \cdot \rho / 100$$

$$N = 10 \cdot c \cdot \rho / \Xi$$

სადაც, c - ნივთიერების პროცენტული კონცენტრაცია, %;

ρ - ხსნარის სიმკვრივე, გ/სმ³;

Ξ - ნივთიერების ექვივალენტური მასა, გ/მოლი.

აღნიშნული საკითხის ნათლად წარმოჩენისათვის განვიხილოთ შემდეგი ამოცანა: კონცენტრირებული (30%-იანი) მარილმჟავასაგან, რომლის სიკვრივე $\rho = 1,149 \text{ გ/სმ}^3$, დავამზადოთ 4 ლ 0,1 N-ის ხსნარი.

გავიგოთ მოცემული კონცენტრირებული მჟავას ნორმალურობა:

$$N = 10 \cdot c \cdot \rho / \Xi = 10 \cdot 30 \cdot 1,149 / 36,46 = 9,45$$



ვისარგებლოთ ფორმულით:

$$N_1 / N_2 = V_2 / V_1$$

სადაც, $N_1=0,1 \text{ N}$; $N_2=9,45 \text{ N}$; $V_1= 4000 \text{ მლ. მაშინ:}$

$$V_2 = N_1 \cdot V_1 / N_2 = 0,1 \cdot 4000 / 9,45 = 42,3 \text{ (მლ)}$$

მაშასადამე, მივიღეთ, რომ 4 ლ 0,1 N HCl-ის ხსნარის დასამზადებლად უნდა ავიღოთ 42,3 მლ მარილმჟავა, ჩავასხათ საზომ კოლბაში და შევავსოთ 4 ლ-მდე გამოხდილი წყლით. ამგვარად დამზადებული ხსნარი იქნება 0,1 N-ის.

ფიქსანალები. მჟავების, ტუტეებისა და სხვა ნაერთთა ზუსტი ნორმალური კონცენტრაცია 1 N-დან 0,1 N-მდე და უფრო განზავებულის 0,0001 გ-ექვ. 1 ლ-ზე მზადდება ფიქსანალების დახმარებით (სურათი 4. 72). ფიქსანალები წარმოადგენენ მინის მირჩილულ ამპულებს.

1 N და 0,1 N ხსნარის დამზადება, როდესაც გვაქვს 0,1 N-იანი ფიქსანალი: ძაბრის ზემოთ იკავებენ ფიქსანალის ამპულას და ტეხავენ ფსკერით - სპეციალური წკირის ბურთულაზე დარტყმით. შემდეგ ხსნარს (ფხვნილს) ასხამენ (ყრიან) საზომ კოლბაში. ამპულისა და ხსნარის გამორეცხვას აწარმოებენ სარეცხელათი. კოლბაში ფრთხილი შენჯღრევით ასხამენ გამოხდილ წყალს, ხოლო ბოლო წვეთებს პიპეტის საშუალებით აიყვანენ ნიშანხაზამდე. შემდეგ კოლბას ზევით-ქვევით მოძრაობით კარგად ურევნ.



სურათი 4. 72. ფიქსანალები

თუ კოლბა 1000 მლ მოცულობისაა, მასში (ფიქსანალში ნივთიერების 0,1 გ-ექვ. შემცველობისას) ხსნარის კონცენტრაცია იქნება 0,1 გ-ექვ./ლ, კოლბის 100 მლ მოცულობისას – 1 ექვ./ლ, ე. ი. შესაბამისად 0,1N და 1 N ხსნარები და ა. შ.

მჟავების (გოგირდის, აზოტის, ქლორწყალბადის) ფიქსანალები დიდი ხნით ინახება, ტუტეთა ფიქსანალები კი მალე ფუჭდება, იმღვრება (ტუტე რეაგირებს მინასთან). მღვრიე ფიქსანალების გამოყენება შეიძლება, მაგრამ ხსნარის კონცენტრაციის სისწორე დარღვეული იქნება.



დავალებები და კითხვები თვითშემოწმებისათვის:

1. აღწერეთ ტექნოქიმიური სასწორის გამოყენების წესები.
2. აღწერეთ ანალიზური სასწორის აგებულება.
3. რას წარმოადგენს ექსიკატორი და რისთვის გამოიყენება იგი?
4. მასწავლებლის უშუალო მითითებებით აწონეთ სხვადასხვა მასის ნივთიერებები ანალიზურ და ტექნოქიმიურ სასწორზე.
5. აღწერეთ როგორ უნდა მოვამზადოთ ნატრიუმის ქლორიდის 3%-იანი ხსნარი.
6. აღწერეთ როგორ უნდა დავამზადოთ სუფრის მარილის 1 M NaCl-ის ხსნარი.
7. რას გვიჩვენებს მოლური კონცენტრაცია?
8. აღწერეთ როგორ უნდა დავამზადოთ Na_2CO_3 -ის 1N ხსნარი
9. აღწერეთ როგორ უნდა დავამზადოთ ვერცხლის ნიტრატის (AgNO_3) 0,05 N ხსნარი
10. რას წარმოადგენენ ფიქსანალები და რისთვის ვიყენებთ მათ?
11. აღწერეთ როგორ უნდა დავამზადოთ 1 N და 0,1 N ხსნარი, როდესაც გვაქვს 0,1 N-იანი ფიქსანალი.
12. მოამზადეთ აღნიშნული ხსნარები ლაბორატორიაში, ჩაასხით შესაბამის ჭურჭელში და გაუკეთეთ შესაბამისი ეტიკეტი.



4.11. pH-მეტრის აღწერა, მუშაობის პრინციპი და უსაფრთხოების ტექნიკა

(იხ. ვრცლად წარმოდგენილია თავი 6. ფიზიკურ-ქიმიური ანალიზების სამუშაოების ჩატარება)

ხსნარის წყალბადმაჩვენებელი (pH) წარმოადგენს მასში წყალბადიონების კონცენტრაციის ხარისხის მაჩვენებელს. იგი იცვლება 1-დან 14-მდე. თუ ხსნარში H^+ იონების კონცენტრაცია ტოლია OH^- იონების კონცენტრაციისა, მაშინ ხსნარი ნეიტრალურია და მისი $pH=7$. თუ $pH=1 \div 7$, მაშინ ხსნარში ჭარბობს H^+ იონები და მას აქვს მჟავა რეაქცია, ამასთან რაც უფრო მცირეა pH-ის მნიშვნელობა, მით უფრო მაღალია ხსნარის მჟავიანობა. თუ $pH=7 \div 14$, ხსნარში ჭარბობს OH^- იონები და მას აქვს ტუტე რეაქცია.

ელექტრომეტრული მეთოდით წყალბადიონების კონცენტრაცია განისაზღვრება პოტენციომეტრის საშუალებით, რომლის მოქმედება დაფუძნებულია იმაზე, რომ თუ მინის ელექტროდი ჩაშვებულია წყალბადის იონების შემცველ სითხეში, სითხესა და ელექტროდს შორის იქმნება პოტენციალთა სხვაობა. ელექტროდის პოტენციალის სიდიდე შეიძლება გაიზომოს, თუკი ამ ელექტროდს შედარების მიზნით ჩავრთავთ წრედში სხვა ელექტროდთან (კალომელის), რომლის პოტენციალიც ცნობილია.



სურათი 4. 73. pH-ის განსაზღვრის მეთოდები

სტაციონალური pH-მეტრი “HANNA” – HI 2210

HI 2210 სტაციონალური pH-მეტრი (სურათი 4. 74) წარმოადგენს pH-ისა და ტემპერატურის გამზომ ხელსაწყოს, რომელიც აღჭურვილია ავტომატური თერმოკომპენსაციის ფუნქციით (ავტომატური ტემპერატურის გადამწოდით), pH-ის ავტომატური დაკალიბრების არხით, ორის მიხედვით მეხსიერებაში ჩაწერილი ხუთი ბუფერული ხსნარიდან, ასევე დიდი თხევადკრისტალური ეკრანით, რომელზეც ერთდროულად გამოისახება pH-ისა და ტემპერატურის გრაფიკული სიმბოლოები.

ხელსაწყო დაკალიბრების შემდეგ საკვლევი ხსნარის წყალბადმაჩვენებლის (pH) განსაზღვრა შემდეგია:

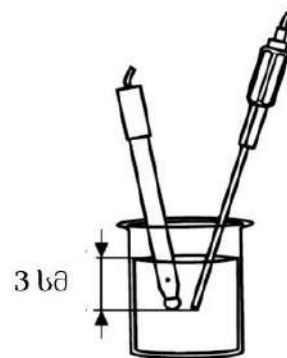
- pH ელექტროდი და თერმოელექტროდი შეაერთეთ შესაბამის შესაერთებლებს, რომლებიც მდებარეობენ ხელსაწყო უკანა ნაწილზე;
- ჩართეთ ხელსაწყო ON/OFF გადამრთველით, რომელიც განთავსებულია უკანა პანელზე;



სურათი 4. 74. pH-მეტრი
“HANNA” – HI 2210



- როგორც კი ხელსაწყო შეასრულებს თვითტესტირებას, ყველა სეგმენტი მაშინვე გამოისახება;
- მოხსენით ელექტროდს დამცავი ხუფი და ჩარეცხეთ მისი წვერი დისტილირებული წყლით;
- გაზომვისას მოუშვით ხელსაწყოზე არსებული ნახვრეტის ხრახნი. ჩაუშვით pH ელექტროდი და თერმოელექტროდი საკვლევ ხსნარში (სურათი 4. 75) მიახლოებით 3 სმ სიმაღლეზე და ფრთხილად მოურიეთ. მიეცით ელექტროდებს დრო სტაბილიზაციისათვის.
- pH მნიშვნელობა გამოისახება პირველად ეკრანზე, ტემპერატურა კი მეორადაზე.



სურათი 4. 75.

ელექტროდების ჩაშვება ხსნარში



სურათი 4. 76.

გაზომვა pH-მეტრის „Checker“ –
HI 98103 საშუალებით



სურათი 4. 77.

გაზომვა pH-მეტრის ECOTestr
pH-2 საშუალებით



სურათი 4. 78.

უნივერსალური
ინდიკატორული ქაღალდი

pH მეტრი „Checker“ – HI 98103 და ECOTestr pH-2

პორტატული pH-მეტრები წარმოადგენენ მჟავიანობისა თუ ტუტეობის გამოზომ ხელსაწყოებს, რომელთა მუშაობის პრინციპი შემდეგია:

- ხელსაწყოების ჩართვის შემდეგ ხსნიან დამცავ ხუფს და უშვებენ pH ელექტროდების წვეროებს საკვლევ ხსნარში.
- ფრთხილად ურევინ და აყოვნებენ სტაბილურ ჩვენებამდე. pH მნიშვნელობა გამოისახება ეკრანზე.

უსაფრთხოების ტექნიკა: დაბინძურების მინიმუმამდე დასაყვანად და ხელსაწყოების დიდი ხნით მუშაობისათვის საჭიროა ელექტროდები იყოს ტენიანი და არა გამომშრალი, რისთვისაც დამცავ ხუფში ათავსებენ რამოდენიმე წვეთ შემნახავ ხსნარს, ან მისი შემცვლელ (ბუფერულ ხსნარებს), ან ელექტროლიტის ხსნარს. არ შეიძლება ელექტროდების დისტილირებულ წყალში შენახვა, ელექტოდზე წარმოქმნილი ნებისმიერი ნალექის (მარილის) ჩარეცხვა კი შესაძლებელია წყლით.



4.12. გატიტვრა

პროცესს, როდესაც საკვლევი ხსნარის რაოდენობა ისაზღვრება ცნობილი მოცულობის ტიტრირებად ხსნარით გატიტვრა ეწოდება. გატიტვრის მეთოდები შეიძლება იყოს:

1. პირდაპირი, როცა რეაქცია მიმდინარეობს განმსაზღვრავ ნივთიერებებსა და სამუშაო ხსნარს შორის;
2. უკუ, როდესაც განმსაზღვრავ ხსნარს უმატებენ მასთან რეაქციაში შემავალ ცნობილი კონცენტრაციის ხსნარს. ხსნარის რაოდენობა წინასწარ უნდა იყოს ცნობილი, ჭარბად აღებული და რეაქციაში შეუსვლელი რეაქტივის სიჭარბეს ტიტრავენ სამუშაო ხსნარით;

გატიტვრის დასრულების პროცესს განსაზღვრავენ სხვადასხვა გზით:

- ინდიკატორული გატიტვრა - დამყარებულია ნივთიერების ფერის შეცვლაზე;
- პოტენციომეტრული გატიტვრა - აქ ინდიკატორი არის ელექტროდი, რომლის პოტენციალი დამოკიდებულია რეაქციაში მონაწილე ერთ-ერთი ნივთიერების კონცენტრაციაზე;
- ამპერიმეტრული გატიტვრა - როდესაც ელექტროლიზურში ათავსებენ ხსნარს, რომელსაც აქვს ვერცხლისწყლის წვეთური კათოდი და ვერცხლისწყლის დიდი ანოდი. მეთოდი გამოიყენება კათიონების, ანიონების და ორგანული ნივთიერებების განსაზღვრისათვის და დამყარებულია გატიტვრის დროს ლითონის თავისუფალი კონცენტრაციის და დენის ძალის შემცირებაზე;
- კონდუქტომეტრული გატიტვრა - რომელიც დამყარებულია გატიტვრის პროცესში ხსნარების ელექტროგამტარობის ცვლილებაზე;
- მაღალსიხშირული გატიტვრა - როცა გატიტვრის წერტილს არკვევენ მაღალი სიხშირის ცვლადი დენებით;
- ოპტიკური მეთოდი - რომელიც ემყარება გატიტვრის პროცესში სინათლის შთანთქმის გაზომვას.

გატიტვრის დროს ხელსაყრელია ნორმალური ხსნარებით სარგებლობა, რამდენადაც ერთნაირი ნორმალულობის ხსნარები რეაგირებენ ტოლი მოცულობებით. სხვადასხვა ნორმალულობის დროს კი ხსნარები ერთმანეთს შორის რეაგირებენ მოცულობებით, რომლებიც უკუპროპორციულია მათი ნორმალუობისა:

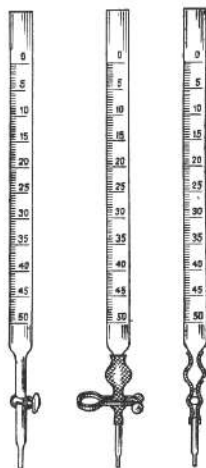
$$N_1/N_2 = V_2/V_1$$

სადაც, N და V - შესაბამისად ტუტისა და მჟავის ნორმალუობები და მოცულობებია.

ტიტრირებული ანუ მოცულობითი ანალიზის მთავარი პირობაა სამუშაო ხსნარის ზუსტი მოცულობის გაზომვა. ხსნარის მოცულობის საზომ ერთეულად მიღებულია ლიტრი, რომელიც იტევს 4°C ტემპერატურის ერთ კილოგრამ წყალს. ლიტრის ერთ მეათასედ ნაწილს ეწოდება მილილიტრი (მლ).

გატიტვრისას გამოიყენება შემდეგი სახის საზომი ჭურჭლები: ბიურეტი, პიპეტი, საზომი კოლბა, საზომი ცილინდრი და მენზურა.

ბიურეტი: მოცულობით ანალიზში ბიურეტი ითვლება ძირითად საზომ ჭურჭლად და მას იყენებენ ხსნარის გატიტვრის დროს დახარჯული ხსნარის მოცულობის ზუსტად გასაზომად. მისგან ჩამონადენი სითხის მოცულობა იზომება 0,1 მლ სიზუსტით. ბიურეტი დანაყოფებიანი მინის მილია. ნასზე დანაყოფები იწყება 0-დან. ქიმიურ ლაბორატორიებში უფრო მეტად იყენებენ 25 და 50 მლ ტევადობის ბიურეტებს და ისინი ორი სახისაა: მინის ონკანიანი და უონკანო (სურათი 4. 79). უონკანო ბიურეტის ბოლო ნაწილი დაწვრილებულია და მასზე წამოგებულია წვრილი კაუჩუკის მილი, რომელიც თავის მხრივ, უერთდება წვრილ მინის მილს. კაუჩუკის მილს შუაზე გაკეთებული აქვს მორის მომჭერი.



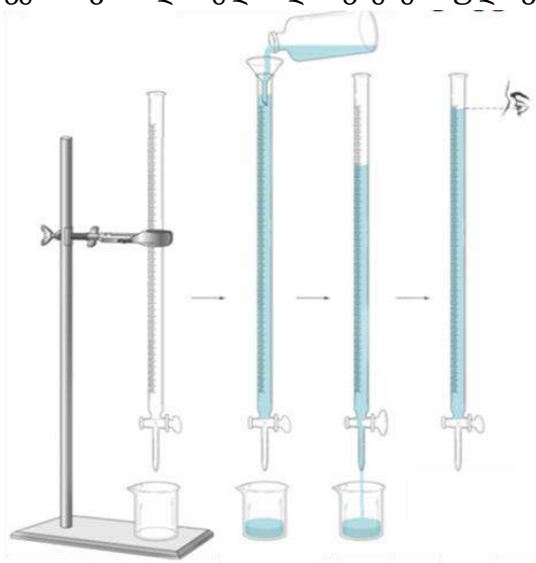
სურათი 4. 79. ონკანიანი და უონკანო ბიურეტები

მინის ონკანიანი ბიურეტი შეიძლება კარგად არ იღებოდეს ან იკეტებოდეს, ამიტომ ის მოითხოვს სისტემატურ ყურადღებას. არც ისაა მიზანშეწონილი, რომ მინის ონკანი ძალიან თავისუფლად ან ძნელად მოძრაობდეს. პირველ შემთხვევაში ბიურეტიდან ხსნარის წვეთების დინებას ექნება ადგილი (რაც ყოველად დაუშვებელია), მეორე შემთხვევაში კი (განსაკუთრებით ტუტეებთან მუშაობის დროს) მისი გაღება ან დაკეტვა ძნელდება. მინის ონკანმა რომ კარგად იმუშაოს, საჭიროა ცოტაოდენი ვაზელინის წასმა.

ნივთიერების ძალიან მცირე მოცულობის ხსნარების გასაზომად იყენებენ 1-დან 5 მლ-ის ტევადობის მიკრობიურეტს. ყველა სახის ბიურეტზე დანაყოფი იწყება 0-დან, ბოლო დანაყოფის ციფრები უჩვენებს ბიურეტის მთლიან მოცულობას.

ბიურეტის შევსება.

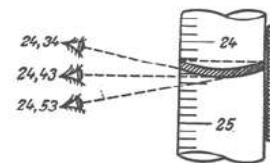
- იღებენ 25 ან 50 მლ-იანი მოცულობის სუფთა მშრალ ბიურეტს და ამაგრებენ შტატივზე;
- დგამენ ჭიქას ბიურეტის ქვეშ;
- ბიურეტზე არგებენ ძაბრს და ავსებენ ნულოვან დანაყოფს ზევით;
- აღებენ ონკანს და გამოდევნიან ჰაერს მცირე რაოდენობის სითხის გამოშვებით;
- კეტავენ ონკანს და ხელახლა ავსებენ ნულოვან დანაყოფამდე.



სურ 80. ბიურეტის შევსება



ბიურეტის ჩვენების ათვლა ხდება მენისკის საშუალებით. დანაყოფის ათვლის დროს დიდი მნიშვნელობა აქვს მენისკის ხასიათსა და დამკვირვებლის თვალის მდგომარეობას. გამჭვირვალე, უფერული ხსნარის შემთხვევაში ათვლა უნდა წარმოებდეს ქვედა მენისკის მიხედვით, არაგამჭვირვალე ფერადი ხსნარის გამოყენების დროს კი - ზედა მენისკის მიხედვით.



ნახ. 81. ბიურეტის
ჩვენების ათვლა
მენისკის მიხედვით

ბიურეტიდან ხსნარის ჩამოსხმის სიჩქარეს დიდი მნიშვნელობა აქვს. სხვადასხვა სიჩქარით ჩამოსხმული საკვლევი ხსნარის გასატიტრავად (ერთ შემთხვევაში წვეთ-წვეთად და მეორე შემთხვევაში - ჩქარი ნაკადით) ხსნარი იძლევა განსხვავებულ, შესაბამისად არაზუსტ შედეგებს. იმისათვის, რომ ავიციდნოთ ბიურეტიდან ხსნარის ჩამოსხმის სიჩქარის სხვადასხვაობით გამოწვეული შეცდომები, საჭიროა ჩამოსხმა ყველა შემთხვევაში ერთნაირი სიჩქარით წარმოებდეს. ბიურეტის ჩვენების ათვლა უნდა იწყებოდეს მხოლოდ მაშინ, როდესაც ხსნარის დონე ცვალებადობას არ განიცდის. ნელი ჩამოსხმა უზრუნველყოფს უფრო ზუსტ ათვლას, ამიტომ უმჯობესია და აუცილებელიც ჩამოსხმა ხდებოდეს წვეთობით, წამში 4-5 წვეთის სიჩქარით.

