ირაკლი მიქაძე
IRAKLI MIKADZE

გ ე ო ე კ ო ლ ო გ ი ა
(ეკოლოგიის გეოლოგიური ასპექტები)

მეორე გადამუშავებული გამოცემა

G e o e c o l o g y
(GeologIcal Aspeqts of Ecology)

თბილისი
Tbilisi
2020

uak (UDC) 574
m 743

I.P. Mikadze
Geoecology (GeologIcal Aspeqts of Ecology)
Tbilisi, 2020, 258 p. Bib. 46, illustr. 33

რედაქტორი:

გ. ელიავა - ბიოლოგიურ მეცნიერებათა დოქტორი, პროფესორი, რუსეთის ფედერაციის სამედიცინო-ტექნიკური მეცნიერებათა აკადემიის ნამდვილი წევრი
უ. ზვიადაძე – გეოლოგიურ მეცნიერებათა დოქტორი, საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის პროფესორი

ირაკლი პოლიკარპეს ძე მიქაძე

საქართველოს ეკოლოგიურ მეცნიერებათა აკადემიის, საქართველოს ბიზნესის მეცნიერებათა აკადემიის, საქართველოს ტექნოლოგიურ მეცნიერებათა აკადემიის ნამდვილი წევრი, გეოლოგია-მინერალოგიის მეცნიერებათა დოქტორი, პროფესორი; თბილისის ივ. ჯავახიშვილის სახ. სახელმწიფო უნივერსიტეტის ლექტორი; გეოლოგიური, ჰიდროგეოლოგიური, საინჟინრო გეოლოგიური, ეკოლოგიური სამუშაოებისა და ექსპედიციების ხელმძღვანელი საქართველოში, ყაზახეთსა და ციმბირში; საქართველოს გარემოს დაცვისა და სოფლის მეურნეობის სამინისტროს საზოგადოებრივი ექსპერტი, USID „Chemonics International Ink.", „Canargo Georgia" Ltd და „იმედი XXI"–ის კონსულტანტი, „საპატიო ნიშნის" ორდენისა და მედლების კავალერი, შპს „HEGSPCenter" დამფუძნებელი და დირექტორი

© - ირაკლი მიქაძე, 2020.
ISBN 99940-775-9-7

ნაშრომი ეძღვნება ეკოლოგიის გეოლოგიური ასპექტების გლობალურ საკითხებს, მასში განხილულია: ლითოსფეროს აგებულებისა და ფორმირების კანონზომიერებები, მისი მდებარეობა გალაქტიკაში და მზის სისტემაში, ბუნებრივი რესურსების დაცვისა და რაციონალური გამოყენების საკითხებს, ბუნებრივი გეოლოგიური და საინჟინრო გეოლოგიური პროცესების ზეგავლენას გარემოზე და ამ პროცესების შედეგების პრევენციას, მჭიდრო ურთიერთკავშირს აბიოტურ გარემოს - ატმოსფეროს, ჰიდროსფეროს, ლითოსფეროსა და ბიოტს შორის.

ავტორის აზრით „ეკოლოგიის გეოლოგიური ასპექტები” უნდა იკითხებოდეს უმაღლეს სასწავლებლებში, წინამდებარე ნაშრომი სასარგებლო იქნება განურჩევლად ყველა სპეციალობის სტუდენტებისათვის.

The book is dedicated to the global issues of geological aspects of the environment, it addresses issues sdeduet: structure and regularities of the formation of the lithosphere, the location of the land in the galaxy and the solar system, the close relationship between the abiotic environment: the atmosphere, hydrosphere, lithosphere and biota; the protection and rational use of natural resources; the impact of natural geological and engineering geological processes on the natural environment and the prevention of these processes.

According to the author, the public interest, subject - "Geological aspects of ecology" should taught in all institutions of higher education.

Книга посвящается глобальным вопросам геологических аспектов экологии, в ней рассматриваются сдедующие вопросы: строение и закономерности формирования литосферы, расположение земли в галактике и солнечной системе, тесные взаимоотношения между абиотической среды: атмосферы, гидросферы, литосферы и биоты; вопросы защиты и рационального использования естественных ресурсов; влияние естественных геологических и инженерно геологических процессов на естественную среду и предотвращение этих процессов.

По мнению автора, исходья из общественных интересов, предмет - «Геологические аспекты Экологии» должен преподаваться во всех высших учебных заведениях.

.

სარჩევი

შესავალი 7
თავი I. გალაქტიკა, ციური სხეულები, მზის სისტემა, დედამიწის წარმოშობა და აგებულება 15
1.1 გალაქტიკა, ციური სხეულები 15
1.2 მზის სისტემა 17
1.3 დედამიწის აგებულება 20
1.3.1 ზედრმა ჭაბურღილი 24
1.4 ატმოსფერო და ჰიდროსფერო 26
1.5. კოსმოსი და მისი შესწავლის ისტორია 30
თავი 2. ბიოსფერო და ანთროპოგენული ზემოქმედება გარემოზე 34
2.1. ბიოსფეროს არსი 34
2.2. ბიოსფეროს განვითარების ისტორია 35
2.3. კაცობრიობის განვითარება და ზემოქმედება გარემოზე 40
თავი 3. გარემოს დაბინძურების წყაროები 51
3.1. ბუნებრივი დაბინძურების წყაროები 51
3.1.1. ენდოგენური ფაქტორები 51
3.1.2. ეგზოგენური ფაქტორები 53
3.1.2.1. მდ. მტკვარი – თბილისის რელიეფის შემოქმედი 53
3.2. ანთროპოგენული დაბინძურება 60
3.3. საარსებო პირობები 64
თავი 4. ატმოსფეროს დაცვა 65
4.1. ატმოსფეროს დაბინძურების წყაროები 65
4.2. ატმოსფეროს მინარევების ზღვრულად დასაშვები კონცენტრაციები 72
თავი 5. წყლის რესურსების დაცვა 76
5.1. ჰიდროსფეროს დაბინძურება 76
5.2. ანთროპოგენული მოქმედების ზეგავლენა წყლის რესურსების ხარისხზე 89
5.3. ჩამდინარე წყლების გაწმენდის მეთოდები 93
5.4. წყლის ხარისხის ნორმირება და კონტროლის მეთოდები 101

5.5. წყლის ობიექტების ხარისხის შეფასების მეთოდები 102
თავი 6. საქართველოს ჰიდროსფერო და მისი რესურსები 105
6.1. საქართველოს რეგიონის ჰიდროსფეროს ფორმირება 105
6.2. მიწისქვეშა წყლები 107
6.3. ზედაპირული წყლები 126
6.3.1. წყალსაცავებისა და მდინარეების გარემოზე ზემოქმედება 126
6.3.2. ენგურჰესი 135
6.3.3. ხუდონჰესი 138
6.3.4. მდ. ენგურის ჰიდროელექტროსადგურების კასკადის გავლენა გარემოზე 142
6.3.5. დარიალის ხეობის ეკოლოგიური კატასტროფა 144
6.3.6. ჰიდროელექტროსადგურების მშენებლობის სტრატეგია 147
თავი 7. ნიადაგის დაცვა 151
7.1. ნიადაგის ფორმირება და შედგენილობა, საქართველოში გავრცელებული ნიადაგის ტიპები 151
7.2. ნიადაგზე მოქმედი ბუნებრივი და ანთროპოგენური ფაქტორები 153
7.3. შხამქიმიკატები და მათი გამოყენების შედეგად გამოწვეული ნიადაგის დაბინძურება 161
7.4. სასუქები და მათი გამოყენების შედეგად გამოწვეული ნიადაგის დაბინძურება 103
7.5. ნიადაგის რეკულტივაცია 165
თავი 8. სამრეწველო ეკოლოგია 167
8.1. სამრეწველო საწარმოების გავლენა ეკოლოგიაზე 167
8.2. უნარჩენო და მცირენარჩენიანი საწარმოო პროცესები 168
8.3. სამრეწველო ნარჩენები, მყარი ნარჩენების გადამუშავება და სამრეწველო ობიექტების გავლენის შეფასება გარემოზე 173

თავი 9. ხმაურის, ინფრაბგერის, ვიბრაციის, ელექტრომაგნიტური ველისა და მაიონიზირებელი გამოსხივებისაგან დაცვა 176
თავი 10. დიდი ქალაქების ეკოლოგიურ-გეოგრაფიული პრობლემები 182
თავი 11. ბუნებრივი გეოლოგიური და საინჟინრო გეოლოგიური პროცესები 191
11.1 ქანების გამოფიტვა და ეროზიული პროცესები 192
11.2 ზღვების გეოლოგიური მოქმედება 196
11.3 ტბებისა და წყალსაცავების გეოლოგიური მოქმედება, ჭაობები 200
11.4 მყინვარების გეოლოგიური მოქმედება 203
11.5 ქანების მოძრაობა ფერდობებზე სიმძიმის ძალის გავლენით 205
11.6 კარსტული პროცესები 216
11.7 სუფოზია, დენადი ქანები 219
11.8 ლიოსური ქანების დეფორმაციები 223
11.9 სეზონური და მუდმივი მზრალობა 224
11.10 ქანების დეფორმაციები მიწისქვეშა სამუშაოების დროს 227
11.11 სამშენებლო სამუშაოებთან დაკავშირებული საინჟინრო გეოლოგია 231
თავი 12. გარემოს ნოოსფერული ბანვითარება 238
12.1. ეკოლოგიური კრიზისი 242
12.2. გარემოსა და ბუნებრივი რესურსების დაცვის აუცილებლობა 248
ლიტერატურა 255

შესავალი

ეკოლოგია არის მეცნიერება, რომელიც სწავლობს ცოცხალი ორგანიზმების, ბიოლოგიური სისტემებისა და საბინადრო გარემოს შორის ურთიერთდამოკიდებულებას.

ეკოლოგია გასულ საუკუნეში განიხილებოდა, როგორც მხოლოდ ბიოლოგიის შემადგენელი ნაწილი. მაგრამ აღმოჩნდა, რომ ეკოლოგია გარდა ბიოლოგიისა მჭიდროდაა დაკავშირებული დედამიწის შემსწავლელ მეცნიერებებთან – გეოლოგიასთან და გეოგრაფიასთან, ასევე ქიმიასთან, ფიზიკასთან და მათემატიკასთან. უფრო მეტიც, ჩამოყალიბდა ე.წ. „ეკოლოგიური ეთიკა", ხოლო ეთნოგრაფიასთან და კულტუროლოგიასთან კავშირში – „ეთნოეკოლოგია".

თანამედროვე ეკოლოგია სწავლობს ურთიერთდამოკიდებულებას ადამიანსა და ბიოსფეროს შორის, ასევე ტექნოსფეროსა და მის გარემომცველ ბუნებრივ გარემოს შორის.

ეკოლოგიის პრობლემებისა და იდეების შეღწევას ცოდნის სხვა სფეროებში ეწოდება **ეკოლოგიზაცია**.

გეოეკოლოგია განიხილება, როგორც გეოლოგიური გარემოს ეკოლოგია. ასეთი მიდგომით, გეოეკოლოგია შეისწავლის გეოლოგიური გარემოს კანონზომიერ კავშირებს დედამიწასთან, ჰიდროსფეროსთან, ატმოსფეროსთან და ბიოსფეროსთან. ამრიგად, გეოეკოლოგია არის გეოლოგიის, გეოქიმიის, ბიოლოგიისა და ეკოლოგიის მიჯნაზე მყოფი დისციპლინა.

გეოეკოლოგია შეისწავლის 2 მიმართულებას: 1. გეოლოგიური გარემოს ეკოლოგიასა და 2. გეოგრაფიულ, ბიოლოგიურ და სოციალურ-საწარმოო სისტემების ურთიერთკავშირს.

ლითოსფეროს ეკოლოგიურ ფუნქციაში იგულისხმება ფუნქციის მთელი მრავალფეროვნება, რომელიც ასახავს ლითოსფეროს როლსა და მნიშვნელობას, მიწისქვეშა წყლების, ნავთობის, საწვავი გაზების, გეოფიზიკური ველის და მასში მიმდინარე გეოლოგიური პროცესების ჩათვლით, რომელიც აუცილებელია ბიოტისა და უმთავრესად, ადამიანის საზოგადოებისათვის.

გამოყენებითი ეკოლოგიის მთავარი ამოცანაა სიცოცხლის ორგანიზაციის საერთო კანონზომიერებების საფუძვე-

ლზე, ბუნებრივი რესურსების რაციონალური გამოყენების პრინციპების ჩამოყალიბება.

მისი პრაქტიკული მიმართულებებია:

1) ქალაქის აგლომერაციების გავლენის სფეროში არსებული ტერიტორიების ეკოლოგიური გეოლოგია;
2) ჰიდროტექნიკური ობიექტების გავლენის სფეროში არსებული ზონების ეკოლოგიური გეოლოგია;
3) სასარგებლო წიაღისეულის საბადოების გავლენის სფეროში არსებული ტერიტორიების ეკოლოგიური გეოლოგია;
4) მელიორაციული ობიექტების გავლენის სფეროში არსებული ტერიტორიების ეკოლოგიური გეოლოგია;
5) ხაზობრივი ობიექტების გავლენის სფეროში არსებული ზონების ეკოლოგიური გეოლოგია;
6) თბოენერგეტიკული ობიექტების გავლენის სფეროში არსებული ტერიტორიების ეკოლოგიური გეოლოგია;
7) ატომურ-ენერგეტიკული ობიექტების გავლენის სფეროში არსებული ტერიტორიების ეკოლოგიური გეოლოგია;
8) სასოფლო-სამეურნეო ობიექტების გავლენის სფეროში არსებული ტერიტორიების ეკოლოგიური გეოლოგია;
9) სატყეო-სამეურნეო ობიექტების გავლენის სფეროში არსებული ტერიტორიების ეკოლოგიური გეოლოგია;
10) სამრეწველო ობიექტების გავლენის სფეროში არსებული ტერიტორიების ეკოლოგიური გეოლოგია და ა.შ.

უახლესი მონაცემებით კაცობრიობის ისტორია 4,5 მლნ წელს მოიცავს. მისი ჩასახვის მომენტიდან და საწარმოო ძალების განვითარების პარალელურად იქმნებოდა მთლიანი ბუნებრივ-ისტორიული სისტემა. ამ სისტემის განვითარება ერთის მხრივ ხელს უწყობდა ბუნების გარდაქმნას და მეორეს მხრივ, ქმნიდა პირობებს ადამიანთა ნორმალური განვითარებისათვის.

ბიოსფერო არის პლანეტის ის ნაწილი, სადაც სრულად არის წარმოდგენილი მოძრაობის ფორმებისა და სტრუქტურის ელემენტები: ფიზიკური, ქიმიური და ბიოლოგიური.

ლითოსფერო, ჰიდროსფერო, ტროპოსფერო და ცოცხალი სამყარო, იმყოფება მუდმივ ურთიერთქმედებასა და ურთიერთდამოკიდებულებაში. ბიოსფეროს ყველა სტრუქტურის ურთიერთქმედება განსაზღვრავს მყარი, თანაბარშეწონილი და დინამიური სისტემების ორგანიზებულობას.

ბიოსფერო და მისი კომპონენტები წარმოადგენენ დასრულებულ სისტემებს მისი ნაწილების ჩამოყალიბებული თვითმარეგულირებელი მექანიზმებით. რადგან თითოეული კომპონენტი ისტორიულად წარმოიშვა და ფორმირდებოდა მთლიან საზღვრებში, ამიტომ მისი სტრუქტურული მდგომარეობა სისტემაში და ფუნქციონალური როლი არ არის შემთხვევითი. ბიოსფეროს კომპონენტებს ერთიან სისტემაში გარკვეული მდგომარეობა უჭირავთ როგორც თავიანთი თავის, ასევე სხვა ნაწილების მიმართ. სისტემის ნებისმიერი კომპონენტის მნიშვნელოვანი ცვლილება ადრე თუ გვიან აისახება დანარჩენ კომპონენტებზე და გავლენას ახდენს მათ ცვლილებებზე. ამის შედეგად მიიღწევა ბიოსფეროს თვითრეგულირება და კანონზომიერი ცვლილება დროში.

ბიოსფერო გავრცელებულია:

- **ტროპოსფეროში**, რომელიც წარმოადგენს ჩვენი პლანეტის პერიფერიულ სივრცეს;
- **ჰიდროსფეროში,** რომელიც წარმოადგენს დედამიწის წყლის სივრცეს;
- **ლითოსფეროში**, რომელიც წარმოადგენს დედამიწის ყველაზე ზედა ფენას.

ბიოსფეროს ძირითადი მახასიათებლებია შემდეგი პირობები:

წყალი არის ყველგან და ყოველთვის;
ბიოსფეროში მუდმივად აღწევს **მზის რადიაცია**, რომელიც წარმოადგენს ენერგიის ერთადერთ ბუნებრივ წყაროს.

ამ **ეგზოგენური ენერგიის** წყალობით მცენარეები და ცხოველები გამოიმუშავებენ იმ ორგანულ ნივთიერებებს, რომლებსაც იყენებენ ქიმიური, მექანიკური, ოსმოსური და სხვა ენერგიის მისაღებად და რომლებიც აუცილებელია მათი ზრდის, კვლავწარმოქმნისა და ფუნქციონალური ურთიერთდამოკიდებულებისათვის.

ატმოსფეროსთან შედარებით ბიოსფერო გამოიყურება როგორც თხელი ზედაპირული შრე, რომლის სისქე შეადგენს რამდენიმე კილომეტრს. მიუხედავად ამისა იგი წარმოადგენს რთულ სისტემას.

ბიოსფეროს თანამედროვე სახე მიღებულია ცოცხალი ორგანიზმების ხანგრძლივი ზემოქმედების შედეგად, რომელიც გრძელდება 3 მილიარდ წელზე მეტ ხანს. ცოცხალი

ორგანიზმების გარემოს მინერალურ ელემენტებთან მუდმივი ურთიერთქმედების წყალობით ლითოსფერო, ჰიდროსფერო და ატმოსფერო ამ გეოლოგიურ პერიოდში ჩამოყალიბდა თანამედროვე სახით.

ბუნება ანუ მთელი სამყარო არის თვისებრივად განსხვავებული, მაგრამ ერთმანეთთან უშუალოდ დაკავშირებული სისტემების კავშირი, რომელიც წარმოგვიდგება როგორც **აბიოგენური, ბიოგენური და სოციოგენური მოვლენების ერთიანობა.**

ბუნება გვევლინება როგორც განვითარების უწყვეტი ხაზი, როგორც მთელი სამყარო. ამ მხრივ ბუნებამ თავისი განვითარების **სამი ძირითადი საფეხური განვლო**:

1. **არაორგანული ბუნება**, დაწყებული უმცირესი ელემენტარული ნაწილაკებით და ველით, რომელთაგან შედგება კოსმოსური გარემო და დამთავრებული გიგანტური ვარსკვლავებით, რომელიც განიხილება როგორც სიცოცხლეს მოკლებული სტრუქტურა - **აბიოსფერო.**

2. **ორგანული ბუნება**, დაწყებული პირველი ცოცხალი ორგანიზმებით, რომელთაგან შედგება მცენარეთა და ცხოველთა სამყარო და დამთავრებული ადამიანით, რომელიც უნდა განვიხილოთ როგორც **ბიოსფერო**.

3. **საზოგადოება**, რომელიც უნდა განვიხილოთ როგორც ყველაზე სრულყოფილი ბიოსფერული სტრუქტურა, რომელშიც ხდება არა მარტო აბიოგენური, არამედ ბიოგენური მოვლენების გარდაქმნაც სოციოგენურ მოვლენებად **- ნოოსფეროდ ანუ ანთროპოსფეროდ**.

ნოოსფერო საზოგადოების ბუნებაზე და ადამიანზე ზემოქმედების ეფექტით იზომება. ადამიანის ბუნებასთან დამოკიდებულების აუცილებლობა განისაზღვრება ადამიანების ერთმანეთთან დამოკიდებულების აუცილებლობით, ხოლო ამ აუცილებლობას საფუძვლად უდევს წარმოებისა და მასთან უშუალოდ დაკავშირებული ცნობიერების ეფექტი.

აკადემიკოს ვ.ი. **ვერნადსკის** თანახმად, ნოოსფეროს ტერმინის ქვეშ იგულისხმება ჩვენი პლანეტის ბუნებრივი განვითარების ის ეტაპი, როდესაც მწარმოებლური ძალების განვითარების სპონტანური, სტიქიური, არაკონტროლირებადი პერიოდი იცვლება ახალი შეხედულებებით, რომლის თანახმად ადამიანური ინტელექტი აიძულებს მას თავის თა-

ვზე აიღოს პლანეტის მიმართ მზრუნველობა და პასუხისმგებლობა.

ნოოსფერულ განვითარებაზე გადასვლა მოითხოვს საზოგადოების ყველა ფენის ერთიან ეკოლოგიურ აზროვნებას დაწყებული რიგითი მოქალაქიდან უმაღლეს ხელმძღვანელამდე.

ნოოსფერულ განვითარებაზე გადასვლისას აუცილებელია ბიოსფეროს მდგრადობის შენარჩუნება, ეკონომიკური და სოციალური პრობლემების ურთიერთკავშირისა და საერთაშორისო მასშტაბის თანამშრომლობის გაღრმავება.

კაცობრიობის გადასვლისას ნოოსფერული განვითარების გზაზე საჭიროა ქვეყნების მჭიდრო თანამშრომლობა ბუნებათსარგებლობის სფეროში. ამ მიზნით უნდა განხორციელდეს შემდეგი ღონისძიებები: ეროვნული, ბუნების დაცვის ეკოლოგიური ნორმებისა და სისტემების საერთაშორისო ჰარმონიზაცია; ბუნებათსარგებლობის სფეროში საერთაშორისო პროგრამებისა და პროექტების ერთობლივი შემუშავება და რეალიზაცია; გარემოზე ანთროპოგენული ზეგავლენის ნორმირების მეთოდების უნიფიცირება; საერთაშორისო ეკოლოგიური საინფორმაციო სისტემის შექმნა და მხარდაჭერა; გარემოს ეკოლოგიური დაცვის სამეცნიერო-ტექნიკური პოლიტიკის შემუშავება და განხორციელება.

გარემოს დაცვა ხორციელდება სამეურნეო, სამეცნიერო-საგანმანათლებლო, ისტორიულ-მემორიალური, კულტურულ-ესთეტიკური, გამაჯანსაღებელი მიზნით და ზოგადსაკაცობრიობო მნიშვნელობა აქვს.

თანამედროვე ცივილიზაცია და ბიოსფერო ვეღარ უმკლავდება ბუნებაზე მავნე ზეგავლენას, რომელიც წარმოიქმნება ადამიანის სამეურნეო საქმიანობის შედეგად, რის გამოც, იგი უკვე განიცდის დეგრადაციას.

სამეცნიერო-ტექნიკურმა პროგრესმა და საწარმოო ძალების სწრაფმა განვითარებამ მსოფლიო მიიყვანა ბუნებისა და საზოგადოების ურთიერთქმედების ძირფესვიან ცვლილებებთან.

მსოფლიო ეკონომიკის ექსპონენციალური ზრდა ხელს უწყობს დედამიწის ფიზიკური შესაძლებლობების ამოწურვას. ენერგეტიკული, ნედლეულისა და ეკოლოგიური კრიზისები ადასტურებს ამ იდეის საფუძვლიანობას. თუ წარს-

ულში ეკოლოგიურ კრიზისებს ჰქონდათ ლოკალური ხასიათი და არ იწვევდნენ ბუნების რადიკალურ ცვლილებებს, ახლანდელ კრიზისს ახასიათებს საყოველთაო ხასიათი, რომელსაც მივყავართ გლობალური კატასტროფისაკენ. მსოფლიო ეკონომიკა მივიდა უკიდურეს ზღვართან, რადგან იწურება პლანეტის იაფი და ხელმისაწვდომი რესურსები.

სასწრაფო ზომებია მისაღები ბიოსფეროს შენარჩუნების მიზნით. წინააღმდეგ შემთხვევაში უახლოეს მომავალში კაცობრიობა აღმოჩნდება კრიტიკულ მდგომარეობაში, როდესაც შეუძლებელი იქნება გლობალური კატასტროფის თავიდან აცილება.

მოსალოდნელი ეკოლოგიური კატასტროფის ნიშნებია: კლიმატის გლობალური ცვლილებები, ოზონის შრის შემცირება, ატმოსფეროს საშუალო ტემპერატურის ზრდა, მჟავეშემცველი ნალექები, ბიოლოგიური ორგანიზმების საცხოვრებელი ფართის შემცირება, სოციალური გარემოს გაუარესება, ნიადაგის ეროზია და სხვა ნეგატიური მოვლენები.

ნოოსფერულ განვითარებაზე გადასვლა მოითხოვს საზოგადოების ყველა ფენის ერთიან ეკოლოგიურ აზროვნებას დაწყებული რიგითი მოქალაქიდან უმაღლეს ხელმძღვანელამდე.

გარემოს დაცვა ხორციელდება სამეურნეო, სამეცნიეროსაგანმანათლებლო, ისტორიულ-მემორიალური, კულტურულ-ესთეტიკური, გამაჯანსაღებელი მიზნით და ზოგადსაკაცობრიობო მნიშვნელობა აქვს.

ადამიანისა და გარემოს ურთიერთკავშირს აქვს პლანეტარული ხასიათი. იგი არ შეიძლება გადაწყდეს ერთი ქვეყნის ან რეგიონის მასშტაბით.

ადამიანის მიერ ბუნებრივი რესურსების გამოყენებას გარდუვალად მოსდევს ბუნებრივი გარემოს შეცვლა, როგორც დადებითად, ისე უარყოფითად.

გარემოს დაცვა ტრადიციულად პრიორიტეტულია ყველა ქვეყნისათვის, მით უმეტეს საქართველოსათვის, რომლის გეოპოლიტიკური მდებარეობა კიდევ უფრო ამძაფრებს მდგომარეობას. ეკონომიკურ და პოლიტიკურ გზაჯვარედინზე მყოფი ქვეყანა, სადაც გადის თანამედროვე ნავთობსადენი და გაზსადენი და დიდი პერსპექტივა აქვს რომ გაივლის აღმოსავლეთისა და დასავლეთის შემაკავშირებელი ე.წ.

„აბრეშუმის გზა", დიდი საშიშროების წინაშეა, რომ მოხდეს გლობალური ეკოლოგიური კატასტროფა. ამ პროცესებს ხელს უწყობს საქართველოს რთული გეოლოგიური, გეოტექტონიკური, გეომორფოლოგიური, ჰიდროგეოლოგიური და საინჟინრო გეოლოგიური პირობები.

საქართველო მთაგორიანი ქვეყანაა, რომელიც განიცდის ბუნებრივი ძალების მხრივ აქტიურ ზემოქმედებას. იგი გამოვლინდება არც თუ იშვიათი მიწისძვრების, წყალდიდობების, მეწყრების, ღვარცოფების, კლდეზვავებისა და სხვა კატასტროფების სახით.

ბაქო-ჯეიჰანის ნავთობსადენის და ბაქო-ერზრუმის გაზსადენი გადის გეოტექტონიკური თვალსაზრისით საქართველოს ერთ-ერთ ყველაზე აქტიურ რეგიონში - ბორჯომის ხეობაში, სადაც მდებარეობს მსოფლიოში ცნობილი ბორჯომის მინერალური წყლის უნიკალური საბადო. ნავთობსადენის ჰერმეტიზაციის დარღვევისა და ნავთობის დაღვრის შემთხვევაში გამორიცხული არ არის მისი მოხვედრა მიწის წიაღში. ე.ი. მოსალოდნელია საბადოს დაბინძურება დროის მცირე პერიოდში, რომლის რეაბილიტაციისათვის საჭირო იქნება საუკუნეები.

ეკოლოგიური უსაფრთხოების უხეში დარღვევის მაგალითია ნავთობსადენისა და გაზსადენის გაყვანა მოძრავ მეწყრულ სხეულზე ბორჯომის ხეობაში სოფ. დგვარის მიდამოებში მიუხედავად იმისა, რომ არსებობს ალტერნატიული ვარიანტი ახალციხისა და ვალეს გავლით.

გარემოსა და ბუნებრივი რესურსების დაცვა წარმოადგენს ყველაზე უმნიშვნელოვანეს ამოცანას, ხოლო ბუნებაში უხეში ჩარევა გამოიწვევს ეკოლოგიური წონასწორობის დარღვევას და აუნაზღაურებელ დანაკარგებს.

საზოგადოების ეკოლოგიური ინტერესების დაცვა განმტკიცებულია საქართველოს კონსტიტუციით, რომლის თანახმად: „ყველას აქვს უფლება ცხოვრობდეს ჯანმრთელობისათვის უვნებელ გარემოში, სარგებლობდეს ბუნებრივი და კულტურული გარემოთი". ეს მოთხოვნა გამოხატავს მოქალაქეთა უფლებას არა მარტო ჯანსაღ გარემოზე, არამედ მიუთითებს ამ უფლების დაცვის გარანტიაზე, ე.ი. მმართველობის ორგანოებს აკისრებს ვალდებულებებს გარემოს დაცვასთან დაკავშირებული ღონისძიებების გატარებაზე.

ნაშრომის მიზანია, დავარწმუნოთ ყველა ტექნოკრატი, რომ ნებისმიერი რეკონსტრუქცია, მშენებლობა, გადაწყვეტილება, რომელიც დაკავშირებულია ბუნებრივი რესურსების ექსპლუატაციასთან, განხილული უნდა იყოს არა მარტო კონკრეტული სარგებლობის სწრაფად მიღების პრობლემასთან, არამედ, ყველა მოსალოდნელი შედეგის გათვალისწინებით.

ჯერ კიდევ არ არის გვიან, მაგრამ თუ ჩვენი საზოგადოება ვერ შეძლებს შეინარჩუნოს წონასწორობა ბიოსფეროსთან და დაარღვევს საუკუნეების მანძილზე ჩამოყალიბებულ კანონზომიერებებს, იგი შეიცვლება და უცილობლად გამოიწვევს საარსებო პირობების გაუარესებას. ბიოსფეროს რღვევის დაწყება ვეღარ შეაჩერებს ამ პროცესს და შესაძლებელია დამღუპველად იმოქმედოს დედამიწაზე მობინადრე ცოცხალ ორგანიზმებზე, მათ შორის ადამიანზეც.

საქართველოში, ნოოსფეროს კვლევითი ცენტრი ჩამოყალიბდა 1986 წელს. მისი ხელმძღვანელია ფიზიკოსი, ქალბატონი ირინა კალანდაძე.

თავი I

გალაქტიკა, ციური სხეულები, მზის სისტემა, დედამიწის ჭარმოშობა და აგებულება

1.1 გალაქტიკა, ციური სხეულები

ადამიანისა და გარემოს ურთიერთკავშირს აქვს პლანეტარული ხასიათი.

გალაქტიკა არის უკიდეგანო და ჰარმონიული, რამდენიმე ათეული მილიარდი ვარსკლავის, ვარსკვლავური ნარჩენების, გაზისა და მტვრის, ვარსკვლავთშორის სივრცესა და ბნელი მატერიისაგან შემდგარი უზარმაზარი სისტემა, რომელსაც ეკუთვნის ჩვენი მზე და პლანეტური სისტემა.

გალაქტიკაში ვარსკვლავები შედიან როგორც ცალკეული სხეულების, ისე ჯერადი სისტემების, ვარსკვლავთა გროვებისა და ვარსკვლავთა ასოციაციების სახით.

გალაქტიკა მოიცავს ასევე, აიროვან და მტვროვან ნისლეულებსა და ვარსკვლავთშორის სივრცეში გაბნეულ ცალკეულ ატომებსა და ნაწილაკებს.

სივრცეს, რომელიც გალაქტიკას უკავია, ლინზისებური ფორმა აქვს. განივი ნაწილის მანძილი 130 ათას, ხოლო სისქე - 13 ათას სინათლის წელს უდრის. ვარსკვლავები და მტვერი გალაქტიკის სიმეტრიის სიბრტყის გასწვრივ არის თავმოყრილი. ამ სიბრტყის ცასთან გადაკვეთის ხაზს მიუყვება ირმის ნახტომის ზოლი. მზე თითქმის სიმეტრიის სიბრტყეში იმყოფება - გალაქტიკის ცენტრიდან 33 ათასი სინათლის წლის მანძილზე.

გალაქტიკის მსგავსი სისტემები სამყაროში აურაცხელია. დიდი სიშორის გამო, ისინი მკრთალად, მნათი მცირე „ლაქების" სახით მოჩანს ცაზე. გალაქტიკა ბრუნავს მისი მცირე ღერძის გარშემო, ერთი სრული შემობრუნების პერიოდია 200 მლნ წელი.

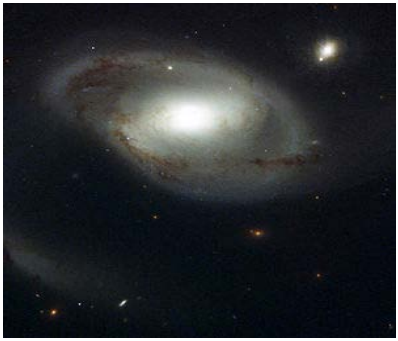
სურ. №1. ტიპიური სპირალური გალაქტიკა ბერენიკას თმების თანავარსკვლავედში (დიამეტრი - 55 ათასი სინათლის წელიწადი, დედამიწიდან დაშორებულია 60 მლნ სინათლის წლით)

ვარსკვლავთა წარმოშობაზე არსებობს 2 ერთმანეთის საწინააღმდეგო შეხედულება, ვარსკვლავები წარმოიქმნება: ვარსკვლავთშორისი ნივთიერებებისაგან უკანასკნელის გრავიტაციული შეკუმშვის პროცესში ან ერთგვარი ზემკვრივი ნივთიერების დაშლის გზით.

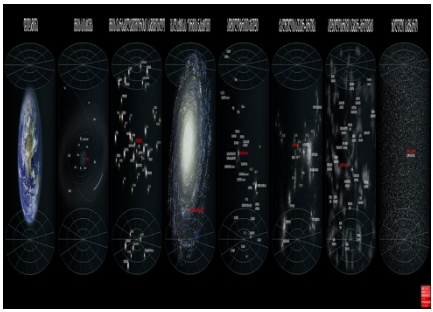
კოსმოსში გარდა ვარსკვლავებისა, მეცნიერების მიერ აღმოჩენილია განსაკუთრებული ტიპის წარმონაქმნები. ეს მნათობები არ მიეკუთვნება არც ვარსკვლავებს და არც ნისლეულებს. ამგვარ მნათობს, რომელიც აღმოჩენილ იქნა 1963 წელს, უწოდეს **კვაზარი** (იხ. სურ. №2).

კვაზარები ვარსკვლავების მსგავსია, მაგრამ მათ მიერ გამოსხივებულ ენერგია, ასეულ მილიარდჯერ აღემატება ვარსკვლავების მიერ გამოსხივებულ ენერგიას და ათეულჯერ უფრო კაშკაშაა ვიდრე გალაქტიკები. ამის გამო, კვაზარების აღმოჩენა შესაძლებელია ათეული მილიარდი სინათლის წლის მანძილზე, რაც შეუძლებელია გალაქტიკების მიმართ.

კოსმიური სხეულების სხვა ტიპი აღმოჩენილ იქნა ინგლისელი მეცნიერების მიერ 1967 წელს, რომელსაც უწოდეს **პულსარი**. მათთვის დამახასიათებელია რადიოგამოსხივების მკაცრად განსაზღვრული პერიოდული პულსაცია.



სურ. №2. კვაზარი



სურ. №3. პულსარი

გალაქტიკების ერთობლიობას, რომელიც მისაღწევია აღქმისათვის ოპტიკური და რადიოტელესკოპური ხელსაწყოების საშუალებით, უწოდებენ **მეტაგალაქტიკას.**

მეტაგალაქტიკაში გალაქტიკებისა და სხვა კოსმიური სხეულების მდებარეობა არ არის მუდმივი. ყველა სხეული იმყოფება განუწყვეტელ მოძრაობაში. მეცნიერები ვარაუდობენ, რომ მეტაგალაქტიკა ფართოვდება და 15 მილიარდი წლის შემდეგ მისი ზომები გაორმაგდება. დროის ამ პერიოდში შესაძლებელია შეიქმნას ახალი გალაქტიკები.

1.2. მზის სისტემა

მზე - სფეროს ფორმის გავარვარებული პლაზმური სხეულია. მისი ხაზოვანი დიამეტრი შეადგენს მილიარდ, 392 ათას კმ და 109-ჯერ აღემატება დედამიწის ეკვატორულ

დიამეტრს. მზის მასა 1,987ხ10^{33} გრამის ტოლია. მზიდან დედამიწამდე მანძილი წლის განმავლობაში იცვლება 147-დან 152 მლნ კმ-დე, საშუალო მანძილი შეადგენს - 149,6 მლნ კმ-ს, რომელსაც ეწოდება **ასტრონომიული ერთეული** და იხმარება მანძილის გასაზომად როგორც მზის სისტემაში, ისე გალაქტიკაში.

ერთი სინათლის წელი ტოლია 947268X10^{7} კმ, 3,26 სინათლის წელი - 206265 ასტრონომიული ერთეულის.

მზე, როგორც ვარსკვლავი, ჰერცშპრუნგრესელის დიაგრამის მთავარი მიმდევრობის შუა ნაწილშია. იგი ჩვენი გალაქტიკის ერთ-ერთ სპირალურ შტოშია და მოძრაობს **ქნარის თანავარსკვლავედის** მიმართულებით 19,7 კმ/წმ სიჩქარით. მზის ასაკი – 4,6-5,0 მილიარდი წელია. იგი მიეკუთვნება ყვითელ ჯუჯა ვარსკვლავთა ტიპს სპექტრული კლასით - 3. სპექტრული კლასები წარმოადგენს ვარსკვლავთა კლასიფიკაციას მათი გამოსხივების სპექტრის მიხედვით.

მზის ენერგიის წყაროა თერმობირთვული რეაქციები. მზის ზედაპირის ტემპერატურა აღწევს 6000^{0}C, ხოლო მის გულში - 15-20 მლნ გრადუსს. მზის მაღალი ტემპერატურის შენარჩუნება მიიღწევა მისი გაზისმაგვარი სხეულის კოლოსალური შეკუმშვის შედეგად.

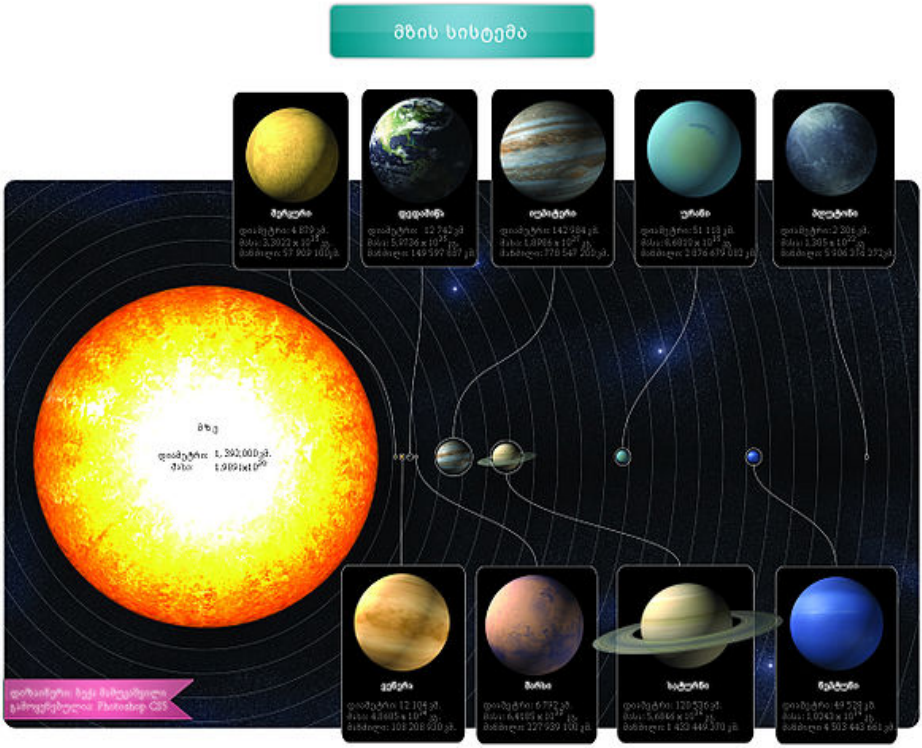
მზე გამოსხივებულ ენერგიასთან ერთად, თავისი მასიდან კარგავს 4,5 მლნ ტონას/წამში. ამ ინტენსივობით მასის კარგვის შემთხვევაში იმისათვის, რომ დაიკარგოს მისი მასის 1%, საჭირო იქნება ტრილიონობით წლები.

მზის სისტემა არის მზის გრავიტაციული გავლენის სფეროში მოძრავ ციურ სხეულთა სისტემა. დიდი პლანეტები ფიზიკური თვისებების მიხედვით იყოფა შიგა (მერკური, ვენერა, დედამიწა, მარსი) და გარე (იუპიტერი, სატურნი, ურანი, ნეპტუნი) პლანეტებად. დედამიწა სიდიდით მეხუთე პლანეტაა.

მზის სისტემაში, იგი უფრო დიდია, ვიდრე მერკური, ვენერა და მარსი. პლუტონი არც ერთ ჯგუფს არ უახლოვდება. ამჟამად აღმოჩენილია ახალი პლანეტა, რომელიც ბევრად შორს მდებარეობს დედამიწიდან, ვიდრე პლუტონი.

თანამგზავრები არ გააჩნიათ მერკურსა და ვენერას, თითო თანამგზავრი აქვთ დედამიწასა და პლუტონს, 2-2 თანა-

მგზავრი - მარსსა და ნეპტუნს, 5 თანამგზავრი - ურანს, 16-16 თანამგზავრი - სატურნსა და იუპიტერს.



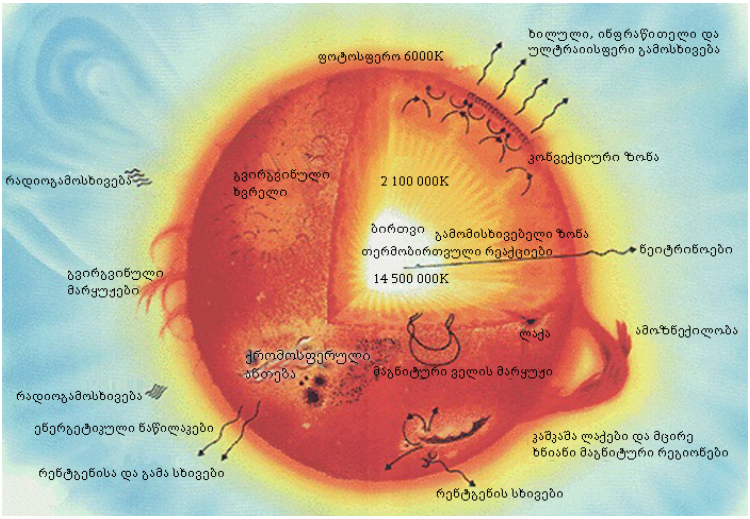
სურ. №4. მზის სისტემის კომპიუტერული მოდელი

დედამიწიდან მთვარემდე მანძილი შეადგენს 386 ათას კმ. ცნობილია 40 ათასი ცდომილი, ძირითადად, მარსისა და იუპიტერის ორბიტებს შორის.

მზის სისტემა ბრტყელი სისტემაა. თუ სამყაროს ჩრდილო პოლუსიდან დავხედავთ, მასში პლანეტებისა და მათი თანამგზავრების გარემოქცევა და ღერძული ბრუნვაც (ვენერას, ურანისა და ზოგი თანამგზავრის გარდა) ერთი მიმართულებითაა - საათის ისრის საწინააღმდეგოდ.

მზის სისტემაში შედის აგრეთვე მეტეორული ნივთიერებები და კოსმიური მტვერი, რომლის მოძრაობა განისაზღვ-

რება გრავიტაციული, მაგნიტური და სინათლის წნევის ძალებით.



სურ. №5. მზის აგებულება

მზის აგებულება შემდეგია:

ფოტოსფერო (სინათლის სფერო) - მზის თვალისმომჭრელი კაშკაშა ზედაპირი, საიდანაც ჩვენამდე მოდის მზის თითქმის მთელი ხილული გამოსხივება. დედამიწამდე აღწევს მზის ენერგიის 1/2 200 000 000 წილი, მისი სხივური ენერგიის 48%.

ქრომოსფერო - მზის ატმოსფეროს თვალით უხილავი ფენა, რომელიც ფოტოსფეროს ზემოთ მდებარეობს და გავრცობილია 15 ათას კმ-ზე.

გვირგვინი (კორონა) - მზის ატმოსფეროს ყველაზე გარე, ყველაზე გავრცობილი ფენა, მზის ქარების წყარო, ანუ გაზი, რომელიც მთელ მზის სისტემას მოეფინება.

1.3. დედამიწის აგებულება

თანამედროვე შეხედულებებით, რომელიც ეფუძნება ფიზიკის მიღწევებს, დედამიწა წარმოიქმნა 5,0 მილიარდი

წლის წინ, კოსმოსში გაფანტული აირულ-მტვრული ნივთიერებების გუნდების ურთიერთმიზიდვისა და შემჭიდროების შედეგად, ხოლო ქერქი - 4,5 მლრდ წლის წინ. ამ პროცესში მიმდინარეობდა მისი შემადგენელი ნივთიერებების დიფერენციაცია, რასაც ხელს უწყობდა დედამიწის გათბობა რადიოაქტიური ელემენტების დაშლისას გამოყოფილი ენერგიის ხარჯზე. ამის გამო, დედამიწას კონცენტრული აღნაგობა აქვს.

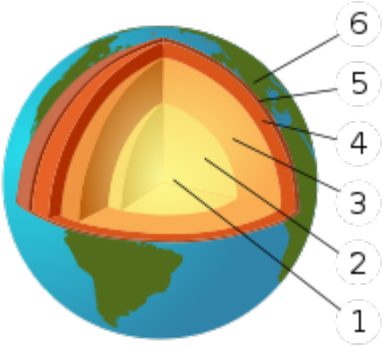
დედამიწას გააჩნია თავისი გრავიტაციული, მაგნიტური და ელექტრული ველები. გრავიტაციული ველი განაპირობებს მთვარისა და ხელოვნური თანამგზავრების ბრუნვას დედამიწის გარშემო, დედამიწის ფორმას, რელიეფს და სხვ.

დედამიწის **ბირთვს** გარს აკრავს **მანტია,** შემდეგ – **ქერქი,** რომელიც შედგება მანტიიდან გამოყოფილი მსუბუქი ნივთიერებებისაგან. ეს სამი გეოსფერო შეადგენს მყარ დედამიწას, რასაც გარს აკრავს დედამიწის ჰიდროსფერო.

დედამიწის დიამეტრი ტოლია 12800 კმ, ხოლო ეკვატორის სიგრძე – 40076 კმ.

დედამიწის ქერქი მყარი დედამიწის ზედა ნაწილია, იგი იყოფა ოკეანურ და კონტინენტალურ ნაწილებად. კონტინენტალური ქერქის აგებულებაში გამოიყოფა 3 შრე: დანალექი, გრანიტული და ბაზალტური. ოკეანური ქერქი, ძირითადად, ფუძე ქანებისაგან შედგება, რომელზეც ზემოდან განლაგებულია დანალექი ქანები.

დედამიწის ქერქი იყოფა ლითოსფეროს ფილებად, რომლებიც გადაადგილდებიან ერთმანეთის მიმართ: **ჩრდილოეთ ამერიკის** (ჩრდილოეთ ამერიკა, ჩრდილო-დასავლეთი ატლანტიკა და გრენლანდია), **სამხრეთ ამერიკის** (სამხრეთი ამერიკა და სამხრეთ-დასავლეთი ატლანტიკა), **ანტარქტიკის** (ანტარქტიკა), **ევრაზიული** (ჩრდილო-აღმოსავლეთი ატლანტიკა, ევროპა და აზია, ინდოეთის გარდა) **აფრიკის** (აფრიკა, ატლანტიკის სამხრეთ-აღმოსავლეთი და ინდოეთის ოკეანის დასავლეთი), **ინდოავსტრალიური** (ინდოეთი, ავსტრალია, ახალი ზელანდია და ინდოეთის ოკეანის უდიდესი ნაწილი), **ნასკას** (წყნარი ოკეანის სამხრეთი, რომელიც ეკვრის სამხრეთ ამერიკას) და **წყნარი ოკეანის** (წყნარი ოკეანის უდიდესი ნაწილი).



სურ. №6. დედამიწის აგებულება
(1-შიგაბირთვი, 2-გარებირთვი, 3-მანტიის ქვედა ნაწილი, 4-მანტის ზედა ნაწილი, რომელიც ქერქთან ერთად შეადგენს ლითოსფეროს, 5-მოხოროვიჩიჩის საზღვარი მანტიასა და ქერქს შორის, 6-ქერქი)

ზემოთჩამოთვლილის გარდა, არსებობს ოციოდე პატარა ფილა, რომელთა სისქე 60-დან 100 კილომეტრამდეა, მაგალითად, არაბეთის და ფილიპინების. ფილაქნების შედარებით მდგრად უბნებს წარმოადგენს კონტინენტები.

დედამიწის აგებულების შესახებ ინფორმაცია მიიღება გეოფიზიკური ხელსაწყოების საშუალებით, სეისმური მეთოდის გამოყენებით. ცნობილია, რომ სხვადასხვა გარემოში სეისმური ტალღების გავრცელების სიჩქარე განსხვავებულია და მათი მაჩვენებელი იმდენად მეტია, რაც უფრო მკვრივია ეს გარემო. დადგენილია, რომ დედამიწის სიღრმეში, როგორც გასწვრივი, ისე, განივი ტალღების მოძრაობის სიჩქარე განიცდის ცვლილებას, რომელიც სიჩქარის ზრდასთან ერთად ნახტომისებურია. ზედაპირიდან გასწვრივი და განივი ტალღების სიჩქარე ჯერ სწრაფად, შემდეგ კი შედარებით ნელი ტემპით მატულობს. 2900 კმ სიღრმეზე აკეთებს ნახტომს, რომელიც სიჩქარის მკვეთრ შემცირებაში გამოიხატება. შემდგომში, გასწვრივი ტალღების მოძრაობის სიჩქარე კვლავ მატულობს და 5000 კმ სიღრმეზე მეორე ნახტომს აკეთებს. შემდეგ იგი აღარ იცვლება.

სეისმური ტალღების გავრცელების ასეთი ხასიათი მკვლევარებს საფუძველს აძლევთ დედამიწა წარმოიდგინონ

როგორც კონცენტრული გარსებისაგან აგებული სფერო, რომელიც ზედაპირიდან სიღრმეში შემდეგი ნაწილებისაგან შედგება:

დედამიწის ბირთვი, რომელიც წარმოადგენს უაღრესად მკვრივ, გიგანტურ გარსს. მას გააჩნია სითხეებისათვის დამახასიათებელი თვისებები. გარსი იწყება 2900 კმ სიღრმიდან, სადაც გასწვრივი და განივი ტალღები მკვეთრ ნეხტომს აკეთებს. მეცნიერთა წარმოდგენებით, მისი შედგენილობა უნდა იყოს რკინა-ნიკელოვანი.

დედამიწის ბირთვს გარს აკრავს **მანტია**, მათ შორის საზღვარს, მისი აღმომჩენი მეცნიერის - **გუტენბერგის** სახელი ეწოდა. მანტიის ზედა შრე 400 კმ-დე ვრცელდება და ულტრაფუძე ქანებით (პერიდოდიტებით) უნდა იყოს წარმოდგენილი. ამ შრეს **ასტენოსფერო** ეწოდება, იგი შედგება შედარებით ნაკლები სიმკვრივის პლასტიკური, არამდგრადი ქანებისაგან, სადაც მიმდინარეობს აქტიური ტექტონიკური პროცესები.

უფრო ზევით მდებარეობს **ლითოსფეროს** შედარებით თხელი ფენა, რომლის ზედა ნაწილს წარმოადგენს დედამიწის ქერქი. მისი სიმძლავრე 5-დან 80 კმ-დე იცვლება. იგი მცირეა ოკეანეების ქვეშ, ხოლო მაქსიმუმს აღწევს კონტინენტის მთაგორიან ადგილებში. ქერქის ზედა ნაწილი აგებულია ზღვიური ნალექებით, მის ქვევით მდებარეობს გრანიტები, უფრო ღრმად - ბაზალტები.

დედამიწის თვითოეული გარსის შიგნით, სადაც იცვლება ნივთიერებების სიმკვრივე, მეცნიერებმა გაატარეს საზღვრები. ასე მაგალითად, ლითოსფეროში გამოიყოფა ორი ამგვარი საზღვარი, რომელთაც მიენიჭათ მათი აღმომჩენი მეცნიერების, გეოფიზიკოსების - **კონრადისა** და **მოხოროვიჩიჩის** სახელები.

მოხოროვოჩიჩის საზღვარი გატარებულია მანტიასა და ქერქს შორის დედამიწის ზედაპირიდან: 5 კმ-იდან (ოკეანის ფსკერი) - 30-80 კმ-დე (კონტინენტალური ნაწილი), საშუალოდ - 18 კმ სიღრმეზე, ხოლო კონრადის საზღვარი – გრანიტებსა და ბაზალტებს შორის, დაახლოებით 12 კმ-ის სიღრმეზე.

სეისმური მონაცემებით, კონრადის საზღვრის ზევით უნდა მდებარეობდეს გრანიტებისმაგვარი წყება: მარცვლოვანი

კრისტალური ქანები, რომლებიც შედგება კვარცის, კაჟის ჟანგეულების, მინდვრის შპატების და ქარსისაგან.

ამ საზღვრის ქვევით დალექილი წყება, სიმკვრივის მიხედვით უახლოვდება ბაზალტს - კრისტალურ, მძიმე ქანს, რომელიც არ შეიცავს კვარცს და უფრო მკვრივია, ვიდრე გრანიტი.

ეს მონაცემები, რა თქმა უნდა მიახლოებითია, მაგრამ გარკვეულ წარმოდგენას გვაძლევს დედამიწის აგებულების, ვერტიკალურ ჭრილში ქანების განლაგებისა და მათი სიმძლავრეების შესახებ.

სეისმური კვლევების საფუძველზე იყო მოლოდინი, რომ ოკეანის ფსკერზე, 4 კმ წყლის ფენის ქვეშ, 5 კმ-ის გაბურღვა საკმარისი იქნებოდა მანტიამდე მისაღწევად. აშშ-ს გეოლოგებმა მაიუს კუნძულზე, ჰავაიზე, შეძლეს მხოლოდ 3 კმ-ის გაბურღვა. მიუხედავად მცდელობისა, მანტიამდე გაბურღვა მარცხით დამთავრდა.

1.3.1. ზეღრმა ჭაბურღილი

1970 წელს საბჭოთა კავშირის გეოლოგების მიერ დაიწყო ზეღრმა ჭაბურღილის ბურღვა „ბალტიის კრისტალური ფარის" ფარგლებში, კოლის ნახევარკუნძულზე, ქ. ზაპოლიარნიედან 10 კმ მანძილზე, სადაც გაიბურღა 12262 მეტრი. ბურღვა შეწყდა 1995 წლის ივნისში ტექნიკური და ფინანსური პრობლემების გამო. მაგრამ აღმოჩნდა, რომ ამ რეგიონში არ მოხდა გრანიტების შეცვლა ბაზალტებით, არამედ, გრძელდებოდა კამბრიულამდელი ასაკის გრანიტების ერთი და იგივე წყება.

1665-1830 მეტრის ინტერვალში გაიხსნა სპილენძ-ნიკელის ბუდობი, 3 კმ-დან დაიწყო გრანიტები, 5 კმ-ზე ქანების ტემპერატურა გასცდა 70^0C, ხოლო 7 კმ-ზე - 120^0C. 6500-9400 მეტრის ინტერვალში გაიხსნა სპილენძის, ტყვიისა და ნიკელის შემცველი ქანები და მაღალმინერალიზებული წყლები, რომელიც შეიცავს ბრომს, იოდსა და მძიმე მეტალებს. ეს ქანები, ასევე შეიცავს წყალბადის, ჰელიუმისა და აზოტის შემცველ გაზებს.

9400 მეტრიდან დაიწყო ნიკელის, ოქროსა და პლატინის შემცველი ქანები. ოქროს შემცველობა შეადგენდა 78 გრ 1

ტონაზე, მაგრამ დიდი სიღრმის გამო, ოქროს სამრეწველო ათვისება არარეალურად ჩაითვალა.

11500 მეტრის სიღრმეში აღმოჩნდა მიწისქვეშა ხსნარებით დამუშავებული, დამსხვრეული, მინერალებით გამდიდრებული გრანიტები.

ბურღვა დამთავრდა 1995 წლის ივნისში ფინანსირების შეწყვეტის გამო. 12 კმ სიღრმის შემდეგ, ქანების დიდი ტემპერატურის გამო, დაიწყო ხშირი ავარიები, რომელიც იწვევდა სატეხის გალღობასა და ბაგირის გაწყვეტას.