ბიურეტის სარგებლობის დროს და მუშაობის დამთავრების შემდეგ საჭიროა ბიურეტიდან ხსნარი ჩამოისხას. ონკანი უნდა გამოიღოს და გაირეცხოს. ბიურეტში ხსნარის ხანგრძლივი შენახვა ცუდ გავლენას ახდენს მის შიგა ზედაპირზე, ტუტეები ონკანს ამოჭამენ, რის გამოც ის უძრავი ხდება, კარგავს ელასტიურობას და მწყობრიდან გამოდის.

საზომი კოლბა. სხვადასხვა კონცენტრაციის ხსნარების დასამზადებლად დიდი მნიშვნელობა აქვს ზუსტად განსაზღვრული მოცულობის მქონე ხსნართა მიღებას. ამ მიზნისათვის გამოიყენება საზომი კოლბები. ისინი ჩვეულებრივი კოლბისაგან განსხვავდებიან იმით, რომ უფრო მაღალი, ვიწრო, გრძელყელიანია და მასზე აღნიშნულია ჭდე-ნიშანი წრეხაზის ხაზით. საზომი კოლბის ტევადობა შეიძლება იყოს 25, 50, 100, 150, 200, 250, 500 მლ და 1ლ-იანი (სურათი 4. 82), რომელთა გვერდზე აღნიშნულია მისი მოცულობა და ტემპერატურა. მიზანშეწონილია საზომი კოლბები იყოს დახურული პოლიმერული ან მინის მილესილი საცობებით.



სურათი 4. 82. სხვადასხვა მოცულობის
საზომი კოლბები

საზომ კოლბებს სითხით ავსებენ ჯერ მატრის საშუალებით, შემდეგ კი მას სითხის წვეთებს პიპეტით უმატებენ და დონეს ნიშან-ჭდემდე მიიყვანენ. ამ შემთხვევაში მომუშავეს თვალი, ჭდე და სითხის მენისკი ერთ ჰორიზონტალურ სიბრტყეში უნდა მდებარეობდეს. საზომი კოლბის გაცხელება არ შეიძლება, რადგან ეს მათი მოცულობის ცვლილებას გამოიწვევს.

პიპეტი. პიპეტი წარმოადგენს მინის ან პოლიმერის პატარა მილს წამახვილებული ბოლოთი, რომლის შუა ნაწილი გაფართოებულია ან შეიძლება სრულიად სწორი იყოს. მასზე აღნიშნულია მოცულობა და ტემპერატურა (სურათი 4. 83). პიპეტი იხმარება გარკვეული და ზუსტი მოცულობის ხსნარის გადასატანად ერთი ჭურჭლიდან მეორეში ან ნივთიერების წვეთობით დასამატებლად.

პიპეტი შეიძლება იყოს 1-100 მლ მოცულობის, მაგრამ პრაქტიკაში უფრო მეტად 1, 2 და 5 მლ-ის მოცულობის პიპეტებია გამოყენებული. პიპეტს ზედა ნაწილში აქვს რგოლური ნიშანი - ჭდე, რომელიც გვიჩვენებს სითხით პიპეტის შევსების ზღვარს.



ა)



ბ)



გ)



სურათი 4. 83. სხვადასხვა სახის პიპეტები:
ა) პიპეტები შტატივით; ბ) პიპეტები; გ) მიკროპიპეტი

პიპეტში ნივთიერების ამოღება ხდება შემდეგნაირად: პიპეტს უკეთებენ სპეციალურ რეზინას ან ამოსატუმბ მოწყობილობას (სურათი 4. 84) და მარჯვენა ხელით იჭერენ. ქვედა ბოლოს ღრმად უშვებენ ხსნარში, ამოსატუმბი მოწყობილობით ავსებენ ისე, მისი მენისკი ჭდეს გაუსწორდეს. ამ მდგომარეობაში გადაიტანენ და მეორე ჭურჭელში ჩაუშვებენ.

სავსე და ვერტიკალურად დაჭერილ პიპეტის ქვედა ბოლოთი ჭურჭლის შიგნითა კედელს ეხებიან, პიპეტს თითოს მოაშორებენ, სითხეს მიეცემა საშუალება მთლიანად ჩამოიგალოს. ამ დროს ხსნარის ის მცირე ნაწილი, რომელიც დარჩა პიპეტის წვერზე, მხედველობაში არ მიიღება.

მუშაობის დამთავრების შემდეგ პიპეტს გამოხდილი წყალი უნდა გამოეღოს, ხმარების წინ კი, როგორც ბიურეტი, ისე პიპეტი, საჭიროებს იმ ხსნარის გამოვლებას, რომლითაც ისინი უნდა გაივსონ.

საზომი ცილინდრი და მენზურა. საზომი ცილინდრი წარმოადგენს მინის ცილინდრულ ჭურჭელს მოცულობის სკალით (სურათი 4. 85). ისინი ძირითადად მინისაგან მზადდება, თუმცა შეიძლება სპეციფიკურ პირობებში პოლიმერული საზომი ცილინდრის გამოყენებაც (მაგალითად, HF-თან მუშაობისას). ისინი მზადდება ქიმიურად მდგრადი მინისაგან, ამიტომ მათი გაცხელება და ძალიან ცხელი სითხის ჩასხმა არ შეიძლება.

საზომი ცილინდრები ტევადობის მიხედვით შეიძლება იყოს 10 მლ-დან 2 ლ-მდე. როგორც წესი, ლაბორატორიაში ხშირად გამოიყენება 10, 25, 50, 100, 250, 500 მლ-იანი. მათ შეიძლება ჰქონდეთ საკუთარი მინისავე დასადგამი ან დამატებითი პლასტმასისაგან დამზადებული სადგამი.



სურათი 4. 84. პიპეტებში ნივთიერების ამოსატუმბი მოწყობილობა



საზომი ცილინდრზე სკალა დატანილია მინის მიხედვით ან თერმული საღებავით, რომელიც შეესაბამება სტანდარტულ ან ნორმალურ პირობებს. მას კედელზე აქვს დიდი და პატარა დანაყოფები, რომელიც ცილინდრის ზომას აჩვენებს.

საჭიროების მიხედვით საზომ ცილინდრებში შესაძლებელია ორი სითხის შერევა, მხოლოდ მისი გაცხელება ან ძალიან ცხელი სითხის ჩასხმა არ შეიძლება.

მენზურა საზომი ცილინდრისაგან განსხვავდება მხოლოდ კონუსური ფორმით (სურათი 4. 86).



სურათი 4. 85. საზომი ცილინდრები პლასტმასის საღებავით (მარცხნივ) და მინის საღებავით (მარჯვნივ)



სურათი 4. 86. მენზურა

საზომ ცილინდრებს იყენებენ სითხეების მოცულობის დასადგენად, ხსნარების მომზადებისას, ქიმიურ ექსპერიმენტში რეაგენტის ან გამხსნელის დამატებისას, არეომეტრით სითხის სიმკვრივის განსაზღვრისას და ა.შ.

თუ ადვილად აქროლადი და არასასიამოვნო სუნის მქონე ნაერთების მოცულობას ვზომავთ, მაშინ რეკომენდებულია საცობიანი საზომი ცილინდრის გამოყენება. აქვე უნდა აღინიშნოს, რომ საზომი ცილინდრი გამოიყენება მოცულობის გასაზომად მხოლოდ იმ შემთხვევაში, როდესაც საჭირო არაა სიზუსტის დაცვა.

გატიტრის პროცესი: ძაბრის საშუალებით ბიურეტს ავსებენ ტიტრირი ხსნარით, ხოლო საანალიზო ხსნარის განსაზღვრულ მოცულობას ასხამენ ერლენმეიერის კოლბაში, უმატებენ (ზოგიერთი გამონაკლისის გარდა) ინდიკატორის მცირე რაოდენობას (ინდიკატორი ხსნართან უნდა იძლეოდეს გარკვეულ შეფერადებას) და იკავებენ მარცხენა ხელში. კოლბის ქვეშ უნდა იყოს თეთრი ფონი, რისთვისაც შეიძლება თეთრი ფურცლის დაფენა. მარჯვენა ხელს კიდებენ ონკანს, თითების ფრთხილი მოძრაობით ადებენ და წვეთ-წვეთობით უშვებენ ხსნარს ბიურეტიდან. გატიტრის არსი მდგომარეობს ბიურეტიდან წვეთობით ჩამოდენილი სამუშაო ხსნარის საკვლევ ხსნარში ჩასხმაში, მისი სისტემატურად შენჯღრევისა ან მინის წვირის ფრთხილი მოძრაობის შედეგად.

ყურადღებით აკვირდებიან ფერის ცვლილებას. ბიურეტიდან წვეთის ჩავარდნის მომენტი კოლბაში ჩნდება ლაქა, რომელიც მორევის შედეგად მალევე ქრება. გარკვეული დროის შემდეგ დადგება მომენტი, როდესაც ერთი წვეთის დამატება გამოიწვევს საანალიზო ხსნარის გაუფერულებას, რომელიც მორევის შემდეგ აღარ გაქრება. ითვლება, რომ გატიტრა დამთავრებულია. ხსნარის გაუფერულების მომენტს ნეიტრალიზაციის წერტილს ანუ ექვივალენტურ წერტილსაც უწოდებენ. სიზუსტისათვის ცდას 2-3-ჯერ იმეორებენ. იღებენ ანათვალს და ახდენენ შესაბამის გაანგარიშებას, რითაც გამოითვლიან საანალიზო სინჯში უცნობი ნივთიერების რაოდენობას.



ხსნარის გატიტრის პროცედურის მიმდინარეობა:



50 მლ მოცულობის
ბიურეტი დაამაგრეთ
შტატივზე



შეავსეთ ბიურეტი
ტიტრიანი ხსნარით
ნულოვან დანაყოფს
ზევით



გააღეთ ონკანი და
გამოდევნეთ ჰაერი სითხის
გამოშვებით, შემდეგ კი ისევ
შეავსეთ



საანალიზო ხსნარი ჩაასხით
ერლენმეიერის კოლბაში



წვეთ-წვეთობით დაამატეთ
ბიურეტიდან ხსნარი მუდმივი
მორევით გაუფერულვამდე



აიღეთ ანათვალი

სურათი 4. 87. გატიტრის პროცესი

4.13. ინდიკატორები

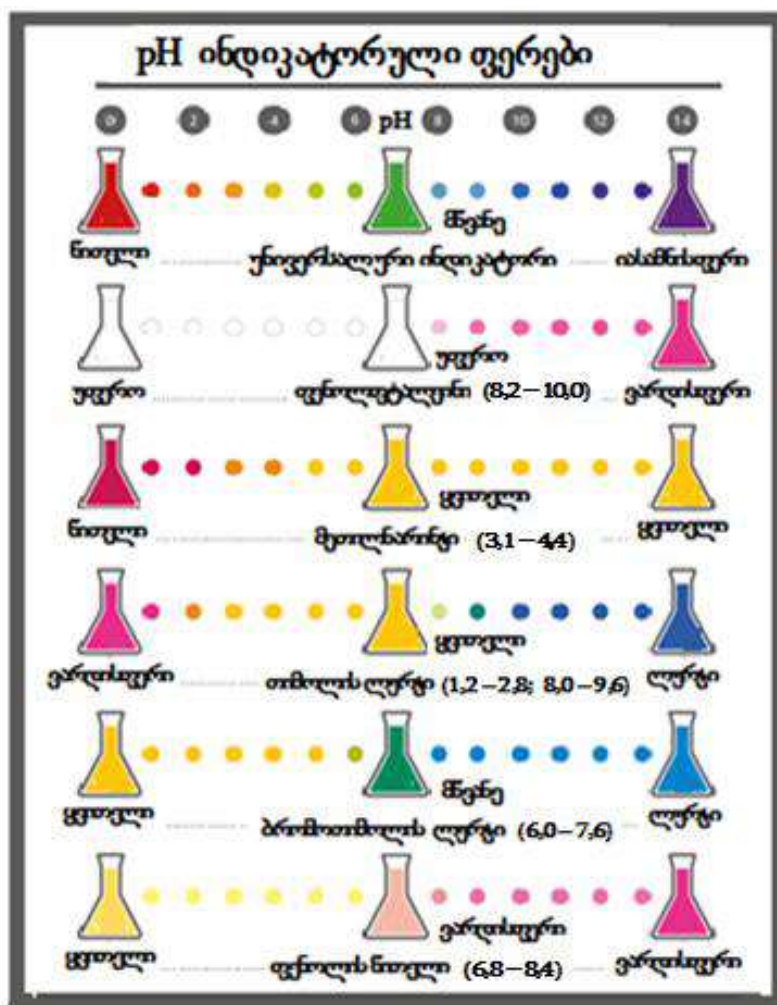
ინდიკატორი – (ლათ. indicator — მაჩვენებელი). ისინი ისეთი რთული ორგანული ნაერთებია, რომელთაც აქვთ სუსტი მჟავას ან სუსტი ფუძის თვისებები და საანალიზო ხსნარში ადვილად შესამჩნევი თვისებებით (ფერის შეცვლით და ზოგჯერ გამჭირვალე ხსნარში ნალექის წარმოქმნით) ქიმიური რეაქციის დამთავრებას გვიჩვენებენ.

მოცულობითი ანალიზისას, განსაკუთრებით ნეიტრალიზაციის მეთოდის გამოყენების დროს, რეაქციის დამთავრებას (ნეიტრალიზაციის ანუ ექვივალენტურ წერტილს) განსაკუთრებული ნივთიერებების - ინდიკატორების მეშვეობით საზღვრავენ. უმთავრესად იყენებენ შემდეგ ინდიკატორებს - მეთილნარინჯს (მეთილორანჯს), ფენოლფტალეინს, ლაკმუსს, რომლებიც სუსტი ორგანული მჟავებია. ანალიზური ქიმიის პრაქტიკულ საქმიანობაში ზუსტი შედეგების მისაღებად ინდიკატორების შერჩევას და მათ სათანადო, მოხერხებულ გამოყენებას გადამწყვეტი მნიშვნელობა აქვს.

pH-ის ორ მნიშვნელობას შორის შუალედს, რომელშიაც ინდიკატორის ფერის ცვლილება შესამჩნევი ხდება, უწოდებენ ინდიკატორის ფერის გადასვლის ინტერვალს და ის გატიტრის მაჩვენებელია - pT. გატიტრის მაჩვენებელი ეწოდება წყალბად-იონების იმ კონცენტრაციას, რომლის დროსაც ყველაზე უფრო მკვეთრად იცვლება ინდიკატორის შეფერილობა.

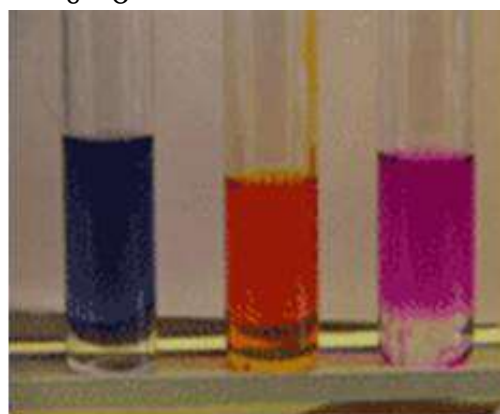


გატიტრის პროცესში ინდიკატორის ფერის ცვლილება ვიზუალურად ადვილად შეიმჩნევა. ინდიკატორის ფერის შეცვლა სატიტრავ და გამტიტრავ ნივთიერებებისა და მათი კონცენტრაციის გარდა დამოკიდებულია აგრეთვე ხსნარის ტემპერატურაზე, მარილების ან სხვა ნივთიერებათა თანაობაზე და თვით ინდიკატორის კონცენტრაციაზე. მოცულობითი ანალიზისას, ნეიტრალიზაციის მეთოდის შემთხვევაში უფრო ხშირად იყენებენ მეთილნარინჯს და ფენოლფტალეინს. მეთილნარინჯი ორგანული საღებავია და სუსტ მჟავას წარმადგენს. იგი მჟავისა და ტუტის მოქმედებით ფერს ადვილად იცვლის. მჟავა არეში, როცა $pH=3,1$ წითელია, ნეიტრალურ არეში - ნარინჯისმავარი-მოყვითალო ფერისაა, ტუტე არეში - ბაცი ყვითელია. მეთილნარინჯის ფერის გადასვლის ინტერვალი pH -ის $3,1 \div 4,4$ -ს შორისაა. ეს ინდიკატორი გამოიყენება ძლიერ მჟავათა, აგრეთვე ძლიერ და სუსტ ფუძეთა ტიტრის დროს. ყოველი 20-25 მლ ხსნარის ტიტრის დროს სატიტრავად საკმარისია 1-2 წვეთი მეთილნარინჯის ხსნარი.



სურათი 4. 88. ინდიკატორების ფერის გადასვლა
სხვადასხვა pH -ის დროს

ფენოლფტალეინი სუსტი არომატული მჟავაა. მისი მოლეკულები უფეროა, ხოლო ანიონები წითელი ფერისაა. ნეიტრალურ ან სუსტ არეში იგი არ დისოცირდება და შესაბამისად უფეროა, ხოლო ტუტე არეში დისოცირდება და ხსნარი ჟოლოსფერი ხდება. მისი ფერის გადასვლის ინტერვალი pH -ის $8,2 \div 10,0$ -ს შორისაა. ფენოლფტალეინი მჟავების მიმართ განსაკუთრებით მგრძნობიარეა, მაგრამ ის სუსტ ფუძეთა გასატიტრად არ გამოდგება. ანალიზისათვის ინდიკატორები წინასწარ უნდა იყოს დამზადებული, მათი ხსნარები უმთავრესად 0,1 %-იანია, მაგრამ ხშირად საჭიროა 1 %-იანი ხსნარებიც.



სურ 89. ინდიკატორის ფერები: მარცხნიდან მარჯვნივ - ლავკმუსი, მეთილნარინჯი, ფენოლფტალეინი



ინდიკატორების ფერის ცვლილება ხსნარის pH-ის მიხედვით

ინდიკატორის დასახელება	ხსნარის ფერი		ფერის გადასვლის ინტერვალი	გატიტრის მაჩვენებელი pT	ინდიკატორის ხსნარის დამზადება
	მჟავა არეში	ტუტე არეში			
მეთილნარინჯი	pH < 3,1 მოვარდისფრო	pH > 4,4 ყვითელი	3,1-4,4 ნარინჯის ფერი	4,0	0,05 გ + 100 მლ გამოხდილი წყალი
ფენოლფტალეინი	pH < 8,3 უფერო	pH > 10 მოწითალო- ჟოლოსფერი	8,2-10,0 ღია ვარდისფერი	9,0	1გ + 100 გ ეთილის ანუ ღვინის სპირტი
ლაკმუსი	pH < 4,5 წითელი	pH > 8,3 ლურჯი	5,0-8,0 იისფერი	7,0	1,9 გ + 100 მლ გამოხდილი წყალი
მეთილ-წითელი	pH < 4 წითელი	pH > 6,2 ყვითელი	4,2-6,2	5,5	0,2 გ + 100 გ ეთილის სპირტი
თიმოლფტალეინი	უფერო	ლურჯი	9,3-10,5	10	0,1 გ + 100 გ ეთილის სპირტი
თიმოლის ლურჯი	ყვითელი	ლურჯი	8,0-9,6		
ფენოლის წითელი	ყვითელი	წითელი	6,8-8,4		



დავალებები და კითხვები თვითშემოწმებისათვის:

1. სახელმძღვანელოში წარმოდგენილი აღწერის გამოყენებით დაწვრილებით შეისწავლეთ ლაბორატორიაში არსებული სტაციონალური pH-მეტრი. აღწერეთ pH-მეტრი-ის მუშაობის პრინციპი.
2. რას ეწოდება გატიტრა? რისთვის იყენებენ გატიტრას?
3. აღწერეთ გატიტრის დროს გამოყენებული საზომი ჭურჭლები.
4. როგორი კონცენტრაციის ხსნარებით სარგებლობენ გატიტრის დროს?
5. რა ფორმულას ვიყენებთ გატიტრის დროს ანგარიშისათვის? ახსენით ფორმულის არსი.
6. რას წარმოადგენს ბიურეტი?
7. როგორ ხდება ბიურეტის შევსება?
8. როგორ აითვლება ბიურეტის ჩვენება?
9. რას წარმოადგენს საზომი კოლბა?
10. რა დანიშნულება აქვს პიპეტს?
11. აწერეთ გატიტრის პროცესის მიმდინარეობა.
12. რას წარმოადგენს ინდიკატორი? რისთვის ვიყენებთ ინდიკატორს?
13. აღწერეთ ფენოლფტალეინის ფერის ცვლილება ხსნარის გარემოზე დამოკიდებულებით.
14. გამოიყენეთ სურათი 4.88. აღწერეთ მეთილნარინჯის ფერის გადასვლები.
15. გამოიყენეთ ცხრ. 4.4. დაწერეთ გეგმა: როგორ მოვაშალოთ ფენოლფტალეინის ხსნარი. რა ქიმიური ჭურჭელი და რეაქტივები დაგჭირდებათ?



4.14. კათიონებისა და ანიონების აღმოჩენა წყალში

კათიონები: Zn^{2+} , Fe^{2+} , Fe^{3+} , Cu^{2+} , Ca^{2+} , Hg^{2+} , Pb^{2+} , Mn^{2+} , NH_4^+ , NH_3 , Ni^{2+} , Cr^{3+}

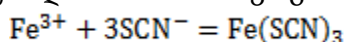
I. თუთიის იონების (Zn^{2+}) აღმოჩენა ეფუძნება შეფერილი კომპლექსური ნაერთების წარმოქმნას თუთიის იონების დითიზონთან ($C_{13}H_{12}N_4S$) ურთიერთქმედების დროს.

ავიღოთ 10 მლ სინჯი და ნეიტრალიზაციისათვის დავუმატოთ ამიაკი ($NH_3 \cdot H_2O$). შევამოწმოთ ინდიკატორის ქაღალდით. დავუმატოთ 10 წვეთი (0,4 მლ) აცეტატური ბუფერული ხსნარი ($CH_3COOH + CH_3COONa$), 3 წვეთი ნატრიუმის თიოსულფატის ($Na_2S_2O_3$) 20 %-იანი ხსნარი, ავურიოთ და დავუმატოთ 8 წვეთი ოთხქლორიან ნახშირბადში (CCl_4) გახსნილი დითიზონის 0,002 %-იანი ხსნარი და ვანჯღრიოთ ორი წუთის განმავლობაში. წყალში თუთიის შემცველობიდან გამომდინარე ორგანული ფენა შეიფერება იისფრად ან წითლად, ხოლო მისი არარსებობისას CCl_4 დარჩება მწვანე.

რეაქტივები და მათი მომზადება:

1. ამიაკის ხსნარი (NH_4OH);
2. ოთხქლორიან ნახშირბადი (CCl_4);
3. დითიზონი (დიფენილთიოკარბაზონი) ოთხქლორიან ნახშირბადში 0,002 %-იანი ხსნარი: 0,002 გ $C_{13}H_{12}N_4S$ გავხსნათ ოთხქლორიან ნახშირბადში და გახსნის შემდეგ მივიყვანოთ 100 მლ-მდე ოთხქლორიანი ნახშირბადით;
4. აცეტატური ბუფერული ხსნარი ($pH=5,0$): 272 გ კრისტალური ძმარმჟავა ნატრიუმი (Na -ის აცეტატი - $CH_3COONa \cdot H_2O$) გავხსნათ ბიდისტილატში, დავუმატოთ 58 მლ ყინულოვანი ძმარმჟავა (CH_3COOH) და მივიყვანოთ ბიდისტილატით 1 ლ-მდე;
5. ნატრიუმის თიოსულფატის 20 %-იანი ხსნარი: 20 გ $Na_2S_2O_3$ გავხსნათ 100 მლ დისტილირებულ წყალში;

II. რკინის (Fe^{2+} , Fe^{3+}) იონების აღმოჩენა და ხარისხობრივი განსაზღვრა ეფუძნება შემდეგ რეაქციას:



ა) საერთო რკინის შემცველობის განსაზღვრისათვის ავიღოთ 10 მლ საკვლევი წყალი, დავუმატოთ 2-3 წვეთი კონც. მარილმჟავა (HCl) და რამოდენიმე კრისტალი ამონიუმის პერსულფატი ($(NH_4)_2S_2O_8$) ან წყალბადის ზეჟანგის (H_2O_2) 3 %-იანი ხსნარი (Fe^{2+} -ის Fe^{3+} -მდე დაჟანგვისათვის). ნარევი ავურიოთ და დავუმატოთ 6 წვეთი კალიუმის (KCN) ან ამონიუმის როდანიდის (NH_4SCN) 50 %-იანი ხსნარი და ისევ ავურიოთ.

მიღებული შეფერილობა შევადაროთ ცხრილი 4.5-ში მოცემულ მონაცემებს და ვიმსჯელოთ სინჯში რკინის იონების შემცველობაზე:

ცხრილი 4. 5

შეფერილობა (ზევიდან ქვევით)	საერთო რკინის შემცველობა, მგ/ლ
არა	0,05-ზე ნაკლები
ძალიან სუსტი მოყვითალო-ვარდისფერი	0,05-0,1
სუსტი მოყვითალო-ვარდისფერი	0,1-0,5
მოყვითალო-ვარდისფერი	0,5-1,0
მოყვითალო-წითელი	1,0-2,0
წითელი	2,0-ზე მეტი



ამავე ხერხით შეიძლება განისაზღვროს რკინის (III) იონები, მხოლოდ მჟანგავის დამატება არაა საჭირო.
რეაქტივები და მათი მომზადება:

1. კონცენტრირებული მარილმჟავა;
2. წყალბადის ზეჟანგის 3 %-იანი ხსნარი: 100 მლ მოცულობის საზომ კოლბაში ჩავასხათ 10 მლ 30%-იან წყალბადის ზეჟანგი და შევავსოთ 100 მლ-მდე დისტილირებული წყლით. ამ ხსნარის გამოყენება შესაძლებელია ერთ თვემდე ვადით; ან
ამონიუმის პერსულფატი;
3. კალიუმის (KCNS) ან ამონიუმის როდანიდის (NH_4CNS) 50 %-იანი ხსნარი: 50 გ კალიუმის ან ამონიუმის როდანიდი გავხსნათ 100 მლ-მდე დისტილირებულ წყალში.

ბ) 10 მლ სინჯს დავუმატოთ 1 წვეთი კონც. აზოტმჟავა, რამდენიმე წვეთი 5 %-იანი წყალბადის ზეჟანგი და 0,5 მლ 20 %-იანი კალიუმის როდანიდის ხსნარი. ვარდისფერ შეფერვას შეესაბამება რკინის შემცველობა $\approx 0,1$ მგ/ლ, უფრო მეტს კი წითელი შეფერვა.

1. კონც. აზოტმჟავა (HNO_3);
2. წყალბადის ზეჟანგის (H_2O_2) 5 %-იანი ხსნარი: 100 მლ მოცულობის საზომ კოლბაში ჩავასხათ 10 მლ 30%-იან წყალბადის ზეჟანგი და შევავსოთ 60 მლ-მდე დისტილირებული წყლით. ამ ხსნარის გამოყენება შესაძლებელია ერთ თვემდე ვადით;
3. კალიუმის როდანიდის (KCNS) 20 %-იანი ხსნარი: 20 გ კალიუმის როდანიდი გავხსნათ 100 მლ-მდე დისტილირებულ წყალში.

III. სპილენძის იონების (Cu^{2+}) აღმოჩენა ეფუძნება შეფერილი კომპლექსური ნაერთების წარმოქმნას სპილენძის იონების ნატრიუმის დიეთილდითიოკარბამატთან (C_2H_5) NCSSNa) ურთიერთქმედების დროს.

ვარიანტი I.

10 მლ საკვლევე სინჯს დავუმატოთ 10 წვეთი (0,4 მლ) ამონიუმის ციტრატი (ლიმონმჟავა ამონიუმი), 1 მლ ტრილონ B-ს 0,1 M ხსნარი და 1 მლ ნატრიუმის დიეთილდითიოკარბამატის 1 %-იანი ხსნარი. ყავისფერი ნალექის წარმოქმნა მიუთითებს წყალში სპილენძის იონების არსებობაზე (0,1 მგ/ლ), ყავისფერი სიმღვრივე იწყება მაშინ, როცა სპილენძის იონები წყალში არის 0,05 მგ/ლ. თუ შეფერილობა აშკარად არაა, დავუმატოთ 10 წვეთი (0,4 მლ) ქლოროფორმი (CHCl_3) ან ოთხქლორიანი ნახშირბადი (CCl_4) და ნარევი კარგად ავურიოთ. წყალში სპილენძის (Cu^{2+}) იონების არსებობისას ორგანული გამხსნელის ფენა შეიფერება მოყვითალო-მოკარიჩნოდ. ეს შეფერილობა შეიძლება შეიმჩნეს 0,02 მგ სპილენძის არსებობისას. თეთრი ნალექი ან ყვითელი შეფერილობა არის სპილენძის (II) იონების დამადასტურებელი.

რეაქტივები და მათი მომზადება:

1. ამონიუმის ციტრატი (ლიმონმჟავა ამონიუმი): 5 გ $\text{C}_3\text{H}_5\text{O}(\text{COONH}_4)_3$ გავხსნათ 100 მლ ბიდისტილატში. ხსნარი ინახება პოლიეთილენის ჭურჭელში;
2. ტრილონ B-ს 0,1 M ხსნარი: გამოიყენება $\text{Na}_2[\text{H}_2(\text{CH}_2\text{COO})_2\text{N}(\text{CH}_2)_2\text{N}]$ -ს ფიქსანალი;
3. ნატრიუმის დიეთილდითიოკარბამატის 1 %-იანი ხსნარი: 1 გ (C_2H_5) NCSSNa გავხსნათ 100 მლ დისტილირებულ წყალში;
4. ოთხქლორიანი ნახშირბადი (CCl_4) ან ქლოროფორმი (CHCl_3).

ვარიანტი II.

მცირე მოცულობის სინჯარაში ჩავასხათ 10 მლ საკვლევე ხსნარი. ასეთივე სინჯარებში ჩავასხათ 0,0; 0,1; 0,2; 0,5; 1,0; 2,0 და 3,0 მლ სპილენძის სულფატის სტანდარტული მუშა ხსნარები (1 მლ ხსნარი შეიცავს 0,01



მგ/მლ Cu^{2+}), მივიყვანოთ მოცულობა 10 მლ-მდე დისტილირებული წყლით. მივიღებთ სპილენძის კონცენტრაციების სტანდარტულ სერიებს: 0,0; 0,02; 0,04; 0,1; 0,2; 0,4 და 0,6 მგ/ლ.

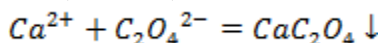
საკვლევ ხსნარი და ეს სტანდარტული სერიები შევამჯავოთ 1 წვეთი HCl (1:1)-ით, დავუმატოთ 0,2 მლ სეგნეტის მარილის ხსნარი, 1 მლ ამიაკის ხსნარი, 0,2 მლ სახამებელი და 1 მლ ნატრიუმის დიეთილდითიოკარბამატის ხსნარი, ყოველივე კარგად შევურიოთ.

მიღებული შეფერილობის ინტენსივობა გავზომოთ ვიზუალურად, რისთვისაც საკვლევი ხსნარი შევადაროთ სტანდარტულ სერიებს და ვიმსჯელოთ სინჯში სპილენძის იონების მიახლოებით შემცველობაზე.

რეაქტივები და მათი მომზადება:

1. მარილმჟავას ხსნარი (1:1): კონც. HCl და დისტილირებული წყალი შევურიოთ თანაბარი რაოდენობით;
2. ამიაკის წყალხსნარი: 25 %-იანი ამიაკი გავხსნათ დისტილირებულ წყალში, განზავებით 1:4;
3. სეგნეტის მარილის (ღვინისმჟავა ნატრიუმ-კალიუმი) ხსნარი: 50 გ სეგნეტის მარილი ($\text{KNaC}_4\text{H}_4\text{O}_6 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$) გავხსნათ 50 მლ დისტილირებულ წყალში;
4. სახამებლის 0,25 %-იანი ხსნარი: 0,25 გ სახამებელი გავხსნათ 100 მლ გამოხდილ წყალში (ჯერ ცოტა ცივში, შემდეგ დავუმატოთ ცხელი გამოხდილი წყალი) და მივიყვანოთ წამოდულებამდე.
5. ნატრიუმის დიეთილდითიოკარბამატის 0,1 %-იანი ხსნარი: 1 გ ნატრიუმის დიეთილდითიოკარბამატი გავხსნათ მცირე რაოდენობის დისტილირებულ წყალში, გავფილტროთ და მოცულობა მივიყვანოთ დისტილირებული წყლით 1 ლ-მდე. ინახება მუქი ფერის ჭურჭელში, ბნელ ადგილას.
6. სპილენძის სულფატის სტანდარტული ხსნარი (0,01 მგ/მლ): 1 ლ-იან კონუსურ კოლბაში მოვათავსოთ 0,0393 გ $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$, დავუმატოთ მცირე რაოდენობის დისტილირებული წყალი, შევამჯავოთ 1 მლ გოგირდმჟავათი (1:5) და მივიყვანოთ მოცულობა ნიშანხაზამდე დისტილატით. 1 მლ მიღებული ხსნარი შეიცავს 0,01 მგ Cu^{2+} .

IV. **კალციუმის იონების (Ca^{2+}) აღმოჩენა და მიახლოებითი განსაზღვრა** ეფუძნება შემდეგ რეაქციას:



5 მლ საკვლევ სინჯს დავუმატოთ რამოდენიმე წვეთი ამონიუმის ქლორიდის (NH_4Cl) 2 M ხსნარი, 10-15 წვეთი (0,4-0,6 მლ) ამონიუმის ოქსალატის ($(\text{NH}_4)_2\text{C}_2\text{O}_4$) 0,05 N ხსნარი და ამიაკის ($\text{NH}_3 \times \text{H}_2\text{O}$) 10 %-იანი ხსნარი. მიღებული ნალექის დახასიათების მიხედვით შეიძლება ვიმსჯელოთ სინჯში კალციუმის იონების რაოდენობაზე:

ცხრილი 4. 6

ნალექის დახასიათება	კალციუმის შემცველობა, მგ/ლ
ძლივს შესამჩნევი სიმღვრივე	1-10
სუსტი სიმღვრივე	10-30
სწრაფად წარმოქმნადი სიმღვრივე	30-100
თეთრი ნალექი, რომელიც ფსკერზე ნელა ილექება	100-200
თეთრი ნალექი, რომელიც ფსკერზე სწრაფად ილექება	200-ზე მეტი

რეაქტივები და მათი მომზადება:

1. ამონიუმის ქლორიდის 2 M ხსნარი: 53,491 გ NH_4Cl გავხსნათ 500 მლ დისტილირებულ წყალში;
2. ამონიუმის ოქსალატის 0,05 N ხსნარი: 0,62 გ $(\text{NH}_4)_2\text{C}_2\text{O}_4$ გავხსნათ 100 მლ-მდე დისტილირებულ წყალში;
3. ამიაკის 10 %-იანი ხსნარი: 44 მლ კონც. ამიაკი მივიყვანოთ 100 მლ-მდე დისტილირებული წყალით.



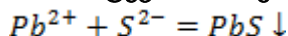
V. ვერცხლისწყლის იონების (Hg^{2+}) აღმოჩენა ეფუძნება შეფერილი კომპლექსური ნაერთების წარმოქმნას ვერცხლისწყლის (II) იონების დითიზონთან ($C_{13}H_{12}N_4S$) ურთიერთქმედების დროს.

ავიღოთ 10 მლ საკვლევი წყალი და დავუმატოთ 4 მლ აცეტატურ ბუფერული ($CH_3COOH + CH_3COONa$) 0,1 M ხსნარი, ასევე 0,1 M ტრილონ B და კალიუმის როდანიდის ($KSCN$) 10 %-იანი ხსნარი, ავურიოთ და დავუმატოთ 2 მლ ოთხქლორიან ნახშირბადში (CCl_4) გახსნილი დითიზონის ხსნარი, ნარევი კარგად ავანჯღრიოთ. წყალში ვერცხლისწყლის შემცველობისას ორგანული ფენა შეიფერება ნარინჯისფრად, ხოლო მისი არარსებობისას დარჩება მწვანე.

რეაქტივები და მათი მომზადება:

1. **ტრილონ B-ს 0,1 M ხსნარი:** 18,6 გ ტრილონ B გავხსნათ გამოხდილ წყალში და მოცულობა მივიყვანოთ 1 ლ-მდე;
2. **ოთხქლორიან ნახშირბადი (CCl_4);**
3. **დითიზონი (დიფენილთიოკარბაზონი) ოთხქლორიან ნახშირბადში 0,002 %-იანი ხსნარი:** 0,002 გ $C_{13}H_{12}N_4S$ გავხსნათ ოთხქლორიან ნახშირბადში და გახსნის შემდეგ მივიყვანოთ 100 მლ-მდე ოთხქლორიანი ნახშირბადით;
4. **აცეტატური ბუფერული 0,1 M ხსნარი:** 0,1 M ძმარმჟავა ნატრიუმის (Na -ის აცეტატი - $CH_3COONa \cdot H_2O$) და 0,1 M ყინულოვანი ძმარმჟავას (CH_3COOH) ხსნარები შევურიოთ თანაბარი რაოდენობით;
5. **კალიუმის როდანიდის 10 %-იანი ხსნარი:** 10 გ $KSCN$ გავხსნათ 100 მლ გამოხდილ წყალში;

VI. ტყვიის იონების (Pb^{2+}) აღმოჩენა ეფუძნება შემდეგ რეაქციას:



10 მლ საკვლევ სინჯს დავუმატოთ 1,2 მლ სეგნეტის მარილის (ნატრიუმ-კალიუმის ტარტრატის) 25 %-იანი ხსნარი, 0,4-0,8 მლ ნატრიუმის ტუტის 25 %-იანი ხსნარი და 10 %-იანი კალიუმის როდანიდის ხსნარი. ნარევი ავურიოთ და დავუმატოთ 2 მლ ახლადმომზადებული ნატრიუმის სულფიდის 5 %-იანი ხსნარი.

წყალში ტყვიის იონების მცირე რაოდენობით არსებობისას წარმოიქმნება ყვითელი შეფერილობა, ხოლო ტყვიის დიდი რაოდენობისას ყავისფერი შეფერილობა ან ნალექი.

რეაქციის მგრძნობელობა არის 0,3 მგ Pb^{2+} /ლ.

რეაქტივები და მათი მომზადება:

1. **სეგნეტის მარილის 25 %-იანი ხსნარი:** 25 გ $KNa[C_2H_4(OH)_2(COO)_2]$ გავხსნათ 100 მლ დისტილირებულ წყალში;
2. **ნატრიუმის ტუტის 25 %-იანი ხსნარი:** 25 გ $NaOH$ გავხსნათ ცოტა გამოხდილ წყალში და გაცივების შემდეგ მივიყვანოთ 100 მლ-მდე. ინახება პოლიეთილენის ჭურჭელში;
3. **კალიუმის როდანიდის 10 %-იანი ხსნარი:** 10 გ $KSCN$ გავხსნათ 100 მლ დისტილატში;
4. **ნატრიუმის სულფიდის 5 %-იანი ხსნარი:** 5 გ Na_2S გავხსნათ 100 მლ დისტილირებულ წყალში.

VII. მანგანუმის იონების (Mn^{2+}) აღმოჩენა ეფუძნება შემდეგ რეაქციას:



10 მლ საკვლევ სინჯს დავუმატოთ შემჟავებისათვის რამოდენიმე წვეთი 25 %-იანი აზოტმჟავა და რამოდენიმე წვეთი 5 %-იანი ვერცხლის ნიტრატის ხსნარი მანამ, სანამ გაგრძელდება ამღვრევა. შემდეგ შევიტანოთ ხსნარში 0,5 გ ამონიუმის ან კალიუმის პერსულფატი ($(NH_4)_2S_2O_8$) და ნარევი მივიყვანოთ ადუღებამდე. თუ სინჯი შეიცავს 0,1 მგ/ლ მანგანუმს ან მეტს, ხსნარი შეიფერება მკრთალ-ვარდისფრად.



რეაქტივები და მათი მომზადება:

1. აზოტმჟავას 25 %-იანი ხსნარი;
2. ვერცხლის ნიტრატის 5 %-იანი ხსნარი: 5 გ AgNO_3 გავხსნათ 100 მლ-მდე დისტილირებულ წყალში;
3. ამონიუმის (ან კალიუმის) პერსულფატი ($(\text{NH}_4)_2\text{S}_2\text{O}_8$) ან $\text{K}_2\text{S}_2\text{O}_8$).

VIII. ამონიუმის (NH_4^+) იონების ან ამიაკის (NH_3) აღმოჩენა და მიახლოებითი განსაზღვრა ეფუძნება შეფერილი კომპლექსური ნაერთების წარმოქმნას ამონიუმის იონების ნესლერის რეაქტივთან $[\text{K}_2(\text{HgI}_4) + \text{KOH}]$ ურთიერთქმედების დროს.

ავიღოთ 10 მლ საკვლევი წყალი და დავუმატოთ 0,3 მლ 50 %-იანი სეგნეტის მარილის ხსნარი (ან რამოდენიმე კრისტალი), ავურიოთ და დავუმატოთ 0,2 მლ ნესლერის რეაქტივი. 3 წუთის შემდეგ მიღებული შეფერილობა შევადაროთ ცხრილში მოცემულ მონაცემებს და ვიმსჯელოთ წყალში ამონიუმის იონის მიახლოებით რაოდენობაზე:

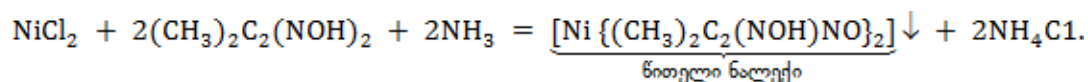
ცხრილი 4. 7

შეფერილობა (ზევიდან ქვევით)	ამონიუმის იონების (ამიაკის) შემცველობა, მგ/ლ
არა	0,01-0,05
სუსტი მოყვითალო	0,05-0,3
მოყვითალო	0,3-0,5
ღია ყვითელი	0,5-1,0
ყვითელი	1,0-2,0
ინტენსიური მურა-ყვითელი	2,0-5,0
მურა-ყვითელი, მღვრიე	5,0-ზე მეტი

რეაქტივები და მათი მომზადება:

1. სეგნეტის მარილის 50 %-იანი ხსნარი: 50 გ $[\text{K}_2(\text{HgI}_4) + \text{KOH}]$ მივიყვანოთ დისტილირებული წყლით 100 მლ-მდე;
2. ნესლერის რეაქტივი.