კოლის ზეღრმა ჭაბურღილის საშუალებით განხორციელდა მრავალი სამეცნიერო აღმოჩენა და შეიცვალა წარმოდგენები დედამიწის ქერქის ლითოსფეროს ზედა ფენის აგებულების შესახებ:

1. დედამიწის ქერქი არ წარმოადგენს შრეებრივ ფენებს.
2. იმის ნაცვლად, რომ სიღრმესთან ერთად მომატებულიყო ქანების სიმკვრივე, სინამდვილეში, ქანები აღმოჩნდა ფორიანი და დანაპრალიანებული.
3. 6,7 კმ-ის სიღრმეზე ელოდნენ კირქვისა და კაჟმიწის ფენებს, მაგრამ აღმოჩნდა გაქვავებული, 24 სახეობის 2,8 მლრდ წლის ასაკის, წყალმცენარეებით წარმოდგენილი, ნახშირბად-აზოტიანი გრანიტები.
4. 6840 მეტრის სიღრმეზე დამთავრდა პროტეროზოული ერა და დაიწყო არქაული ერა.
5. 7 კმ-ის სიღრმეზე დაფიქსირდა 120^0C ტემპერატურა, ხოლო 12 კმ-ზე – 230^0C; ე.ი. აღმოჩნდა, რომ ტემპერატურის გრადიენტი შეადგენს 22^0C/1კმ-ზე, ნაცვლად 16^0C, როგორც ეს იყო მიღებული თეორიულად. სითბურ ნაკადს ჰქონდა რადიოგენული წარმოშობა.
6. გრანიტებში აღმოჩნდა მეთანის გაზი, ამ ფაქტმა შეცვალა არსებული წარმოდგენები ნავთობისა და გაზის წარმოშობის შესახებ, რომელიც უახლესი მონაცემებით, დაკავშირებული ყოფილა არა მხოლოდ დანალექ ქანებთან, არამედ - მაგმასთანაც.
7. მთვარიდან ჩამოტანილი გრუნტი აღმოჩნდა იდენტური გრუნტისა, რომელიც ამოღებულ იქნა 3 კმ-ის სიღრმიდან, ე.ი. სავსებით შესაძლებელია ჰიპოთეზა იმის შესახებ, რომ მთვარე ოდესღაც იყო დედამიწის ნაწილი.

დედამიწის განვითარების ისტორიის და მისი აგებულების შესწავლას უდიდესი მნიშვნელობა აქვს მეცნიერებისათვის, რადგან იგი საშუალებას აძლევს ადამიანებს არა მარტო შეიცნონ მეცნიერების ახალი სიმაღლეები, არამედ დაიძიონ და აღმოაჩინონ სასარგებლო წიაღისეულის ახალი საბადოები და გამოიყენონ ისინი რაციონალურად, ბუნებრივი პირობების უმნიშვნელო დანაკარგებით.

1.4. ატმოსფერო და ჰიდროსფერო

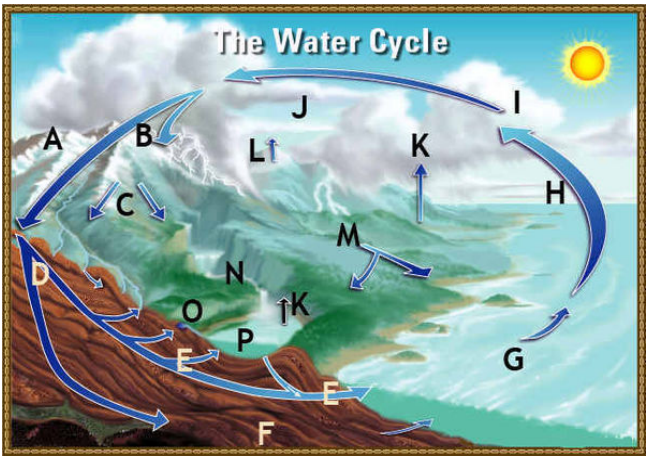
დედამიწის გარე, არამყარი გეოსფეროებია: ატმოსფერო და ჰიდროსფერო, რომლებიც წარმოიშვა დედამიწის წიაღიდან ამოსული ორთქლისა და სხვა აირებისაგან.

ჰიდროსფეროს საერთო მოცულობის 94% მოქცეულია ოკეანეებსა და ზღვებში. ოკეანე წარმოადგენს დედამიწის წყლის გარსის ძირითად ნაწილს, იგი ასრულებს მთავარ როლს დედამიწაზე წყლის წრებრუნვაში. ოკეანეთა ზედაპირიდან ყოველწლიურად ორთქლდება $3{,}35 \times 10^{14}$ კუბ. მეტრი წყალი, მათგან 90% უკან უბრუნდება, ხოლო 10% მოდის ხმელეთზე. 3% - მიწისქვეშა წყალია, 2% - ყინული და თოვლი, 0,4% - ხმელეთის ზედაპირული წყლები, ხოლო უმნიშვნელო რაოდენობა - ატმოსფეროსა და ორგანი.ხმებშია (იხ. სურ. №6. წყლის წრებრუნვა).

ატმოსფერო შედგება: ტროპოსფეროსაგან (8-18 კმ), სტრატოსფეროსაგან (55-60 კმ-დე), მეზოსფეროსაგან (80-85 კმ-დე), თერმოსფეროსაგან (80-1000 კმ-დე) და ეგზოსფეროსაგან.

ტროპოსფეროში თავმოყრილია ატმოსფერული ჰაერის მასის 8/10. იგი მუდმივად შეიცავს 4-დან 0,5%-დე წყლის ორთქლს. ტროპოსფერო მთლიანად ატარებს მზის მოკლეტალღოვან რადიაციას და აკავებს დედამიწის გრძელტალღოვან თბურ გამოსხივებას. ამის გამო, ტროპოსფეროს მიწისპირა შრე ხურდება დედამიწის ზედაპირისაგან, რომლის სიდიდე დამოკიდებულია გეოგრაფიული გრძედისაგან: ეკვატორისაკენ - ძლიერად და პოლუსებისაკენ - სუსტად. ე.ი. ტროპოსფეროს გათბობის ძირითად წყაროს წარმოადგენს დედამიწის ეკვატორი. ამის გამო, ტროპოსფეროს ტემ-

პერატურა ზევით, თითოეულ კილომეტრზე მცირდება 5^0C-ით.



სურ. №7. წყლის წრებრუნვა

სტრატოსფერო არ შეიცავს წყლის წვეთებს. აქ გავრცელებულია ოზონის შრე. ოზონი ცისფერი გაზია, იგი ჟანგბადზე 1,5-ჯერ მძიმეა. ოზონი შთანთქავს მზის მოკლეტალღოვანი რადიაციის დიდ ნაწილს, ძირითადად, ულტრაიისფერ სხივებს. ამის გამო, სტრატოსფერო ქვევიდან ზევით თბება და 55-60 კმ-ზე მისი ტემპერატურა შეადგენს: ზამთარში მინუს 10-5^0C-ს, ხოლო ზაფხულში – 0-დან +15^0C-ს.

მეზოსფეროში ტემპერატურა მკვეთრად ეცემა: ზაფხულში მინუს 80^0C-დე, ზამთარში – მინუს 100^0C-დე.

თერმოსფეროში ქვევიდან ზევით ტემპერატურა იზრდება 5^0C-ით 1 კმ-ზე და ზედა საზღვართან აღწევს 2000^0C. მაგრამ იმის გამო, რომ თერმოსფეროს სიმკვრივე ათეულ მილიონჯერ ნაკლებია დედამიწისპირა ფენების სიმკვრივეზე, ნებისმიერი სხეული არ ცხელდება ხახუნის შედეგად მოძრაობის კოსმოსური სიჩქარეების შემთხვევაშიც კი. თერმოსფეროში 100-130 კმ/სთ სიჩქარით შემოჭრილი მეტეორები არ ხურდება. მეტეორები ხურდება და იწვის მეზოსფეროში, სადაც ჰაერი ასეულ და ათასეულჯერ უფრო მკვრივია, ვიდრე თერმოსფეროში.

ეგზოსფერო ვრცელდება ათასეულ კილომეტრებზე, სადაც კინეტიკური ტემპერატურა იზრდება 1^0ჩ-ით ყოველ 1 კმ-ზე. ეს სფერო თანდათან გადადის პლანეტთშორის სივრცეში.

ღედამიწის ზედაპირთან მშრალ ჰაერში შედის: აზოტი - 78,08%, ჟანგბადი - 20,95%, არგონი - 0,93%, ნახშირორჟანგი - 0,03%, დანარჩენი აირები - 0,1%.

90-100 კმ სიმაღლემდე ჰაერის შემადგენელი კომპონენტების შეფარდება არ იცვლება, ამ სფეროს **ჰომოსფერო** ეწოდება.

ატმოსფერო შეიცავს (1,3-1,5)x10^{16} კგ წყალს, მისი მთავარი მასა ტროპოსფეროშია და მკვეთრად კლებულობს ზემოთ.

ტროპოსფეროს ზედა საზღვართან და სტრატოსფეროში მატულობს ოზონის შემცველობა (მაქსიმალურია – 21-25 კმ-ზე), 40 კმ-დან იზრდება ატომური ჟანგბადის რაოდენობა.

200 კმ-ღე ჰაერის ძირითადი შემადგენელი ნაწილია აზოტი, შემდეგ - ატომური ჟანგბადი, 600 კმ-დან - ჰელიუმი, ხოლო 2000 კმ-ზე მაღლა - წყალბადი, რომელიც ღედამიწის ირგვლივ ქმნის ე.წ. **წყალბადოვან გვირგვინს**.

ატმოსფეროს გავლით ღედამიწა იღებს მზის ელექტრომაგნიტურ გამოსხივებას. ინფრაწითელი დიაპაზონის გამოსხივებას უმთავრესად შთანთქავს ტროპოსფეროსა და სტრატოსფეროს წყლის ორთქლი და ნახშირორჟანგი, ხოლო ულტრაიისფერ გამოსხივებას - ოზონი 15-დან 60 კმ-ღე სიმაღლეზე.

ატმოსფერო აკავებს კოსმიური სხივების ნაწილსა და მეტეორიტების უმრავლესობას.

მსოფლიო ოკეანეს უკავია 361,1 მლნ $კმ^2$, იგი შეადგენს ღედამიწის 70,8%. ხმელეთს უკავია - 149,1 მლნ $კმ^2$, ღედამიწის - 29,2%, რომელიც დანაწილებულია 6 კონტინენტად: ევრაზია, აფრიკა, ჩრდილოეთი ამერიკა, სამხრეთი ამერიკა, ანტარქტიდა და ავსტრალია.

ოკეანის საშუალო სიღრმეა 3800 მეტრი. ხოლო მარიანას ღარის (წყნარ ოკეანეში) სიღრმე - 11034 მეტრი. იგი წარმოადგენს 1500 კმ სიგრძის წყალქვეშა ხეობას.

1960 წელს შვეიცარელი მეცნიერის პიკარის ხელმძღვანელობით, მარიანას ღარში ჩაეშვა ბატისკაფი „ტრიესტი".

ექსპედიციამ დაადგინა, რომ წყლის წნევა ღრმულში შეადგენს 1183 კმ/კვ.მ-ზე, ხოლო ტემპერატურა - 3^0ჩ.

მსოფლიო ოკეანის დიდი ნაწილი მდებარეობს დედამიწის სამხრეთ ნახევარსფეროში. იგი კონტინენტების საშუალებით იყოფა 4 რეგიონალურ, ერთმანეთთან დაკავშირებულ ოკეანეებად.

ჰიდროსფერო ახდენს მზის ენერგიის აკუმულაციას და ასრულებს დედამიწის ზედაპირის თერმული რეჟიმის რეგულიატორის როლს. ჰიდროსფეროს ზედა 1 სმ ფენა შთანთქავს მასზე მოხვედრილი მზის თბური ენერგიის 94%-ს. მაგრამ წყალი ქარის ზემოქმედებით გადანაწილდება 20-100 მეტრის სიღრმემდე, რის გამოც, წყლის ტემპერატურა ამ სიღრმემდე გარკვეულწილად თანაბრდება.

მსოფლიო ოკეანეში გვხვდება თბილი და ცივი დინებები, რომელთაც დიდ მანძილებზე გადააქვთ წყლის მასები. ატლანტისა და წყნარი ოკეანეებიდან ჩრდილოეთ ყინულ-ოვან ოკეანეში ყოველწლიურად გადაადგილდება 190 ათასი $კმ^3$ თბილი წყალი და იგივე რაოდენობის ცივი წყლები მიემართება პირიქით. ცივი და თბილი ოკეანური დინებები გავლენას ახდენს არა მარტო ცალკეული კონტინენტებისა და ქვეყნების, არამედ მთელი პლანეტის კლიმატის ფორმირებაზე.

გოლფსტრიმის თბილი დინება ათბობს ჩრდილო ამერიკისა და ევროპის ჩრდილო-დასავლეთ სანაპიროებს. მისი მაქსიმალური სიგანეა - 640 კმ (ნიუფაუნდლენდის კუნძულებთან), საშუალო სიღრმე - 320 მეტრი. გოლფსტრიმს „ევროპის ღუმელსაც" უწოდებენ.

მეცნიერებმა დაადგინეს, რომ გოლფსტრიმზე უფრო დიდი ოკეანური დინება ანტარქტიკული, ანუ დასავლეთ ქარების დინებაა, რომელიც გარს უვლის ანტარქტიკას. მისი სიგრძე 30 ათასი კმ, სიღრმე – 2,0-4,5 კმ, ხოლო დინების სიჩქარე - 3,5 კმ/სთ ტოლია. ანტარქტიკულ დინებას 240 მლნ კუბ. კმ-ზე მეტი წყალი გადააქვს. ეს დინება ციკლონების, ანტიციკლონებისა და ატმოსფერული ნალექების წარმოქმნის მნიშვნელოვანი წყაროა და დიდ გავლენას ახდენს ამინდის ჩამოყალიბების პროცესზე დედამიწაზე და განსაკუთრებით, მის სამხრეთ ნახევარსფეროზე.

1.5. კოსმოსი და მისი შესწავლის ისტორია

კოსმოსი ბერძნული სიტყვაა და ნიშნავს წესრიგს, მსოფლიოს, სამყაროს. თანამედროვე გაგებით კოსმოსი მეტაგალაქტიკის მთელი სივრცეა, მასში მოქცეული სხეულებით.

აშშ-სა და სსრკ-ს მიერ კოსმოსის ათვისების ქრონოლოგია (1957-1978 წლები):

04.10.1957 - „სპუტნიკი”	01.02.1958 - „ექსპლორერი”
02.01.1959 – „ლუნა-1, მზის ხელოვნური თანამგზავრი	03.03.1959 - მზის ხელოვნური თანამგზავრი
12.04.1961 – იური გაგარინი	08.05.1961 – ა. შეპარდი
06.08.1961 – გ. ტიტოვი	21.07.1961 – ვ. გრისომი
11.08.1962 – ა. ნიკოლაევი	20.02.1962 – ჯ. გლენი
	23.04.1962 – „რეინჯერი”, მთვარის სურათი
12.08.1962 – პ.პოპოვიჩი	24.05.1962 – მ. კარპინტერი
	27.08.1962 - „მარინერ” – ვენერას შესწავლის მიზნით
14.06.1963 – ვ. ბიკოვსკი	03.10.1962 – უ. შირა
	01.11.19 62 - „მარს-1”, მარსის შესწავლის მიზნით
16.06.1963 – ვ. ნიკოლაევა-ტერეშკოვა	15.07. 1963 – გ. კუპერი
	28.11.1964 - „მარინერ-4” - მარსის შესწავლის მიზნით
18.03.1965 – ა. ლეონოვი გავიდა კოსმოსში	
16.11.1965 - „ვენერა-3”, მიაღწია ვენერას ზედაპირს 01.03.1966	
31.01.1966 - „ლუნა-9” – პირველად დაეშვა მთვარეზე	
31.03.1966 – „ლუნა-10” 1 მთვარის ხელოვნური თანამგზავრი	
12.06.1967 - „ვენერა-4”, დაეშვა ვენერაზე	
	16.07.69 - „აპოლონ-11”, არმსტრონგი, ოლდრინი- მთვარეზე, კოლინზი -

	რაკეტაში
12.11.1970 - „ლუნა-16”, ბურღვა მთვარეზე	14.11.1969 - „აპოლონ-12”, კონრადი და ბინი – მთვარეზე, გორდონი – რაკეტაში
10.11.1970 - „ლუნოხოდ-17’, გაიარა 10,5 კმ მთვარეზე	
12.11.1970 - „ლუნა-16”, ბურღვა მთვარეზე	
	31.01.1971 - „აპოლონ-14”, შეპარდი, მიჩელი – მთვარეზე, რუსა – რაკეტაში
	19.05.1971 - „მარს-2”, მიაღწია მარსის ზედაპირს
	26.07.1971 - „აპოლონ-15”, სკოტი, ირვინი – მთვარეზე, უორდენი – რაკეტაში
03.03.1972 - „პიონერ-10”, ჩაუფრინა იუპიტერს	
	16.04.1972 - „აპოლონ-16”, იანგი, დიუკი – მთვარეზე, მეტონელი – რაკეტაში
	07.12.1972 - „აპოლონ-17”, სერნანი, შმიტი – მთვარეზე
08.01.1973 - „ლუნა-21”, ლუნოხოდმა გაიარა 37 კმ, დაჰყო მთვარეზე 5 დღე-ღამე	
1974 – რაკეტა იუპიტერის ორბიტაში	
1979 – რაკეტა სატურნის ორბიტაში	
08.06.1975 „ვენერა-9” რბილად დაეშვა ვენერაზე	
14.06.1975 - „ვენერა-10” რბილად დაეშვა ვენერაზე	20.08.1975 - „ვიკინგ-1 დაეშვა მარსზე
	09.09.1975 - ვიკინგ-2 დაეშვა მარსზე
09.09.1978 - „ვენერა-11” რბილად დაეშვა ვენერაზე	1977 - „ვოიაჯერ-1” და „ვოიაჯერ-2”
.14.09.1978 - „ვენერა-12”რბილად დაეშვა ვენერაზე	

1961 წლის 12 აპრილს იური გაგარინი პირველი ადამიანი იყო, რომელიც გავიდა კოსმოსში, როდესაც მან რადიო კავშირი დაამყარა დედამიწასთან, ასეთი ფრაზა წარმოთქვა: „გაუმარჯოს მთელ კაცობრიობას და ანა მანიანს". ეს არ ესიამოვნათ კრემლში.

ნილ არმსტრონგი პირველი ადამიანი იყო, რომელმაც 1969 წლის 16 ივლისს ფეხი დაადგა მთავარეზე, ოლდრინი – მეორე, ხოლო კოლინზი იმყოფებოდა რაკეტაში. „Good luck mr. Gorsky" (წარმატებები მისტერ გორსკი), იყო მისი პირველი ფრაზა. მთელი ამერიკა იმტვრევდა თავს, თუ რას ნიშნავდა ეს მიმართვა მისტერ გორსკისადმი. ნილ არმსტრონგმა არ გაშიფრა მის მიერ ნათქვამი ფრაზის შინაარსი, იქამდე, ვიდრე გორსკი ცოცხალი იყო.

ნილ არმსტრონგის შემდეგი სიტყვები იყო: „ეს პატარა ნაბიჯი ადამიანისათვის, არის დიდი ნახტომი კაცობრიობისათვის".

1977 წელს, აშშ-ს აერონავტიკისა და კოსმოსის ეროვნულმა ადმინისტრაციამ (NASA) ღია კოსმოსში გაუშვა 2 შორსმფრენი კოსმიური ხომალდი - „ვოიაჯერ-1" და „ვოიაჯერ-2". ორივე ხომალდი ამჟამად მზის სისტემის საზღვრებსაა გაცდენილი და ვარსკვლავთშორის სივრცეს დაახლოებით 60 ათასი კმ/სთ სიჩქარით უახლოვდება. „ვოიაჯერ-1"-ს 17 მლრდ კმ, ხოლო „ვოიაჯერ-2"-ს – 14 მლრდ კმ აქვს გავლილი.

„ვოიაჯერ-1"-მა 1979 და 1980 წლებში გადაიღო ნეპტუნისა და სატურნის, ასევე, სატურნის სარტყლის ფოტოები. „ვოიაჯერ-2"-მა იუპიტერის (1979 წ.), სატურნის (1980 წ.), ურანის (1986 წ.) და ნეპტუნის (1989 წ.) ფოტოები გადმოუგზავნა ნასას მართვის ცენტრს.

ამჟამად, კოსმიური აპარატები იმყოფება ე.წ. „მკვდარ ზონაში" - **ჰელიომიტში,** სადაც ყოველ 3 თვეში გარემოს სკანირებას ჩაატარებენ. სკანირება საჭიროა იმისთვის, რომ დადგინდეს, თუ როდის გასცდებიან ისინი მზის სისტემას. მეცნიერები ვარაუდობენ, რომ რამდენიმე წელიწადში „ვოიაჯერ-1" გავა თავისუფალ სივრცეში, რის შემდეგ, იგი „ვარსკვლავთშორისმფრენად" გადაიქცევა.

მას შემდეგ, რაც ხომალდები ჰელიოსფეროს გასცდება, ისინი მოხვდებიან 5-10 მილიონი წლის წინ აფეთქებულ ვარსკვლავების ღრუბელში.

NASA იმედოვნებს, რომ ორივე ხომალდზე კონტროლს 2025 წლამდე შეინარჩუნებს, ამ დროისათვის ამოიწურება მათი ბირთვული ელემენტების მარაგი, რის გამოც, „ვოიაჯერები" უკონტროლოები გახდება, თუმცა ფრენას დაახლოებით მილიარდი წლის განმავლობაში გააგრძელებენ.

მეცნიერები ვარაუდობენ, რომ „ვოიაჯერ-1" ვარსკვლავ AC+79-ს მიაღწევს 40 ათასი წლის შემდეგ. „ვოიაჯერ-2" მიფრინავს ვარსკვლავ სირიუსისაკენ და მის სისტემას მიაღწევს დაახლოებით 296 ათასი წლის შემდეგ.

ამჟამად, სინათლის სხივს 13 საათი დაჭირდება რომ მიაღწიოს „ვოიაჯერ-2"-დე, ხოლო 16 საათი „ვოიაჯერ-1"-დე. შედარებისათვის, მარსამდე სიგნალის მიღწევას 10 წუთი დაჭირდება.

„ვოიაჯერების" აღჭურვილობის ერთ-ერთი მთავარი დეტალი ალუმინის ოქროს ფენით დაფარული ფირფიტებია, რომლებზეც ჩვენი პლანეტის ხმებია ჩაწერილი: მისალმება 50 ენაზე (მათ შორის ქართულ ენაზე), ცხოველების ხმები და სიმღერები (მათ შორის ქართული „ჩაკრულო", რომელიც შერჩეულ იქნა მსოფლიოში ცნობილ ფოლკლორისტების მიერ), ასევე, ფოტოები და ჩვენი მზის სისტემის კოორდინატები; ფირფიტებზე, ასევე, გამოსახულია მისი გამოყენების სქემა.

თავი 2

ბიოსფერო და ანთროპოგენური ზემოქმედება გარემოზე

2.1. ბიოსფეროს არსი

ჰიდროსფეროს, ატმოსფეროს ქვედა და დედამიწის ქერქის ზედა ფენებს ლანდშაფტურ ანუ გეოგრაფიულ გარსს უწოდებენ, რომელიც წარმოადგენს სიცოცხლის არეს, ანუ ბიოსფეროს.

ბიოსფეროს არსი პირველად შემოიტანა და განმარტა ფრანგმა მეცნიერმა ლამარკმა, ხოლო 1926 წელს რუსმა მეცნიერმა ვ.ი. ვერნადსკიმ წარმოადგინა ამ პრობლემის სისტემატიზაცია და საფუძვლად დაუდო ეკოლოგიის მეცნიერებას.

ბიოსფერო არის რთული, ისტორიულად ჩამოყალიბებული, დინამიურ წონასწორობაში მყოფი ცოცხალი და უძრავი ნივთიერების ერთობლიობა, რომელშიც ცოცხალი ნივთიერება წარმოადგენს აქტიურ, მუდმივმოქმედ, მუდმივგანვითარებად ელემენტს და რომელიც ამავდროულად გარდაქმნის ამ გარემოს თავისი სიცოცხლის მოთხოვნილების შესაბამისად.

ბიოსფერო პლანეტის ის ნაწილია, სადაც სრულადაა წარმოდგენილი მოძრაობის ფორმებისა და სტრუქტურის ელემენტები: ფიზიკური, ქიმიური და ბიოლოგიური.

ცოცხალი სამყარო, ჰიდროსფერო, ლითოსფერო და ტროპოსფერო იმყოფება მუდმივ ურთიერთქმედებასა და ურთიერთდამოკიდებულებაში. ბიოსფეროს ყველა სტრუქტურის ურთიერთქმედება განსაზღვრავს მყარი, თანაბარშეწონილი და დინამიური სისტემების ორგანიზებულობას.

ბიოსფერო და მისი კომპონენტები წარმოადგენს დასრულებულ სისტემას მისი ნაწილების ჩამოყალიბებული თვითმარეგულირებელი მექანიზმებით. რადგან თითოეული კომპონენტი ისტორიულად წარმოიშვა და ფორმირდებოდა მთლიან საზღვრებში, ამიტომ მისი სტრუქტურული მდგომარეობა და ფუნქციონალური როლი სისტემაში არ არის შემთხვევითი.

ბიოსფეროსა და მის კომპონენტებს ერთიან სისტემაში გარკვეული მდგომარეობა უჭირავთ როგორც თავიანთი თავის, ასევე სხვა ნაწილების მიმართ. სისტემის ნებისმიერი კომპონენტის მნიშვნელოვანი ცვლილება ადრე თუ გვიან აისახება დანარჩენ კომპონენტებზე და გავლენას ახდენს მათ ცვლილებებზე. ამის შედეგად მიიღწევა ბიოსფეროს თვითრეგულირება და კანონზომიერი განვითარება დროში.

ბიოსფერო გავრცელებულია:

1) ატმოსფეროში, რომელიც წარმოადგენს ჩვენი პლანეტის პერიფერიულ სივრცეს;

2) ჰიდროსფეროში, რომელიც წარმოადგენს დედამიწის წყლის სივრცეს და რომელსაც უჭირავს მისი 7/10 ნაწილი;

3) ლითოსფეროში, რომელიც წარმოადგენს დედამიწის ყველაზე ზედა ფენას.

ბიოსფეროსთვის დამახასიათებელია შემდეგი პირობები: წყალი არის ყველგან და ყოველთვის და მზის რადიაცია, რომელიც წარმოადგენს ენერგიის ერთადერთ წყაროს.

ამ ეგზოგენური ენერგიის წყალობით მცენარეები და ცხოველები გამოიმუშავებენ იმ ორგანულ ნივთიერებებს, რომლებსაც იყენებენ ქიმიური, მექანიკური, ოსმოსური და სხვა ენერგიის მისაღებად და რომლებიც აუცილებელია მათი ზრდის, კვლავწარმოქმნისა და ფუნქციონალური ურთიერთდამოკიდებულებისათვის.

ბიოსფერო დაცულია მოკლეტალღოვანი გამოსხივების დამღუპველი მოქმედებისაგან. დედამიწის ზედაპირამდე მზის გამოსხივების მხოლოდ 48% აღწევს. ატმოსფერო რომ არ იყოს, დედამიწის ზედაპირის საშუალო ტემპერატურა 23^0C იქნებოდა (სინამდვილეში $14,8^0$C-ია).

2.2. ბიოსფეროს განვითარების ისტორია

ბიოსფეროს გეოლოგიური ისტორია მოიცავს 3 მილიარდ წელს. ამ ხნის განმავლობაში ცოცხალი ორგანიზმები ვითარდებოდნენ და სხვადასხვა ფორმით განიცდიდნენ ადაპტაციას გარემოს სხვადასხვა პირობებში. მაგალითად, სოკოს სპორები ტენიან გარემოში იტანენ $+120^0$C, ხოლო მშრალ მდგომარეობაში $+180^0$C-დე. ზოგიერთი ერთუჯრედიანი წყალმცენარე და ბაქტერიები მრავლდებიან თერმულ

წყაროებში 75-დან 100^{0}C-დე, სხვები პირიქით - მინუს 6-7^{0}C-ზე.

ატმოსფეროში სიცოცხლე ძირითადად გავრცელებულია დედამიწიდან 100 მ სიმაღლემდე, მაგრამ ზოგიერთი ორგანიზმი ახერხებს, რომ ავიდეს რამდენიმე კილომეტრის სიმაღლეზე. მაგალითად, სამხრეთ ამერიკის კონდორი შემჩნეული იყო 7 კმ-ზე, ხოლო ჩვეულებრივი ბუგრი (მცენარის ტილი) - 8-8,5 კმ-ზე.

ჰიდროსფერო მთლიანადაა ათვისებული ცოცხალი ორგანიზმების მიერ, განსაკუთრებით 100-200 მ სიღრმემდე, სადაც აღწევს მზის სხივები და ცხოვრობენ მაფოტოსინთეზირებელი ორგანიზმები. უფრო ღრმად ცხოვრობენ მხოლოდ მაჰემოსინთეზირებელი ბაქტერიები და ჰეტეროტროფული ცხოველური ორგანიზმები, ზოგიერთი მათგანი - 11 კმ-ის სიღრმეზე, სადაც წნევა 1100 ატმოსფეროს აღწევს.

ლითოსფეროში ორგანიზმები ძირითადად ცხოვრობენ რამდენიმე ათეული სანტიმეტრის სიღრმემდე. მაგრამ არის შემთხვევები, როცა ცოცხალი ორგანიზმები ბინადრობენ რამდენიმე ათეული მეტრის სიღრმეში. მაგალითად, მღვიმეებში ცხოვრობს ე.წ. სპელეოფაუნა - კიბოსმაგვარნი, მწერები, მრავალფეხიანები, ობობისმაგვარნი, მოლუსკები, მატლები, ხერხემლიანები და ა.შ. რაც შეეხება უმარტივეს ორგანიზმებს - ანაერობულ ბაქტერიებს, მათი არსებობა დაფიქსირებულია მიწისქვეშა წყალშემცველ და ნავთობშემცველ ჰორიზონტებში 3-5 კმ-ის სიღრმეზე.

მსოფლიოში უღრმესი „კრუბერის მღვიმე" აღმოჩენილ იქნა 1960 წელს, გაგრის რაიონში, არაბიკის მასივზე, ბერჭილის ქედზე, ორთობალაგანის აღმოსავლეთი ხეობის ზემო წელში. მღვიმე განვითარებულია ქვედაცარცული ასაკის კირქვებში. მღვიმის შესასვლელი მდებარეობს ზღვის დონიდან 2320 მეტრზე, ხოლო სიღრმე შეადგენს 2190 მეტრს. მღვიმეში მოძრაობს წყლის ნაკადები, რომლებიც კვებავს მსოფლიოში ერთ-ერთ უმოკლეს მდინარეს რეპრუას, გარდა ამისა, მღვიმეში არის პატარა ტბები. მღვიმეს სახელი ეწოდა რუსი გეოგრაფის, სპელეოლოგის, კარსტების მკვლევარის ა. კრუბერის პატივსაცემად. 2007 წელს, უკრაინელი სამოხინი ჩავიდა 2091 მეტრის სიღრმეზე.

ზემოთქმულიდან გამომდინარე, ბიოსფეროს ცოცხალი ორგანიზმები გავრცელებულნი არიან ატმოსფეროსა და ლითოსფეროში 7-8 კმ სიმაღლიდან 3-5 კმ სიღრმემდე და 10-11 კმ-დე - ჰიდროსფეროში.

მეცნიერები ვარაუდობენ, რომ დედამიწაზე პირველი ცოცხალი ორგანიზმების ჩასახვა მოხდა ჰიდროსფეროს არაღრმა უბნების ფსკერზე, სადაც აღწევდა მზის სხივები, სითბო და ვერ აღწევდა ულტრაიისფერი სხივები. ასეთი პირობებია ტროპიკული სარტყელის მახლობლად.

უმარტივესი ანაერობული (რომელთაც არ გააჩნიათ მოთხოვნილება თავისუფალი ჟანგბადის მიმართ) და მაჰემოსინთეზირებელი ორგანიზმები დღესაც არსებობენ. მაგალითად, უფერო გოგირდის ბაქტერიები, რომლებიც გოგირდწყალბადს გარდაქმნიან გოგირდად, ან გოგირდს გოგირდმჟავად; წყალბადის ბაქტერიები, რომლებიც ასინთეზირებენ წყალს წყალბადიდან და ჟანგბადიდან; რკინის ბაქტერიები, რომლებიც გარდაქმნიან რკინის ქვეჟანგს რკინის ჟანგად და სხვ. ყველა შემთხვევაში მინერალური ნივთიერებებიდან ორგანული ნივთიერების ჰემოსინთეზი მიმდინარეობს ანაერობული ბაქტერიების მიერ ნახშირორჟანგის გაზის გამოყენებით.

ცოცხალ ნივთიერებაში მზის რადიაციის ზემოქმედების შედეგად წარმოიქმნა ქლოროფილური „ლაბორატორიები", სადაც ხდება მზის სხივური ენერგიის გარდაქმნა ბიოქიმიურ ენერგიად, ეს პროცესი მიმდინარეობს არაორგანულიდან ორგანული ნივთიერების სინთეზირებით. ამ მოვლენას ეწოდა **ფოტოსინთეზი**.

მცენარეებში ფოტოსინთეზი მიმდინარეობს შემდეგი ფორმულის მიხედვით: $6CO_2+6H_2O=C_6H_{12}O_6+6O_2$.

ფოტოსინთეზის პროცესში, მზის სხივური ენერგიის დახმარებით, ქლოროფილის მიერ შთანთქმული ნახშირორჟანგის გაზიდან და წყლიდან სინთეზირდება ნახშირწყლები და გამოიყოფა გლუკოზა და თავისუფალი ჟანგბადი.

ფოტოსინთეზის რეაქციას ახასიათებს 2 ფაზა: სინათლისა და სიბნელის. სინათლის ფაზაში წყლის მოლეკულის დაშლის შედეგად წარმოიქმნება მოლეკულური ჟანგბადი და ატომური წყალბადი და მიმდინარეობს ატფ-ს (ადენოზი-

ნტრიფოსფორმჟავა) სინთეზი. სიბნელის ფაზაში ნახშირბადის ოქსიდისა და წყლისაგან წარმოიქმნება ნახშირწყლები.

ამგვარად, სამი მილიარდი წლის განმავლობაში ცოცხალი ნივთიერება აქტიურად გარდაქმნიდა დედამიწის ატმოსფეროს, იღებდა მისგან ნახშირორჟანგს და სამაგიეროდ გამოჰყოფდა თავისუფალ ჟანგბადს. შედეგად, ატმოსფეროში ნახშირბადის ორჟანგის რაოდენობა შემცირდა 0,03%-დე, ხოლო თავისუფალი ჟანგბადის რაოდენობა გაიზარდა 21%-დე, ანუ 1000-ჯერ.

გლუკოზის ნაწილი მცენარეების მიერ გამოიყენება სუნთქვისათვის, დანარჩენი – მცირე ზომის მოლეკულების დიდი ზომის მოლეკულებად გარდაქმნისათვის. ჭარბი გლუკოზა გარდაიქმნება უხსნად სახამებლად, შაქარი – ცელულოზად და ლიპიდებად, რომლებიც მცენარის თესლებში სამარაგო ნივთიერებების სახით გროვდება.

ნიადაგიდან მცენარე ღებულობს ნიტრატებს ცილების წარმოქმნისათვის, ხოლო ფოსფატებსა და კალიუმს იყენებს ფოტოსინთეზისა და სუნთქვისათვის.

ამჟამად, დედამიწაზე გვხვდება მცენარეებისა და ცხოველების 2 მლნ-დე სახეობა, მათ შორის ცხოველები - 1,5 მლნ-დე. მცენარეთაგან სახეობათა რაოდენობის მიხედვით პირველ ადგილზეა ფარულთესლოვნები - 300 ათასამდე, მეორეზე – სოკოები - 100 ათასამდე. ცხოველთა შორის სახეობათა რაოდენობის მიხედვით პირველ ადგილზეა მწერები - 1 მლნ-დე, მეორეზე - მოლუსკები - 100 ათასამდე, შემდეგ – ხერხემლიანები - 50 ათასამდე.

თანამედროვე ეკოლოგია სწავლობს ურთიერთდამოკიდებულებას ადამიანსა და ბიოსფეროს შორის, ასევე ტექნოსფეროსა და მის გარემომცველ ბუნებრივ გარემოს შორის.

ატმოსფეროსთან შედარებით ბიოსფერო გამოიყურება როგორც თხელი ზედაპირული შრე, რომლის სისქე შეადგენს რამდენიმე კილომეტრს. მიუხედავად ამისა, იგი წარმოადგენს რთულ სისტემას.

სამი მილიარდ წელზე მეტ ხნის განმავლობაში, ცოცხალი ორგანიზმების გარემოს მინერალურ ელემენტებთან მუდმივი ურთიერთქმედების წყალობით, ლითოსფერო, ჰიდროსფერო და ატმოსფერო ჩამოყალიბდა თანამედროვე სახით.

ცოცხალი ორგანიზმების ზეგავლენის პროდუქტს წარმოადგენს მძლავრი ორგანულ-მინერალური ნალექები (ჰუმუსი), რომლებიც დაგროვდა მთელი ამ პერიოდის განმავლობაში. მაგალითად, კირქვისა და ცარცის კილომეტრზე მეტი სიმძლავრის შრეები წარმოადგენს ზღვის მიკროორგანიზმების ჩონჩხის კალციუმის კარბონატს, რომელიც დაილექა ოკეანეთა ფსკერზე 70 მლნ წლის წინ.

თანამედროვე ატმოსფერო ადრეულ ხანაში შეიცავდა ნახშირორჟანგის გაზს, მეთანსა და აზოტის შენაერთებს და მხოლოდ 0,1% ჟანგბადს. ატმოსფეროს გაზური შედგენილობა თანდათან იცვლებოდა ავტოტროფული ბაქტერიებისა და ქლოროფილისშემცველი მცენარეების ფოტოსინთეტიკური აქტიურობის შედეგად, რომლებიც ახდენდნენ ნახშირორჟანგის გაზის გადამუშავებას ორგანულ ნივთიერებებად, რის გამოც, მრავალი მილიონი წლის შემდეგ ატმოსფერომ მიიღო თანამედროვე სახე.

დაახლოებით 600 მლნ წლის წინ ბიოსფეროში დაიწყო მნიშვნელოვანი ევოლუციური პროცესი - დედამიწაზე გაჩნდნენ ცოცხალი ორგანიზმები. პირველად წარმოიქმნა ავტოტროფული მცენარეები. დაახლოებით 500 მლნ წლის წინ - ძარღვოვანი მცენარეები, 350 მლნ წლის წინ - შიშველთესლოვანი მცენარეები (დევონის პერიოდში), ხოლო 100 მლნ წლის წინ - ფარულთესლოვნები (იურული პერიოდის ბოლოს).

დედამიწაზე უმაღლესი განვითარების მცენარეების გავრცელებამ გამოიწვია ჟანგბადის მკვეთრი მომატება ატმოსფეროში და ცარცული პერიოდის დასაწყისისათვის მიაღწია 50%-ს.

თანამედროვე ბიოსფერო წარმოიქმნა თანდათან, როდესაც გაჩნდა ფოტოსინთეზის განმახორციელებელი ორგანიზმები. ეს პროცესი მდგომარეობს ორგანიზმების შესაძლებლობაში გამოიყენონ ენერგიის ეგზოგენური წყარო - მზის რადიაცია, ნახშირორჟანგის გაზიდან, წყლიდან და მინერალური ელემენტებიდან ყველა იმ ორგანული სუბსტანციების სინთეზირებისათვის, რომლებიც აუცილებელია სიცოცხლისათვის. ამ ორგანიზმებს - ავტოტროფულ მცენარეებს უნარი აქვთ გარდაქმნან მზის ენერგია ბიოქიმიურ ენერგიად.

გეოლოგიური პერიოდების განმავლობაში ორგანული ნივთიერებების მნიშვნელოვანი მასები გამომუშავებულ იქნა ავტოტროფული ორგანიზმების მიერ. დიდი ნაწილი ორგანული მასისა არ მონაწილეობდა წრებრუნვაში და პირიქით, ხდებოდა მათი დაგროვება ზღვიურ და კონტინენტურ დანალექ ქანებსა და ნიადაგში. ამ მოვლენის დამადასტურებელია ქვანახშირის, მურა ნახშირისა და ნავთობის მძლავრი ბუდობები.

2.3. კაცობრიობის განვითარება და ზემოქმედება გარემოზე

უახლესი მონაცემებით კაცობრიობის ისტორია 4,5 მლნ წელს მოიცავს. მისი ჩასახვის მომენტიდან და საწარმოო ძალების განვითარების პარალელურად იქმნებოდა მთლიანი ბუნებრივ-ისტორიული სისტემა. ამ სისტემის განვითარება ერთის მხრივ, ხელს უწყობდა ბუნების გარდაქმნას და მეორეს მხრივ, ქმნიდა პირობებს ადამიანთა ნორმალური განვითარებისათვის.

ადამიანი თავისი სამეურნეო საქმიანობით გავლენას ახდენს ბუნებრივ გარემოზე - რელიეფზე, ჰიდროგრაფიულ ქსელზე, მცენარეულობაზე, ცხოველთა სამყაროზე და მიკროკლიმატურ პირობებზე. ეს გავლენა შეიძლება იყოს უშუალო ან მეშვეობითი, დადებითი ან უარყოფითი. ტყის გაკაფვა უშუალო და უარყოფითი გავლენის მაგალითია, ჭაობის დაშრობა - უშუალო და დადებითი, ტყის გაჩეხვით გამოწვეული ნიადაგის ჩამორეცხვა - შუალობითი და უარყოფითი შედეგია, ხოლო ტყის გაშენებით მეწყრებისა და ღვარცოფების შესუსტება - შუალობითი და დადებითი.

ლანდშაფტის რომელიმე კომპონენტის შეცვლა იწვევს მისი სხვა კომპონენტების ცვლილებას. თავის მხრივ, ბუნებრივი პირობებიც გარკვეულ გავლენას ახდენს კაცობრიობის სამეურნეო საქმიანობასა და კულტურაზე.

ადამიანმა ბუნებრივი პირობები შეიძლება გამოიყენოს რაციონალურად ან არარაციონალურად. ბუნება შეიძლება უარყოფითად შეიცვალოს ადამიანის წინასწარგანზრახული მტაცებლური ან სტიქიური მოქმედების შედეგად. ბუნების რაციონალურად გამოყენება გულისხმობს ბუნებრივი რესუ-

რსების გეგმაზომიერ გამოყენებას, ბუნების დაცვას და გონივრულად გარდაქმნას.

მეცნიერ-ანთროპოლოგების გამოკვლევებით ისტორიულად მდელი დროის ადამიანის სიცოცხლის ხანგრძლივობა არ აღემატებოდა 20 წელს, ხოლო ჩვ.წ.-დე VII-VI ათასწლეულის პერიოდში დედამიწის მოსახლეობა შეადგენდა 5-10 მლნ კაცს.

ადამიანის განვითარება მიმდინარეობდა მილიონობით წლების განმავლობაში. ეს იყო შეცდომებისა და გენიალური აღმოჩენების გზა. ადამიანი არის ბუნების შვილი. სწორედ ურთიერთკავშირი ადამიანისა ბუნებასთან წარმოადგენს ჩვენი ცივილიზაციის განვითარების საფუძველს. ამ მიდგომით, თანამედროვეობის ერთ-ერთი უმნიშვნელოვანეს ამოცანას წარმოადგენს იმ კავშირების გამოვლენა და შესწავლა, რომლებიც განსაზღვრავენ როგორც თვით ადამიანის, ასევე საზოგადოების განვითარების ხასიათს.

პროფესორი ი. ბონდირევი გვთავაზობს ახალ მეცნიერულ მიმართულებას - **ცივილიზაციების ისტორიულ ეკოლოგიას**, რომლის მიზანია სხვადასხვა ცივილიზაციებისა და მათი გარემომცველი ბუნებრივი გარემოს ეკოლოგიური ურთიერთდამოკიდებულების გამოვლენა და შესწავლა.

ცივილიზაციის ქვეშ იგულისხმება ადამიანების გარკვეული კულტურული და სოციალური ურთიერთობა, რომელიც გაერთიანებულია მორალის, რელიგიის, ხელოვნების, კანონის და წარმოების საშუალებების საერთო წარმოდგენებით და რომლებიც დამახასიათებელია დედამიწის გარკვეული ტერიტორიის მოსახლეობისათვის.

ნაშრომში - „ადამიანის წინასამშობლოს პალეოეკოლოგია", ავტორი ცდილობს აღადგინოს პლეისტოცენ-ჰოლოცენის ეპოქის ბუნებრივი გარემო და კაცობრიობის ჩასახვისა და განვითარების საიდუმლოება.

ავტორის სამეცნიერო გამოკვლევები დაკავშირებულია აფრიკის კონტინენტთან, რადგანაც იგი და განსაკუთრებით მისი აღმოსავლეთი ნაწილი, მიჩნეულია კაცობრიობის საწყის საბინადრო ადგილად, სადაც ჩამოყალიბდა და გამოიწრთო ბოლომდე შეუცნობელი, მაგრამ ჩვენთვის უახლოესი ფენომენი - ადამიანი [7].

ადამიანის მიერ მიწათმოქმედების, მეცხოველეობისა და ლითონის მოხმარების ათვისების შემდეგ შედარებით ადვილი გახდა ბრძოლა არსებობისათვის.

კაცობრიობის ინტენსიური ზემოქმედება ბუნებაზე ჯერ კიდევ ქვის ხანაში დაიწყო და თავდაპირველად მსხვილი ძუძუმწოვრების განადგურებაში გამოიხატებოდა. ნეოლითში მიწათმოქმედების განვითარებასთან ერთად, ადამიანი იწყებს ტყის განადგურებას. ადამიანის მიერ ბუნებაზე უარყოფითი ზემოქმედება განსაკუთრებით გაძლიერდა უკანასკნელი 100-200 წლის განმავლობაში, ამ პერიოდში დედამიწის ლანდშაფტი უფრო მეტად შეიცვალა, ვიდრე წინა ათასწლეულების მანძილზე. ეს გამოწვეულია ბუნებრივი რესურსების გამოყენების გაძლიერებით, მოსახლეობის რიცხვის გაზრდით და სამეცნიერო-ტექნიკური რევოლუციით.

დიდი ხნის წინ, აფრიკის კონტინენტი ძირითადად დაკავებული იყო ტყის მასივებით. ტყეების გაჩეხვასთან ერთად იცვლებოდა კონტინენტის ლანდშაფტიც. ამჟამად, აფრიკის ტერიტორიის 40% უკავია სავანებს, სადაც ტემპერატურის სეზონური რყევა შედარებით მცირეა, უფრო საგრძნობია დღეღამური ამპლიტუდები (25^0C-დე). სავანის ზედაპირის რელიეფი მეტწილად მოსწორებულია, ხარობს სავანის, სავანური ტყის, ქსეროფიტული მეჩხერი ტყისა და გვალვასთან შეგუებული ბუჩქნარის სხვადასხვა ტიპის მცენარეულობა. მცენარეული საკვების სიუხვე განსაზღვრავს ცხოველთა მრავალფეროვნებას, სადაც ბინადრობენ დიდი ჩლიქოსნები, მტაცებლები, მღრღნელები, მორბენალი ფრინველები, ქვეწარმავალები და სხვ.

ტყეების განადგურებასთან ერთად ნადგურდებოდა ცხოველთა სამყაროც. ცხოველები წარმოადგენენ ადამიანების ცილებით კვების წყაროს. ერთნი ეხმარებიან მათ ბუნებრივი სიმდიდრეების ათვისებაში, მეორენი წარმოადგენენ რა კონკურენტებს - ებრძვიან, სხვანი - ალამაზებენ ადამიანების ყოფას.

ძუძუმწოვრებისა და ფრინველების რაოდენობის შემცირებაში და მრავალი სახეობების სრულად მოსპობაში დამნაშავეა ადამიანი. ეს პროცესი ზოგჯერ მიმდინარეობდა სტიქიურად, ზოგჯერ - მიზანდასახულად. ცხოველების განადგურებას ხელი შეუწყო ყამირის ათვისებამ, პესტიციდე-

ბის გამოყენებამ და სხვა ფაქტორებმა, ხოლო უკანასკნელ ხანს - გარემოს დაბინძურებამ.

განადგურების საფრთხის ქვეშ დადგა როგორც აღუდგენადი ბუნებრივი რესურსები (წიაღისეული), ისე აღდგენადიც (ნიადაგი, მცენარეულობა, ცხოველები). ამიტომაც კაცობრიობის წინაშე წარმოიჭრა მნიშვნელოვანი ამოცანა - თავიდან აიცილოს ადამიანის საარსებო გარემოს გაუარესება და ბუნების აღდგენითი უნარის შემცირების პროცესი.

გასული საუკუნის მანძილზე ეროზიისა და დეფლაციის (ქარის მიერ ნაშალი მასალის განიავება) შედეგად მწყობრიდან გამოვიდა 2 მლრდ ჰა, სასოფლო-სამეურნეო მიწის ფონდის 27%, გაქრა მცენარეთა და ცხოველთა ბევრი სასარგებლო სახეობა.

უკანასკნელი 150 წლის განმავლობაში პლანეტაზე გაჩეხილ იქნა 7,7 მლნ კმ^2 ტყე, დარჩა 40 მლნ კმ^2, მათგან ბოლო 30 წლის განმავლობაში 1/3 გაჩეხილია სამ ქვეყანაში: ბრაზილიაში, ჩინეთსა და ინდონეზიაში. 1957 წლიდან 1990 წლამდე ჩინეთში დაკარგულ იქნა სასოფლო-სამეურნეო მიწების 15%, ხოლო სახნავი მიწები ერთ სულ მოსახლეზე შემცირდა 2-ჯერ.

უკანასკნელი 200 წლის განმავლობაში ტყეები უმოწყალოდ ნადგურდებოდა ჩრდილოეთ ამერიკის შუა ზოლში. პირველი კოლონისტები, რომლებიც ჩამოვიდნენ „მეიფლაუერის" გემბანიდან, მოხვდნენ ტყეებით დაფარულ კონტინენტზე. ტყეებს ეკავა ტერიტორია ატლანტიკის სანაპიროებიდან მდ. მისისიპის ნაპირებამდე - 170 მლნ ჰა-ზე. ამჟამად, ტყის მასივებს უჭირავს 10 მლნ ჰა-დე ტერიტორია, რომელიც სულ უფრო და უფრო მცირდება.

უკანასკნელ 40 წელიწადში აშშ-ში დიდი სამუშაოები ჩატარდა ტყის მასივების აღსადგენად. დღეს აშშ-ს ტყის მასივების ფართობი შეადგენს 260 მლნ ჰა-ს, რომელიც ძირითადად წარმოადგენს ახალგაზრდა ნარგავებს, ხოლო ბუნებრივი ტყე შემორჩა მხოლოდ 18 მლნ ჰა-ზე.

1970 წლიდან დღემდე აფრიკაში, ამერიკაში და აზიაში, ძირითადად ტყის გაჩეხვის შედეგად, რასაც მოჰყვა კლიმატური ცვლილებები, უდაბნოების ფართობი გაიზარდა 120 მლნ ჰა-დე. დღეს საჰარის უდაბნოს სამხრეთით დასამუ-

შავებელი მიწების 2/3 გამოსულია მწყობრიდან, ე.ი. იზრდება უდაბნოს ფართობი.

შედეგად მცირდება ბიომასა, მხოლოდ უკანასკნელ 100 წელიწადში, ხმელეთზე ბიომასა შემცირდა 7%-ით, ხოლო დედამიწის ცოცხალი საფარის პროდუქტიულობა - 20%-ით.

საგანგაშოა მდგომარეობა სხვა არაგანახლებადი რესურსების მხრივაც. დედამიწის წიაღიდან სხვადასხვა მინერალური ნივთიერებების ყოველწლიური მოპოვება აღწევს 100 მლრდ ტონას და ეს ციფრი განუხრელად იზრდება. მეცნიერთა პროგნოზით 2500 წლისათვის კაცობრიობა გამოიყენებს ლითონის მთელ რესურსებს, მათ შორის - სპილენძის, ტყვიის, თუთიისა და კალის, გაცილებით ადრე, რადგან მათზე დიდი მოთხოვნილებაა. დიდი ეკონომია მიიღწევა ნედლეულის კომპლექსური გამოყენებით, მაგრამ ამჟამად მოპოვებული ნედლეულის უდიდესი ნაწილი მიდის ნარჩენებში და იწვევს გარემოს დაბინძურებას.

ადამიანი დიდი ხანია ცდილობს დაეუფლოს მზის ენერგიას და გამოიყენოს იგი ტექნიკური მიზნებისათვის. ცნობილია, რომ ბერძენმა მეცნიერმა არქიმედემ მე-III-ე საუკუნეში ჩვ. ერამდე, ომში გამოიყენა სარკეების სისტემა და დაწვა რომის ფლოტი.

შვეიცარიელმა მეცნიერმა ო. სოსიურმა 1770 წელს შექმნა ხელსაწყო, რომლის ფსკერზე აკუმულირებულმა მზის ენერგიამ ტემპერატურა აამაღლა 100^0C-დე.

ამჟამად, განვითარებულ ქვეყნებში ფართო გამოყენებაშია წყლის გათბობა მზის ენერგიაზე მომუშავე გამათბობლებისაგან. დამზადებულია სხვადასხვა აპარატურა, რომელიც მოქმედებს მზის ენერგიის გამოყენებით. მაგალითად, ბინების გამათბობლები, ღუმელები (სადაც, ტემპერატურა აღწევს 3700^0C-დე), ელექტროენერგიის მისაღები დანადგარები (რომლის საშუალებითაც გამოიმუშავებენ 2200 ათას კვტსთ ელექტროენერგიას წელიწადში). აშშ-ში დაამზადეს 10 მგვტ სიმძლავრის მზის ენერგოდანადგარი, რომელსაც გამოიყენებენ თანამგზავრებზე.

ქარის ენერგია გამოიყენებოდა ხომალდების გადაადგილების მიზნით, ასევე ხმელეთზე - წისქვილების ასამოძრავებლად. რუსეთში შექმნეს ქარის ძრავა. 1937 წელს ყირიმ-

ში ააშენეს მსოფლიოში პირველი 100 კვტ-ის სიმძლავრის ქარის ელექტროსადგური. ამჟამად აშშ-ში, რუსეთსა და საფრანგეთში მოქმედებაშია 1250 კვტ-ის სიმძლავრის ქარის ელექტროსადგურები.

ელექტროენერგიის მისაღებად გამოიყენება ზღვის მიქცევა-მოქცევის ტალღების ენერგია, რომლის წარმოშობის მიზეზია მზისა და მთვარის მიზიდულობის ძალა. ყველაზე დიდი ტალღები დაფიქსირებულია ფანდის ყურეში (ჩრდილოეთ ამერიკის აღმოსავლეთ სანაპირო, კანადა), სადაც მათი სიმაღლე 18 მეტრს აღწევს. ამ ტალღებს გადააქვთ 100 მლრდ ტონა წყალი. მიქცევა-მოქცევის ტალღების საშუალებით, 1983 წლიდან ფუნქციონირებს ელექტროსადგური.

გეოთერმული ენერგიის ათვისების კარგი პირობები არსებობს საქართველოში, სადაც შესაძლებელია მიწისქვეშა თერმული წყლების ენერგია გამოყენებულ იქნას გათბობისა და საყოფაცხოვრებო საჭიროებების დაკმაყოფილების მიზნით.

თბოენერგეტიკული ეწოდება წყლებს, რომელთა ტემპერატურა 20-35^{0}C ან 35^{0}C-ზე მეტია.

თერმული წყლები ენერგეტიკის არატრადიციული, განახლებადი და ეკოლოგიურად სუფთა სახეობაა. მათ გამოიყენებენ ელექტროენერგიის მისაღებად (100-180^{0}C-ის თერმები), საცხოვრებელი ბინებისა და სამრეწველო ობიექტების გასათბობად, ცხელი წყლით მომარაგებაში (70-100^{0}C-ის თერმები), აგრეთვე სასათბურე, მეცხოველეობის და სხვა მეურნეობებში და საწარმოო ტექნოლოგიურ პროცესებში (70^{0}C-დე).

არსებობს გეოლოგიურ სტრუქტურებში ზედაპირული წყლების ჩატუმბვისა და შემდგომ თერმული წყლების მიღების, ცხელი წყლებით ცივი წყლების გათბობისა და ა.შ მეთოდები.

თერმოენერგეტიკა განვითარებულია მრავალ ქვეყანაში: აშშ-ში, ფილიპინებზე, ისლანდიაში, ახალ ზელანდიაში, იტალიაში, ინდონეზიაში, იაპონიაში, უნგრეთში და სხვ.

აშშ-ში თბოენერგეტიკული სადგურების სიმძლავრე 1300 მგვტ-ს აღწევს. თერმული წყლები გათბობის მიზნით გამოიყენება მთელ რიგ ქალაქებში, მათ შორის: მახაჩკალაში, გროზნოში, ტაშკენტში, თბილისში, ალმა-ათაში და სხვ.

ჰიდროთერმული რესურსები ფორმირდება 2 გზით: რეგიონული სითბური ველის პირობებში (არტეზიული აუზების ფენებრივი წყლები) და ანომალურ გეოთერმულ პირობებში (ნაოჭა ოლქების ნაპრალური და ნაპრალურ-ძარღვული წყლები). მათგან სითბური პოტენციალით გამოირჩევა მეორე ჯგუფის რეგიონები: კამჩატკა, კურილის კუნძულები, კავკასია, ტიან-შანი, პამირი, ყირიმი და სხვ.

დაბალი და საშუალო ტემპერატურის (35-70^{0}C) წყლები დაკავშირებულია არტეზიული აუზების ქვედა ჰორიზონტებთან (რუსეთის ბაქანი, ციმბირის ფილაქანი), სადაც ცნობილია ომსკის, ტომსკის, მახაჩკალისა და სხვა საბადოები.