IX. ნიკელის იონების (Ni^{2+}) აღმოჩენა ეფუძნება შეფერილი კომპლექსური ნაერთების წარმოქმნას ნიკელის იონების ჩუგაევას რეაქტივთან [დიმეთილგლიოქსიმი ($(\text{CH}_3)_2(\text{CNOH})_2$) ურთიერთქმედების დროს ამიაკის თანაობისას:



ავიღოთ 10 მლ საკვლევი წყალი, დავუმატოთ 1,2 მლ 3 %-იანი წყალბადის ზეჟანგი (H_2O_2) და ამიაკის ხსნარი ტუტე რეაქციამდე (pH შევამოწმოთ ინდიკატორის ქაღალდით), ნარევი წამოვადულოთ, წარმოქმნილი ნალექი გავფილტროთ. ფილტრატს დავუმატოთ 1 მლ 2 %-იანი ჩუგაევას რეაქტივი და მივიყვანოთ ადუღებამდე. თუ სინჯი შეიცავს მცირე რაოდენობით ნიკელის იონებს, წარმოიქმნება ყვითელი შეფერვა, ხოლო თუ ნიკელის კონცენტრაცია მეტია 2,5 მგ/ ლ-ზე, წარმოიქმნება ნიკელის დიმეთილგლიოქსიმატის წითელი ნალექი.

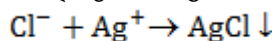
რეაქტივები და მათი მომზადება:

1. წყალბადის ზეჟანგის 3 %-იანი ხსნარი: 100 მლ მოცულობის საზომ კოლბაში ჩავასხათ 10 მლ 30%-იან წყალბადის ზეჟანგი და შევავსოთ 100 მლ-მდე დისტილირებული წყლით. ამ ხსნარის გამოყენება შესაძლებელია ერთ თვემდე ვადით;
2. ამიაკის ხსნარი;
3. ჩუგაევის რეაქტივის (დიმეთილგლიოქსიმი) 2 %-იანი ხსნარი: 2 გ $(\text{CH}_3)_2(\text{CNOH})_2$ გავხსნათ 100 მლ სპირტში.



ანიონები: Cl^- , CrO_4^{2-} , SO_4^{2-} , NO_2^- , NO_3^- ,

I. **ქლორის იონების (Cl^-) აღმოჩენა და მიახლოებითი განსაზღვრა** ეფუძნება შემდეგ რეაქციას:



სინჯარაში ჩავასხათ 5 მლ საკვლევი წყალი, შემჟავებისათვის დავუმატოთ აზოტმჟავას (1:4) რამდენიმე წვეთი, ვერცხლის ნიტრატის (AgNO_3) 5 ან 10 %-იანი ხსნარის 3 წვეთი და ნარევი ავურიოთ. მიღებული ვერცხლის ქლორიდის ნალექის დახასიათების მიხედვით შეიძლება ვიმსჯელოთ სინჯში ქლორის იონების შემცველობაზე:

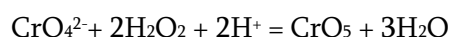
ცხრილი 4. 8

ნალექის დახასიათება	Cl^- -ის შემცველობა, მგ/ლ
უმნიშვნელო ან სუსტი თეთრი სიმღვრივე	1-10
ძლიერი სიმღვრივე	10-50
ნელა დამლექადი მოცურავე ფანტელები	50-100
თეთრი ნალექი	100-ზე მეტი

რეაქტივები და მათი მომზადება:

1. **ვერცხლის ნიტრატის 5 ან 10 %-იანი ხსნარი:** 5 ან 10 გ AgNO_3 გავხსნათ 100 მლ-მდე დისტილირებულ წყალში;

II. **ქრომის (Cr^{3+}) იონების აღმოჩენა** ეფუძნება შემდეგ რეაქციას:



5 მლ საკვლევ სინჯს დავუმატოთ 0,5 მლ 30 %-იანი ტუტეს ხსნარი, 3 %-იანი წყალბადის ზეჟანგი (H_2O_2), ნარევი ვადულოთ 5 წუთი. მეორე სინჯარაში მოვამზადოთ ნარევი, რომელიც შედგება 1 მლ 3 %-იანი წყალბადის ზეჟანგის, 30 %-იანი გოგირდმჟავას და 1 მლ იზოამილის სპირტისგან ($\text{C}_5\text{H}_{11}\text{OH}$). ნარევს დავუმატოთ 1 მლ გაცივებული საკვლევი სინჯი (პირველი სინჯარიდან) და ავურიოთ. ქრომის იონების არსებობისას ორგანული ფენა შეიფერება ლურჯად ან ცისფრად.

რეაქტივები და მათი მომზადება:

1. **ნატრიუმის ან კალიუმის ტუტის 30 %-იანი ხსნარი:** 30 გ NaOH ან KOH გავხსნათ მცირე რაოდენობის დისტილატში და მივიყვანოთ მოცულობა 100 მლ-მდე;
2. **წყალბადის ზეჟანგის 3 %-იანი ხსნარი:** 100 მლ მოცულობის საზომ კოლბაში ჩავასხათ 10 მლ 30%-იან წყალბადის ზეჟანგი და შევავსოთ 100 მლ-მდე დისტილირებული წყლით. ამ ხსნარის გამოყენება შესაძლებელია ერთ თვემდე ვადით;
3. **გოგირდმჟავას 30 %-იანი ხსნარი;**
4. **იზოამილის სპირტი ($\text{C}_5\text{H}_{11}\text{OH}$).**

ქრომის (Cr^{6+}) იონების აღმოჩენა ეფუძნება შეფერილი კომპლექსური ნაერთების წარმოქმნას ქრომატ და ბიქრომატ იონების დიფენილკარბაზიდთან ($(\text{C}_6\text{H}_5)_2(\text{NH})_4\text{CO}$) ურთიერთქმედების დროს.

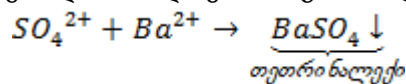
10 მლ განეიტრალებულ სინჯს დავუმატოთ 1 მლ განზ. H_2SO_4 (1:9), რამდენიმე წვეთი ფოსფორმჟავა, 0,5 მლ 0,5%-იანი დიფენილ კარბაზიდი და ავურიოთ. თუ 10 წთ-ის შემდეგ წარმოიქმნა მოწითალო-იისფერი შეფერვა, ეს ნიშნავს რომ მასში ქრომია.



რეაქტივები და მათი მომზადება:

1. გოგირდმჟავას ხსნარი (1:9): 9 წილ დისტილირებულ წყალში ფრთხილად ჩავასხათ 1 წილი კონც. H_2SO_4 ;
2. ორთოფოსფორმჟავა;
3. დიფენილკარბაზიდის 0,5%-იანი ხსნარი სპირტში: 0,5 გ დიფენილკარბაზიდი გავხსნათ 100 მლ ეთილის სპირტში. ხსნარს ინახება მუქი ფერის ჭურჭელში. თუ გარკვეული ხნის შემდეგ შეიფერა, გამოსაყენებლად უვარგისი ხდება.

III. სულფატ იონების (SO_4^{2-}) აღმოჩენა და მიახლოებითი განსაზღვრა ეფუძნება შემდეგ რეაქციას:



ავიღოთ 10 მლ საკვლევი წყალი, შევამჟავოთ რამოდენიმე წვეთი კონცენტრირებული მარილმჟავით, დავუმატოთ 0,5 მლ ბარიუმის ქლორიდის ($BaCl_2$) 10 %-იანი ხსნარი, ავურიოთ. მიღებული ბარიუმის ქლორიდის ნალექის დახასიათების მიხედვით შეიძლება ვიმსჯელოთ სინჯში სულფატ იონების შემცველობაზე:

ცხრილი 4. 9

ნალექის დახასიათება	SO_4^{2-} -ის შემცველობა, მგ/ლ
სუსტი სიმღვრივე, წარმოქმნილი რამოდენიმე წუთის შემდეგ	1-10
სუსტი სიმღვრივე, წარმოქმნილი მაშინვე	10-100
მლიერი სიმღვრივე	100-500
ნალექი, რომელიც სწრაფად ილექება ფსკერზე	500-ზე მეტი

რეაქტივები და მათი მომზადება:

1. კონც. მარილმჟავა (HCl);
2. ბარიუმის ქლორიდის 10 %-იანი ხსნარი: 10გ $BaCl_2 \cdot 2H_2O$ გავხსნათ გამოხდილ წყალში და მოცულობა მივიყვანოთ 100 მლ-მდე. მიღებული ხსნარი გავფილტროთ.

IV. ნიტრიტ იონების (NO_2^-) აღმოჩენა და მიახლოებითი განსაზღვრა ეფუძნება შეფერილი კომპლექსური ნაერთების წარმოქმნას ნიტრიტ იონების გრისის რეაქტივთან (სულფანილის მჟავასა ($HOSO_2C_6H_4NH_2$) და α -ნაფტილამინის ($C_{10}H_7NH_2$) თანაბარი რაოდენობით აღებული ნარევი) ურთიერთქმედების დროს.

10 მლ საკვლევ წყალს დავუმატოთ 0,5-1,0 მლ გრისის რეაქტივი და 20 წუთის შემდეგ განვსაზღვროთ სინჯში ნიტრიტ იონების არსებობა. პროცესის დაჩქარებისათვის ნარევი შეიძლება გავაცხელოთ წყლის აბაზანაზე 5 წუთი $80^\circ C$ ტემპერატურამდე. ნიტრიტების არსებობისას წარმოიქმნება ვარდისფერი ან მოწითალო-იისფერი შეფერვა. მიღებული შეფერილობის მიხედვით შეიძლება ვიმსჯელოთ სინჯში ნიტრიტ იონების შემცველობაზე:

ცხრილი 4. 10

შეფერილობა (ზევიდან ქვევით)	NO_2^- -ის შემცველობა, მგ/ლ
ძლივს შესამჩნევი ვარდისფერი	0,01-ზე ნაკლები
სუსტი ვარდისფერი	0,01-0,1
ვარდისფერი	0,1-0,2
მკვეთრი-ვარდისფერი	0,2-0,5
წითელი	0,5-ზე მეტი



რეაქტივები და მათი მომზადება:

1. გრისის რეაქტივის 10 %-იანი ხსნარი: 10 გ მშრალი გრისის რეაქტივი გავხსნათ 100 მლ 12 %-იან ძმარმჟავაში.
2. ძმარმჟავას 12 %-იანი ხსნარი: 25 მლ კონც. ძმარმჟავა ან 25,6 მლ 99,5 %-იანი კონცენტრაციის ყინულოვანი ძმარმჟავა მივიყვანოთ 200 მლ-მდე დისტილირებული წყლით.

V. ნიტრატ იონების (NO_3^-) აღმოჩენა და მიახლოებითი განსაზღვრა ეფუძნება შეფერილი კომპლექსური ნაერთების წარმოქმნას ნიტრატ იონების დიფენილამინით ($(\text{C}_6\text{H}_5)_2\text{NH}$) დაჟანგვისას.

სინჯარაში ჩავასხათ 10 მლ საკვლევი წყალი და ჩავატაროთ წინასწარი დამუშავება.

რკინის (III) იონების არსებობისას, როცა 0,5 მგ/ლ-ზე მეტია, სინჯს დავუმატოთ 0,3 მლ ტუტოვანი ნარევი (30 %-იანი ნატრიუმის კარბონატისა (Na_2CO_3) და ნატრიუმის ტუტის (NaOH) თანაბარი რაოდენობით შერეული ხსნარები). მიღებული ნალექი გავფილტროთ.

თუ აღმოჩენილი ნიტრიტ იონები 0,1 მგ/ლ-ზე მეტია, სინჯს დავუმატოთ 2 გ შარდოვანა და 1 წვეთი გოგირდმჟავა და დავტოვოთ მთელი ღამის განმავლობაში ნიტრიტების დაშლისათვის.

მიღებულ ხსნარს დავუმატოთ 0,3 მლ 30 %-იანი ნატრიუმის ქლორიდის (NaCl) ხსნარი და 0,5 მლ 0,005 %-იანი დიფენილამინის ($(\text{C}_6\text{H}_5)_2\text{NH}$) ხსნარი (ფრთხილად! დამზადებულია გოგირდმჟავათი). ნარევი ავურიოთ და რამოდენიმე წუთის შემდეგ მიღებული შეფერილობის მიხედვით ვიმსჯელოთ სინჯში ნიტრატ იონების შემცველობაზე:

ცხრილი 4. 11

შეფერილობა (ზევიდან ქვევით)	NO_3^- -ის შემცველობა, მგ/ლ
6-8 წთ-ის შემდეგ წარმოქმნილი ღია ცისფერი	0,05-ზე ნაკლები
5 წთ-ის შემდეგ წარმოქმნილი ღია ცისფერი	0,5-1,0
5 წთ-ის შემდეგ ცისფერი	2,5-3,0
1 წუთის შემდეგ სუსტი ცისფერი, 3-5 წთ-ის შემდეგ ინტენსიური მოლურჯო	3,0-5,0
მაშინვე ცისფერი, 1 წთ-ის შემდეგ ინტენსიური მოლურჯო	5,0-ზე მეტი

რეაქტივები და მათი მომზადება:

1. ნატრიუმის კარბონატის 30 %-იანი ხსნარი: 30 გ Na_2CO_3 გავხსნათ 100 მლ დისტილირებულ წყალში;
2. ნატრიუმის ტუტის 30 %-იანი ხსნარი: 30 გ NaOH გავხსნათ მცირე რაოდენობის დისტილატში და მივიყვანოთ მოცულობა 100 მლ-მდე;
3. შარდოვანა;
4. კონც. გოგირდმჟავა;
5. ნატრიუმის ქლორიდის 30 %-იანი ხსნარი: 30 გ NaCl გავხსნათ მცირე რაოდენობის დისტილატში და მივიყვანოთ მოცულობა 100 მლ-მდე;
6. დიფენილამინის 0,005 %-იანი ხსნარი: 0,005 გ $(\text{C}_6\text{H}_5)_2\text{NH}$ გავხსნათ 0,275 მლ კონც. გოგირდმჟავაში.



დავალებები და კითხვები თვითშემოწმებისათვის:

1. სახელმძღვანელოს გამოყენებით დაწერეთ თქვენი სამოქმედო გეგმა: თუთიის იონების აღმოჩენა. რომელ ქიმიურ ჭურჭელს გამოიყენებთ ამ დროს?
2. როგორ ვამზადებთ წყალბადის ზეჟანგის 3%-იან ხსნარს?
3. როგორ მოვამზადოთ მარილმჟავას 1:1 თანაფარდობის წყალხსნარი? რა ქიმიური ჭურჭელი დაგჭირდებათ?
4. ლაბორატორიაში შეასრულეთ კალციუმის იონების აღმოჩენა მითითებული ინსტრუქციის შესაბამისად. ცხრ. 4.6-ის გამოყენებით იმსჯელეთ ხსნარში კალციუმის შემცველობაზე. აღწერეთ თქვენს მიერ ჩატარებული სამუშაო მოკლე ანგარიშში.
5. რა რეაქციას ეფუძნება ქლორის იონების აღმოჩენა?
6. როგორ დავამზადოთ ვერცხლის ნიტრატის 10%-იანი ხსნარი?
7. რა რეაქციას ეფუძნება სულფატ-იონების აღმოჩენა?
8. როგორ დავამზადოთ ბარიუმის ქლორიდის 10%-იანი ხსნარი?
9. ქიმიურ ლაბორატორიაში მასწავლებლის ხელმძღვანელობით შეასრულეთ ნიტრიტ-იონების აღმოჩენა. რომელი ხსნარები გამოიყენეთ? როგორი ქიმიური ჭურჭელი გამოიყენეთ?



4.15. ნარევის დაყოფის მეთოდები

ნარევის დაყოფის სხვადასხვა ხერხი არსებობს, რომელიც დამყარებულია ნარევის კომპონენტების აგრეგატულ მდგომარეობაზე, მათი ერთმანეთში ხსნადობაზე და სხვა ფაქტორებზე. არსებობს ნარევის დაყოფის სხვადასხვა მეთოდები, ესენია: დალექვა, გაფილტვრა, აორთქლება და კრისტალიზაცია, გამოხდა, ექსტრაქცია და ა. შ.

შესაძლებელია აგრეთვე აირადი ნარევის დაყოფა, რომელიც ემყარება ნარევის გათხევადებას და აირების დუღილის სხვადასხვა ტემპერატურების მიხედვით მათ განცალკევებას. ჰაერიდან, რომელიც სხვადასხვა აირების ნარევია, შეიძლება აზოტისა და ჟანგბადის გამოყოფა ინდივიდუალური სახით. ამ მიზნით ჰაერს ჯერ ასუფთავებენ მტვრის, წყლის ორთქლისა და ნახშირორჟანგისაგან და ძლიერ კუმშავენ მაღალი წნევის ქვეშ. შემდეგ სტადიაზე ჰაერს აცივებენ -200°C -მდე, რის შედეგადაც მიიღება ცისფერი სითხე, რომელსაც თანდათან ათბობენ. -196°C -ზე აზოტი იწყებს დუღილს და გადადის აირად მდგომარეობაში, ხოლო -183°C -ზე დუღს ჟანგბადი და მასაც ღებულობენ აირადი სახით. აირად ჟანგბადსა და აზოტს ინახავენ სხვადასხვა ფერის ფოლადის ბალონებში. ჰაერში აზოტი და ჟანგბადი დიდი რაოდენობით შედის და მათ მიღებას პრაქტიკული, საწარმოო მნიშვნელობაც აქვს. იგი ქიმიურ წარმოებებში გამოიყენება როგორც დამჟანგველი, აირებისა და სითხეების გასაცივებლად და სხვა მიზნებისათვის.

მყარი ნივთიერებების ნარევის დაყოფა დამყარებულია ნარევის კომპონენტების ქიმიურ და ფიზიკურ თვისებებზე. მაგ., თუ ნარევი შეიცავს რკინას, მისი განცალკევება მაგნიტით შეიძლება.

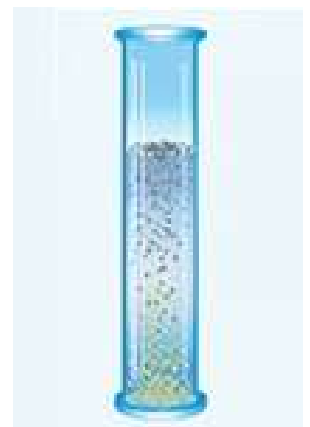
წყალში ხსნადი და უხსნადი ნივთიერებების ერთმანეთისაგან დაშორება შეიძლება ნარევის წყალში მოთავსებით, რის შედეგადაც წყალში ხსნადი ნივთიერება დარჩება ხსნარში, რომლის გაფილტვრით შესაძლებელია უხსნადი ნივთიერების მიღება.

აღსანიშნავია რომ, ნარევების სხვადასხვა ხერხებით დაყოფისას, სუფთა ნივთიერებები არ იშლებიან ცალკე ნივთიერებებად და არ იცვლიან თავის ფიზიკურ თვისებებს. მაგალითად, თუ ავურევთ გოგირდის ფხვნილს და რკინის ნახერხს, მაშინ რკინაც და გოგირდიც — ინარჩუნებენ თავიანთ თვისებებს. რკინას მიიზიდავს მაგნიტი. წყალში ჩაყრისას კი რკინა ჩაიძირება და გოგირდი წყლის ზედაპირზე დარჩება, რადგან ის არ სველდება.

4.15.1. გაფილტვრის ტექნიკა

მყარი და თხევადი ნივთიერების ნარევის დასაყოფად მიმართავენ დაყოფის ყველაზე მარტივ ხერხს **დაწდომას**. ამ მეთოდის გამოყენებისას სითხე ნალექს შეიძლება მოცილდეს ნარევის დაყოვნებით მყარი ნივთიერების სრულ დალექვამდე (სურათი 4.90) და შემდეგ სითხის ნალექიდან გადაღვრით ანუ **დეკანტაციით**. ფრთხილი გადსხმით სხვა ჭურჭელში.

პროცესის დასაჩქარებლად ხშირად იყენებენ გაფილტვრას. გაფილტვრა ხდება ფილტრის ქაღალდის საშუალებით, რომელიც დამზადებულია ფოროვანი მასალისგან, ხოლო ფორების ზომა ისეთია, რომ მას შეუძლია გაატაროს მხოლოდ შესაბამისი ნაწილაკები. მაგალითად, ფილტრის ქაღალდი ატარებს წყალს, ხოლო მყარი ნივთიერებები ფურცელზე რჩება. სითხე რომელიც ფილტრს გაივლის **ფილტრატი** ეწოდება, ხოლო პროცესს - ფილტრაციის პროცესი. ამ მეთოდით შესაძლებელია, მაგალითად, ცარცის ფხვნილისა და წყლის ნარევის დაყოფა.



სურათი 4. 90.