საქართველოს ტერიტორიაზე ცნობილია 1300 ლ/წმ ჯამური დებიტის თერმული წყლები, რომლებიც ტემპერატურის მიხედვით შემდეგნაირად ნაწილდება: 1) 20-50^{0}C – 848 ლ/წმ, 2) 50-100^{0}C – 324 ლ/წმ, 3) 100^{0}C-ზე მეტი – 128 ლ/წმ. ამ წყლების ნახევარი მტკნარია (მინერალიზაცია <1 გ/ლ).

თბოენერგეტიკული წყლების საბადოები ეწოდება მიწისქვეშა ჰიდროსფეროს თერმული წყლების საბალანსო-ჰიდროდინამიკურ ელემენტს, რომლის სითბური პოტენციალი, შედგენილობა, ხარისხი და მარაგები აკმაყოფილებს თანამედროვე ტექნიკურ-ეკონომიკურ მოთხოვნებს.

გამოჰყოფენ თერმული წყლების 3 ძირითადი ტიპის საბადოებს: 1) ბაქნური ტიპის მსხვილი არტეზიული აუზების ფენებრივ წყლებს; 2) ნაოჭა ოლქების და მთათაშუა ღრმულების მცირე არტეზიული აუზების ფენებრივ და ფენებრივ-ნაპრალურ წყლებს და 3) ნაოჭა ოლქების ნაპრალურ და ნაპრალურ-ძარღვულ წყლებს.

პირველი ტიპის საბადოებისათვის დამახასიათებელია დიდი გავრცელება და დიდი ბუნებრივი რესურსები, მაგრამ მცირე საექსპლუატაციო მარაგები. მეორე ტიპის საბადოები ხასიათდება შედარებით პატარა ზომებით, მაგრამ დიდი საექსპლუატაციო მარაგებით. მესამე ტიპის საბადოებისათვის დამახასიათებელია მცირე მინერალიზაცია, მაღალი ტემპერატურა, მცირე ბუნებრივი რესურსები და შედარებით დიდი საექსპლუატაციო მარაგები.

ყველაზე ეკონომიურია დაბალი მინერალიზაციის წყლები, რომლებიც არ შეიცავს აგრესიულ კომპონენტებს (გო-

გირდწყალბადს, ნახშირორჟანგს, მეთანს და სხვ.) და მათი გამოყენება შესაძლებელია გადამუშავების გარეშე. მინერალიზებული და აგრესიული წყლები მოითხოვს შუალედურ გარდაქმნას, რაც დაკავშირებულია ტექნიკურ სიძნელეებთან და ზედმეტ ხარჯებთან.

დღეს მსოფლიოში გეოთერმული ელექტროსადგურებით გამომუშავდება რამდენიმე მლნ კილოვატი ელექტროენერგია. თუმცა, უნდა აღინიშნოს, რომ ეს არის მისი მიღების შესაძლებლობის 0,1%, რადგან მეცნიერთა პროგნოზით, შესაძლებელია მიღებულ იქნას არანაკლებ 200-300 მლრდ კილოვატსაათი ელექტროენერგია წელიწადში.

უკანასკნელი 200 წლის მანძილზე დედამიწის ატმოსფეროში ნახშირორჟანგის გაზის რაოდენობა განუხრელად იზრდება: თუ ინდუსტრიალამდელ ეპოქაში ნახშირორჟანგის რაოდენობა არ აღემატებოდა 280 მოცულობით ნაწილაკს 1 მლნ-ზე (პპმ), ამჟამად აღწევს 370 პპმ-ს და აქვს ზრდის ტენდენცია 1,5 პპმ წელიწადში.

ნახშირორჟანგის კონცენტრაცია ატმოსფეროში ინდუსტრიალური რაიონებიდან მოშორებით 1960 წლიდან 1995 წლამდე გაიზარდა 13%-ით. ამ პროცესის შედეგად დედამიწის ზედაპირის საშუალო ტემპერატურა 100 წლის განმავლობაში გაიზარდა $0,5^0C$. მეცნიერთა პროგნოზით მიმდინარე საუკუნეში ტემპერატურა მოიმატებს 1,4-$5,8^0C$-ით, საშუალოდ - $2,5^0C$-ით.

ტემპერატურის მომატების გამო, ინტენსიურად მიმდინარეობს მყინვარების დნობის პროცესი. საინტერესო ფაქტი იქნა დაფიქსირებული ევერესტის მთაზე, სადაც შემთხვევით ნახეს მთასვლელების მიერ 100 წლის წინ დატოვებული ევერესტის მთის ტოპოგრაფიული რუკა. მისი შედარების შემდეგ თანამედროვე რუკასთან, მეცნიერები დარწმუნდნენ, რომ ევერესტის მთის სიმაღლე 100 წლის განმავლობაში შემცირდა 2 მეტრით [10].

დედამიწის ზედაპირთან დაფიქსირდა მინიმალური ტემპერატურა მინუს 91^0C, და მაქსიმალური - პლიუს $57,7^0C$.

დედამიწის ზედაპირის ტემპერატურის მომატების გამო, 1998 წელს, ინდოეთში, სიცხის გამო დაიღუპა 2500 კაცი. 2000 წლის ივლისში საბერძნეთის კუნძულ სამოსზე ტერი-

ტორიის თითქმის 1/5 დაიწვა ხანძრის გამო, რაც გამოწვეული იყო ჰაერის მაღალი ტემპერატურით.

ყოველივე ეს არაფერია შედარებით იმასთან, რაც შეიძლება მიღებულ იქნას არქტიკის, ანტარქტიკის და კონტინენტალური ყინულის დნობით და ამის შედეგად ოკეანის წყლების დონის აწევით.

2100 წლისათვის თუ ატმოსფეროს ქვედა ნაწილის საშუალოწლიური ტემპერატურა გაიზრდება 5,8^{0}C-ით, ოკეანის წყლის დონე აიწევს 88 სმ-ით, რაც გამოიწვევს ბანგლადეშის, ნიდერლანდების, ნილოსის დელტის, მალდივის კუნძულების, ფლორიდის, ლუიზიანისა და საქართველოს ზღვისპირა ტერიტორიებისა და დედამიწის სხვა ნაწილების დატბორვას.

ატმოსფეროში „სათბურის გაზების" გაფრქვევაში დიდი როლი მიუძღვით განვითარებულ ქვეყნებს, განსაკუთრებით აშშ-ს, სადაც ერთ სულ მოსახლეზე ყოველწლიურად გამომუშავდება 5,5 ტონა CO_2, გერმანიაში - 2,77 ტონა, ინგლისში - 2,41 ტონა, საფრანგეთში - 1,6 ტონა.

მთლიანობაში 1950 წლიდან დღემდე აშშ-ში გაფრქვეულ იქნა 186,1 მლრდ ტონა CO_2, ევროკავშირის ქვეყნებში - 127,8 ტონა, დსთ-ს ქვეყნებში - 100 მლრდ ტონაზე მეტი, ჩინეთში - 57,6 მლრდ ტონა. აშშ-ში, სადაც ცხოვრობს მსოფლიოს მოსახლეობის მხოლოდ 4%, მოდის 25% გამოფრქვეული CO_2. იზრდება აზიის განვითარებადი ქვეყნების მიერ გამოფრქვეული CO_2-ის რაოდენობა, რომელმაც 1990 წელს მიაღწია 22%-ს, ხოლო 2010 წლისათვის მიაღწევს 30%-ს.

თანამედროვე ხანაში დიდი მნიშვნელობა ენიჭება გეოგრაფიული გარსის დაცვას მზარდი გაჭუჭყიანებისაგან, რაც გამოწვეულია სწრაფი ურბანიზაციით და ინდუსტრიალიზაციით. დაბინძურების ძირითად კერებს წარმოადგენს ქალაქები. ჰიდროსფეროს აბინძურებს საყოფაცხოვრებო და სამრეწველო ჩამონადენი, ხოლო ატმოსფეროს - მტვერი, გოგირდოვანი აირი, ნახშირორჟანგი და სხვ., რომელთაც გამოჰყოფს ფაბრიკა-ქარხნები, თბოელექტროსადგურები და ავტოტრანსპორტი.

ნიადაგში შხამქიმიკატების შეტანა უარყოფითად მოქმედებს ფლორაზე, ფაუნასა და ადამიანზე. დედამიწის მიწათ-

მოქმედების მინდვრებში წლის განმავლობაში გამოიყენება 400 მლნ ტონაზე მეტი მინერალური სასუქი და შხამქიმიკატი. პესტიციდების გამოყენება სპობს მავნე მწერებს, მაგრამ არასრულად. გადარჩენილები იძლევიან უფრო გამძლე თაობას. ამის გამო, პრობლემა უფრო მწვავდება, ადამიანები კი ღებულობენ ჯანმრთელობისათვის საშიშ ქიმიკატებს.

განსაკუთრებით სახიფათოა რადიოაქტიური დაბინძურება. მომავალში კაცობრიობას ემუქრება ატმოსფეროს გადახურება როგორც სითბოს უშუალოდ გამოყოფით, ისე ატმოსფეროში ნახშირორჟანგის დაგროვების შედეგად.

თუ უკანასკნელ პერიოდამდე ადამიანი წარმოადგენდა ბუნების მომხმარებელს, რომელიც იღებდა მისგან საჭირო რესურსებს, ამჟამად, მან უნდა მიიღოს ისეთი ღონისძიებები და დაიცვას ბუნებასთან ურთიერთქმედების ნორმები, რომ უზრუნველყოს გარემოს სიცოცხლისუნარიანობა.

გარემოს დაბინძურების წინააღმდეგ ბრძოლა განუწყვეტელი პროცესია. მაგრამ ადამიანების ერთ ნაწილს არა აქვს წარმოდგენა ამ ბრძოლის აუცილებლობაზე. გარდა - ამისა, ეს ღონისძიებები დაკავშირებულია ფინანსურ დანახარჯებთან. მაგალითად, საშუალო სიმძლავრის გამწმენდი ნაგებობების მშენებლობა უტოლდება საწარმოს მშენებლობის ხარჯების 40%-ს.

ამჟამად, უკვე წარმოებაშია ავტოტრანსპორტი გამონაბოლქვის გარეშე, რომელთა ძრავები მუშაობს ელექტროქიმიურ გენერატორებზე. ჯერ კიდევ 1947 წელს შვეიცარიაში დაამზადეს ელექტროავტობუსები, რომლებიც საწვავის ნაცვლად იყენებდა აკუმულიატორის ენერგიას. ამგვარი ავტობუსები მზადდებოდა ქ. ლვოვშიც, რომელიც შექმნილია ქართველი გამომგონებლის ნ. გულიას ხელმძღვანელობით.

დღეს, ლონდონში მოძრაობს წითლად შეღებილი ავტობუსები, რომლებიც იყენებს წყალბადის საწვავს. ამ ავტობუსებისაგან ატმოსფეროს დაბინძურება ნულის ტოლია, რადგან აქვთ მხოლოდ წყლის ორთქლის გამონაბოლქვი.

ლონდონის ცენტრში შესვლისათვის ავტომანქანების მფლობელებისათვის დაწესებულია ეკოლოგიური გადასახადი - 12 ევრო, იმ შემთხვევაში, თუ ავტომანქანის ძრავა წესრიგში არ არის და გამონაბოლქვის რაოდენობა ნორმას აჭარბებს, გადასახადი იზრდება 40 ევრომდე. ავტომანქანე-

ბის მფლობელები იძულებულნი არიან შეიძინონ ახალი ავტომანქანა ან შეაკეთონ ძრავა.

არსებობს ტექნოლოგიები, რომელთა საშუალებითაც ხდება საყოფაცხოვრებო ნარჩენების ნედლეულის სახით გამოყენება. მაგალითად: 1) ინგლისში ლითონის ქილებისაგან ამზადებენ 15 სმ-დე დიამეტრის ღეროებს; 2) აშშ-ში მშრალი ორგანული ნარჩენების თითოეული ტონისაგან ღებულობენ 280-300 ლიტრ თხევად საწვავს; 3) გერმანიაში (მიუნხენი) კონვეირული დანადგარი ყოველდღიურად წვავს 800 ტონა ნაგავს, რომლის ენერგიაზე მუშაობს 180 ათასი კვტის სიმძლავრის ელექტროსადგურის ორი ბლოკი; 4) აშშ-ში და საფრანგეთში დამუშავებულია ნავთობის კატალიზური ჰიდროგენიზაციის გზით, ნავთობისაგან გოგირდის მოცილების ტექნოლოგიური მეთოდი; 5) საფრანგეთში დამუშავებულია კარბურატორების მუშაობის რეჟიმი, რომლის დროსაც გამონაბოლქვში მხუთავი გაზის რაოდენობა მცირდება 3-ჯერ; 6) გერმანიაში მუშავდება ძრავა, რომელიც ბენზინთან ერთად გამოიყენებს მეთილის სპირტს, რომლის სრული წვა უფრო მაღალია, ვიდრე ბენზინის.

თავი 3

გარემოს დაბინძურების წყაროები

ატმოსფერო ყოველთვის შეიცავს გარკვეული რაოდენობის მინარევებს, რომლებიც იქ ხვდება სხვადასხვა სახის წყაროებიდან.

ატმოსფეროს დაბინძურების წყაროები შეიძლება დავყოთ 2 ჯგუფად: ბუნებრივი და ანთროპოგენური.

ბუნებრივი იყოფა 2 ჯგუფად: ენდოგენური (ფილების ტექტონიკით გამოწვეული სეისმური ტალღები, მიწისძვრები, ვულკანიზმი, ტექტონიკური რღვევები, ცალკეული უბნების დაძირვისა და აღზევების პროცესები) და ეგზოგენური (კლიმატი ანუ ჰავა, ქარი, ყინული, ნიადაგის ეროზია, მდინარეთა წყალდიდობა და სხვა) ფაქტორებით გამოწვეული.

ბუნებრივი პროცესების შედეგად წარმოიქმნება მტვერი (მცენარეული, ნიადაგის ეროზიასთან და ზღვის მარილებთან დაკავშირებული, ვულკანური, კოსმოსური წარმოშობის), ნისლი და კვამლი, რომელიც გამოწვეულია ტყისა და მინდვრის ხანძრებით, ასევე, ვულკანური, მცენარეული, ცხოველური და მიკრობიოლოგიური წარმოშობის აირები.

დაბინძურების ბუნებრივი წყაროები ან თანაბრადაა განაწილებული (კოსმოსური მტვერი) ან მოკლევადიანი, სტიქიური ხასიათისაა (ტყისა და მინდვრის ხანძრით ან ვულკანით გამოწვეული).

ბუნებრივი წყაროებით გამოწვეული დაბინძურება არის ფონური და მცირედ იცვლება დროში.

ანთროპოგენური იყოფა 2 ჯგუფად: საწარმოო და საყოფაცხოვრებო. ამ ფაქტორებით გამოწვეული დაბინძურება შეიძლება იყოს ორგანული და არაორგანული, მყარი, თხევადი და გაზისებური, მომწამლავი და არამომწამლავი.

3.1. ბუნებრივი დაბინძურების წყაროები

3.1.1. ენდოგენური ფაქტორები

დედამიწის ქერქი შედგება ფილებისაგან, რომლებიც მუდმივ მოძრაობაშია. სპრედინგის (ოკეანის ფსკერის გაწევა)

შედეგად ყალიბდება ახალი ოკეანური ქერქი, ხოლო ძველი შთაინთქმება სუბდუქციის ზონის მიერ.

ჰიპოთეზა ოკეანური ფილების მოძრაობის შესახებ 1920 წელს გამოთქვა გერმანელმა გეოლოგმა ალფრედ ვეგენერმა, რომელიც 1960 წელს დადასტურდა, მეცნიერების მიერ ოკეანის ფსკერის გამოკვლევის შედეგად. გარკვეულ უბნებში ხდება ოკეანური ქერქის გაფართოება, ფილების მოძრაობა, დაჯახება და ერთი ფილის შეცოცება მეორეზე.

იმ რეგიონებში, სადაც ფილები ერთმანეთისაკენ მოძრაობენ, წარმოიქმნება მთათა სისტემები (ჰიმალაები, კავკასიონი, ანდები და ა.შ.), ხოლო სადაც ერთმანეთს შორდება - ვულკანები.

მეცნიერებმა ფილების ტექტონიკის თეორიის საშუალებით დაადგინეს, რომ დიდი ხნის წინ დედამიწაზე არსებობდა მთლიანი კონტინენტი – **პანგეა**, რომელიც შემდეგ დაიშალა კონტინენტებად. დღეისათვის არსებული ფილები შემდეგია: ევრაზიის, აფრიკის, ანტარქტიდის, არაბეთის, ინდოეთის, კარიბის, ნასკას, სკორიისა და ფილიპინების.

ფილების გადაადგილებისა და დაჯახების შედეგად ხდება მიწისძვრები. ამ მხრივ გამოირჩევა წყნარი ოკეანის რეგიონი, რომელიც ე.წ. „ცეცხლოვან რკალში" მდებარეობს. ბოლო წლებში ფილების გადაადგილების შედეგად რამდენიმე ძლიერი მიწისძვრა მოხდა, მათგან აღსანიშნავია 2004 წლის ინდოეთის ოკეანეში მომხდარი 9,3 მაგნიტუდის (მსხვერპლი – 280 ათასი კაცი) და 2010 წლის ჰაიტის 9,0 მაგნიტუდის (მსხვერპლი – 316 ათასი კაცი) მიწისძვრები.

სეისმურ დაკვირვებებს საქართველოში 100 წელზე მეტი ხნის ისტორია აქვს. ძლიერი მიწისძვრები მოხდა: 8-9 ბალის - 1920 წელს გორში, 9 ბალის - 1963 წელს გულრიფშის რაიონის სოფ. ჩხალთასთან და 1991 წელს რაჭაში. საშუალო მაგნიტუდის (8 და 6 ბალის) მიწისძვრები დაფიქსირდა 1935, 1949 და 1953 წლებში, შავი ზღვის სანაპიროს გასწვრივ.

სინამდვილეში მსხვერპლი მეტია, რადგან მიწისძვრებს მოჰყვება ცუნამი და სხვა თანმდევი პროცესები.

მიწისძვრების პროგნოზი ჯერჯერობით შეუძლებელია. ნებისმიერი პროგნოზის ფასი დროით იზომება.

ვულკანიზმი არის დედამიწის ქერქში და ზედაპირზე, მაგმისა და მისი თანმხლები აირების გადაადგილებასთან

დაკავშირებით მიმდინარე პროცესების შედეგი. დედამიწის ქერქში ხდება ინტრუზიული მასების შემოჭრა, რასაც თან ახლავს ქანების სახეცვლა მაგმის თერმული და ქიმიური ზემოქმედებით.

3.1.2. ეგზოგენური ფაქტორები

ეგზოგენური ფაქტორებს წარმოადგენს დედამიწის ზედაპირზე და ქერქის ზედა ნაწილთან დაკავშირებული გეოლოგიური პროცესები, რომლებიც გამოწვეულია გარეგანი ძალებისა და ცოცხალი ორგანიზმების ზემოქმედებით.

ეგზოგენური პროცესებია: ქანების ფიზიკური და ქიმიური გამოფიტვა, მდინარის, ზღვის, ტბებისა და წყალსატევების მიერ ხმელეთის ზედაპირის გადარეცხვა - ეროზია, აბრაზია, მასალის გადატანა, აკუმულაცია, მიწისქვეშა წყლების მოქმედებით ქანების (მინერალების) გახსნა, მყინვარის ეგზარაციული და აკუმულაციური მოქმედება, ქარის დეფლაციური, ეოლური ზემოქმედება, აკუმულაცია და რელიეფის ფორმების წარმოქმნა.

მდინარის საშუალებით რელიეფის ფორმების ჩამოყალიბების ერთერთი საუკეთესო მაგალითია მდ. მტკვარი, რომელიც თავის მოძრაობის გზაზე საუკუნეების მანძილზე ცვლიდა რელიეფს.

3.1.2.1. მდ. მტკვარი – თბილისის რელიეფის შემოქმედი

მდ. მტკვრის ტერასები, მისი აუზის ფერდობებზე შემორჩენილი, ჰორიზონტალური ან მდინარისაკენ ოდნავ დახრილი, ბუნებრივი საფეხურებია, რომლებიც წარსულში მდ. მტკვრის კალაპოტის ფსკერს წარმოადგენდა.

წარსულში მდ. მტკვარი, ქ. თბილისის გარშემო არსებულ, დღევანდელი მთა-გორაკების დონეზე მიედინებოდა. საქართველოს გეოლოგიის ყველაზე თვალსაჩინო წარმომადგენლის და ფუძემდებლის, აკადემიკოს ალ. ჯანელიძის ხატოვანი თქმით: „სანამ დიღმის ველიდან ყარაიასაკენ გაიჭრებოდეს, მტკვარმა ვიწრობი უნდა გაიაროს. ეს ვიწრო არხი მამადავითსა და მახათას შუა თვით მდინარის

გაჭრილი არის. თავდაპირველად ეს ხეობა არ არსებობდა და შეერთებული მამადავითი და მახათა ერთიანი მთის ქედს წარმოადგენდა".

ქ. თბილისის შემოგარენში, ტერასები ფიქსირდება ჩრდილო-დასავლეთიდან სამხრეთ-აღმოსავლეთისაკენ, სოფ. ნორიოდან თბილისზე გავლით, სოფ. ტაბახმელამდე.

ტერასები აგებულია მდინარის ნარიყალით, ფხვიერი ხვინჭა-კონგლომერატებით და ქვიშიან-თიხნარიანი წარმონაქმნებით, რომელთა ბუნებრივი გაშიშვლებები მრავლად გვხვდება თბილისის მიდამოებში. მაგალითად, მდ. მტკვრის სანაპიროებზე დიდუბეში, ორთაჭალაში, საბურთალოზე, რუსთაველისა და დავით აღმაშენებლის გამზირებზე, მახათას, ლოტკინისა და არსენალის მთების ფერდობებზე.

თბილისის მიდამოები წარსულში მთაგორიანი იყო, იგი მრავალი ნაკადულით იყო დასერილი, რომლებიც იკრიბებოდა და ქმნიდა მოზრდილ მდინარეს. მდ. მტკვარი ფართო ნაკადის სახით მიედინებოდა ზღვის დონიდან 600-620 მეტრის სიმაღლეზე, რომელსაც ამჟამად მახათას მთას უწოდებენ. მდინარე გადაადგილდებოდა მახათას მთასა და მამადავითის მთას შორის ტერიტორიაზე.

დროთა განმავლობაში მდ. მტკვარი რეცხავდა ქანებს, წვრილი შლამი შორს მიჰქონდა, ხოლო უფრო მსხვილი, ქვიშებისა და კენჭნარის სახით კალაპოტის ნაპირებზე ილექებოდა. მონგრეული ქანის გატანა ჭარბობდა დალექვას, შედეგად, მდინარის კალაპოტი თანდათან ღრმავდებოდა.

მდ. მტკვრის ნამდინარევს წარმოადგენს ამჟამად „თბილისის ზღვის" ტერიტორია, ხოლო ადრე კუკიის, ილგუნიანისა და ავლაბრის მლაშე ტბები. ეს ტბები ოდესღაც წარმოადგენდა ჩაღრმავებებს ძველი მტკვრის კალაპოტში.

მდ. მტკვარმა ხეობის ჩაჭრის გამო გადმოინაცვლა რუსთაველის გამზირის ტერიტორიაზე, გარკვეული დროის შემდეგ, ამჟამინდელი საბურთალოს (ყაზბეგისა და ვაჟა ფშაველას გამზირები) ტერიტორიაზე. შემდეგ, მდ. მტკვარი უფრო ღრმად ჭრის ხეობას და გადაინაცვლებს ამჟამინდელი დიდუბისა და ბარათაშვილის ხიდების ტერიტორიაზე. ეს არის მდ. მტკვრის ყველაზე ახალგაზრდა კალაპოტი. ამჟამად, მდ. მტკვარი მოქცეულია ბეტონის ჯებირებში, რის გამოც, მისი გადაადგილება ხელოვნურადაა შეჩერებული.

მდ. მტკვრის ტერასები განლაგებულია მის ორივე მხარეს, რომელთა აღწერა ჩვენს მიერ გადმოცემულია ქრონოლოგიური თანმიმდევრობით (იხ. ნახ. 3.1):

ჭალის ტერასა მდებარეობს მდ. მტკვრის თანამედროვე კალაპოტის გასწვრივ, მცხეთასა და სოღანლუღს შორის. ჭალის ტერასის აბსოლუტური ნიშნული სოფ. ძეგვთან 450 მეტრია, ხოლო სოფ. სოღანლუღთან - 355 მეტრი. ე.ი. მდ. მტკვრის ვარდნა ამ მონაკვეთზე შეადგენს 95 მეტრს.

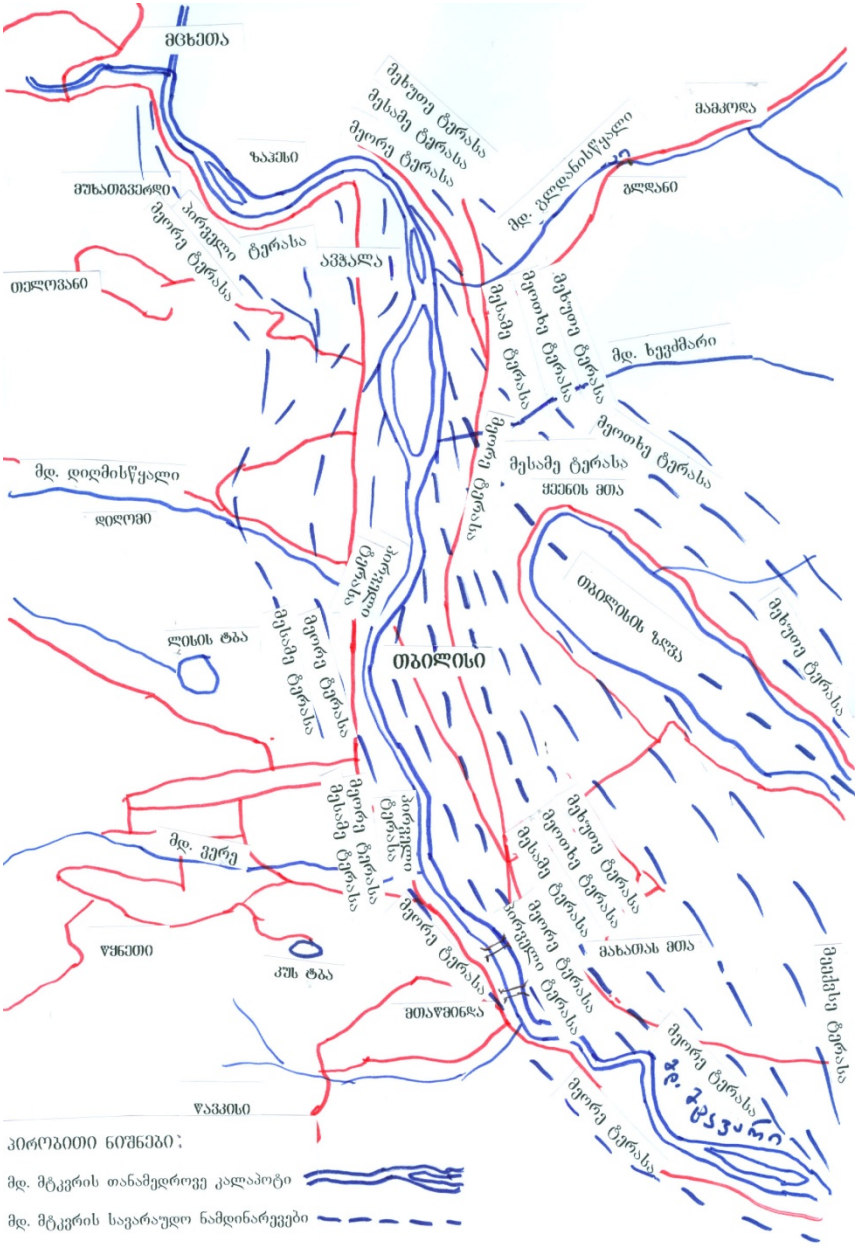
მდინარის ჭალა რამდენიმე ათეული სანტიმეტრითაა ამაღლებული მდინარის წყლის ახლანდელი დონიდან. იგი აგებულია თანამედროვე ალუვიონით და წყლით იფარება მხოლოდ მდინარის ადიდების პერიოდში. ჭალის ნაწილებია კუნძულები, რომლებიც გვხვდება მდინარის კალაპოტში ავჭალა-სოღანლუღს შორის.

შემდეგი საფეხურია **ჭალისზედა პირველი ტერასა,** რომელსაც დიდუბის ტერასასაც უწოდებენ. ტერასის აბსოლუტური ნიშნულები მერყეობს 450-460 მეტრის ფარგლებში, ხოლო მისი სიმაღლე მდინარის დონიდან 10-15 მეტრია.

მდინარის მარჯვენა მხარეს, ზაჰესის მახლობლად, ტერასის სიგანე რამდენიმე ათეული მეტრია, სოფ. მუხათგვერდთან – რამდენიმე ასეული მეტრი, ხოლო დიღმის ველზე, სადაც მდ. მტკვარს ერთვის დიღმის წყლის შენაკადი, მისი ფართობი იზრდება და წყვეტილი ხდება.

ტერასის ფრაგმენტი ასევე ფიქსირდება სამხრეთ-აღმოსავლეთით, თამარ მეფის (ყოფილი ჩელუსკინელების) ხიდთან, რესტორან „არაგვის" მახლობლად. ამ ადგილას ტერასას კვეთს მდ. ვერე.

ამავე ტერასას წარმოადგენს ყოფილი „მადათოვის კუნძული" ბარათაშვილისა და ზაარბრიუკენის ხიდებს შორის. ამ უკნასკნელთან, კომუნარების ბაღის ქვემოთ, პირველი ტერასა ფართოვდება და უწყვეტი ზოლის სახით გასდევს მდ. მტკვრის ხეობას. ტერასა ძალზე შევიწროებულია თელეთის ქედის აღმოსავლეთ დაბოლოებაზე, მეტეხის ხიდთან, ხოლო მნიშვნელოვნად ფართოვდება სოღანლუღის მიდამოებსა და მის სამხრეთ-აღმოსავლეთით მდებარე დაბლობის ფარგლებში.



ნახ. №1. მდ. მტკვრის ხეობა და ტერასები თბილისის ქვაბურში

მდ. მტკვრის მარცხენა მხარეს ტერასა შევიწროებულია, მაგრამ უწყვეტად ვრცელდება ავჭალიდან მეტეხის ხიდამდე. მეტეხის ხიდის ქვევით, ზედაპირზე გამოდის ეოცენის ასაკის ტუფოგენური ქანები, ამიტომ ტერასა წყდება და კარგად იკვეთება ყოფილ „მამუკას სოფლიდან" სამხრეთ-აღმოსავლეთის მიმართულებით.

მდ. მტკვრის მარცხენა ნაპირის ტერასები მდებარეობს შუა ეოცენისა და ოლიგოცენის ასაკის ნალექებზე, რომლებიც გადაფარულია რამდენიმე მეტრის სიმძლავრის ფხვიერი კონგლომერატებით.

ჭალისზედა მეორე ტერასა, ანუ ვაკე-ავლაბრის ტერასა ფიქსირდება მდ. მტკვრის ორივე მხარეს, მცხეთასა და სოღანლუღს შორის, ტერასის აბსოლუტური ნიშნულები 520-550 მეტრამდეა, ხოლო მდ. მტკვრის დონიდან 25-40 მეტრის სიმაღლეზე.

რამდენიმე ათეული მეტრის სიგანის მეორე ტერასა კარგადაა გამოკვეთილი სოფ. ბაგინეთთან (მცხეთის მუნიციპალიტეტი), ხოლო სამხრეთით, სოფ. მუხათგვერდთან ფრაგმენტების სახითაა წარმოდგენილი.

კარგადაა ეს ტერასა გამოსახული საბურთალოდან სოლოლაკამდე. ამ ტერასაზე მდებარეობს „თავისუფლების მოედანი" მიმდებარე ქუჩებით, რუსთაველის გამზირი, კოსტავას ქუჩა, ვაკე და საბურთალო. ცალკეული ნარჩენების სახით ტერასა გვხვდება სოლოლაკის სერიდან თელეთის ქედის აღმოსავლეთით, სოდანლუღის მიდამოებში.

მტკვრის მარცხენა მხარეს, ტერასა ცალკეული ფრაგმენტების სახით ასევე გვხვდება ზაჰესსა და ავჭალის უბნებზე, მდინარეების ხევძმარსა და ღრმაღელეს შორის. ტერასა კარგადაა წარმოდგენილი ბარათაშვილის სახელობის აღმართთან, მეტეხის ხიდის მიდამოებში და მის აღმოსავლეთით.

ჭალისზედა მესამე ტერასა, ანუ არსენალის ტერასა ფრაგმენტების სახითაა შემორჩენილი 550-დან 560 მეტრის აბსოლუტურ სიმაღლეებზე, ხოლო მდ. მტკვრის დონიდან 60-80 მეტრის სიმაღლეზეა. მესამე ტერასა შედარებით უკეთაა გამოკვეთილი ავჭალისა და ზემო ავჭალის მიდამოებში, გლდანისწყლისა და ჯაჭვისწყლის ხევებს შორის და ყენის მთის ჩრდილო-დასავლეთ კალთაზე. ასევე, ძეძვიმახათას მაღლობის დასავლეთი კალთის გასწვრივ, არსე-

ნალისა და ნავთლუღის მიდამოებში, სადაც ტერასის სიგანე რამდენიმე ასეულ მეტრს აღწევს.

მდ. მტკვრის მარჯვენა მხარეს, მესამე ტერასა ფიქსირდება არმაზის ქედის სამხრეთ-აღმოსავლეთ ნაწილში, ვაკისა და რუსთაველის მოედნიდან მთის ძირებისაკენ და სოღანლუღის მიდამოებში.

ჭალისზედა მეოთხე ტერასა, ანუ ლოტკის გორის ტერასა კარგად ფიქსირდება 570-580 მეტრის აბსოლუტურ ნიშნულებზე, მდ. მტკვრის მარცხენა მხარეს გლდანისწყალსა და ჯაჭვისწყლის ხევებს შორის არსებულ საგურამო-იალონის ქედის თხემზე. გარდა ამისა, მეოთხე ტერასა ფართე ზოლის სახით გამოსახულია ძეძვი-მახათას მთის თხემურ ნაწილში და ყეენის მთასთან. მახათას მთასთან ტერასა ვიწროვდება, ხოლო ნავთლუღთან კვლავ ფართოვდება.

ჭალისზედა მეხუთე ტერასა, ანუ მახათის ტერასა კარგადაა წარმოდგენილი მდ. მტკვრის მარცხენა მხარეს, სადაც მისი აბსოლუტური ნიშნული 590-600 მეტრია, საგურამო-იალონის ქედის სამხრეთ კალთებზე სოფ. ზემო ავჭალისა და ავჭალის მიდამოებში, ასევე, მდინარეების გლდანისწყლისა და ჯაჭვისწყლის მოვაკებული ზედაპირის წყალგამყოფზე და ძეძვი-მახათას მთის ზოლში, სადაც ცალკეულ მაგიდისებურ გავაკებებს ქმნის. მახათას მთიდან ტერასა ფართე ბაქნის სახით ვრცელდება აღმოსავლეთით, „თბილისის ზღვის" წყალსაცავის ქვაბურისაკენ, სადაც ტერასის სიმაღლე, რომელიც აგებულია მდინარის ნარიყალით, მტკვრის დონიდან 260 მეტრს აღწევს. მეხუთე ტერასა ფიქსირდება ასევე, „თბილისის ზღვის" წყალსაცავის ქვაბურიდან ჩრდილო-აღმოსავლეთით, ნორიო-ლილოს მაღლობის სამხრეთ-დასავლეთ ფერდობებზე, ხევძმარის ხევიდან მდ. ლოჭინისწყლამდე. განსაკუთრებით კარგადაა ტერასა წარმოდგენილი სოფ. დიდი ლილოს მიდამოებში.

ჭალისზედა მეექვსე ტერასა ფიქსირდება სოფ. ნორიოს მახლობლად, სადაც ქმნის ქაშვეთ-ცელობანის პლატოს და წარმოდგენილია რიყის მძლავრი კონგლომერატებით თიხნარის შემავსებლით. ტერასის აბსოლუტური სიმაღლე ზღვის დონიდან 620 მეტრია.

ე.ი. მდ. მტკვარმა ქ. თბილისის ფარგლებში ზღვის დონიდან სხვადასხვა აბსოლუტურ ნიშნულზე გამოიმუშავა 6 საფეხური.

მდ. მტკვრის ხეობაში მშრალი ხევების საერათო სიგრძე შეადგენს 230 კმ, რომელთა ფერდობები არამდგრადი და დამეწყრილია.

თბილისის შემოგარენში 60-დე მეწყერია დაფიქსირებული. ყველაზე აქტიური მეწყრული ზონებია: მთაწმინდის ჩრდილოეთი ფერდობი, ფუნიკულიორი, სოლოლაკი, მამადავითი, ნუცუბიძის პლატო, მუხათგვერდის მთის ფერდობები, მდ. ვერეს ხეობა და მისი მარჯვენა სანაპირო – ე.წ. „ვაკის მეწყრები", ლოტკინის მთა, კიბალჩიჩის ქუჩა, ლისი, ბაგები, აბანოთუბანი და ა.შ.

2002 წლის 25 აპრილის მიწისძვრამ საგრძნობლად გააქტიურა მეწყრული პროცესები. 1980 წლის 14 მაისს, ძლიერმა ნალექებმა მდ. ვერეზე გამოიწვია 12 მეტრი სიმაღლის კედლის ჩამონგრევა, წარმოიშვა ღვარცოფი, რომელმაც შენობების ნგრევა და ადამიანთა მსხვერპლი გამოიწვია.

განსაკუთრებით დიდი ზიანი მიაყენა ქალაქს, მდ. ვერეს 2015 წლის 13 ივნისის წყალდიდობამ, როდესაც კოკისპირული წვიმების გამო ჩამოწვა მეწყერი ახალდაბა-ბეთანიის გზაზე. შედეგად წარმოიშვა ღვარცოფი. ღვარცოფმა დაანგრია სვანიძის ქუჩაზე, მდ. ვერეს ჭალაში არსებული შენობა-ნაგებობები, ხოლო თამარაშვილის ქუჩის ქვეშ არსებულმა გვირაბმა ვერ გაატარა წყლის ნაკადი, მოხდა შეგუბება და შემდეგ, ღვარცოფი დიდი სისწრაფით დაეშვა და წალეკა მდ. ვერეს ჭალაში არსებული საავტომობილო გზა და ზოოპარკი. ღვარცოფმა გაიტაცა საავტომობილო გზაზე მოძრავი ავტოტრანსპორტი მგზავრებიანად, დაიღუპა 23 ადამიანი, დაინგრა საცხოვრებელი სახლები და ინფრასტრუქტურა, განადგურდა ზოოპარკი, ხოლო გადარჩენილი ცხოველები აღმოჩნდნენ ქალაქის ქუჩებში.

მდ. ვერეს ღვარცოფით გამოწვეული ზარალი შეფასდა 100 მლნ დოლარად, ხოლო დანგრეული ინფრასტრუქტურის აღდგენა დღესაც გრძელდება.

ზემოთქმულიდან გამომდინარე, შეიძლება დავასკვნათ, რომ მდ. მტკვრისა და მისი შენაკადების აქტიური ზემოქმედება რელიეფზე დღესაც გრძელდება. თბილისის რელიე-

ფის გეომორფოლოგიური სურათის შექმნის პროცესში მთავარ ძალას მდ. მტკვარი წარმოადგენს, რომლის გეოლოგიური მოქმედების შედეგად დროთა განმავლობაში ჩამოყალიბდა მდ. მტკვრის თანამედროვე ხეობა.

3.2. ანთროპოგენული დაბინძურება

ანთროპოგენული დაბინძურება გარემოზე ზემოქმედების თვალსაზრისით არის მნიშვნელოვანი, რომელიც იყოფა საწარმოო და საყოფაცხოვრებო წყაროებად.

განსაკუთრებით გამწვავდა ნიადაგში არსებული მყარი, სამრეწველო და საყოფაცხოვრებო ნარჩენების ლიკვიდაციის პრობლემა, რაც იწვევს მისი ქიმიური შედგენილობის ცვლილებას. თუ ნიადაგი შეიცავს მომეტებული რაოდენობით რკინას, გოგირდთან ურთიერთქმედებისას წარმოიქმნება გოგირდოვანი რკინა, რომელიც წარმოადგენს ძლიერ საწამლავს. შედეგად, ნიადაგში ისპობა მიკროფლორა, რაც იწვევს ნიადაგის ნაყოფიერების შემცირებას. ამგვარი ზემოქმედების მიმართ შედარებით უფრო მგრძნობიარეა წიწვოვანი ჯიშები.

ნიადაგი კვდება, თუ იგი შეიცავს 2-3 გ ტყვიას 1 კგ გრუნტზე. ზოგიერთი საწარმოს გარშემო ტყვიის კონცენტრაცია აღწევს 10-15 გ 1 კგ-ზე.

თუ სამრეწველო და საყოფაცხოვრებო ნარჩენები იყრება ნაგავსაყრელზე, იქმნება ატმოსფეროს, ზედაპირული და გრუნტის წყლების დაბინძურების რეალური პირობები, რაც იწვევს სასოფლო სამეურნეო მიწების დაბინძურებას.

ბიოსფეროს პრაქტიკულად აღუდგენელ კომპონენტს წარმოადგენს დედამიწის ნიადაგის ფენა, რომლის მდგომარეობაზეა დამოკიდებული ადამიანის სიცოცხლე.

ნიადაგი წარმოადგენს ცოცხალი ორგანიზმების, უმეტესწილად მცენარეული ნივთიერებების ურთიერთქმედების ბუნებრივ პროდუქტს ზედაპირულ მინერალურ საფუძველთან, წყლის, მზის ენერგიისა და ჰაერის დადებითი ტემპერატურის მონაწილეობით.

ნიადაგის ფენის წარმოშობისა და განვითარების რთულ პროცესში ორგანული ნივთიერებები იხრწნება და ჰუმუსად გადაიქცევა. ამ დროს ხდება ერთი სახის მინერალების გახ-

ლეჩა და სხვა მინერალების სინთეზი, ორგანულ-მინერალური კოლოიდებისა და სხვადასხვა ორგანული მჟავეების წარმოქმნა. ამგვარი და სხვა პროცესების კომპლექსის შედეგად ყალიბდება ნიადაგი, რომელსაც გააჩნია მასზე დასახლებული მცენარეების წყალზე და საკვებზე მოთხოვნილებების დაკმაყოფილების უნარი მათი ზრდისა და განვითარების სხვადასხვა სტადიაზე. ნიადაგის ამ თვისებას ეწოდება **ნაყოფიერება**.

ამერიკელი მეცნიერების გამოკვლევების შედეგად დადგენილია, რომ ხელშემწყობ პირობებში 2-3 სმ ნიადაგის ფენის წარმოქმნა გრძელდება 200-დან 1000 წლიწადს, ხოლო ნორმალური, 18 სმ სახნავი ფენისათვის საჭიროა 1400-დან 7000 წელი.

დედამიწაზე არსებული ნიადაგის ფენის ფართობი არ აღემატება 81,6 მლნ კმ^2 და წარმოადგენს ხმელეთის 55%-ს. მათგან 41,6 მლნ კმ^2 დაკავებულია ტყისა და ბუჩქნარის, 26 მლნ კმ^2 - საძოვრების მიერ და მხოლოდ 15 მლნ კმ^2 (10%) წარმოადგენს სახნავ მიწებს.

მესაქონლეობით ძლიერ დატვირთულ რაიონებში, საძოვრებზე მიმდინარეობს მიწების ინტენსიური ეროზიის პროცესი, რის გამოც, წლის განმავლობაში ზედაპირულ ჩამონადენში მიდის ატმოსფერული ნალექების 61% და თვითოეული ჰექტარიდან ირეცხება 16 ტონა ნიადაგი. ნორმალურ პირობებში ეს მაჩვენებლები მცირდება 2,5-ჯერ.

ადამიანი ათასწლეულების განმავლობაში ხელს უწყობდა ნახევრადუდაბნოებისა და უდაბნოების გაფართოებას. ამჟამად მათ უკავიათ ხმელეთის 30% და სწრაფად ფართოვდება ტყის გაჩეხვის, ნიადაგის და ქარის ეროზიისა და სხვა ბუნებრივი და ანთროპოგენული პროცესების გამო.

ადამიანი უხსოვარი დროიდან ეწევა მელიორაციულ საქმიანობას იმ მიზნით, რომ გაზარდოს მოსავლიანობა მშრალ და არასაკმარისი ტენიანობის პირობებში. ამჟამად დედამიწაზე საირიგაციო მიწათმოქმედებას მისდევენ 200 მლნ ჰექტარზე. მორწყვის შედეგად იზრდება მოსავლიანობა, მაგრამ მისი არასწორი გამოყენების შემთხვევაში ვითარდება მიწების დამარილიანების პროცესი და მცირდება მათი ნაყოფიერება.

ყოველწლიურად ჩვენი პლანეტის ატმოსფეროში გაიფრქვევა $2X10^{20}$ ჯოული სითბო და $18X10^{9}$ ტონა CO_2. სითბოს წყაროს ძირითადად წარმოადგენს ორგანული საწვავის წვისა და ბირთვული ენერგეტიკის ობიექტები. შედეგად მატულობს ატმოსფეროს საშუალოწლიური ტემპერატურა, მცირდება ყინულისა და თოვლის ფენა და მცირდება დედამიწის ამრეკლავი უნარი. ნაციონალურ მეცნიერებათა აკადემიის (აშშ) მონაცემებით 2100 წლისათვის დედამიწის ატმოსფეროს ტემპერატურა მოიმატებს $5,5^{0}$C-ით. გარდა ამისა, ხშირია ნისლი, ღრუბლიანობა, ატმოსფერული ნალექები, მათ შორის მჟავეშემცველი წვიმები, რომლებიც აუარესებენ ნიადაგის ნაყოფიერებას, უარყოფითად მოქმედებენ ფაუნასა და ფლორაზე, ადამიანის ჯანმრთელობაზე. ეს პროცესები გარდა ზემოთჩამოთვლილისა, ხელს უწყობს კოროზიის განვითარებას ლითონკონსტრუქციებზე.

წყალსატევების ტემპერატურის მომატება უარყოფით გავლენას ახდენს ბიოცენოზზე, რადგან ასეთ შემთხვევაში მცირდება წყალში გახსნილი ჟანგბადის, ნახშირმჟავასა და აზოტის შემცველობა.

გარემოს დაცვა წარმოადგენს კომპლექსურ ღონისძიებას, რომელიც მოითხოვს სხვადასხვა დარგის სპეციალისტების ერთობლივ ძალისხმევას. ყველაზე აქტიურ ფორმას წარმოადგენს სამრეწველო ობიექტების გადასვლა უნარჩენო და მცირენარჩენიან ტექნოლოგიებზე. ეს კი დაკავშირებულია საწარმოების მიერ რთული ტექნოლოგიური, კონსტრუქციული და ორგანიზაციული ამოცანების გადაწყვეტასთან.

სამრეწველო საწარმოების ეკოლოგიზაციის ძირითადი მიმართულებებია:

1. ტექნოლოგიური პროცესების სრულყოფა და ახალი მოწყობილობების შექმნა, რომლებიც უზრუნველყოფენ ნარჩენების ნაკლები დოზით გაფრქვევას გარემოში.
2. წარმოების ყველა სახისა და სამრეწველო პროდუქციის ეკოლოგიური ექსპერტიზა.
3. ტოქსიკური ნარჩენების შეცვლა არატოქსიკურით.
4. არაუტილიზებული ნარჩენების შეცვლა უტილიზებულით.
5. გარემოს დაცვის მიზნით სხვა დამატებითი მეთოდებისა და ღონისძიებების ფართოდ გამოყენება.

დამატებითი ღონისძიებების გამოყენებაში იგულისხმება:
1. აპარატურისა და სისტემების გამოყენება გაზური გამონაბოლქვისა და ჩამდინარე წყლების გაწმენდის მიზნით.
2. გაზების გამოფრქვევის დროს ხმაურის ჩახშობა.
3. ტექნოლოგიური მოწყობილობების ვიბროიზოლიატორების გამოყენება.
4. დაცვის ეკრანული სისტემების გამოყენება.
5. ტრანსპორტზე ხმის ჩამხშობების, ჭვარტლის დამჭერებისა და გადამუშავებული გაზების ნეიტრალიზატორების გამოყენება.

დიდი მნიშვნელობა აქვს სამრეწველო საწარმოების გადატანას მსხვილი ქალაქებიდან მცირედდასახლებულ პუნქტებში, სადაც სასოფლო-სამეურნეო თვალსაზრისით დაბალნაყოფიერი მიწებია. ასევე მნიშვნელოვანია სამრეწველო საწარმოების გარშემო სანიტარულ-დამცავი ზონების მოწყობა, ქალაქის მშენებლობის რაციონალური დაგეგმარება, საცხოვრებელ კვარტალებში ტრანსპორტის მოძრაობის ორგანიზაცია გამონაბოლქვის შემცირების მიზნით და სხვა ღონისძიებების გატარება.

აუცილებელია გარემოს დაცვის კონტროლის სამსახურის არსებობა, რომელიც სისტემატურ დაკვირვებებს ჩაატარებს ატმოსფეროს, წყლისა და ნიადაგის მდგომარეობაზე. დაკვირვების შედეგების გაანალიზების საფუძველზე დადგინდება დაბინძურების მიზეზები და მოხდება მათი ლიკვიდაცია.

აშშ-ს მაგალითზე გარემოს დაცვის მიზნით წლიური დანახარჯების პროცენტული განაწილება შემდეგია: ატმოსფეროს დაცვა - 35%, წყალსატევების დაცვა - 48%, მყარი ნარჩენების ლიკვიდაცია - 15%, ხმაურის შემცირება - 0,7%, დანარჩენი - 1,3%.

ეკოლოგიური ანუ გარემოს ფაქტორები გარკვეულ ზეგავლენას ახდენენ ცხოველებისა და მცენარეების ორგანიზმებზე. განარჩევენ კლიმატურ (ტენიანობა, სითბო, სინათლე, ქარი და სხვ.), ადგილობრივ (ნიადაგი, წყალი), გეომორფოლოგიურ (რელიეფი), ბიოტურ (სხვა ორგანიზმთა ზეგავლენა) და ანთროპოგენურ (ადამიანის ზეგავლენა) ფაქტორებს.

ეკოლოგიური ფაქტორების ზემოქმედება ორგანიზმებზე მიმდინარეობს არა იზოლირებულად, არამედ ერთობლივად.

3.3. საარსებო პირობები

ორგანიზმის არსებობისათვის საჭირო ეკოლოგიური ფაქტორების ერთობლიობას ეწოდება საარსებო პირობები. ორგანიზმისათვის სასარგებლო ერთ-ერთ ეკოლოგიურ ფაქტორს შეუძლია შეამციროს მეორის არახელსაყრელი ზემოქმედება.

მნიშვნელობის მიხედვით განასხვავებენ შემდეგ ეკოლოგიურ ფაქტორებს: ა) მაქსიმუმს, რომლის ზევითაც ორგანიზმების არსებობა შეუძლებელია; ბ) მინიმუმს, რომლის ქვემოთ სიცოცხლე წყდება; გ) ოპტიმუმს, რომელიც ორგანიზმის არსებობისათვის ყველაზე ხელსაყრელია; დ) პესიმუმს, რომლის დროსაც ორგანიზმის სასიცოცხლო გამოვლინებები ითრგუნება.

ზოგიერთ ორგანიზმს შეუძლია აიტანოს ეკოლოგიური ფაქტორების მნიშვნელოვანი მერყეობა, ე.ი. მათ გააჩნიათ დიდი ეკოლოგიური შეგუებლობის ხარისხი.

ორგანიზმთა შეგუებლობის ხარისხის მაჩვენებლად იხმარება **ევრი** ანუ ფართო და **სთენო** ანუ ვიწრო. გარემოსადმი ფართოდ შეგუებულ ორგანიზმებს **ევრიბიონტები** ეწოდება, ხოლო ვიწროდ შეგუებულ ორგანიზმებს – **სთენობიონტები**.

ტემპერატურასთან დამოკიდებულების მიხედვით განარჩევენ **ევრითერმულ** და **სთენოთერმულ** ორგანიზმებს, ტენიანობასთან დამოკიდებულების მიხედვით - **ევრიჰუმიდურსა** და **სთენოჰუმიდურს.** მარილიანობასთან დამოკიდებულების მიხედვით – **ევრიჰალურსა** და **სთენოჰალურს.**

ეკოგენეზი წარმოადგენს ეკოლოგიის ერთ-ერთ მნიშვნელოვან კანონზომიერებას და ვლინდება როგორც ახალ სახეობათა ფორმირების პროცესში, ისე ორგანიზმთა ყველა დიდი ჯგუფის ისტორიულ განვითარებაში.

ეკოგენეზი გამოიხატება მრავალრიცხოვანი ახალი შეგუებითი თავისებურებების შეძენით, რაც განაპირობებს საერთო აღმავლობას, იძლევა ახალ ეკოლოგიურ პირობებისადმი შეგუებისა და ახალ საარსებო ტერიტორიების დაუფლების, ე.წ. **ეკოგენეზური ექსპანსიის** საშუალებას.

თავი 4

ატმოსფეროს დაცვა

4.1. ატმოსფეროს დაბინძურების წყაროები

თანამედროვე ატმოსფეროს ჩამოყალიბებაში დიდი როლი მიუძღვით ცოცხალ ორგანიზმებს. ატმოსფერო იმყოფება დინამიურ წონასწორობაში, სადაც განვითარებულია ავტოტროფული და ჰეტეროტროფული ორგანიზმებისა და სხვადასხვა გეოქიმიური მოვლენების ანტაგონისტური მოქმედებები.

ჰაერის შედგენილობა მუდმივი არ არის, რადგან მიმდინარეობს ცოცხალი ორგანიზმების, ჰიდროსფეროსა და ლითოსფეროს შორის განუწყვეტელი გაცვლითი რეაქციები.

ატმოსფეროს დაბინძურება შეიძლება იყოს გამოწვეული როგორც რაოდენობრივი - მისი შედგენილობის (ნახშირორჟანგის გაზი, აზოტის ზეჟანგი, ოზონი) კონცენტრაციების მომატებით ან ხარისხობრივი ცვლილებებით (რადიოაქტიური ელემენტები, ორგანული ნივთიერებები) ასევე, ორივე ფაქტორის ზემოქმედებით.

ატმოსფეროს დაბინძურების გამომწვევი ნივთიერებები იყოფა 2 ჯგუფად: გაზები (90%) და მყარი ნაწილაკები (10%).

ნახშირორჟანგა გაზი (CO_2) წარმოადგენს ატმოსფეროს ბუნებრივ შემადგენელ ნაწილს. ჩვენს ეპოქაში მისი კონცენტრაციები ატმოსფეროში განუწყვეტლად იზრდება. ადამიანმა დაარღვია დინამიური წონასწორობა ნახშირორჟანგის გაზის იმ რაოდენობას შორის, რომელიც ხვდება ატმოსფეროში სხვადასხვა წყაროებიდან (სუნთქვა, ვულკანები და ა.შ.) და ნახშირორჟანგის გაზს შორის, რომელიც ფოტოსინთეზისა და სედიმენტაციის პროცესების დროს შთაინთქმება ატმოსფეროდან ავტოტროფების მიერ. ამის გამო, ნახშირორჟანგის გაზის რაოდენობა ატმოსფეროში განუხრელად იზრდება.

ნახშირბადის ჟანგი (CO) არის ატმოსფეროს ყველაზე დიდი დამაბინძურებელი. ბენზინის ძრავა წარმოადგენს ამ გაზის გამოყოფის მთავარ წყაროს, განსაკუთრებით ძრავის

ამუშავების პირველი ორი წუთის განმავლობაში, როდესაც ძრავა ცივია. მეორე წყაროს წარმოადგენს ხის, ნახშირის წვა და ტყის ხანძრები, რომლებიც ხდება ყოველწლიურად საშუალოდ $7{,}2 \times 10^6$ ჰა ფართობზე.

ნახშირწყალბადების ხელოვნურ წყაროებს წარმოადგენს შიდა წვის ძრავები, საყოფაცხოვრებო დანიშნულებისა და სამრეწველო ღუმელები. განსაკუთრებით საგრძნობია ნახშირწყალბადების ატმოსფეროში მოხვედრა ძრავებში საწვავის არასრული წვის შედეგად. ამ დროს ხდება საშიში კანცეროგენური ციკლური ნახშირწყალბადების სინთეზი: ბენზო-3,4-პირენის, ბენზატრაცენის, ფლიუორანტრენისა და სხვ.

დიზელის ძრავა წარმოადგენს ატმოსფეროს დაბინძურების წყაროს არომატული და ციკლური ნახშირწყალბადებით. ალდეჰიდები (აკროლეინი), გოგირდის ნაერთები (გოგირდოვანი ანჰიდრიდი), გოგირდწყალბადი, აზოტის ნაერთები და სხვა გაზები უმეტესად წარმოიქმნება წვის შედეგად, როგორც ინდივიდუალური წყაროებიდან (ავტომანქანები, საყოფაცხოვრებო ღუმელები), ასევე სამრეწველო ობიექტებიდან.

ნაგავსაყრელებზე პლასტმასის ნარჩენებისა და პოლიქლორვინილების წვის შედეგად ატმოსფეროში დიდი რაოდენობით გაიფრქვევა მარილმჟავა, რომელიც შემდგომ ჰაერის ნაკადებით გადაიტანება დიდ მანძილებზე.