გაფილტვრის დროს ხმარებულ ძაბრებს უნდა ჰქონდეთ სწორი კონუსის ფორმა (60°-ის კუთხით). გაფილტვრის ხარისხი (და დრო) დამოკიდებულია ფილტრის ქაღალდის სწორად შერჩევაზე. ფილტრის ქაღალდი (სურათი 4. 91) წარმოადგენს ფოროვან მასალას. არსებობს ფორის სხვადასხვა დიამეტრის მქონე ფილტრის ქაღალდები:

- წითელი ლენტის მქონე ფილტრის ქაღალდები გამოიყენება სწრაფი ფილტრაციისათვის;
- თეთრი ლენტის - საშუალო სიჩქარის ფილტრაციის დროს;
- ლურჯი ლენტის - დაბალი სიჩქარის ფილტრაციის დროს.

ყოველ შეკვრას თან ახლავს სათანადო ეტიკეტი, რომელზედაც ნაჩვენებია ფილტრის დიამეტრი და ნაცრის წონა.

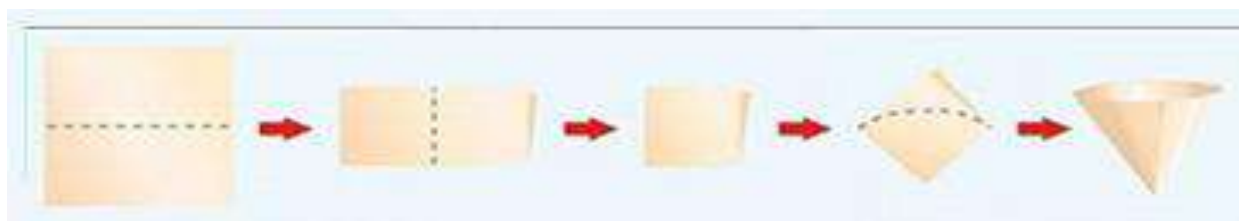
გაფილტვრა შეიძლება წარიმართოს ატმოსფერული წნევის ქვეშ (გრავიტაციული გაფილტვრა) ან ვაკუუმის პირობებში.

ატმოსფერული წნევის ქვეშ გაფილტვრისათვის საჭირო ჭურჭელი: მინის ძაბრი, ფილტრის ქაღალდი, შტატივი რგოლითა და დამჭერით, წკირი, ქიმიური ჭიქა ან ერლენმეიერის კოლბა.

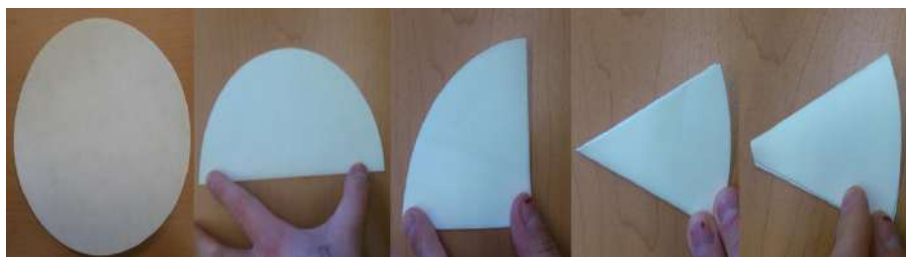
გაფილტვრის სიჩქარის გაზრდისათვის სასურველია ნაკეცებიანი ფილტრის ქაღალდის გამოყენება. მისი დამზადება სქემატურად ნაჩვენებია სურათი 4. 93-ზე. ყოველი გადაკეცვისას უნდა ეცადოთ, რომ ხელი არ მოუჭიროთ ფილტრის წვეროს.



სურათი 4. 91. ფილტრის ქაღალდი



სურათი 4. 92. ფილტრის ქაღალდის მომზადება



სურათი 4. 93. ნაკეცებიანი ფილტრის ქაღალდის მომზადება

ფილტრის ქაღალდის შერჩევისა და მომზადების შემდეგ მას ათავსებენ ძაბრში, ისე რომ ძაბრის ნაპირებიდან ქაღალდი დაშორებული იყოს 5-10 მმ-ით. ფილტრის ქაღალდი მჭიდროდ უნდა ეკვროდეს ძაბრის კედლებს, რისთვისაც შეასველებენ გამოხდილი წყლით. თუ ძაბრსა და ფილტრს შორის წარმოიშვა ჰაერის ბუშტუკები, მათი მოსპობის მიზნით ფილტრის ქაღალდს მიაკრავენ ძაბრის კედლებს.

კარგად მორგებულ ფილტრიან ძაბრს ათავსებენ შტატივის რგოლში, რომლის ქვეშ დადგმულია სუფთა ქიმიური ჭიქა ან ერლენმეიერის კოლბა ფილტრატის მოსაგროვებლად. ძაბრის მილის ჩამოთლილი ბოლო უნდა ეხებოდეს ჭიქის კედლებს, რათა აცილებულ იქნას სითხის გაშვება გაფილტვრის დროს. ძაბრის მილის ბოლო მოთავსებული უნდა იქნეს ჭიქის ფსკერიდან საკმაო სიმაღლეზე, რათა ჭიქის ფილტრატით შევსებისას იგი არ აღმოჩნდეს სითხეში (სურ. 4.94).



სურათი 4. 94. ნალექის გაფილტვრა. 1. შტატივი; 2. მომჭერი; 3. გასაფილტრი ნარევი; 4. ძაბრი; 5. ფილტრატი

გასაფილტრ ნარევს წკირით ენერგიულად ურევენ და ნალექის სედიმენტაციის თავიდან აცილების მიზნით შეძლებისდაგვარად სწრაფად გადააქვთ გასაფილტრი ხსნარი ძაბრში, რომელსაც ასხამენ მინის წკირის საშუალებით; ძაბრში სითხის დონე 2-3 მმ-ით დაბლა უნდა იყოს დაცილებული ქაღალდის კიდეებიდან.

როცა სითხის რაოდენობა იქნება გადასხმული ძაბრში და ჭიქის ფსკერზე არსებულ ნალექთან დარჩება სითხის მცირე რაოდენობა, მაშინ ჩამრეცხიდან სითხის ვიწრო ნაკადით ჩამორეცხავენ ჭიქის კედლებზე მიკრული ნალექის ნაწილაკებს და მასაც გადაიტანენ ძაბრში (სურათი 4. 95). ამ ოპერაციას იმეორებენ რამდენჯერმე.

გამოხდილი წყლით ჩამორეცხა ხდება მხოლოდ იმ შემთხვევაში, როცა კვლევის მიზანი ნალექის შეგროვებაა და არა ფილტრატის.

ძაბრის წვეროდან წვეთების შეწყვეტა მიუთითებს გაფილტვრის დასრულებას, რის შემდეგაც გადააქვთ ბიუქსში და ათავსებენ საშრობ კარადაში გამოსაშრობად.

მაგალითი: პატარა ქიმიურ ჭიქაში ჩაასხით წყალი, ჩაყარეთ შიგ ცარცის ფხვნილი და მოურიეთ მინის წკირით. მიღებული მღვრიე სითხე გაწურეთ. ამისათვის ჭიქის ცხვირს მიადევით მინის წკირი, რომლის ბოლო ჩაუშვით ფილტრიან ძაბრში ისე, რომ არ ეხებოდეს ფილტრს. წკირის საშუალებით სითხე მცირე ულუფობით ასხით ძაბრში და თვალყური ადევნეთ, რომ სითხე ძაბრში ფილტრის ნაპირებს არ ასცდეს. წყალში უხსნადი ცარცის ნაწილაკები დარჩება ფილტრის ქაღალდზე, ხოლო ძაბრის ქვეშ შედგმულ ჭიქაში შეგროვდება გამჭირვალე ფილტრატი.



სურათი 4. 95. ნალექის
ჩამორეცხვა

4.15.2. გაფილტვრის პროცესი ვაკუუმის პირობებში

გაფილტვრას ვაკუუმის პირობებში იყენებენ გაფილტვრის დაჩქარების მიზნით. ვაკუუმ გაფილტვრისას მნიშვნელოვანია ფილტრის ქაღალდის ზომის ზუსტად შერჩევა. მისი დიამეტრი ცოტათი ნაკლები უნდა იყოს ფილტრის დიამეტრზე, რადგან დიდი დიამეტრის ალბისას იგი გადაიკეცება და გასაფილტრი სითხე მისი გვერდის ავლით მოხვდება კოლბაში.

ვაკუუმ-ფილტრაციისათვის საჭირო ჭურჭელი და მოწყობილობები: ბუნზენის კოლბა, ბიუნზერის ძაბრი, ფილტრის ქაღალდი, წყალ ან ჰაერჭავლიანი ტუმბო, შტატივი დამჭერი თათით.

ვაკუუმ-ფილტრაციის გაფილტვრის პროცედურის მიმდინარეობა შემდეგია:



სურათი 4. 96. გასაფილტრი ნარევის გადატანა ფილტრზე.

- იღებენ ბუნზენის კოლბას, წამოანცმევენ ფართო ხვრელის მქონე რეზინის საცობს და მჭიდროდ არგებენ ბიუნზერის ფაიფურის ძაბრს, რომელშიც ათავსებენ ფილტრის ქაღალდს;
- ბუნზენის კოლბას ამაგრებენ შტატივზე, უერთებენ რეზინის მილს, რომელსაც მეორე ბოლოთი აერთებენ ვაკუუმ-ტუმბოსთან;
- ფილტრის ქაღალდს ასველებენ გამხსნელის მცირე რაოდენობით და გადააქვთ მასზე გასაფილტრი ნარევი (სურათი 4. 96);
- ჩართავენ ვაკუუმ-ტუმბოს. თუ ვაკუუმ-ტუმბო ფილტრის გავლით არ შეიწოვს ჰაერს, მაშინ ასწორებენ შეერთებას კოლბასა და ძაბრს შორის;
- გაფილტვრის გამთავრების შემდეგ ნალექს ჩარეცხავენ მცირე რაოდენობის ფილტრატით;
- პროცესის დამთავრების შემდეგ ჯერ ხსნიან ვაკუუმთან შემაერთებელ რეზინის მილს (კოლბის შიგნით და გარეთ წნევის გათანაბრებისათვის) და შემდეგ გადაკეტენ წყლის ონკანს;
- ძაბრიდან იღებენ ნალექიან ფილტრის ქაღალდს, გადააქვთ ბიუქსში და ათავსებენ საშრობ კარადაში გამოსაშრობად.



სურათი 4. 97. ვაკუუმ-ფილტრაციის მოწყობილობა. 1. ბიუნზერის ძაბრი; 2. დამცავი გარსაცმი; 3. ბუნზენის კოლბა; 4. დამცავი ჭურჭელი; 5. წყალჭავლური ტუმბო



ვაკუუმის მიღების საშუალებები

ლაბორატორიებში ხშირად მოიხმარენ ვაკუუმს. მის მისაღებად შეიძლება გამოყენებულ იქნას წყლის ჭავლის ან ვაკუუმის (ზეთის ან მემბრანული) ტუმბოები. ვაკუუმის გამოყენება შესაძლებელია მხოლოდ განსაკუთრებული საჭიროებისათვის, რადგან ამ დროს იხარჯება ენერგია, მასალები და ადგილი აქვს გარემოს დაბინძურებას.

ტუმბოების ყველა ტიპიდან უპრიანია იმ მოდელის ამორჩევა, რომელსაც აქვს სიჩქარის მარეგულირებელი.



წყლის ჭავლის ვაკუუმტუმბო



ვაკუუმტუმბო

4.16. გამოხდის ტექნიკა. მარტივი გამოხდა

თხევადი ნარევის დაყოფისა და გაწმენდის ერთ-ერთ ძირითად მეთოდს წარმოადგენს **გამოხდა** (დისტილაცია). გამოხდა ეს არის თხევადი ნარევის დაყოფა შედგენილობით განსხვავებულ ფრაქციებად. დისტილაციის მეთოდს არჩევენ კომპონენტთა ფიზიკური თვისებების მიხედვით. პროცესი ემყარება ნარევის კომპონენტების დუდილის განსხვავებულ ტემპერატურას. პირველად ორთქლად გარდაიქმნება ყველაზე დაბალი დუდილის ტემპერატურის მქონე ნივთიერება, ორთქლი შეედინება მაცივარში, სადაც კონდენსირდება და ჩაედინება მიმღებ კოლბაში.

მაგალითი: გამოყავით სპირტი წყლისაგან. ამისათვის საჭიროა:

- მოათავსეთ ნარევი ჰერმეტიკულად დახურულ ისეთ ჭურჭელში, საიდანაც გამოდის მილი. ეს მილი შეერთებულია მაცივართან;
- გაცხელეთ ნარევი 78°C-ზე.

სუფთა სპირტის ორთქლი იწყებს რა გამოსვლას, ხვდება მაცივარის შიდა მილში, რომელსაც წყლით აცივებენ. ორთქლი კონდენსირდება და გადადის თხევად მდგომარეობაში. თხევადი სპირტი ჩაედინება მიმღებში.

არსებობს გამოხდის სხვადასხვა ხერხები:

მარტივი გამოხდა - ეს არის მდუღარე თხევადი ნარევების ნაწილობრივი აორთქლება, რაც მდგომარეობს იმაში, რომ დუდილის სხვადასხვა ტემპერატურის მქონე რამოდენიმე ნივთიერებისაგან შემდგარი ნარევი უნდა მოთავსდეს გამოსახდელ კოლბაში და გაცხელდეს ამ ნარევში შემავალი ყველაზე დაბალი დუდილის ტემპერატურაზე. ამ დროს გამოიხდება მხოლოდ ის ერთი ნივთიერება. მიღებულ კონდენსატს - **დისტილატი** ეწოდება, ხოლო დარჩენილ სითხეს - კუბის ნარჩენი.



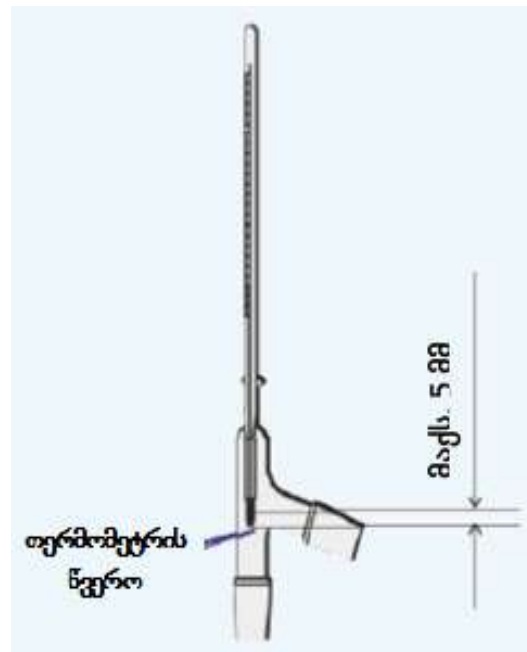
მარტივი გამოხდა წარმოებს უმთავრესად მაშინ, როდესაც საჭიროა ხსნარის გაწმენდა ჭუჭყისა და სხვა მინარევებისაგან, ან ადვილად აქროლადი ნივთიერების დაშორება ძნელად აქროლადი ნივთიერებისაგან.

გამოსახდელი ხელსაწყოს აწყობისა და გამოხდისათვის საჭირო

ჭურჭელი და მოწყობილობა: დაახლოებით 500 მლ მოცულობის ვიურცის ან მრგვალძირა კოლბა, თერმომეტრი, გადამყვანი (ფორშტოსი), თერმომეტრი, ლიბიხის (პირდაპირი) მაცივარი, ალონჟი, მიმღები კოლბა, რეზინის მილები, შტატივი თათებით, კოლბაგამახურებელი, ელ. ქურა, გაზქურა ან სპირტქურა.

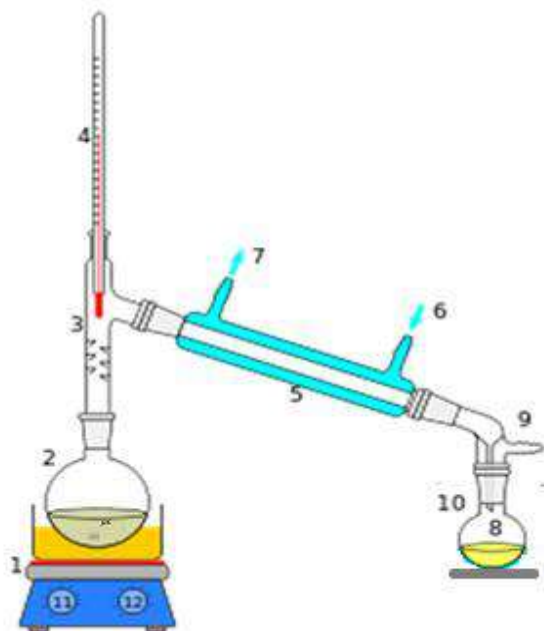
გამოსახდელი ხელსაწყოს აწყობისა და გამოხდის პროცედურის მიმდინარეობა შემდეგია:

- გამახურებელ ხელსაწოზე ათავსებენ დაახლოებით 500 მლ-იან მრგვალძირა ან ვიურცის კოლბას და ასხამენ მასში 2/3-მდე გამოსახდელ ხსნარს;
- კოლბას გადამყვანის საშუალებით არგებენ პირდაპირ მაცივარს, რომელსაც ამაგრებენ შტატივზე თათის საშუალებით;
- აერთებენ ერთმანეთთან ხსნარიან კოლბასა და მაცივარს ისე, რომ შერჩეულ იქნას მაცივრის დახრილობის კუთხე;
- კოლბას არგებენ თერმომეტრს ისე, რომ თერმომეტრის წვერო იყოს გვერდითი მილის პირდაპირ ან 5 მმ-ით ქვემოთ (სურათი 4. 98);
- მაცივარს ბოლოში წამოანცმევენ ალონჟს, რომელსაც უშვებენ მიმღებ კოლბაში. ალონჟის უქონლობის შემთხვევაში მიმღები კოლბა შეიძლება ყელით წამოანცვათ უშუალოდ მაცივრის ბოლოზე და დაამაგროთ სპეციალური დამჭერით დახრილად. ალონჟის საშუალებით დისტილატი ჩაედინება მიმღებ კოლბაში;
- მაცივრის ქვედა რეზინის მილს აერთებენ წყალსადენის ონკანთან, ხოლო მაცივრის ზედა რეზინიან მილს უშვებენ ონკანის ნიჟარაში;
- ატარებენ მაცივარში წყალს ზომიერი ნაკადით;
- ჩართავენ გამახურებელ ხელსაწყოს და ადუღებენ კოლბაში მოთავსებულ ხსნარს. სითხის ზომიერი დუღილისათვის კოლბაში ათავსებენ მინის კაპილარებს, ფაიფურის ნატეხებს და ა.შ.;
- ადუღებიდან გარკვეული დროის შემდეგ კოლბაში დაიწყებს დისტილატი მცირე ნაკადად ჩამოდინებას.



სურათი 4. 98. თერმომეტრის მორგება
კოლბაზე

მარტივი გამოხდის მაგალითს მიეკუთვნება წყლის გამოხდა, რომლის საშუალებით ხდება წყლის გაწმენდა. იგი დამყარებულია წყლის აორთქლებასა და კონდენსაციაზე. როდესაც წყალი აორთქლდება, მისი ზედაპირიდან წყდება მხოლოდ მისი მოლეკულები, მინარევები კი რჩება ხსნარში. ტემპერატურის დაცემისას აორთქლი სითხედ გარდაიქმნება ანუ ადგილი აქვს კონდენსაციას. დისტილატის სახით მიიღება სუფთა გამოხდილი წყალი, ხოლო კოლბაში ნარჩენის სახით რჩება მყარი მასა (ძირითადად მარილები).



სურათი 4. 99. მარტივი გამოხდის
მოწყობილობა.

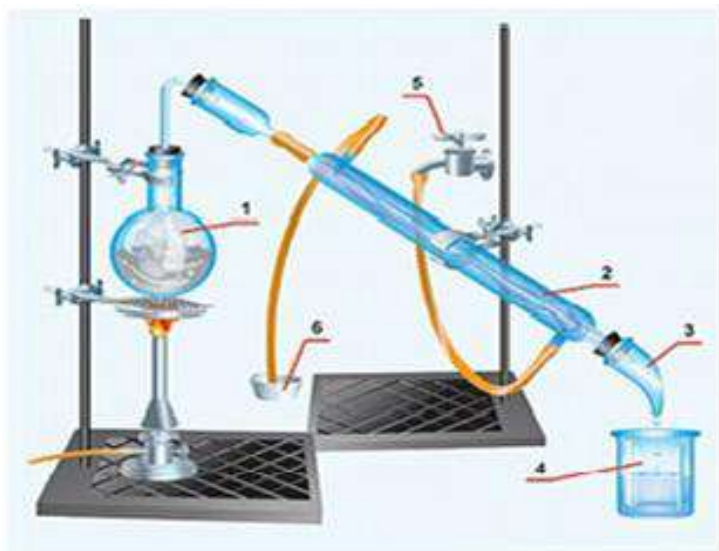
1. გამახურებელი მოწყობილობა
2. გამოსახდელი კოლბა
3. გადამყვანი ყელი (ფორშტოსი)
4. თერმომეტრი
5. ლიბიხის მაცივარი
6. ცივი წყლის შემსვლელი
7. წყლის გამომსვლელი
8. დისტილატი
9. ალონჟი
10. მიმღები კოლბა

წყლის გამოხდა ლიბიხის მაცივრით

გამოხდილი წყლის, ასევე ბიდისტილატის (ორმაგად გამოხდილი) მისაღებად შეიძლება აიწყოს ხელსაწყო, რომელიც შედგება 500 მლ-იანი კოლბისაგან, რომელსაც ქვეშ შედგმული აქვს გამახურებელი და რომელსაც მორგებული აქვს ორთქლგამტარი მილი. ეს ორთქლგამტარი მილი წამოცმულია მეორე ბოლოთი მაცივარზე, მაცივრის ბოლოში კი წამოცმულია ალონჟი, რომლის საშუალებითაც გამოხდილი წყალი ჩაედინება მიმღებ კოლბაში.