უფრო მდგრადი და გაჭუჭყიანების მაღალი კონცენტრაციებია დამახასიათებელი იმ ადგილებისათვის, სადაც ადამიანი აქტიურად ზემოქმედებს ბუნებაზე. ეს ზემოქმედება განსაკუთრებით შესამჩნევი გახდა XX საუკუნის მეორე ნახევრიდან, როდესაც დიდი ტემპებით განვითარდა მრეწველობის დარგები. ამერიკის შეერთებული შტატების მაგალითზე, ატმოსფეროს დანაგვიანებაში განსაკუთრებით აქტიურად მონაწილეობს: ტრანსპორტი - 50%, თბოელექტროსადგურები - 20%, სამრეწველო საწარმოები - 15%, მყარი ნარჩენების წვის დანადგარები - 5%, დანარჩენი - 10%.

ატმოსფეროს გამაჭუჭყიანებელი ყველაზე გავრცელებული ტოქსიკური ნივთიერებებია: ნახშირჟანგის ნახშირბადის

ოქსიდი, გოგირდის დიოქსიდი, აზოტის ოქსიდი, C_nH_m-ის ნახშირწყალბადები და მტვერი.

ადამიანის საქმიანობის შედეგად ატმოსფეროში ხვდება მტვრის ნაწილაკები. აეროზოლები (თხევადი და მყარი ნაწილაკები) უფრო ინტენსიურად გამოიყოფა ძრავებში საწვავის არასრული წვის შედეგად, როდესაც გაზებთან ერთად ხდება მინერალური ზეთის წვეთებისა და გუდრონის გამოყოფა.

სიგარეტის კვამლი ასევე წარმოადგენს საცხოვრებელი ბინების დაბინძურების წყაროს, რომელიც მდიდარია აეროზოლებით, გუდრონითა და ალდეჰიდებით.

ჰაერში არსებული ნაწილაკები მათი ზომების მიხედვით შეიძლება დაიყოს შემდეგნაირად:

1. მსხვილი ნაწილაკები (დიამეტრი - 2 მმ), რომელთაც გააჩნიათ დალექვის უნარი და ძირითადად თავმოყრილია 3000 მ-დე სიმაღლეზე ტროპოსფეროს ქვედა ფენაში; ეს ნაწილაკები ადვილად ხვდება მიწაზე დაბინძურების წყაროს სიახლოვეს.

2. ნახევრადწვრილი მტვერი (დიამეტრი - 2,0-0,1 მმ), რომელსაც ახასიათებს მცირედ დალექვის უნარი, ან სრულებით არ გააჩნია ეს თვისება.

3. მიკროსკოპიული მტვერი (დიამეტრი - 0,001 მმ), რომელსაც არ გააჩნია დალექვის უნარი.

ტყვიით ატმოსფერო ძირითადად ბინძურდება მეტალურგიული მრეწველობის, ავტომობილების საშუალებით და ნარჩენების წვის შედეგად.

მოპოვებული ტყვიის 1/3 იხარჯება აკუმულატორების დასამზადებლად. ბენზინში ტყვიას უმატებენ ანტიდეტონატორის სახით ოქტანური რიცხვის გაზრდის მიზნით. თვითოეული ავტომობილი წლის განმავლობაში ატმოსფეროში აეროზოლის სახით გამოაფრქვევს 1 კგ ტყვიას.

XX საუკუნის 40-იან წლებამდე ატმოსფეროს საწარმოო დაბინძურების ძირითად წყაროს წარმოადგენდა ქვანახშირის არასრული წვა. ამ დროს საწარმოები წვავდა 1300 მლნ ტონა ქვანახშირს წელიწადში. ქვანახშირის არასრული წვის შედეგად ატმოსფეროში მოხვედრილი კვამლი შეიცავს წიდისა და მჭვარტლის მცირე ნაწილაკებსა და მავნე გაზებს: გოგირდწყალბადს, გოგირდნახშირბადს, ნახშირბადის

ჟანგეულებსა და ორჟანგებს, გოგირდის, აზოტისა და ქლორის ჟანგეულებს, ფტორის, ფოსფორისა და დარიშხანის შენაერთებსა და ა.შ.

გარდა ამისა, კვამლი ფარავს მზეს და ამცირებს მზის წლიური რადიაციის სიდიდეს. მაგალითად, გერმანიაში, რურისა და საარის მიდამოებში მზის რადიაცია მცირდება 40%-ით. ბელგიაში, მდ. მაასის ხეობაში, 1930 წელს გოგირდის ჟანგეულებისაგან დაავადდა მოსახლეობის დიდი ნაწილი, რამაც გამოიწვია ადამიანების დაღუპვა.

მეორე მსოფლიო ომის შემდეგ სწრაფი ტემპებით წარიმართა ტექნიკური რევოლუცია. ფართოდ იქნა გამოყენებული ატომური ენერგია, სინთეტიკური ორგანული ნივთიერებები, სინთეზური კაუჩუკი, პლასტმასები და ა.შ., რომელთა წარმოებამ გამოიწვია დიდი რაოდენობის მომწამლავი ნივთიერებების გამოყოფა, რომელიც აბინძურებს გარემოს. მაგალითად: 1) გოგირდისა და აზოტის მჟავეების წარმოებისას, თვითოეული კუბური მეტრი გაზი შეიცავს 1 გ გოგირდის გაზსა და 4 გ აზოტის ჟანგეულს; 2) ფოსფორის სასუქის წარმოებისას, ჰაერის გაქრევის დროს თვითოეულ კუბურ მეტრში 10 გრამამდე ფტორის შენაერთია; 3) 1 მლნ კუბური მეტრი ბუნებრივი გაზის გადამუშავებისას ატმოსფეროში გაიფრქვევა 15 ტონამდე სხვადასხვა მავნე ნივთიერება.

აშშ-ს ქ. ლოს-ანჯელესის მაგალითზე დიდი ქალაქების ატმოსფეროში მუდმივადაა 600 ქიმიურად მავნე ნივთიერება, მათ შორის 21 ნივთიერების შემცველი მყარი ნაწილაკები. მხოლოდ საბურავების მტვერი, რომელსაც გამოჰყოფს 3,5 მლნ ავტომობილი შეადგენს 50 ტ/დღე-ღამეში, მას ემატება ასფალტის მტვერი, ასფალტის შრე საშუალოდ 1 სმ-ით იკლებს წელიწადში. განსაკუთრებით დიდია ატმოსფეროს გაჭუჭყიანება ავტომობილების მიერ გამოფრქვეული გაზებით. თუ ავტომობილი წელიწადში გადის 15 ათას კმ-ს, იგი ამ პერიოდში წვავს 1 ტონაზე მეტ ბენზინს, შთანთქავს 4,5 ტ-დე ჟანგბადს, გამოჰყოფს 3,5 ტ-დე ნახშირორჟანგს, 0,6 ტ-დე მხუთავ გაზს, 1 ცენტნერზე მეტ შხამიან ნახშირწყალბადებს, 30 კგ-დე აზოტის ჟანგეულებსა და 0,4 კგ-დე ძლიერმომწამლავ ტეტრაეთილირებულ ტყვიას.

ასევე დიდია ატმოსფეროს დაბინძურება ავიაციისა და კოსმოსური რაკეტების მიერ.

ატმოსფეროს დაბინძურება ხდება შემდეგი გაზებით:
1. ნახშირჟანგის ნახშირბადის ოქსიდით, რომელიც უფერო და უსუნო გაზია. იგი მოქმედებს ნერვულ და გულ-სისხლ-ძარღვთა სისტემაზე და იწვევს გაგუდვას. პირველი სიმპტომებია თავის ტკივილი, შემდეგ თავბრუსხვევა.
2. აზოტის ოქსიდით (NO_x), რომელიც უფერო და უსუნო მომწამვლავი გაზია. იგი გამაღიზიანებლად მოქმედებს სასუნთქ ორგანოებზე, განსაკუთრებით საშიშია იმ ქალაქებში, სადაც ეს გაზები ურთიერთმოქმედებენ ნახშირწყალბადიან გაზებთან და ქმნიან ფოტოქიმიურ ნისლს - **სმოგს**. სმოგი იწვევს ხველას, ღებინებას და თავის ტკივილს.
3. გოგირდის დიოქსიდით, რომელიც უფერო გაზია მწვავე სუნით, იგი იწვევს თვალისა და სასუნთქი ორგანოების გაღიზიანებას.
4. C_nH_m-ის ნახშირწყალბადებით (ბენზინის ორთქლი), რომელთაც აქვთ ნარკოტიკული ზემოქმედების უნარი; ეს გაზი მცირე კონცენტრაციების დროს იწვევს თავის ტკივილს, თავბრუსხვევას, ხოლო შემდეგ - ხველას და ყელის წვას.

ატმოსფეროში ყოველთვის არის სხვადასხვა წარმოშობისა და შედგენილობის მტვერი. საწვავის არასრული წვის შედეგად წარმოიქმნება ჭვარტლი, რომელიც მაღალდისპერსულია, არატოქსიკური ფხვნილი შეიცავს 90-95% ნახშირბადის ნაწილაკებს. მძიმე ნახშირწყალბადების მიმართ ჭვარტლს ახასიათებს დიდი ადსორბციის უნარი, რის გამოც, იგი მეტად საშიშია ადამიანის ჯანმრთელობისათვის.

ატმოსფეროში მოხვედრილ ქიმიურ ნაერთებსა და ფიზიკურ ნივთიერებებს შორის განსაკუთრებით საშიშია **კანცეროგენები**, ნივთიერებები ან ფაქტორები, რომლებიც ცოცხალ ორგანიზმებში იწვევს ავთვისებიან წარმონაქმნებს. მდგომარეობა მძიმდება იმის გამოც, რომ კანცეროგენები ვეღარ გამოდის ორგანიზმიდან. ყველაზე ძლიერი კანცეროგენია **ბენზაპირენი** და **ანტრაცენის** სხვადასხვაობები: **ბენზანტრაცენი, დიბენზანტრაცენი და დიმეთილი,** რომელთაც შეიცავს შიდა წვის ძრავის გამონაბოლქვი, ნახშირის წვის პროდუქტები, ნავთობპროდუქტები და ფიქლები.

გარდა ამისა, გოგირდისშემცველი ბენზინის მოხმარებისას, გამონაბოლქვი შეიცავს გოგირდის ოქსიდებს, ხოლო

ეთილირებული ბენზინის შემთხვევაში – ტყვიას (ტეტრაეთილტყვიას), ბრომს, ქლორს და მათ შენაერთებს.

ფიზიკურ კანცეროგენურ ფაქტორებს მიეკუთვნება რენტგენული სხივები, რადიოაქტიური იზოტოპები და გარემოს სხვა რადიაქტიური დამაბინძურებელნი, ასევე, დიდი დოზის ულტრაიისფერი სხივები. მცირე დოზით დასხივებისას მრავალი წლის შემდეგ შესაძლებელია განვითარდეს სიმსივნე.

კოსმიური სხივები წარმოადგენს ულტრაიისფერი დასხივების ერთ-ერთ წყაროს, რომელთა რაოდენობა მცირდება ატმოსფეროში ოზონის შრის არსებობის გამო. ოზონის შრე მდებარეობს დედამიწის ზედაპირიდან 8-10 კმ-დან (პოლუსებზე) 16-18 – 50-55 კმ-დე (ეკვატორზე). უკანასკნელ ხანს ოზონის შრე მკვეთრად მცირდება და მასში ჩნდება ხვრელები. ოზონის შრის დაშლა ძირითადად მიმდინარეობს აზოტის ოქსიდებისა ($NO+O_3=No_2+O_2$) და ფრეონების (რომლებიც ფართოდ გამოიყენება ტექნიკასა და ყოფაცხოვრებაში) მოქმედების შედეგად. ოზონის შრის დაშლა განსაკუთრებით აქტიურად მიმდინარეობს დედამიწის პოლუსებზე, კოსმიური აპარატებისა და ზებგერითი თვითმფრინავების ფრენის არეებში.

ატმოსფეროს დაბინძურების ძირითადი წყაროა ნავთობისა და გაზის ჭაბურღილები და მათ საშუალებით მიღებული გაზის ჩირაღდნები. ნავთობგაზმომპოვებელ ჭაბურღილებში გაზის ანთება აუცილებელია, რადგან წინააღმდეგ შემთხვევაში ატმოსფეროში დიდი რაოდენობით გაიფრქვევა ნახშირბადი და სხვა ქიმიური ელემენტები.

ნავთობის წვისას ატმოსფეროში ხვდება დიდი რაოდენობით ნახშირჟანგი, აზოტის ოქსიდი და სხვა ნაერთები. გამოანგარიშებულია, რომ ადამიანმა თავისი არსებობის პერიოდში დახარჯა ატმოსფეროს ჟანგბადის 0,02% და შემატა ნახშირორჟანგის 12%.

ატმოსფეროში ჟანგბადის შემცირება და ნახშირორჟანგის რაოდენობის გაზრდა გავლენას ახდენს კლიმატის შეცვლაზე.

მეცნიერთა აზრით, ატმოსფეროს დანაგვიანებასა და კლიმატურ ფაქტორებს შორის არსებობს მჭიდრო კავშირი. მაგალითად, დედამიწის ზედაპირთან მზის რადიაციის

ნაკადი პირდაპირ დამოკიდებულებაშია ქალაქში არსებულ ნისლიანი დღეების (სმოგის) რაოდენობაზე.

მიუხედავად ფაქტორების რაოდენობრივი შეფასების სიძნელისა, მეცნიერები მივიდნენ დასკვნამდე, რომ ატმოსფეროში ნახშირორჟანგის გაზისა და მტვერის კონცენტრაციების ზრდას გავლენა აქვს ჰაერის ტემპერატურის ცვლილებაზე დედამიწის ზედაპირთან ახლოს.

ოზონის შრე შთანთქავს მზისგან მომავალი რადიაციის 5%, ნახშირორჟანგი - მზის ინფრაწითელი გამოსხივების მთელ ენერგიას.

ნახშირორჟანგი ქმნის ე.წ. „სათბურის ეფექტს". ადამიანი პირდაპირ თუ ირიბად მოქმედებს და ცვლის ჰაერის ტემპერატურას. ამის ნათელი მაგალითია გრენლანდიის ყინულების ინტენსიური დნობა. მეცნიერების დაკვირვებით, წლის განმავლობაში ზღვას ემატება 50 $კმ^3$ მტკნარი წყალი. გამოანგარიშებულია, რომ გრენლანდიის ყინულების სრულად გადნობის შემთხვევაში, მსოფლიო ოკეანის დონე აიწევს 7 მეტრით.

ამგვარი მაგალითების მოყვანა მრავლად შეიძლება, თუნდაც განვიხილოთ რუსეთის ქალაქის იაკუტსკის ტრაგედია. „სათბურის ეფექტის" შედეგად ქ. იაკუტსკის მიდამოებში ჰაერის საშუალოწლიური ტემპერატურა გაიზარდა 2^0C-ით, რამაც გამოიწვია მუდმივ გამყინვარების პირობებში არსებული გრუნტების გალღობა, გაფუება, სიმტკიცის შემცირება და შენობების ფუნდამენტების დაჯდომა. შედეგად, ქალაქის ყველა ნაგებობა აღმოჩნდა ავარიულ მდგომარეობაში. სახლებს გაუჩნდათ ბზარები, მრავალი მათგანი დაინგრა, დანარჩენი თანდათან ნგრევის პროცესშია. საქმეს ვერ უშველა ფუნდამენტების გაყინვის ღონისძიებებმა, რადგან ეს მეთოდი დაკავშირებულია სამაცივრო დანადგარების გამოყენებასთან და დიდ დანახარჯებთან. სპეციალისტების პროგნოზით დაწყებული პროცესის შეჩერება შეუძლებელია. დღის წესრიგში დადგა სახლების მშენებლობის ახალი კონსტრუქციების დამუშავება.

გარდა ჰაერის ტემპერატურისა, იცვლება ატმოსფეროს ტენიანობაც. ამ უკანასკნელზე აქტიურად მოქმედებს რეაქტიული და ზებგერითი თვითმფრინავები. მათი გავლენა ატმოსფეროზე იწვევს შემდეგ მოვლენებს:

1. სათბურის ეფექტის გაზრდას, რადგან წყლის ორთქლი ძლიერად შთანთქავს ინფრაწითელ, განსაკუთრებით, გრძელი ტალღების გამოსხივებას.
2. წყლის ორთქლის კონდენსაციის გამო, სტრატოსფეროს ღრუბლიანობის გაზრდას.
3. ოზონის კონცენტრაციის შემცირებას სტრატოსფეროში. მაგალითად, სტრატოსფეროში წყლის ორთქლის შემცველობის გაზრდა შემჩნეულია ამერიკის საჰაერო-საზღვაო ბაზის მიდამოებში.

4.2. ატმოსფეროს მინარევების ზღვრულად დასაშვები კონცენტრაციები (ზდკ)

ატმოსფეროს მინარევების ძირითად ფიზიკურ მახასიათებელს წარმოადგენს კონცენტრაცია - ნივთიერებათა მასა (მგ) ატმოსფეროს ერთეულ მოცულობაში ($მ^3$). ზღვრულად დასაშვები კონცენტრაცია არის ატმოსფეროში არსებული მინარევების მაქსიმალური კონცენტრაცია, რომელიც ადამიანსა და გარემოზე არ ახდენს მავნე გავლენას.

თვითოეულ დაპროექტებულ, თუ მოქმედ საწარმოს განესაზღვრება ატმოსფეროში მავნე ნივთიერებათა ზღვრულად დასაშვები გამონაბოლქვი (ზდგ). ამ დროს მხედველობაში მიიღება მინერავების არსებული კონცენტრაცია ატმოსფეროში, რომელიც გაიფრქვევა სხვა საწარმოების მიერ. ამგვარად, დედამიწისპირა ფენისათვის დაცული იქნება შემდეგი პირობა:

$$C+C_f < \text{ზდკ},$$

სადაც C არის დედამიწისპირა ფენაში მინერავების კონცენტრაცია, რომელსაც გააფრქვევს მოცემული საწარმო, C_f - მინარევების ფონური კონცენტრაცია.

ზღვრულად დასაშვები გამონაბოლქვი დადგენილია, აგრეთვე, ავტოსატრანსპორტო საშუალებებისათვის, იგი დამოკიდებულია ექსპლუატაციაში მყოფი ავტომობილების რაოდენობაზე მოცემულ რაიონში. იაპონიაში ეს მაჩვენებელი ძალზე მაღალია და ტოლია 132 ავტომობილის $1კმ^2$-ზე. ტოქსიკური ნივთიერებების გამონაბოლქვის დადგენილი ნორმატივები შემდეგია:

ქვეყანა	აშშ	რუსეთი
ნორმატივების დაწესების დრო	1981	1990
CO, გ/კმ	2,11	6,14
C_nH_m, გ/კმ	0,25	0,77
NO_x, გ/კმ	0,62	0,86

სამოქალაქო ავიაციის საერთაშორისო ორგანიზაციის მიერ დადგენილია მავნე ნივთიერებათა (ნახშირწყალბადების, ნახშირბადისა და აზოტის ოქსიდების) დასაშვები ხვედრითი მასები.

მყარი და წვეთოვანი მინარევებისაგან გამონაბოლქვი გაზების გაწმენდა ხდება შემდეგი მეთოდებით: აბსორბცია, ადსორბცია და მავნე კომპონენტების გარდაქმნა ნაკლებად მავნე შენაერთებად.

აბსორბცია არის თხევადი შთანმთქმელებით აირის ან ორთქლის შთანთქმის პროცესი, **ადსორბცია** - მყარი, ფორიანი ნივთიერების ზედაპირით აირთა შთანთქმის პროცესი. მავნე კომპონენტების გარდაქმნა ნაკლებად მავნე შენაერთებად ხორციელდება ქიმიური რეაგენტებით, მშრალი და სველი ჟანგვა-აღდგენითი რეაქციებით და კატალიზური გარდაქმნებით.

გამწმენდი აპარატებია: მშრალი მტვერდამჭერები (ციკლონი, ჟალუზური მტვერგანმაცალკევებელი), ელექტროფილტრები, ფილტრები, სველი მტვერსაჭერები, ნისლდამჭერები, ვენტურის სარეცხელები და ქაფიანი აირგამწმენდი აპარატები.

ავტომობილების ეკოლოგიური მაჩვენებლების გაუმჯობესება შესაძლებელია შემდეგი საშუალებების გამოყენებით: მისი ეკონომიურობის გაზრდით, ბენზინის შიგა წვის ძრავის დიზელით, შეკუმშული და თხევადი გაზით, ეტანოლით, მეთანოლით და წყალბადით შეცვლით, შიგა წვის ძრავის მიერ გადამუშავებული გაზების ნეიტრალიზატორების გამოყენებით და სხვ. დიდი კვლევითი სამუშაოები ტარდება საწვავში ტყვიის შემცველობის შესამცირებლად. დასაშვებად მიიჩნევენ 1 ლ საწვავში 0,4 გრ ტყვიის არსებობას, მაგრამ სინამდვილეში იგი ამ ნორმას ბევრად აჭარბებს.

ბენზინში ტყვიის რაოდენობის შემცირება შესაძლებელია ნავთობგამწმენდი დანადგარების კონსტრუქციის გაუმჯობესებით (ეს ღონისძიება გამოიწვევს ბენზინის ფასის გაზრდას), ან ბენზინის ოქტანური რიცხვის შემცირებით, ამ შემთხვევაში შემცირდება ძრავათა სიმძლავრეები, რაც ასევე არასასურველია.

სათბობში ტოქსიკური კომპონენტების (ნახშირორჟანგი, ნახშირწყალბადები, ალდეჰიდები, მური და სხვ.) შესამცირებლად და ნახშირწყალბადების ჟანგვის რეაქციების შეცვლის მიზნით, სათბობს უმატებენ ბარიუმისშემცველ დანამატს. 1% ბარიუმისშემცველი დანამატი გამონაბოლქვში მურის რაოდენობას ამცირებს 70-90%-ით, ხოლო კანცეროგენული ნივთიერებების რაოდენობას – 60-80%-ით.

ატმოსფეროს დაცვის საქმეში მნიშვნელოვანი ადგილი უჭირავს წინასწარ მოფიქრებულ გეგმიანი ღონისძიებების გატარებას. მათ შორის დიდი მნიშვნელობა აქვს სამრეწველო საწარმოსათვის ტერიტორიის არჩევასა და საწარმოო და საცხოვრებელი მასივების განთავსებას.

სამრეწველო საწარმოსათვის ტერიტორიის არჩევა ხდება აეროკლიმატური და რელიეფის თავისებურებების გათვალისწინებით. იგი უნდა განთავსდეს სწორ ამაღლებულ რელიეფზე, რომელიც კარგად ნიავდება ქარის საშუალებით. სასურველია, რომ საცხოვრებელი მასივი არ განთავსდეს საწარმოს შენობაზე მაღლა, რადგან მილებიდან ამოსული გამონაბოლქვი გასცდეს საცხოვრებელ შენობებს.

ობიექტები, რომლებიც გამოაფრქვევენ მავნე ნივთიერებებს დაშორებულია საცხოვრებელი დასახლებიდან სანიტარულ-დამცავი ზონებით. დადგენილია 5 ზონა: I კლასის საწარმოებისათვის - 1000 მ; II კლასისათვის - 500 მ; III კლასისათვის - 300 მ; IV კლასისათვის - 100 მ და V კლასისათვის - 50 მ.

ზონებში შესაძლებელია განთავსდეს დამხმარე და მეორეხარისხოვანი შენობები (სახანძრო, ავტოფარეხები, საწყობები, ტრანსპორტის გასაჩერებელი მოედნები და სხვ.). ზონები კეთილმოწყობა და გამწვანდება გამძლე ჯიშის ნარგავებით. საცხოვრებელი მასივის მხრიდან ნარგავების სიგანე უნდა აღემატებოდეს 50 მ. მათი განლაგება უნდა იყოს ოპტიმალური ქარის მიმართულების გათვალისწინე-

ბით, იმ მიზნით, რომ არ მოხდეს გაზების კონცენტრაცია საწარმოს მოედანზე, რადგან ამ შემთხვევაში შესაძლებელია მივიღოთ უარყოფითი ეფექტი.

მტვრისა და გაზის მავნე მინარევების კონცენტრაციის კონტროლი ხორციელდება შემდეგი ოპერაციებით: ჰაერის ნიმუშის აღება, ნიმუშის მომზადება ანალიზისათვის და მიღებული შედეგების დამუშავება.

ჰაერის დამტვერიანების გასაზომად გამოიყენება გრავიმეტრიული (წონითი) მეთოდი, რომელიც მდგომარეობს მტვრის ნაწილაკების გამოყოფაში გაზის ნაკადიდან და მათი მასის განსაზღვრაში. მტვრის კონცენტრაცია გამოითვლება ფორმულით: $C = m/Qi$, სადაც m - მტვრის ნიმუშის წონაა, მგ; Q - ჰაერის მოცულობითი ხარჯი, მ^3/წმ; i – ნიმუშის აღების პერიოდი, წმ.

გარდა ამ მეთოდისა გამოიყენება განსაზღვრის რადიოიზოტოპური, ოპტიკური და ლაზერული მეთოდები.

თავი 5

წყლის რესურსების დაცვა

5.1. ჰიდროსფეროს დაბინძურება

წყალი წარმოადგენს დედამიწის განსაკუთრებულ მინერალს, რომელიც „მართავს" მის კლიმატს და არის სიცოცხლისათვის აუცილებელი.

მცენარეთა და ცხოველთა მრავალმა სახეობამ წყლის გარემოში განვლეს ევოლუციური განვითარების დიდი გზა და შთაინთქნენ მასში. მეცნიერთა გამოთვლებით, ამჟამად წყლის სივრცეში ცხოვრობს და ვითარდება მცენარეთა და ცხოველთა 180 ათასზე მეტი სახეობა.

კაცობრიობა წყლიდან ყოველწლიურად მოიპოვებს 70 მილიონ ტონამდე სიცოცხლისათვის აუცილებელ ცხოველურ და მცენარეულ პროდუქტს.

გარდა ამისა, წყალი წარმოადგენს უნივერსალურ გამხსნელს, რის გამოც, იგი შეიცავს მრეწველობისათვის ძვირფას მარილებსა და ქიმიურ ელემენტებს. მაგალითად, დედამიწის მოსახლეობის მიერ გამოყენებული სუფრის მარილის 30%-ზე მეტი მოიპოვება ზღვის წყლიდან. 1 $მ^3$ ზღვის წყალი შეიცავს 1,3 კგ მაგნიუმის ლითონს. მაგნიუმს მოიპოვებენ აგრეთვე ზღვის მოლუსკების ნიჟარებიდან. ადამიანისათვის სასარგებლო ელემენტების ჩამონათვალი, რომელიც მოიპოვება ზღვის წყლიდან შეიძლება უსასრულოდ გაგრძელდეს. გარდა ამისა, წყალი შთანთქავს ატმოსფეროში არსებული ნახშირორჟანგის გაზის მნიშვნელოვან ნაწილს.

ოკეანე შეადგენს დედამიწის წყლის გარსის ძირითად ნაწილს, იგი ასრულებს მთავარ როლს დედამიწაზე წყლის წრებრუნვაში. ოკეანეთა ზედაპირიდან ყოველწლიურად ორთქლდება $3,35 \cdot 10^{14}$ $მ^3$ წყალი, მათგან 90% უკან უბრუნდება, ხოლო 10% მოდის ხმელეთზე.

წყალს ახასიათებს დიდი თბოტევადობა, რის გამოც, ოკეანე ღებულობს მზის სითბოს დიდ ნაწილს, ანაწილებს მას თბილი დინებების სახით და ამ გზით აყალიბებს კლიმატს დედამიწაზე.

ოკეანეში მობინადრე ფიტოპლანქტონის საშუალებით იგი ატმოსფეროს ამარაგებს ჟანგბადით.

ატმოსფერო წყალს შეიცავს უმნიშვნელო რაოდენობით (წყლის საერთო მასის 0,001%-ს). წყლის აორთქლებაზე იხარჯება მზისგან მიღებული ენერგიის 70%. შემდეგ ორთქლი კონდენსირდება და ისევ უბრუნდება დედამიწას ნალექის სახით, რომელიც შეიცავს მინერალურ მარილს (1 კმ^2-ზე მოდის 12 ტონა მინერალური ნივთიერება). ღრუბელი წარმოადგენს ცოცხალ ეკოლოგიურ სისტემას, რომელშიც ცხოვრობენ და მრავლდებიან მრავალუჯრედიანი ორგანიზმები.

მტკნარი წყალი წარმოადგენს ხმელეთის მცენარეთა და ცხოველთა სიცოცხლისათვის და განვითარებისათვის აუცილებელ ელექსირს. უდაბნოში მობინადრე ცხოველებიც კი, რომლებიც წყალს იშვიათად ან საერთოდ არ მოიხმარენ, მას ღებულობენ საკვებიდან ან საკუთარ ორგანიზმში დაგროვილი ცხიმებიდან.