მაცივრის ქვედა რეზინის მილი შეერთებულია წყალსადენის ონკანთან, ხოლო მაცივრის ზედა რეზინის მილი მოთავსებულია ონკანის ნიჟარაში. მაცივარში წყლის ზომიერი ნაკადით გატარებისა და წყლის ადულებიდან გარკვეული დროის შემდეგ კოლბაში დაიწყებს მცირე ნაკადად ჩამოდიწებას დისტილატი.

გამოსახდელი ხელსაწყოს სქემა ასეთია:



სურათი 4. 100. წყლის გამოხდა
(წყალსადენის თანაობისას)

1. მრგვალძირა კოლბა
2. ლიბიხის მაცივარი
3. ალონჟი
4. მიმღები
5. ცივი წყლის ონკანი
6. სანიაღვრე

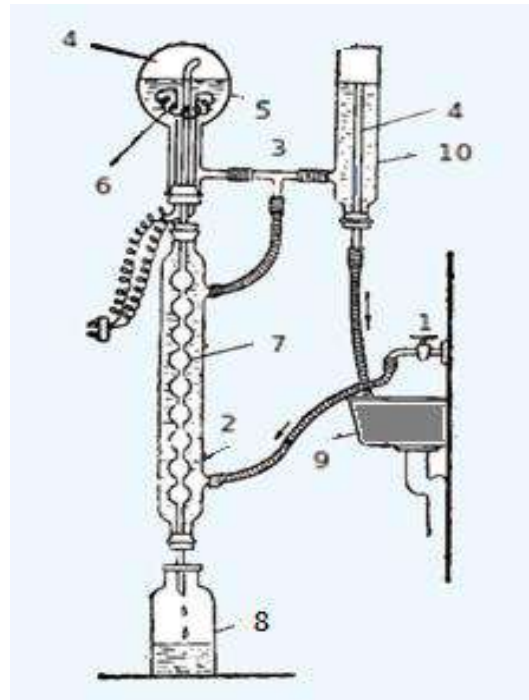
წყლის გამოხდა ავტომატურად მოქმედი დისტილატორით – ე. წ. ჩერნიშევის კონსტრუქციით (სურათი 4. 101):

წყალგამყვანის ონკანიდან (1) წყალი შედის მაცივარში (2) და აქედან სამკაპის (3) საშუალებით – წყლის დონის რეგულატორში (10) და სადულარ კოლბაში (5). რეგულატორში (10) ჭარბად დაგროვილი წყალი მილით (4) ჩადის ნიჟარაში. მადულარ კოლბაში (5) წყალგამყვანილობის წყალი ელექტროქურის სპირალით (6) ცხელდება. მადულარიდან (5) წყლის ორთქლი მიემართება მილით (7), კონდენსირდება მაცივარში (2) და გროვდება მიმღებში (8).

მოკლე ჩართვის ასაცილებლად სპირალს (6) და სპილენძის მავთულებს (კვეთი 2-3 მმ), რომლებთანაც სპირალის ბოლოებია შეერთებული, დაცული აქვთ საიზოლაციო მინის მილები. ამის გამო ხელსაწყო აბსოლუტურად უსაფრთხოა.

ერთმანეთთან ახლოს მყოფი დუდილის ტემპერატურების მქონე ნივთიერებების გამოხდისას სასურველია დეფლემატორის გამოყენება (სურათი 4. 102). მასში მიმდინარეობს ორთქლის ნაწილობრივი კონდენსირება. ძნელად აქროლადი ნივთიერება ბრუნდება გამოსახდელ კოლბაში, ხოლო მის ადგილს იკავებს ადვილად აქროლადი ნივთიერება.

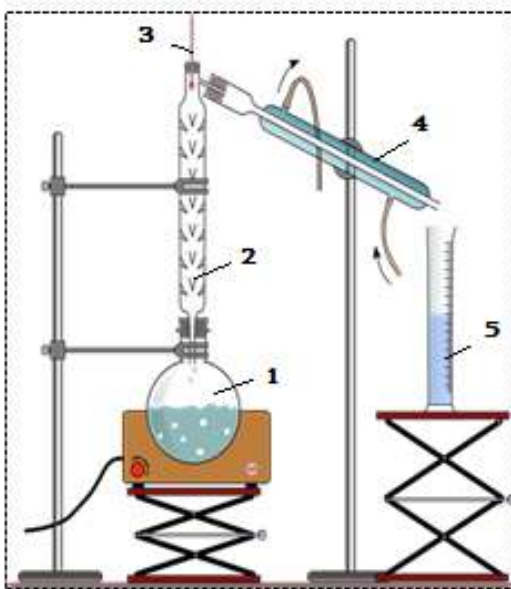
გამოსახდელი ხელსაწყო (დეფლემატორით) აწყობის პროცედურის მიმდინარეობა:



სურათი 4. 101. წყლის
განუწყვეტელი მოქმედების
გამოსახდელი აპარატი

- იღებენ მრგვალძირა კოლბას და ასხამენ მასში 2/3-მდე გამოსახდელ ხსნარს და თანაბარი დუდილისათვის ათავსებენ მასში მინის კაპილარებს ან პემზის პატარა ნატეხებს;
- საცობის საშუალებით კოლბას მჭიდროდ არგებენ დეფლემატორს, რომლის ზედა მხარეს, ასევე საცობის საშუალებით, ამაგრებენ თერმომეტრს ისე, რომ მისი წვერო იყოს გვერდითი მილის პირდაპირ ან 5 მმ-ით ქვემოთ;
- კოლბას და დეფლემატორს ამაგრებენ შტატივზე თათის გამოყენებით;
- აერთებენ ერთმანეთთან დეფლემატორსა და მაცივარს ისე, რომ შერჩეულ იქნას მაცივრის დახრილობის კუთხე;
- მაცივარს ამაგრებენ შტატივზე თათის გამოყენებით;
- მაცივრის ქვედა რეზინის მილს აერთებენ წყალსადენის ონკანთან, ხოლო მაცივრის ზედა რეზინიან მილს უშვებენ ონკანის ნიჟარაში;
- გამოსახდელი კოლბის ქვეშ ათავსებენ გამახურებელს: წყლის აბაზანას, თუ ნივთიერება დუღს 80°C ტემპერატურამდე და ელექტროქურას, თუ დუდილის ტემპერატურა 80 °C-ზე მეტია. თერმომეტრის ბურთულა ყოველთვის დაცვარული უნდა იყოს.

შენიშვნა: ყურადღება უნდა მიექცეს იმ ტემპერატურას, როცა დისტილატის პირველი წვეთი გამოვა და გამოხდის სიჩარეს (1-2 წვეთი/წამში).



სურათი 4. 102. გამოსახდელი
მოწყობილობა დეფლემატორით:

1. მრგვალი კოლბა
2. დეფლემატორი
3. თერმომეტრი
4. პირდაპირი მაცივარი
5. მიმღები



კითხვები თვითშემოწმებისათვის:

1. როგორ შეიძლება წყალში ხსნადი და უხსნადი ნივთიერებების დაყოფა?
2. როგორ შეიძლება აირადი ნარევების დაყოფა?
3. აღწერეთ გაფილტვრის დროს გამოყენებული ფილტრის ქაღალდები.
4. რა ჭურჭელს ვიყენებთ ატმოსფერული წნევის ქვეშ გაფილტვრისათვის?
5. როგორ უნდა მოვათავსოთ ფილტრიანი ქაღალდი ძაბრში?
6. რა ჭურჭელს და მოწყობილობებს ვიყენებთ ვაკუუმ-ფილტრაციისათვის?
7. აღწერეთ მარტივი გამოხდის პრინციპი.
8. რას ეწოდება გამოხდის შედეგად მიღებულ სითხეს?
9. რა ქიმიური ჭურჭელი და მოწყობილობა უნდა გამოვიყენოთ მარტივი გამოსახდელი ხელსაწყო აწყობისათვის?
10. რისთვის იყენებენ წყლის გამოხდას?
11. წყლის გამოხდის რა საშუალებებს იყენებენ ქიმიურ ლაბორატორიაში?
12. აღწერეთ გამოსახდელი წყლის ხელსაწყო მუშაობის პრინციპი სურ. 4.100-ის გამოყენებით.



4.17. გამხსნელების აორთქლება და ხსნარების კონცენტრირება

აორთქლება წარმოადგენს ადვილად აქროლადი ნივთიერების გადაყვანას აორთქლფაზაში, რის შედეგად ხდება მისი მოშორება. ხსნარის აორთქლების პროცესი შეიძლება ჩატარდეს ჩვეულებრივ ან მაღალი ტემპერატურის დროს.

აორთქლების პროცესის დროს აქროლადი ნივთიერება ხშირად წყალია, ხოლო აორთქლების დროს ასაორთქლებელ ხსნარში შემავალი კომპონენტები ყველა აქროლადი არაა. ერთი ან რამდენიმე ნივთიერება მყარი სახით რჩება ხსნარში, რომელსაც ზოგჯერ „მშრალ ნივთიერებასაც“ უწოდებენ. აორთქლებისას ხსნარში მყოფი მშრალი ნივთიერების ოდენობა პრაქტიკულად უცვლელი რჩება, მცირდება მხოლოდ მისი გამხსნელის ოდენობა, ე. ი. იზრდება ხსნარის კონცენტრაცია. უკანასკნელი ხანდახან იმდენად იზრდება, რომ მშრალი ნივთიერება იწყებს ხსნარიდან გამოყოფას კრისტალების სახით (ზენაჯერი ხსნარი).

ხსნარის მაღალ ტემპერატურაზე გათბობა ყოველთვის არ შეიძლება, რადგან მშრალი ნივთიერება ზოგჯერ გათბობას ვერ იტანს - იშლება. ასეთ შემთხვევაში აორთქლებას აწარმოებენ ღია ჭურჭელში ჩვეულებრივი ტემპერატურის დროს, სადაც გამხსნელის აორთქლება ხდება თვით ხსნარის ფიზიკური სითბოს ხარჯზე. ასეთ აორთქლებას უწოდებენ „თავისუფალ“ აორთქლებას.

თავისუფალი აორთქლება შეიძლება ჩატარდეს ხსნარის გათბობითაც, მხოლოდ ამ დროს ხსნარი უნდა გაცხელდეს დუღილის გაცილებით ნაკლებ ტემპერატურამდე.

გამხსნელის აორთქლების ინტენსივობა დამოკიდებულია მრავალ ფაქტორზე: აორთქლების ზედაპირზე, ჰაერის ტენიანობაზე და სხვა ფაქტორებზე.

ვაკუუმაორთქლება. ვაკუუმაორთქლება გამოიყენება მაშინ, როდესაც ხსნარში ისეთი ნივთიერებებია, რომელიც ვერ იტანს მაღალ ტემპერატურამდე გათბობას (ბევრი ორგანული ნივთიერება მაღალ ტემპერატურაზე გაცხელებისას იშლება და იცვლება). ვაკუუმაორთქლებას ატარებენ გაიშვიათებულ არეში, რის შედეგად მცირდება გამხსნელის დუღილის ტემპერატურა. ამ დროს სითბოს ხარჯი ხსნარის გათბობაზე და სითბოს დანაკარგი გაცილებით ნაკლებია, ვიდრე ჩვეულებრივი აორთქლებისას, თუმცა ვაკუუმის დროს გამხსნელის აორთქლებას მეტი დრო სჭირდება და შესაბამისად უფრო მეტი სითბო იხარჯება.

ცხრილი 4. 13

ზოგიერთი გამხსნელის დუღილის ტემპერატურა სხვადასხვა წნევის დროს

გამხსნელები	ჰექსანი	ჰეპტანი	დიეთილის ეთერი	აცეტონიტრილი
დუღილის $t^{\circ}\text{C}$ (760 მმ.ვწ.სვ.)	68,7	98,4	34,6	81,8
დუღილის $t^{\circ}\text{C}$ (40 მმ.ვწ.სვ.)	-2,3	22,3	-27,7	7,7

გამხსნელების დაბალ ტემპერატურაზე ასაორთქლებლად და ხსნარების დასაკონცენტრირებლად ფართოდ გამოიყენება როტაციული ტიპის ვაკუუმ ამორთქლებელი ხელსაწყოები (სურათი 4.108), რომელთა მუშაობა ეფუძნება ხსნარის აორთქლებას ვაკუუმის პირობებში (გამხსნელის დუღილის ტემპერატურის შესამცირებლად).

როტაციული ვაკუუმამაორთქლებელი ხელსაწყოები მრავალგვარია, თუმცა მათი მუშაობა ერთი და იგივე პრინციპს ემყარება.



სურათი 4. 108. სხვადასხვა კონსტრუქციის როტაციული ამორთქლებლები



სურათი 4. 109. UL-1100 ტიპის როტაციული ამორთქლებელი

როტაციულ ამორთქლებელში დამყარებული ვაკუუმი შეადგენს 0.1 მმ.ვწ.სვ.-ს, აორთქლების სიჩქარე კი დამოკიდებულია აორთქლების ზედაპირის ფართობზე. მაგ.: 1ლ მოცულობის კოლბის შემთხვევაში შეადგენს დაახლოებით 500 მლ/სთ-ში.

როტაციული ამორთქლებლის მუშაობის პრინციპი:

- ასაორთქლებელ ხსნარს ათავსებენ კოლბაში, რომელიც დახრილ მდგომარეობაში ბრუნავს თავისი ღერძის გარშემო;
- კონდენსატის მიმღებ და ასაორთქლებელ ხსნარიან კოლბებს უერთებენ უკუმაცივარს;
- უკუმაცივრს უერთებენ რეზინის მილებს ცივი წყლის ცირკულაციისათვის (უკუმაცივარი შეერთებულია ვაკუუმ ტუმბოსთან);
- უკუმაცივარს ყელში არგებენ წვრილად წაგრძელებულ კაპილარიან საცობს (ასაორთქლებელი სითხის თანაბარი დუდილის შესანარჩუნებლად);
- ატარებენ მაცივარში წყალს ზომიერი ნაკადით;



- დაპროგრამების შემდეგ რთავენ ხელსაწყოს. კოლბა იწყებს წრიულ მოძრაობას, რომელიც ამავდროულად თანაბრად ცხელდება აბაზანაში;
- აორთქლებისა და კონდენსირების შედეგად კონდენსატი ჩაედინება მიმღებში.

როტაციული ამორთქლებელი აპარატის აწყობისა და მუშაობის სქემა შემდეგია:



1.



2.



3.



4.



5.



6.



7.



8.



9.

სურათი 4. 110. 1. როტაციული ამორთქლებლის გარეგანი სახე; 2. აპარატზე უკუმაცივარის მორგება; 3. უკუმაცივარზე რეზინის მილბის მორგება და დამაგრება; 4. კონდენსატის მიმღები და ასაორთქლებელი ხსნარიანი კოლბების მორგება და დამაგრება ხელსაწყოზე; 5. კოლბის მოთავსება აბაზანაში; 6. უკუმაცივარზე წვრილად წაგრძელებული კაპილარიანი საცობის მორგება; 7. ხელსაწყო დაპროგრამება; 8. აწყობილი აპარატის გარეგანი სახე; 9. ხელსაწყო მუშაობის პროცესში.



4.18. გადაკრისტალეზა

კრისტალიზაცია (გადაკრისტალეზა) წარმოდგენს პროცესს, რომლის დროსაც მყარი ნივთიერება რომელიმე გამხსნელთან გაცხელებით ხსნარში გადადის და ხსნარის შემდგომი გაცივებით ისევ მყარი სახით გამოიყოფა. ნივთიერების კრისტალიზაციის შემდეგ დარჩენილ ხსნარს დედახსნარს უწოდებენ.

გადაკრისტალეზის მეთოდი დამყარებულია ნივთიერებისა და მინარევეების განსხვავებულ ხსნადობაზე ერთსა და იმავე გამხსნელში (მაგალითად, წყალში) სხვადასხვა ტემპერატურაზე. მყარ ნივთიერებათა უმეტესობის ხსნადობა ცივ წყალში უფრო ნაკლებია, ვიდრე ცხელში, ამიტომ მაღალ ტემპერატურაზე დამზადებული ნაჯერი ხსნარის გაცივებისას გახსნილი ნივთიერების ნაწილი კრისტალეზის სახით გამოიყოფა ხსნარიდან. კრისტალიზაციის დროს დიდი მნიშვნელობა აქვს სათანადო გამხსნელის შერჩევას, ასეთებია წყალი, სპირტი, ბენზოლი, აცეტონი, ყინულოვანი მმარმჟავა და სხვ.

კრისტალიზაცია წარმოდგენს მყარი ნივთიერების სუფთა მდგომარეობაში მიღების ერთ-ერთ საუკეთესო მეთოდს. იგი გამოიყენება ისეთი ნივთიერებების გასასუფთავებლად, რომელთაც გააჩნიათ უნარი გამხსნელთან ერთად გაცხელებით გადავიდეს ხსნარში და გაცივებისას უკანვე გამოკრისტალდეს.

რამდენადაც უფრო მსხვილია და მკვეთრად არის გამოსახული კრისტალეზის ფორმა, იმდენად ადვილია კრისტალეზის მოშორება; კრისტალეზს აშორებენ უმთავრესად ფილტრაციით და ცენტრიფიგურებით. კრისტალიზაციის პირობის მიხედვით (ტემპერატურა, წნევა და სხვ.) შეიძლება ერთმა და იმავე ნივთიერებამ მოგვცეს სხვადასხვა ზომის და ფორმის კრისტალეზი ერთი და იმავე კრისტალური გისოსის დროს.

ისეთ ხსნარს, რომელიც მოცემული ტემპერატურის დროს შეიცავს გახსნილი ნივთიერების მაქსიმალურ ოდენობას, უწოდებენ ნაჯერ ხსნარს. თუ ტემპერატურის აწევით ხსნარში შეიყვანება ამ მაქსიმალურ ოდენობაზე მეტი ნივთიერება, მაშინ ხსნარს უწოდებენ ზენაჯერ ხსნარს. ზენაჯერი ხსნარიდან მისი გაცივების დროს ხელახლა გამოიყოფა ზედმეტი გახსნილი ნივთიერება. სწორედ ამ პროცესს უწოდებენ კრისტალიზაციას. ნაჯერი ხსნარი იმყოფება წონასწორულ მდგომარეობაში მყარ ნივთიერებასთან.

თუ ხსნარში გახსნილია ერთი ნივთიერება, მაშინ მისი კრისტალიზაციის დროს იგი გამოიყოფა სუფთა მდგომარეობაში უწყლო კრისტალეზის ან ჰიდრატული წყლის სახით. ჰიდრატული წყალი დიდ გავლენას ახდენს კრისტალეზის ფორმაზე, თვისებებზე და ფერზე. კრისტალეზს, რომლებიც შეიცავენ ჰიდრატულ წყალს, უწოდებენ კრისტალჰიდრატებს.

კრისტალიზაციის დროს ჯერ მიმდინარებს კრისტალეზის ჩასახვა, შემდეგ კი მათი ზრდა. პროცესს აჩქარებს ხსნარის სწრაფი გაცივება, ხსნარის ენერგიული მორევა, ხსნარის სისუფთავე, ხსნარში მცირე ოდენობით კრისტალეზის შეყვანა, საკრისტალიზაციო ხსნარში სხვა ხსნარის შეყვანა და სხვ.

ნაჯერი ხსნარის გაცივებით გადაკრისტალეზის პროცედურის მიმდინარეობა შემდეგია:

- იღებენ გარკვეული მოცულობის ქიმიურ ჭიქას;
- კოლბაში საკვლევ ნივთიერებას ხსნიან შესაფერის გამხსნელში ისე, რომ მიიღონ ნაჯერი ხსნარი;
- მიღებულ ხსნარს აცხელებენ ნივთიერების სრულ გახსნამდე (წინააღმდეგ შემთხვევაში უმატებენ გამხსნელს);

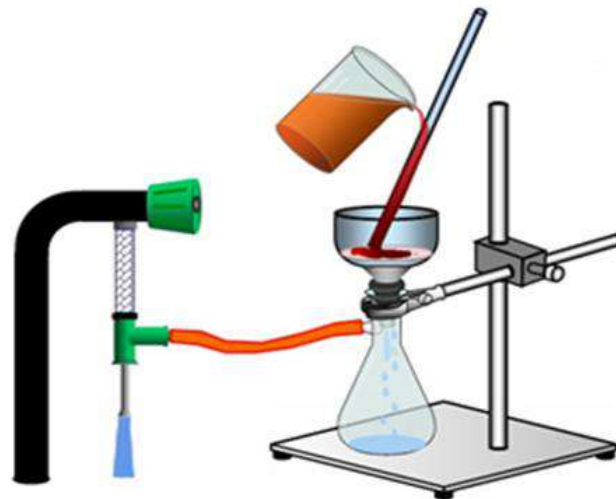


სურათი 4. 111. ნარევის ცხლად
გაფილტვრა



- მიღებულ ნაჯერ ხსნარს ცხლადვე წურავენ ცხლად გაფილტვრის ძაბრით; ამ დროს ფილტრზე დარჩება გაუხსნელი მინარევები (სურათი 4. 111);
- ფილტრატს აცივებენ, რომლის შედეგადაც გამოიყოფა ნივთიერება კრისტალების სახით, გახსნილი მინარევები კი დარჩება დედა ხსნარში;
- პროცესის დასაჩქარებლად ჭურჭელს, რომელშიც დასაკრისტალებელი ნივთიერებაა, ათავსებენ ცივ წყალში ან მაცივარში;
- გამხსნელისაგან კრისტალების დასაცილებლად ახდენენ გაფილტვრას ჩვეულებრივ პირობებში ან წნევით გაწურვას (ვაკუუმ-ფილტრაციას).

ვაკუუმ-ფილტრაცია: იღებენ ბუნზენის კოლბას, წამოანცმევენ ფართო ხვრელის მქონე რეზინის საცობს და მჭიდროდ არგებენ ბიუხნერის ფაიფურის ძაბრს, რომელშიც ათავსებენ ფილტრის ქაღალდს. კოლბის გამყვან მილის ბოლოს რეზინის მილის საშუალებით აერთებენ წყლის ჭავლის ან ხელის ტუმბოსთან კოლბიდან ჰაერის ამოსატუმბად. კოლბაში წარმოქმნილი შემცირებული წნევის გამო კრისტალები ნარევიდან სწრაფად გამოიწურებიან. გაწურვის დამთავრების შემდეგ ძაბრში დარჩენილ კრისტალებს რეცხავენ გამხსნელით დედა ხსნარის ნარჩენების მოსაცილებლად.



სურათი 4. 112. კრისტალების გამოყოფა ვაკუუმ-ფილტრაციით

ძაბრიდან იღებენ ნალექიან ფილტრის ქაღალდს და ათავსებენ საშრობ კარადაში გამოსაშრობად.

განვიხილოთ კრისტალიზაციის მაგალითები:

ნატრიუმის ქლორიდის გაწმენდა კრისტალიზაციით

- 100 მლ წყალში გაცხელებით გახსენით ქვიშით გაჭუჭყიანებული 20-25 გ სუფრის მარილი;
- მიღებული ხსნარი გაწურეთ;
- ფილტრატი ჩაასხით ქიმიურ ჭიქაში და გაცხელებით ააორთქლეთ საწყისი მოცულობის 1/3 -მდე;
- გაცივების შემდეგ ხსნარიდან გამოიყოფა სუფრის მარილის სუფთა კრისტალები;
- ჯამიდან დედახსნარი გადაწურეთ ან გაფილტრეთ და კრისტალები გარეცხეთ ფილტრზე მცირე რაოდენობის წყლით;
- მიღებული კრისტალები გააშრეთ.

თუ ცხელ ხსნარიან ჭიქაში ჩაკიდებთ ძაფს, გაცივებისას ძაფზე მოხდება მარილის გამოკრისტალდება.



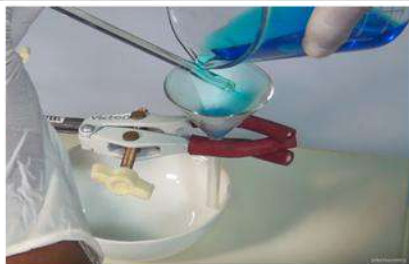
სურათი 4. 113. სუფრის მარილის კრისტალები



სპილენძის სულფატის (შაბიამნის) კრისტალიზაცია



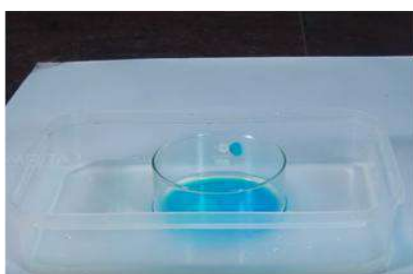
100 მლ-იან ჭიქაში
ჩაყარეთ სპილენძის
შაბიამანი და მოამზადეთ
ნაჯერი ხსნარი



მიღებული ნარევის
მოაცილეთ გაუხსნელი
მინარევები
გაფილტვრით



მიღებული ფილტრატი
გააცხელებთ



ცხელი ფილტრატი
გააცივეთ ცივ წყალში
ჩადებით



გამოიყოფა სპილენძის
შაბიამანი კრისტალების
სახით



გამოყავით კრისტალები
გამხსნელისაგან



მიღებული კრისტალები
გარეცხეთ გამოხდილი
წყლით



კრისტალები გადმოიტანეთ
ფილტრის ქალაღზე და
გააშვრეთ



სურათი 4. 114. შაბიამნის კრისტალიზაციის პროცესის თანმიმდევრობა

კალიუმის ნიტრატის გაწმენდა კრისტალიზაციით

აიღეთ დაახლოებით 20 გ კალიუმის ნიტრატი, დაუმატეთ 0,3 გრამამდე სპილენძის სულფატი და კარგად აურიეთ.

100 მლ-იან კოლბაში ჩაასხით 20 მლ გამოხდილი წყალი, გაცხელებით გახსენით მასში მარილთა ნარევი და ცხლადვე გაწურეთ. ფილტრატი გააცივეთ და ხსნარს დროგამოშვებით ურიეთ მინის წკირით. გამოიყოფა KNO_3 -ის წვრილი კრისტალები, ხოლო სპილენძის სულფატი დარჩება ხსნარში, რის გამოც ხსნარს ექნება მოლურჯო ფერი.

კრისტალების დაცილებას ახდენენ ზემოთ მითითებული წესით.



კითხვები თვითშემოწმებისათვის:

1. აღწერეთ ხსნარების აორთქლების დროს გასათვალისწინებელი საკითხები.
2. როდის გამოიყენება ვაკუუმაორთქლება?
3. აღწერეთ როტაციული ამორთქლებელის მუშაობის პრინციპი.
4. რას ეწოდება კრისტალიზაცია?
5. რა მიზნით ატარებენ კრისტალიზაციას?
6. რას ეწოდება ნაჯერი ხსნარი?
7. აღწერეთ კრისტალიზაციის პროცედურა ნაჯერი ხსნარიდან.
8. როგორ ჩავატაროთ ვაკუუმ-ფილტრაცია? როგორ კოლბას ვიყენებთ?
9. როგორ ჩავატაროთ ნატრიუმის ქლორიდის კრისტალიზაცია?
10. როგორ ჩავატაროთ შაბიამნის კკრისტალიზაცია? რა ქიმიური ჭურჭული დაგჭირდებათ?



4.19. ექსტრაქცია

ექსტრაქცია (ლათ. extragere – ვიღებ, ვწურავ) ანუ გამოწვლილვა წარმოადგენს ხსნარიდან ან მყარი ნივთიერების ნარევიდან ნივთიერების გამოყოფის პროცესს სხვადასხვა ორგანული გამხსნელის გამოყენებით. ნივთიერებას, რომლის საშუალებითაც ხდება ექსტრაქცია, ექსტრაგენტი ეწოდება, ხოლო ექსტრაქციის შედეგად მიღებულ ხსნარს – ექსტრაქტი.

ექსტრაქციას საფუძვლად უდევს ერთსადაიმავე გამხსნელში ნივთიერებების განსხვავებული ხსნადობა ან განაწილება ორ ურთიერთშეურევად სითხეში, რომელთაგან ერთი არის წყლის ფაზა, მეორე ორგანული ფაზა. ჩვეულებრივ, გამხსნელები თხევადი ნივთიერებებია, ხოლო საექსტრაქციო ნივთიერება მყარი ან თხევადია.

ექსტრაქცია, ისევე როგორც დისტილაცია, ადსორბცია, კრისტალიზაცია და სხვა განიხილება, როგორც დაყოფის ფიზიკური მეთოდი, როცა დასაყოფი კომპონენტები ქიმიურ ცვლილებებს არ განიცდიან. როგორც პროცესი, გამოირჩევა გარკვეული სირთულით, ვინაიდან ის მოიცავს გახსნას, დესორბციას, დიფუზიას და სხვა პროცესებს. თუ საექსტრაქციო ნივთიერება სითხეა, მაშინ ექსტრაქციის ჩასატარებლად საჭირო იქნება სითხის დიფუზია სითხეში. მყარი ნივთიერების წყლით ექსტრაქციას ზოგჯერ „გამოტუტვას“ უწოდებენ.

ექსტრაქციის დროს (ისე როგორც სორბციული პროცესების დროს) მთავარ მამოძრავებელ ძალას წარმოადგენს კონცენტრაციითა სხვაობა საექსტრაქციო ნივთიერებასა და გამხსნელს შორის. ამ დროს მყარდება ფაზათა შორის დინამიკური წონასწორობა, რომელიც განისაზღვრება ნერსტის განაწილების კანონით. ამ კანონის თანახმად ნივთიერების კონცენტრაცია, რომელიც ნაწილდება ორ ფაზას შორის, მოცემულ ტემპერატურაზე მუდმივი სიდიდეა:

$$K = \frac{C_{\text{ორგ}}}{C_{\text{H}_2\text{O}}}$$

სადაც, K- განაწილების კოეფიციენტი;

$C_{\text{ორგ}}$ – ორგანული ნივთიერების კონცენტრაციაა, რომელიც გადავიდა ექსტრაგენტის ფაზაში;

$C_{\text{H}_2\text{O}}$ – ნივთიერების კონცენტრაციაა, რომელიც დარჩენილია საანალიზო წყალხსნარში ექსტრაქციის ჩატარების შემდეგ.

განაწილების კოეფიციენტი (K) დამოკიდებულია საექსტრაქციო ნივთიერებისა და გამხსნელის ფიზიკურ თვისებაზე, როცა განაწილების კოეფიციენტი დიდია, მაშინ გამხსნელში გადადის უფრო მეტი საექსტრაქციო კომპონენტი და ექსტრაქცია უფრო ინტენსიურად მიმდინარეობს.

იმ შემთხვევაში, როდესაც $K \geq 20$, ნივთიერების წყლიდან ექსტრაგირებისათვის საკმარისია ერთჯერადი ექსტრაგირება. თუ $K < 20$, ექსტრაგირებას აწარმოებენ რამდენჯერმე გამხსნელის ახალი ულუფების დამატებით.

ექსტრაქციის დროს გამხსნელად იყენებენ ისეთ ორგანულ გამხსნელს, რომელშიც მოცემული ნივთიერება იხსნება ბევრად უფრო ადვილად, ვიდრე წყალში, ე.ი. $C_{\text{ორგ}} > C_{\text{H}_2\text{O}}$. ასეთი ადვილად აქროლადი ორგანული გამხსნელებია: დიეთილის ეთერი, ბენზოლი, ქლოროფორმი და სხვ. ხშირ შემთხვევაში იყენებენ გამხსნელთა წყვილებს, რომელთაგან ერთი ხასიათდება მაღალი ხსნადობისუნარიანობით - ხსნის ყველა კომპონენტს, ხოლო მეორე - კომპონენტთა ნაწილს, დანარჩენს კი გამოლექავს ხსნარიდან. გამხსნელთა ასეთ წყვილებად გამოიყენება: 1. ამილის სპირტი - ეთილის სპირტი, 2. ბენზოლი - აცეტონი, 3. ბენზოლი - SO_2 და სხვ.



ექსტრაქცია შეიძლება ჩატარდეს იმ შემთხვევაში, როდესაც გამხსნელი და საექსტრაქციო ხსნარი ან მყარი ნივთიერების ნარევი ქმნიან ფაზებს. ამ დროს დიდი მნიშვნელობა აქვს გამხსნელისა და საექსტრაქციო ნივთიერების ოდენობის შერჩევას. თუ გამხსნელი მცირე ოდენობით იქნა აღებული, იგი მთლიანად გაიხსნება და შეიქმნება ერთი ფაზა; ერთი ფაზა შეიქმნება მაშინაც, როდესაც გამხსნელი იქნება აღებული დიდი ოდენობით. ორთავე შემთხვევაში ექსტრაქცია შეუძლებელი იქნება. გარკვეული ტემპერატურის დროს საექსტრაქციო ხსნარი ან მყარი ნივთიერების ნარევი და გამხსნელი (ექსტრაგენტი) ქმნიან ფაზებს.

ამგვარად, ექსტრაქციისათვის დიდი მნიშვნელობა აქვს ფაზათა შედგენილობას, ნარევის ხსნადობასა და ტემპერატურას შორის დამოკიდებულებას.

ექსტრაქციის პროცესის მიმდინარეობა დამოკიდებულია საექსტრაქციო ნივთიერების ნაწილაკების ზომაზე. იგი გავლენას ახდენს გამხსნელისა და საექსტრაქციო ნივთიერების შეხების ზედაპირზე. რაც უფრო წვრილი ნაწილაკები ექნება საექსტრაქციო ნივთიერებას, მით უფრო კარგი შეხების ზედაპირი ექნება მას გამხსნელთან და შესაბამისად ექსტრაქცია უფრო ეფექტურად წარიმართება.

საექსტრაქციო ხსნარს ან მყარი ნივთიერების ნარევს, რომელშიაც არის საექსტრაქციო კომპონენტი, უმატებენ ორგანულ გამხსნელს (ექსტრაგენტს), შეანჯღრევენ, რის შედეგად განსასაზღვრავი კომპონენტი გადადის ორგანულ ფაზაში. წარმოიქმნება ექსტრაქტი, რომელიც მდიდარი იქნება ამ კომპონენტით. რაოდენობრივი განსაზღვრისას ექსტრაქციის ხარისხი უნდა იყოს 99-99,5 %. ნივთიერების რაღაც ნაწილი რჩება წყალხსნარში, რისთვისაც იყენებენ ორჯერად, ან სამჯერად ექსტრაქციას ორგანული გამხსნელის ახალი ულუფების გამოყენებით.



სურათი 4. 115. საწვეთი ძაბრები

ორი ერთმანეთში შეურევადი სითხის, მაგალითად, ზეთისა და წყლის ან ბენზინისა და წყლის ერთმანეთისაგან დასაცილებლად (ექსტრაგირებისათვის) გამოიყენება გამყოფი ძაბრები (სურათი 4. 116). ისინი წარმოადგენენ ცილინდრული ან მსხლის ფორმის ჭურჭლებს, რომლის ქვემო ნაწილში განთავსებულია ონკანი. არსებობს არეთვე მცირე ზომის გამყოფი ძაბრები (სურათი 4. 115), რომლებიც მათი სიმცირის გამო გამოიყენება საწვეთ ძაბრებად.



სურათი 4. 116. მსხლის და ცილინდრული ფორმის გამყოფი ძაბრები



გამყოფ ძაბრში მოთავსებული ხსნარის ფაზების დასაყოფად ხსნიან ონკანს და სითხეს, რომელიც მაღალი სიმკვრივის გამო მოთავსებულია ქვემოთ, აგროვებენ ჭურჭელში, ხოლო ნაკლები სიმკვრივის მქონე სითხე რჩება გამყოფ ძაბრში.



სურათი 4. 117. მსხლისებრი გამყოფი ძაბრები საექსტრაქციო ხსნარით



სურათი 4. 118. ექსტრაქციისათვის საჭირო ჭურჭელი და მოწყობილობა:

1. შტატივი; 2. გამყოფი ძაბრი; 3. ერლენმეიერის კოლბა.

ექსტრაქციის პროცესის მიმდინარეობა შემდეგია:

- გამყოფ ძაბრს ამაგრებენ შტატივზე;
- ქიმიური ძაბრის საშუალებით ასხამენ საკვლევ სითხეს;
- უმატებენ მცირედენ გამხსნელს და მჭიდროდ ახურავენ საცობს;
- ხელით ანჯღრევენ რამოდენიმე წუთის განმავლობაში ზევით-ქვევით გადატრიალებით, საცობის მოძრობით და დახურვით (გამხსნელის აორთქლების შედეგად წარმოქმნილი ჭარბი წნევის შესამცირებლად);
- ექსტრაქტიან გამყოფ ძაბრს ამაგრებენ შტატივზე, რომელსაც ქვეშ შეუდგამენ ფაიფურის ჯამს, ბიუქსს, კოლბას ან ქიმიურ ჭიქას;



- აყოვნებენ რამოდენიმე ხანს (ხსნიან საცობს და ისევ ახურავენ)- ფენების განშრევებამდე;
- ფენების მკაფიოდ დაყოფის შემდეგ ძაბრიდან საცობს იღებენ, ალებენ ონკანს და ჩამოასხამენ ქვედა ფენას;
- სრული ექსტრაგირებისათვის ამ პროცესს იმეორებენ რამდენჯერმე.



სურათი 4. 119. ექსტრაქციის პროცესის თანმიმდევრობა: 1. საკვლევი სითხის ჩასხმა; 2. ექსტრაგენტის დამატება; 3. ანჯღრევა; 4. ექსტრაქტის ჩამოსხმა.

ექსტრაქცია დამთავრებულად ჩაითვლება მაშინ, როდესაც ჯამზე (საათის მინაზე) ექსტრაქტის ბოლო წვეთის აორთქლების შედეგად ნარჩენის კვალი არ შეინიშნება.

4.20. სუბლიმაცია

პროცესს, რომლის დროსაც მყარი ნივთიერება გაცხელებით გადადის აირად მდგომარეობაში (დნობის გარეშე) და მათი გაცივებით კვლავ მიიღება მყარი ნაერთი ისე, რომ იგი არ გაივლის თხევად ფაზას (მყარი-აირადი-მყარი) სუბლიმაცია (ზერთვილვა-აქროლვა) ეწოდება.

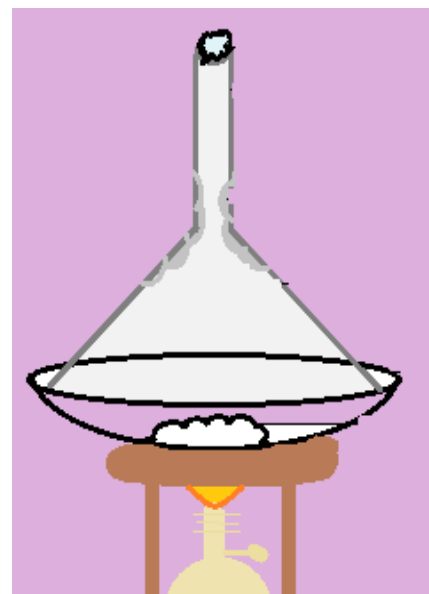
სუბლიმაცია (ლათ. sublim – მაღლა ამყავს). სუბლიმაციისათვის აუცილებელ ენერგიას *სუბლიმაციის სითბოს* უწოდებენ. სუბლიმაციას განიცდიან იონური და მოლეკულური კრისტალური სტრუქტურის მქონე ნივთიერებები.

მყარი ნივთიერებების გასასუფთავებლად იშვიათად სარგებლობენ ზერთვილვით. იგი მხოლოდ იმ შემთხვევაში გამოიყენება, როდესაც მყარი ნივთიერების გასუფთავება ფისებისაგან ან ძნელად მოსაშორებელი ნივთიერებებისაგან (მინარევებისაგან) კრისტალიზაციის გზით ძნელდება ან სრულიად არ ხერხდება.

ზოგიერთ ნივთიერებას, როგორიცაა იოდი, ბენზომჟავა, ნაფთალინი და სხვ., იმდენად მაღალი ორთქლის წნევა აქვს მყარ მდგომარეობაში, რომ მათი გამოხდა შესაძლებელია გაღობის გარეშე – სუბლიმაციით (აქროლვით). ამ ნივთიერებების ორთქლი გაცივებისას მყარ მდგომარეობაში გადადის (თხევადი ფაზის გაუვლელად).

სუბლიმაციას აწარმოებენ ჩვეულებრივი წნევის და ვაკუუმის დროს. ამ უკანასკნელს იყენებენ მაშინ, როდესაც მყარი (ორგანული) ნივთიერება გათბობას ვერ იტანს და იშლება.

ნივთიერების სუბლიმაციის (მყარ ნივთიერებათა აორთქლება და



სურათი 4. 120. სუბლიმაციის პროცესი



ორთქლის კონდენსაცია კრისტალებად) მიმდინარეობა ხდება შემდეგნაირად:

- იღებენ ფაიფურის ჯამს;
- ჯამზე ათავსებენ გასასუფთავებელ ნივთიერებას, რომელსაც ზემოდან აფარებენ დახვრეტილ ფილტრის ქაღალდს;
- ქაღალდის ფილტრზე ზემოდან ჯამზე ცოტათი მცირე ზომის მინის ძაბრს აფარებენ, რომლის მილს ბამბის ტამპონით ახშობენ;
- კრისტალების უკეთ გამოსაყოფად ძაბრს აცივებენ სველი ტილოთი;
- ფაიფურის ჯამს ფრთხილად აცხელებენ სუსტ ალზე ან აზბესტის ბადეზე.

შედეგი: ამ დროს ზედა ცივ მინაზე ხდება ნივთიერების რთვილვა კრისტალებად. ფილტრის ქაღალდი აფერხებს კრისტალების უკან ჩაცვენას.



500-1000 მლ-იან ჭიქაში მოათავსეთ მცირე რაოდენობით (≈ 1 გ) იოდის კრისტალები



ჭიქა მოათავსეთ შტატივზე, ზემოდან დაადევით და დაამაგრეთ ცივი წყლით სავსე მრგვალძირა კოლბა



კოლბა ფრთხილად გააცხელეთ, რათა იოდი არ გალღვეს. კოლბა ივსება ინტენსიური იისფერი ორთქლით



კოლბის გარეთა ძირი დაიფარა იოდის სუბლიმირებული კრისტალებით



სუბლიმაციის შედეგად წარმოქმნილი იოდის კრისტალები

სურათი 4.122. იოდის სუბლიმაცია



4.21. ლაბორატორიაში წარმოქნილი ნარჩენების მართვა

ნარჩენების წარმოშობა ლაბორატორიაში. ქიმიური რეაქტივები ლაბორატორიებში გამოიყენება სინთეზის ან ანალიზისათვის. მუშაობის პროცესში წარმოიქმნება თანაური პროდუქტები, გროვდება ჭუჭყიანი გამოსავალი ნივთიერებები, გამოყენებული გამხსნელები და რეაქტივები, რომლებიც ექვემდებარებიან უტილიზაციას ან დაშლას, იმ შემთხვევაში თუ შეუძლებელია მათი რეციკლიზაცია. უმაღლესი სასწავლებლის ლაბორატორიული ნარჩენები, საწარმოო ნარჩენებთან შედარებით, რაოდენობრივად მცირეა და წარმოადგენს რთულ ნარევებს. ზოგადად, მთელ უნივერსიტეტში გროვდება საკმაო რაოდენობით ნარჩენი, რომლის უტილიზაცია უნდა მოხდეს სასწავლებლის ხარჯზე.

სახიფათო ნარჩენების შეგროვება. სახიფათო ნარჩენებს, კანონმდებლობის შესაბამისად, აგროვებენ სპეციალურ კონტეინერებში. არ შეიძლება სხვადასხვა ტიპის ნარჩენის ერთმანეთთან შერევა. თითოეული მათგანისათვის აუცილებელია სპეციალური კონტეინერის გამოყენება. კონტეინერები, როგორც წესი, სპეციალურ საწყობებშია მოთავსებული, ამასთან, თხევადი ნარჩენების შემთხვევაში კონტეინერის მხოლოდ 90%-ის გავსებაა ნებადართული (ტრანსპორტირებისას დაღვრის თავიდან ასაცილებლად). კონტეინერი კარგად უნდა იყოს თავდახურული და შესაბამისად ეტიკეტირებული შემადგენლობის, თვისებებისა და მათთან მოპყრობის შესახებ ინფორმაციის მითითებით.

ქიმიური ნარჩენები შეგროვების დროს ჭურჭელი გარკვევით უნდა იყოს ეტიკეტირებული, მიუხედავად მისი ზომისა. მცირე ზომის ჭურჭელი და ბოთლები (ლაბორატორიიდან) შიგთავსით, შეიძლება მოგროვდეს ერთ, მყარი ნივთიერებების შესაგროვებელ კონტეინერში და გაუკეთდეს წარწერა (მაგ. „ბოთლი არაორგანიკული ქიმიის პრაქტიკუმის ლაბორატორიაში მიღებული ნივთიერებით“).

მოთხოვნები ნარჩენების დროებითი შეგროვებისა და შენახვისათვის. დროებითი შეგროვებისა და შენახვისათვის გამოიყენება კონტეინერი, რომლებიც წარმოადგენენ სპეციალური ტრანსპორტირების სისტემებს. მათი კონსტრუქცია ნარჩენების უსაფრთხო შენახვისა და გადაზიდვის საშუალებას იძლევა.



სურათი 4. 128. ნარჩენების შესაგროვებელი კონტეინერი

კონტეინერები უზრუნველყოფს ნარჩენების შეგროვების ძირითად საკანონმდებლო მოთხოვნებს:

- ჰერმეტიკულ კოლბებში შენახვას უტილიზაციამდე (დემერკურიზაციამდე);
 - არაუფლებამოსილი პირების ხელმისაწვდომობის თავიდან აცილებას.
- უტილიზაციისათვის კონტეინერების უპირატესობაა:
- ნარჩენების ტრანსპორტირების უპირატესობა ხელით გადაზიდვასთან შედარებით;



- შენახვის მაღალი ხარისხი თავსახურის ჰერმეტიზაციის გამო;
- მათი მდგრადი ფორმა და მცირე წონა;
- შესაბამისობა დადგენილებით მიღებულ არსებულ სტანდარტებთან.

კონტეინერები აღჭურვილია საჭირო მარკირებით ეკოლოგიური და სხვა საკანონმდებლო წესების შესაბამისად.

ქიმიკატები, რომლებიც მიეკუთვნებიან ნარჩენების განსაზღვრულ კლასს, აუცილებელია განადგურებულნი იქნენ კლასიფიკაციის შესაბამისად. მაგალითად, შეიძლება მოვიყვანოთ მარილმჟავა, რომელიც მიეკუთვნება ნარჩენების კლასს „არაორგანული მჟავები, მჟავათა ნარევი და ფუძეები“. ეს ნიშნავს, რომ მარილმჟავას უტილიზაცია არავითარ შემთხვევაში არ შეიძლება როგორც ქიმიური ნაშთისა.

ძველი ქიმიური რეაქტივები, რომლებიც არიან მჭიდროდ დახურულ ორიგინალურ შეფუთვაში, შეთავაზებული უნდა იქნას სხვა ინსტიტუტებსა და სამუშაო ჯგუფებისადმი. ასეთი ნივთიერებების განადგურება ხდება მხოლოდ იმ შემთხვევაში, თუ გარკვეული დროის განმავლობაში მათდამი არავინ არ გამოიჩენს ინტერესს.

გაუვნებლობის გზები:

ტრანსპორტირების წინ ცალკეულ ორიგინალურ კონტეინერებში დახარისხებული, შეგროვებული და ეტიკეტირებული ლაბორატორიული ნარჩენები შესაძლებელია გადააქვთ სპეციალურ საწყობებში, რომლებიც თვით შენობაში უნდა იყოს გამოყოფილი და მოწყობილი გარემოსდაცვითი მოთხოვნების დაცვით. რეკომენდებულია ამ საწყობებიდან ნარჩენების რეგულარული გატანა, რათა ლაბორატორიებში არ დაგროვდეს დიდი რაოდენობით ნარჩენები.

კონტეინერები გარკვეული დროის შუალედებში მიაქვთ სერტიფიცირებულ კომპანიებს გაუვნებლობისათვის. ნარჩენების ტრანსპორტირება უნდა მოხდეს სპეციალურად ლიცენზირებული გადამზიდავების მიერ, ამასთან მათი განთავსება უნდა მოხდეს სპეციალურად ლიცენზირებულ საყრდენებზე ან ფაბრიკებში, სადაც მოხდება მათი უტილიზაცია.

სახიფათო ნარჩენების შემდგომი გადამუშავება სპეციალურ საწარმოებში

თხევად ნარჩენებს წვავენ მაღალტემპერატურული წვის დანადგარებში, სადაც გამონახოლქვის მაკონტროლებელი სისტემის წყალობით თავიდანაა აცილებული მავნე გაზების გარემოში გავრცელება.

არაორგანული ნარჩენებს, რომლების გადადენაც შეიძლება ტუმბოთი, ამუშავებენ სარეაქციო აპარატში რამდენიმე სტადიად შესაბამისი რეაქტივებით. ამ დროს ზოგიერთი მავნე კომპონენტები ილექებიან და მათი მოშორება ხდება ფილტრ-პრესის საშუალებით. მიღებული განეიტალებული შლამის უტილიზაციას ახდენენ საშიში ნარჩენების ნაგავსაყრდენებზე ან მარხავენ. ფილტრატს კიდევ ერთხელ ანეიტრალბენ და ასხამენ კანალიზაციაში. წყლის მონიტორინგი აუცილებელია ხარისხის უზრუნველსაყოფად და ანალიტიკური ნორმების დასაცავად.

ქვემოთ მოყვანილია თხევადი არაორგანული ნარჩენების დამუშავების ზოგიერთი მეთოდიკა:

- ციანიდების დაჟანგვა ნატრიუმის ჰიპოქლორიდით ძლიერ ტუტე არეში ($\text{pH} > 12$) ციანატების და შემდგომ ნახშირბადის დიოქსიდისა და აზოტის წარმოქმნით. ტექნიკური მასშტაბით ციანიდების დაჟანგვის თანამედროვე მეთოდია ოზონით დაჟანგვა;
- ნიტრიტ იონის დაჟანგვა ნიტრატ იონამდე წყალბადის პეროქსიდით მჟავა არეში, $\text{pH} 3.5 - 4.5$;
- ქრომატ იონის აღდგენა ნატრიუმის დისულფიდით ქრომის სამვალენტო იონამდე ძლიერ მჟავა არეში ($\text{pH} 2$);
- ფტორიდ იონების დალექვა მცირედხსნადი კალციუმის ფტორიდის სახით კირის რძის დამატებით;
- მძიმე მეტალების დალექვა შესაბამისი ჰიდროქსიდების სახით ტუტე არეში ან სულფიდების სახით მჟავა არეში.



მჟავები, მჟავათა ნარეგები და ტუტეები

ამ ხსნარების pH-ის მნიშვნელობა 6-ზე დაბალია. უტილიზაციას ექვემდებარება მჟავათა ის ხსნარები, რომლებიც არ შეიცავენ:

- ციანიდებს (წინააღმდეგ შემთხვევაში მოხდება ციანწყალბადმჟავას გამოყოფა);
 - ამონიუმის იონებს (დასაშვებია მაქსიმუმ 0.1 მოლი/ლ);
 - ყველა სახეობის ორგანულ ნივთიერებებს (როგორებიცაა მაგ. გამხსნელები, ზეთები და ცხიმები).
- მჟავა ნარჩენებს, რომლებიც შეიცავენ აზოტმჟავას (მაგ. მანიტრირებელი ნარევი), ანეიტრალეზს და შემდეგ აუვნებელყოფენ, როგორც საშიშ ნაშთს კატეგორიით „გამრეცხი წყლები“.

მჟავას შემცველ ხსნარებს, რომლებიც არ პასუხობენ ზემოთ ჩამოთვლილ პუნქტებს და არ შეიცავენ მძიმე მეტალებს ან სხვა საშიშ ნივთიერებებს, ანეიტრალეზს ნატრიუმის ტუტის ან ნატრიუმის ჰიდროკარბონატის ექვიმოლარული რაოდენობით და ასხამენ გამდინარე წყალში.

ტუტეები, ტუტეთა ნარევი და ფუძეები

ნივთიერებათა ამ კატეგორიას მიეკუთვნება თხევადი ნაშთები, რომელთა pH-ის მნიშვნელობა 8-ზე მაღალია. უტილიზაციას ექვემდებარება მხოლოდ ტუტეების წყალხსნარები, რომლებიც არ შეიცავენ

- ციანიდებს (წინააღმდეგ შემთხვევაში მოხდება ციანწყალბადმჟავას გამოყოფა);
- ამონიუმის იონებს (დასაშვებია მაქსიმუმ 0.1 მოლი/ლ);
- ყველა სახეობის ორგანულ ნივთიერებებს (როგორებიცაა მაგ. გამხსნელები, ზეთები და ცხიმები).

ტუტეთა შემცველ ხსნარებს, რომლებიც არ პასუხობენ ზემოთ ჩამოთვლილ პუნქტებს და არ შეიცავენ მძიმე მეტალებს ან სხვა საშიშ ნივთიერებებს, ანეიტრალეზს მარილმჟავას ექვიმოლარული რაოდენობით და ასხამენ გამდინარე წყალში.

გამრეცხი წყლები, რომლებიც შეიცავენ მეტალთა მარილებს

ნარჩენების ამ კატეგორიას მიაკუთვნებენ მეტალთა მარილების წყალხსნარებს, რომლებიც არ შეიცავენ

- ციანიდებს (წინააღმდეგ შემთხვევაში მოხდება ციანწყალბადმჟავას გამოყოფა);
- ამონიუმის იონებს (დასაშვებია მაქსიმუმ 0.1 მოლი/ლ);
- ყველა სახეობის ორგანულ ნივთიერებებს (როგორებიცაა მაგ. გამხსნელები, ზეთები და ცხიმები).

დაკონცენტრირების საშუალებით შესაძლებელია ხსნარების ნარჩენების რაოდენობის შემცირება.

ტუტე მეტალთა ნაშთები

ტუტე მეტალთა (ნატრიუმი, კალიუმი) ნარჩენები მიიღება ორგანული გამხსნელების გაშრობის შემდეგ. უტილიზაციას ახდენენ ნარჩენებზე მცირე ულუფობით ეთანოლის ან იზოპროპანოლის დამატების შედეგად. მიღებულ ხსნარებს ანეიტრალეზს და ანადგურებენ როგორც არაჰალოგენშემცველ ხსნარს.

მძიმე მეტალები

წყალხსნარებში მძიმე მეტალებს ლექავენ სულფიდების ან კარბონატების სახით. მიღებულ ნალექს ფილტრავენ, აშრობენ და აუვნებელყოფენ როგორც მყარ ნაშთს.

არაჰალოგენშემცველი ხსნარები

ყველა ორგანული ნაერთები შეიძლება განადგურებული იქნას როგორც არაჰალოგენშემცველი, იმ შემთხვევაში თუ დააკმაყოფილებენ შემდეგ პირობებს:

- შეიძლება შეიცავდნენ შემდეგ ელემენტებს: C, H, N, Na, O, P და S;
- არ უნდა შეიცავდნენ ჰალოგენებს (ასევე ისეთ არაორგანულ ნივთიერებებს, როგორიცაა ჰალოგენშემცველი მარილები);
- ოთახის ტემპერატურაზე უნდა იყვნენ თხევად მდგომარეობაში;
- მყარ ნაერთებს უნდა ჰქონდეთ შესაბამის გამხსნელში გახსნის უნარი.

ხსნარის pH-ის მნიშვნელობა მაგ. ნეიტრალიზაციის მეშვეობით დაყვანილ უნდა იქნას 6-დან 9-მდე.



ორგანული, არაჰალოგენჰემცველი ნაერთები, რეციკლიზაციის გზით, ხელმეორედ უნდა იქნან გამოყენებული.

ჰალოგენშემცველი ხსნარები

ჰალოგენშემცველი ხსნარები ლაბორატორიებში უნდა შეგროვდეს ცალკე და მოხდეს მათი გადამუშავება. აკრძალულია ამ ტიპის ხსნარების შერევა სხვა ხსნარებთან.

ჰალოგენშემცველი გამხსნელების ჯგუფს შესაძლებელია მივაკუთვნოთ ორგანული ნივთიერებები, რომლებიც ასრულებენ პირობებს:

- შეიძლება შეიცავდნენ შემდეგ ელემენტებს: C, H, N, O, P, S, F, Cl, Br და I,
- ოთახის ტემპერატურაზე არიან თხევადი,
- მყარ ნაერთებს უნდა ჰქონდეთ შესაბამისი გამხსნელში გახსნის უნარი.

ხსნარის pH-ის მნიშვნელობა მაგ. ნეიტრალიზაციის მეშვეობით დაყვანილ უნდა იქნას 6-დან 9-მდე.

ჰალოგენშემცველი ორგანული გამხსნელები, შეძლებისდაგვარად ხელმეორედ უნდა იყვნენ გამოყენებული.

ვერცხლისწყლის შემცველი ნაშთი (ვერცხლისწყალი თავისუფალი სახით)

ნაშთის ამ კატეგორიას მიეკუთვნება ელემენტური ვერცხლისწყალი (მაგ. დაზიანებული ვერცხლისწყლიანი თერმომეტრიდან ან მანომეტრიდან, ვერცხლისწყლის შემცველი გადამრთველები, ულტრაიისფერი ლამფები ვერცხლისწყლის ორთქლზე, ვერცხლისწყალი დიფუზიური ტუმბოდან).

ვერცხლისწყლის შემცველი ნარჩენები წარმოადგენენ საშიფათო ნარჩენებს, ამიტომ ისინი უნდა შეგროვდეს განცალკავებულად და მოთავსდეს სპეციალურ კონტეინერებში. საერთაშორისო სტანდარტის მიხედვით ასეთი სახის ნარჩენების შეძლებისდაგვარად რეციკლირება განიხილება როგორც საუკეთესო საშუალება, მათი ნაგავსაყრელზე განთავსების ნაცვლად.

ვერცხლისწყლის შემცველი ნარჩენების სახეები, რომლებიც ექვემდებარება განადგურებას



ვერცხლისწყლის (Hg) შემცველი მინის თერმომეტრები.

ლაბორატორიული თერმომეტრები TЛ, ტექნიკური TTY -- შეიცავს 5-10% Hg-ს;

სამედიცინო თერმომეტრები TM -- შეიცავს 15-20% Hg-ს.



ვერცხლისწყლის შემცველი გალვანური ელემენტები.
ჩვეულებრივი ელემენტები NE - შეიცავს 30-35 Hg-ს;
გალვანური ელემენტები - 1-20% Hg-ს.



ვერცხლისწყლის შემცველი ელექტროკონტაქტური მინის თერმომეტრები (ТПК) და თერმორეგულატორები (ТПК) - შეიცავს 7-10% Hg.

სურათი 4. 129. ვერცხლისწყლის შემცველი ხელსაწყოები

ვერცხლისწყლის ნარჩენებიანი კონტეინერების მოხმარების პირობები

ვერცხლისწყლის ნარჩენებიანი კონტეინერები არ საჭიროებენ შენახვის სპეციალურ პირობებს. ისინი უნდა დაგროვდეს არა უმეტეს ექვსი თვის მანძილზე. სხვადასხვა ტიპის ვერცხლისწყლის შემცველი ნარჩენები უნდა განთავსდეს ცალ-ცალკე კონტეინერებში, რომლებზედაც მითითებული იქნება სახელწოდება და დანიშნულება. შენახვისას კოლბები ჰერმეტიკულად უნდა იყოს დაცული, რათა თავიდან იქნას აცილებული ვერცხლისწყლის ორთქლის გარემოში მოხვედრა. ვერცხლისწყლის შემცველი ხელსაწყოების შენახვის მნიშვნელოვან პირობას წარმოადგენს მათი მკაცრი აღრიცხვა და გარეშე პირებისათვის არახელმისაწვდომობა.



კითხვები თვითშემოწმებისათვის:

1. რას წარმოადგენს ექსტრაქცია?
2. რას წარმოადგენს ექსტრაგენტი? რისთვის ვიყენებთ მას?
3. რისთვის გამოიყენება გამყოფი ძაბრი?
4. ჩამოთვალეთ და აღწერეთ ექსტრაქციისათვის საჭირო ჭურჭელი და მოწყობილობა.
5. აღწერეთ ექსტრაქციის პროცესის თანმიმდევრობა.
6. რა პროცესია სუბლიმაცია? რისთვის გამოვიყენებთ სუბლიმაციას?
7. როგორ ატარებენ ნივთიერების სუბლიმაციას?
8. ჩაატარეთ იოდის სუბლიმაცია. რა ქიმიური ჭურჭელი დაგჭირდებათ? რა უსაფრთხოების ზომებია საჭირო?
9. როგორ უნდა შეგროვდეს ქიმიური ნივთიერების ნარჩენები?
10. რას წარმოადგენს მჟავის ნარჩენები? როგორ შეიძლება მათი განეიტრალება?
11. როგორ ვანეიტრალებთ ტუტის ხსნარებს?
12. რას უნდა აკმაყოფილებდეს ტუტის ხსნარი ნეიტრალიზაციის ჩატარებამდე?
13. აღწერეთ ვერცხლისწყლის ნარჩენების წყაროები.
14. რომელი კატეგორიის ნარჩენებს წარმოადგენს ვერცხლისწყლის შემცველი ნარჩენები?



რეკომენდებული ლიტერატურა და სასწავლო მასალები

- ❖ ე. ელიზბარაშვილი. ქიმიური ექსპერიმენტის ტექნიკა. თბილისი, 2015
- ❖ <https://www.youtube.com/watch?v=4i6V7HTaaSI> - აწონვა
- ❖ <https://www.youtube.com/watch?v=sFpFCPTDv2w> - გატიტვრა
- ❖ <https://www.youtube.com/watch?v=-3NQvyiljnc> - ვაკუუმ-ფილტრაცია
- ❖ <https://www.youtube.com/watch?v=KZe8M41SXYE> - როტაციული ამორთქლებელი
- ❖ <https://www.youtube.com/watch?v=SAU-gptAFe0> - კრისტალიზაცია
- ❖ <https://www.youtube.com/watch?v=QdwKhbtzsug> - კრისტალიზაცია
- ❖ <https://www.youtube.com/watch?v=aulTfKfnd1Q> - ექსტრაქცია
- ❖ <https://www.youtube.com/watch?v=jX9pskbKSww> - იოდის სუბლიმაცია
- ❖ https://www.youtube.com/watch?v=Q6G45_UiC3w - იოდის სუბლიმაცია