ადამიანს წყლის მიღების გარეშე შეუძლია გაძლოს 5 დღე. ადამიანის ორგანიზმი შეიცავს სინოტივეს მისი წონის 65%-ის ოდენობით და დღე-ღამის განმავლობაში არსებული სიტუაციიდან გამომდინარე, გამოჰყოფს ორიდან ათეულ ლიტრამდე წყალს. ჯანმრთელი ადამიანი ყოველდღიურად ღებულობს 3-4 ლ წყალს, ან 50-60 გრამს ყოველ კილოგრამ წონაზე. გარდა ამისა, მინერალური და თერმული წყლები ფართოდ გამოიყენება მოსახლეობის მიერ სამკურნალოდ.

წყალი წარმოადგენს ტრანსპორტირების საშუალებას, გამოიყენება ენერგეტიკაში და მრეწველობის ყველა დარგში. მეცნიერთა გამოთვლებით XX საუკუნეში, მსოფლიოს მასშტაბით, წყლის წლიური მოხმარება შეადგენდა: მრეწველობაში – 400 კმ^3, ხოლო ენერგეტიკაში - 250 კმ^3. საერთო ჯამში მოხმარებული წყლის რაოდენობა შეადგენს 3200-3300 კმ^3 წელიწადში.

მიუხედავად იმისა, რომ მტკნარი წყლის მსოფლიო მარაგები (მყინვარები, ტბები, მდინარეების ზედაპირული და მიწისქვეშა აუზები, ნიადაგისა და ატმოსფეროს ტენი) შეადგენს 30 მლნ კმ^3, მეცნიერები შიშობენ, რომ დედამიწას ემუქრება მტკნარი წყლის მარაგის მნიშვნელოვანი შემცირება. ამის მაგალითს წარმოადგენს აფრიკისა და აზიის

დიდი სივრცების უდაბნოებად გადაქცევა. ანალოგიური პროცესები ვითარდება თითქმის ყველა მატერიკის ფარგლებში. მაგალითად, აშშ-ში განახლებადი მიწისქვეშა წყლების მარაგები 50 წლის განმავლობაში შემცირდა 490 კმ^3-დან 63 კმ^3-დე, ხოლო კალიფორნიის, ტეხასის, არიზონის და სხვ. შტატები უკვე განიცდიან მტკნარი წყლების დიდ ნაკლებობას.

გარდა ამისა, მტკნარი წყლების მსოფლიო მარაგები არათანაბრადაა განაწილებული. თითქმის 2150 კმ^3 წყალი ჩაედინება მსოფლიო ოკეანეში ანტარქტიკიდან, გრენლანდიიდან და სხვა დაუსახლებელი პოლარული ტერიტორიებიდან, რომლებიც თითქმის არ გამოიყენება მოსახლეობის მიერ. ამგვარი სურათი დამახასიათებელია არა მარტო პოლარული ქვეყნებისათვის. მაგალითად, მდ. ამაზონის საშუალოწლიური ჩამონადენი შეადგენს 3800 კმ^3, ხოლო მოსახლეობის სიმჭიდროვე არ აღემატება 4-5 კაცს კმ^2-ზე. ამავდროულად, მრავლადაა პრაქტიკულად უწყლო ქვეყნები და რეგიონები, სადაც დიდია მტკნარი წყლების დეფიციტი ან საერთოდ არ გვხვდება მტკნარი წყალი. მაგალითად, საჰარაში, რომლის ტერიტორია ევროპის სამი მეოთხედის ტოლია, ნალექების საშუალოწლიური რაოდენობა არ აღემატება 100 მმ, ხოლო არის წლები, როდესაც იგი უტოლდება ნულს. ანალოგიური ვითარებაა ყარაყუმის უდაბნოშიც (შუა აზია).

გარდა ამისა ზოგიერთ, მრეწველობის მხრივ მაღალგანვითარებულ ქვეყნებში, სადაც წყლის საკმაო რესურსებია, მოსახლეობა დიდი სიმჭიდროვის გამო, განიცდის მტკნარი წყლის დეფიციტს. მაგალითად, გერმანიაში, რურის აუზში, მდ. რეინის სიახლოვეს, სადაც ნალექების საშუალოწლიური რაოდენობა შეადგენს 800 მმ, 4500 კმ^2-ზე თავმოყრილია ქვეყნის მრეწველობის 35%, ხოლო მოსახლეობის საშუალო სიმჭიდროვე შეადგენს 1000 კაცს/კმ^2.

ბუნებრივი მტკნარი წყლების რესურსების შემცირების მეორე მიზეზია ადამიანის სამეურნეო საქმიანობა, სახელდობრ, მდინარეების ხეობებში ტყის გაჩეხვა. ამ მიზეზით რუსეთის ძირითადი მდინარეების ჯამური წლიური ჩამონადენი შემცირდა 1,2%-ით, რაც შეადგენს 55 კმ^3-ს.

ტყეების გაჩეხვის შედეგად უარყოფითად იცვლება მდინარეული ჩამონადენის სეზონური გადანაწილების სიდიდეც. ასეთ შემთხვევებში მდინარეთა ხეობებში არსებული მთელი ზამთრის პერიოდის თოვლისა და ყინულის დანაგროვები, რომელთაც ემატება ატმოსფერული ნალექები, საგაზაფხულო წყალდიდობის სახით ჩაედინება მდინარეებსა და ზღვებში და სარგებლობის ნაცვლად მოაქვთ ნგრევა. ამის ნათელი დადასტურებაა ბოლო წლებში მსოფლიოს მრავალ ქვეყანაში და მათ შორის საქართველოში განვითარებული პროცესები - წყალდიდობები და ღვარცოფები, რომელთა მსგავსი არ ახსოვთ ადრეულ წლებში.

გარდა მტკნარი წყლის რესურსების გამოლევისა არანაკლებ საშიშია წყლების დაბინძურება, რომელიც გამოწვეულია ბუნებრივი და ანთროპოგენური ფაქტორებით.

ბუნებრივი ფაქტორებით გამოწვეული დაბინძურების მაგალითია შავი ზღვის 200 მ-ზე უფრო ღრმა ფენებში გოგირდწყალბადის მაღალი კონცენტრაცია. თუ 1 ლიტრი წყალი შეიცავს 1 მილიგრამ გოგირდწყალბადს, იგი უკვე საწამლავია. შავი ზღვის ფსკერთან გოგირდწყალბადის კონცენტრაცია შეადგენს 7 მგ/ლ, აქედან გამომდინარე, შავ ზღვაში 200 მ-ზე ღრმად სიცოცხლის ნიშანწყალიც არ არსებობს, თუ არ ჩავთვლით ანაერობულ გოგირდის ბაქტერიებს.

წყლის რესურსების ბუნებრივი ფაქტორებით დაბინძურების მაგალითს წარმოადგენს წყალქვეშა ტალახის ვულკანები, რომლებიც შეიცავს დიდი რაოდენობით ნავთობს და გამოჰყოფს გაზსა და სითბოს. ტალახის ვულკანები ცნობილია კასპიის ზღვაში, მალაიზიის არქიპელაგთან, რუმინეთში, ბირმაში და სხვა მრავალ ქვეყანაში.

წყლის რესურსების ბუნებრივი დაბინძურების წყაროს წარმოადგენს აგრეთვე წყლისა და ჭაობის მცენარეთა გახრწნა, განსაკუთრებით ჟანგბადის უკმარისობის დროს. ამის მიმანიშნებელია ტორფიანი ჭაობებისა და მდინარეების წყლების ყავისფერი ტონები.

წყალდიდობების დროს ნიადაგიდან ხდება მაგნიუმის ნაერთების გამორეცხვა, რომლებიც შემდგომში ხვდება წაყლსატევებში და უარყოფითად მოქმედებს თევზის მარაგებზე.

წყლის რესურსების ბუნებრივი დაბინძურება მიმდინარეობს ლოკალურ უბნებზე და ბუნებრივი წონასწორობის დარღვევის გარეშე. სულ სხვა მნიშვნელობას იძენს წყლის რესურსების დაბინძურება, რომელიც გამოწვეულია ანთროპოგენური ფაქტორებით.

ფერმერები მოიხმარენ სხვადასხვა ქიმიკატებს (ჰერბიციდებს, ინსექტიციდებს, ფუნგიციდებს), ასევე ცხვრების სადენზიფიკაციო ხსნარებს, რომლებიც შეიცავს 450-ზე მეტ აქტიურ ინგრედიენტებს – **ბიოციდებს**.

გარდა ამისა, ნიადაგში შეჰყავთ ნათესების სტიმულიატორები: ფოსფატები და ნიტრატები.

სასილოსე ზვინულები, მეღორეობისა და მეფრინველეობის ფერმები წარმოადგენს დიდი რაოდენობის მომწამლავი ჩამდინარე წყლების წყაროს.

მტკნარი წყლების დაბინძურება ხდება, აგრეთვე, ფარმაცევტული პრეპარატებით (ანტიბიოტიკებით, ჰორმონებითა და ზრდის სხვადასხვა სტიმულიატორებით).

ნარჩენები შემდგომ ხვდება მიწისქვეშა მტკნარ წყლებში და აბინძურებს სასმელი წყლის ბუნებრივ რეზერვუარებს.

სასმელი წყლის დეზინფიცირების დროს იყენებენ ქიმიურ რეაგენტებს, რომელთა კვალი რჩება სასმელ წყალში. **ტრიგალომეტანი** ითვლება წყლის ქლორირების ნარჩენ პროდუქტად.

გასული საუკუნის 90-იან წლებში ინგლისში ფართოდ იყენებდნენ ალუმინის სულფატს, როგორც წყლის გაწმენდის საშუალებას, რის შედეგად ტონობით ეს ნივთიერება ხვდებოდა წყალმომარაგების სისტემაში. ამ ნივთიერების გამოყენება შეწყდა მას შემდეგ, რაც დადგენილ იქნა მათი უარყოფითი გავლენა, რომელიც იწვევდა დაავადებებს მოსახლეობაში.

სამრეწველო წარმოშობის საშიშ დამაბინძურებლებს წარმოადგენს კადმიუმი, ტყვია და თუთია, ასევე მჟავეშემცველი წვიმები, რომლებიც წარმოიშვება სატრანსპორტო-სამრეწველო გამონაბოლქვით და ნარჩენებით.

წყლის დაბინძურების მრავალი ფაქტორიდან გამოვარჩევთ შემდეგს: ბიოლოგიურს (მიკროორგანიზმები და ორგანული ნივთიერებები, რომელთაც ახასიათებთ გაფუების უნარი), ქიმიურს (ყველანაირი ტოქსიკური და წყლის შედგენი-

ლობაზე ზემოქმედების უნარის მქონე ნივთიერებები) და ფიზიკურს (გახურება, რადიოაქტიურობა).

ბიოლოგიური დაბინძურება იწვევს წყლის ძლიერ მოწამვლას. წყლების მიკრობიოლოგიური დაბინძურების გამო, გავრცელდა ისეთი დაავადებები, როგორიცაა ინფექციური ჰეპატიტი, ქოლერა, ტიფი, დიზენტერია და ნაწლავური ინფექციები. აქედან გამომდინარე, მდინარეების გამოყენება გაუწმენდავი ჩამდინარე წყლების ჩასაშვებად იწვევს სხვადასხვა ინფექციური დაავადებების გამომწვევი მიკრობების გამრავლებას.

გარდა ქალაქების ჩამდინარე წყლებისა, წყალსატევების ბიოლოგიური დაბინძურება გამოწვეულია შემდეგი სამრეწველო საწარმოებიდან: ხორცკომბინატებიდან, რძის, შაქრის, ყველის და სხვა ქარხნებიდან.

ორგანული ნივთიერებებით წყლის დაბინძურების ძლიერ წყაროს წარმოადგენს ცელულოზა-ქაღალდის მრეწველობის საწარმოები. მაგალითად, საშუალო სიმძლავრის ცელულოზა-ქაღალდის კომბინატი იმავე ხარისხით აბინძურებს წყალს, როგორც ქალაქი ნახევარმილიონიანი მოსახლეობით.

ორგანული ნივთიერებებით გამოწვეულ დაბინძურების ხარისხს აფასებენ ბაქტერიების მიერ 5 დღე-ღამის განმავლობაში ბიოქიმიური გზით გამოყენებული ჟანგბადის რაოდენობით. ამ გზით განისაზღვრება, თუ რა რაოდენობის ჟანგბადია საჭირო მიკროორგანიზმ-დესტრუქტორებისათვის 1 ლიტრ დაბინძურებულ წყალში არსებული არამდგრადი ორგანული ნივთიერებების სრული მინერალიზაციისათვის.

ორგანული ნივთიერებებით ბინძურდება როგორც გამდინარე წყლები (მდინარეები), ასევე ტბები და სხვა წყალსატევები.

გამდინარე წყლებში ნარჩენების მოხვედრის შემთხვევაში, სრულად ირღვევა ეკოსისტემები. ამასთან წყლის დინების მიმართულებით წარმოიქმნება 4 ზონა:

1. დეგრადაციის ზონა, სადაც ხდება მდინარის წყლების შერევა ნარჩენებთან.

2. აქტიური გახრწნის ზონა, სადაც ხდება აერობული და შემდეგ ანაერობული სოკოებისა და ბაქტერიების გამრავლება, რომლებიც არღვევენ ორგანულ ნივთიერებებს; თუ

დაიხარჯება მთელი ჟანგბადი, ეს ზონა იქნება მთლიანად დასნებოვებული და მათში წარმოიქმნება აღდგენილი შენაერთები.

3. აღდგენის ზონა, სადაც თანდათან ხდება წყლის გაწმენდა და მისი საწყისი მდგომარეობის აღდგენა.

4. სუფთა წყლის ზონა.

ე.ი. მდინარეში მიმდინარეობს თვითგაწმენდის პროცესი - გახსნილი და შეტივნარებული ორგანული ნივთიერებები გადადის არაორგანულ ნივთიერებაში.

ტბების, ჭაობების, ტბორებისა და სხვა დამდგარი წყლებისათვის დამახასიათებელია ზედაპირის დიდი ფართობი და წყლების მოძრაობის მცირე სიჩქარეები. ამის გამო, წყალცვლის და მისი ჟანგბადით გამდიდრების პროცესი ნელა მიმდინარეობს. სამაგიეროდ, ინტენსიურად მიმდინარეობს ევტრიფიკაციის პროცესი, რომელიც წარმოადგენს ტბების გამდიდრებას მინერალური მარილებით და ბიომასით.

წყლების მინერალური დაბინძურება ხდება მათში სხვადასხვა ქიმიური ნაერთების ჩაშვების გზით, რომელთა წაყროს წარმოადგენს სოფლის მეურნეობა, მეტალურგიული და სხვა საწარმოები.

ტყვიის რაოდენობა, რომელიც ყოველწლიურად ხვდება მსოფლიო ოკეანეში შეადგენს 25 ათას ტონას. მეცნიერებმა დაადგინეს, რომ უკანასკნელი 45 წლის განმავლობაში ჩრდილოეთ ატლანტიკის წყლებში ტყვიის საშუალო კონცენტრაცია გაიზარდა 0,01-დან 0,07 მგ/ლ-დე. გარდა ტყვიისა, ჰიდროსფეროში აღმოჩენილია სპილენძი, თუთია, ქრომი, ნიკელი, კადმიუმი, ე.ი. ის ელემენტები, რომლებიც ძლიერ ტოქსიკურნი არიან მტკნარი და ზღვის წყალში მობინადრე ორგანიზმებისათვის.

ასევე საშიშია ჰიდროსფეროს დანაგვიანება ვერცხლისწყლით. ყოველწლიურად ოკეანეში ხვდება 5 ათას ტონამდე ვერცხლისწყლის შენაერთები, მათ შორის ძლიერ მომწამლავია ციანიდები, რომლებიც გამოიყენება გალვანოპლასტიკაში.

ჰიდროსფერო ინტენსიურად ბინძურდება ნიტრატებითა და ფოსფატებით, რომელთა დიდი რაოდენობით გამოყენება ხდება სოფლის მეურნეობაში.

ჰიდროსფერო ყველაზე მეტად ბინძურდება ნავთობითა და ნავთობპროდუქტებით, ყოველწლიურად მსოფლიო ოკეანეში ჩაედინება 5-დან 10 მლნ ტონამდე ნავთობი, რომელთაგან სამრეწველო საწარმოებსა და ტრანსპორტზე მოდის 30-35%.

ზღვების ინტენსიური დაბინძურება ხდება ტანკერებით. სატანკერო ფლოტში ყოველწლიურად ასობით სერიოზული ავარია ფიქსირდება, გარდა ამისა, ნავთობი ზღვაში ჩაედინება ტანკერების დატვირთვა-დაცლის დროს. მაგრამ რამდენჯერმე მეტია ზღვების დაბინძურება ტანკერების ცისტერნების რეცხვისა და ნარეცხი წყლის ზღვაში ჩაშვებით, ნავთობგადამამუშავებელი და ნავთობქიმიური ქარხნების ნარჩენების ზღვებში მოხვედრის გამო, რომლებიც ძირითადად ზღვის სანაპიროებზეა განლაგებული.

მსოფლიოს გარშემო მოგზაურობისას ტ. ჰეიერდალის მიერ აღწერილი იყო, რომ ატლანტის ოკეანე აფრიკის კონტინენტის ჩრდილო-დასავლეთი ნაპირებიდან ბაჰამის კუნძულებამდე სავსე იყო ნავთობის ბურთულებით, ხოლო ადგილ-ადგილ დაფარული იყო საპნის ქაფის მაგვარი მასით.

1989 წელს ტანკერი „ექსონ ვალდესი" მოხვდა მეჩეჩზე ალიასკის რაიონში, რის შედეგადაც ზღვაში ჩაიღვარა 50 ათასამდე ტონა ნავთობი, დაბინძურდა ზღვისპირა ზოლის 1600 კმ. ეს იყო უდიდესი კატასტროფა. სასამართლომ ტანკერის მფლობელს დააკისრა ისტორიაში ყველაზე დიდი ეკოლოგიური გადასახადი - 150 მლნ დოლარი. გარდა ამისა, ნავთობის კომპანიამ გადაიხადა 100 მლნ დოლარი გარემოს დაზიანებისათვის და 900 მლნ დოლარი სამოქალაქო სარჩელების მიხედვით 10 წლის განმავლობაში.

1987 წელს ხომალდმა „კერენ ბიმ", რომლის ტრიუმებში იყო 2000 ტონა ტოქსიკური ნარჩენები და 1992 წელს „აკაცუკი-მარუმ", რომელზეც იყო რადიოაქტიური პლუტონიუმის დიდი პარტია, ასევე განიცადეს კატასტროფა.

ჩრდილოეთის ზღვის გამოკვლევებმა აჩვენეს, რომ დამაბინძურებელი ნივთიერებების 65% ზღვაში მოხვდა მდინარეების საშუალებით, 25% - ატმოსფეროდან (მათგან 7000 ტონა ტყვია ავტომობილების გამონაბოლქვიდან), 1% - ჩამ-

დინარე წყლების ხარჯზე, ხოლო დანარჩენი 9% - უშუალოდ ხომალდებიდან ნარჩენების სახით.

ჩრდილოეთის ზღვაში, ყოველწლიურად ჩამდინარე წყლების საშუალებით ხვდება 50 ათასი ტონა მძიმე მეტალები: კადმიუმი, ნიკელი, დარიშხანი, სპილენძი, ტყვია, თუთია და ქრომი.

ხმელთაშუა ზღვის წყლები 70 წლის განმავლობაში სრულიად ახლდება ოკეანის წყლების საშუალებით. დანარჩენ დროს იგი ბინძურდება 120 ზღვისპირა ქალაქიდან ჩამდინარე წყლების ხარჯზე (90%), დანარჩენი მოდის 360 მლნ ადამიანზე, რომელიც აქ ცხოვრობს ან ჩამოდის დასასვენებლად. ამის გამო, ხმელთაშუა ზღვა წარმოადგენს დიდ დაბინძურებულ ეკოსისტემას, სადაც ყოველწლიურად ხვდება 430 მლრდ ტონა ნარჩენები. განსაკუთრებით დაბინძურებულია ესპანეთის, საფრანგეთის და იტალიის სანაპიროები. დაბინძურების მიზეზია მძიმე მრეწველობის საწარმოები და ტურისტები.

აშშ-ს 10 შტატი ნარჩენებს წვავს ზღვაში, მაგალითად, 1980 წელს დაწვეს 160 ათასი ტონა, შემდგომში ეკოლოგიური ღონისძიებების გატარების გამო, ეს ციფრი მნიშვნელოვნად შემცირდა.

უკანასკნელ ხანს, ოკეანეებში შემცირდა ლითონების რაოდენობა, მაგრამ გაიზარდა დარიშხანის ნარჩენები.

წყლის ზედაპირზე მოხვედრილი ზეთის, ცხიმისა და საპოხი ნივთიერებების აფსკები აფერხებს წყალსა და ატმოსფეროს შორის გაზცვლას, რაც იწვევს წყალში ჟანგბადის ნაკლებობას. ამის გამო, იცვლება ფიტოპლანქტონის მდგომარეობა და მასობრივად იღუპება ფრინველი.

ნავთობპროდუქტებით ოკეანის დაბინძურების შედეგად მასობრივად იღუპება ფაუნა. შედარებით მსუბუქი ფრაქციის აორთქლების შემდეგ დარჩენილი ნავთობი განიცდის ბიოდეგრადაციას. ნახშირწყალბადის სხვადასხვა ნაერთები, რომლებიც შედის ნედლი ნავთობის შედგენილობაში იხრწნება აერობული ბაქტერიებისა და სოკოების საშუალებით. ბაქტერიოლოგიური ზემოქმედების პროცესი გრძელდება თვეების განმავლობაში, შემდგომ ხრწნის ნარჩენი პროდუქტები ქმნის სხვადასხვა არასწორი ფორმის 0,1-10,0 სმ დიამეტრის ბიტუმის ნაწილაკებს, რომლებიც დიდ მანძილებზე

გადაადგილდება დინებების საშუალებით. ეს ნაწილაკები ზევიდან იფარება რუხი ფერის თხელი ფენით, რომელიც წარმოადგენს აერობულ ბაქტერიებს. ბაქტერიბი ჟანგბადის დახმარებით შლიან ნახშირწყალბადებს 12,5 მმ^3/(სთხსმ^3) სიჩქარით.

ხმელთაშუა ზღვაში ძუძუმწოვრებიდან ყველაზე მეტად დაზარალდნენ „სელაპი-ბერები", რომლებიც ხვდებიან ბადეებში და იღუპებიან ან გაურბიან კატარღებსა და აკვალანგისტებს.

ჩამდინარე წყლებში არსებული მავნე ორგანიზმები მრავლდებიან მოლუსკებში, რომლებიც ადამიანების ორგანიზმში მოხვედრის შემდეგ იწვევენ მრავალ დაავადებებს.

ყველაზე გავრცელებულია ბაქტერია – სცჰერიცჰიაცოლი, რომელიც წარმოადგენს დასნებოვნების ინდიკატორს. 230 ბაქტერია 100 გ ქსოვილში - უვნებელი დოზაა.

ადამიანისათვის საშიში სხვა მიკროორგნიზმებია ბაქტერიები შალმონელლა და შტაჰყლოცოცუს, რომლებიც ასნებოვანებენ კიბოსნაირებს.

ტოქსიკური ნივთიერებები ზოგიერთი დაბალი ფორმებისათვის არ წარმოადგენს მავნეს, პირიქით, ისინი მრავლდებიან ამგვარ პირობებში. მაგალითად, მრავალჯაგრიანი მატლები კარგად გრძნობენ თავს დაბინძურებულ წყლებში და ამდენად, წარმოადგენენ დაბინძურების ეკოლოგიურ ინდიკატორებს.

ბუნებაში ნებისმიერი ჩარევა იწვევს ბუნებრივი პირობების შეცვლას, რომელსაც თან სდევს შესაბამისი არასასურველი პროცესები. რაც უფრო ნაკლებად შევცვლით საუკუნეების მანძილზე ჩამოყალიბებულ ბუნებრივ კანონზომიერებებს, მით უფრო ნაკლებადაა მოსალოდნელი უარყოფითი პროცესების განვითარება.

ბუნებრივი რესურსების არარაციონალურმა მოპოვებამ შეიძლება გამოიწვიოს უკუმოვლენები. ამ შემთხვევაში მიყენებული ზარალი შეიძლება უფრო დიდი იყოს, ვიდრე მისგან მიღებული მოგება.

დედამიწაზე არსებული ყველა სახის გამოვლენილი და მოპოვებადი საწვავის მსოფლიო მარაგები შეადგენს 3484 მლრდ ტონა პირობით საწვავს, მათგან 2280 მლრდ ტონა მოდის ქვანახშირზე, 372 მლრდ ტონა - ნავთობზე და 178

მლრდ ტონა - ბუნებრივ გაზებზე. პირობითი საწვავის 1 კგ გამოჰყოფს 7000 კკალორიას, რასაც შეესაბამება 0,9 კგ საშუალო ხარისხის ქვანახშირი, 0,7 კგ ნავთობი, 0,8 მ^3 ბუნებრივი გაზი, 1,5 კგ მურა ნახშირი, 1,8 კგ ტორფის ბრიკეტი და 1,5 კგ მშრალი შეშა.

ნავთობი და გაზი ძირითადად განლაგებულია დედამიწის წიაღის დიდ სიღრმეებში, სადაც იგი იმყოფება მაღალი ტემპერატურისა და წნევის პირობებში. ამის გამო, შესაძლებელია ჯერ კიდევ საძიებო ბურღვის დროს ჰქონდეს ადგილი მოულოდნელ პროცესებს, მაგალითად, ნავთობის და გაზის შადრევნებს, რომელსაც არაიშვიათად თან სდევს ზარალი, გამოწვეული როგორც საძიებო ტექნიკის მექანიკური დაზიანების სახით, ასევე, ხანძრის წარმოშობის გამო.

ადამიანი თანდათან სრულყოფს ნავთობისა და გაზის მოპოვებასთან დაკავშირებულ პროცესებს და მინიმუმამდე ამცირებს მოულოდნელ და შემთხვევით ავარიებს, მიუხედავად ამისა, პრობლემები საკმაოზე მეტია.

ნავთობისგან ბინძურდება ჰაერი, ნიადაგი და წყალსატევები, ნავთობის ჭაბურღილების ბურღვის, ნავთობის შენახვის, ტრანსპორტირების, გადამუშავებისა და მისი საწარმოო მოხმარების შედეგად.

ნავთობის განსაკუთრებით დიდი რაოდენობა ხვდება ზღვებსა და ოკეანეებში ნავთობის ბუნებრივი გამოსავლების და ჭაბურღილების ბურღვის დროს მიღებული ღია შადრევნების, ტანკერების და საბურღი პლატფორმების ავარიების, ტანკერების ბალასტური და ნარეცხი წყლების, ნავთობგადამამუშავებელი ქარხნების ჩამდინარე წყლების, ნავთობსადენების ავარიების, წყლის არტერიების მიერ ჩატანილი დაბინძურებული სითხის მიერ და სხვ.

მატერიკზე ნავთობისა და გაზის რესურსების ათვისების და მისი მოპოვების შემცირების გამო, ძირითადი საძიებო სამუშაოები მიმდინარეობს ზღვების შელფურ ნაწილში და კონტინენტიდან საკმაოდ მოცილებულ ზღვის სივრცეში, რის გამოც, იზრდება მათი დაბინძურების საშიშროებაც.

ჭაბურღილებიდან ნავთობის მოულოდნელი შადრევნები მიღებული იყო ლუიზიანაში, მისისიპის დელტაში, ტეხასის სანაპიროსთან, მექსიკის ყურეში, ჩრდილოეთის ზღვაში, საიდანაც მრავალი მილიონი ტონა ნავთობი ჩაიღვარა

ზღვებში. ჭაბურღილებში ნავთობის შადრევნების გარდა, ზღვის შტორმების გამო, ირღვევა ჭაბურღილების ჰერმეტიზაცია და ხდება ნავთობის ავარიული გაჟონვა.

აქვე უნდა აღინიშნოს, რომ ბუნების დაცვის ღონისძიებების მაღალ დონეზე გატარების შემთხვევაში, გარემოს დაბინძურება შეიძლება მინიმუმამდე იქნას დაყვანილი. მაგალითად, ვაშინგტონის შტატში, წყნარი ოკეანის სანაპიროზე, ჩარი-პოინტის ნავთობგადამამუშავებელი ქარხნის ჩამდინარე წყლები იმ დონემდეა გაწმენდილი, რომ მას იყენებენ სამრეწველო წყალმომარაგებისათვის, თევზების მოსაშენებლად, სარწყავად და საბანაოდ.

მაღალია ნავთობის გაჟონვის საშიშროება ნავთობის რეზერვუარებიდან და განსაკუთრებით ნავთობსადენებიდან, რომელთა საშუალებითაც ნავთობი გადააქვთ მრავალი ასეული და ათასობით კმ-ის მანძილზე. ნავთობსადენები ტექნიკური თვალსაზრისით წარმოადგენს რთულ ნაგებობებს, რომელთა მეურნეობაში შედის სატუმბი და საკომპრესორო სადგურები და სხვა დამხმარე ნაგებობები.

ნავთობისა და გაზის საბადოების ექსპლუატაციას და ფენში სიცარიელეების წარმოქმნას თან სდევს ისეთი არასასურველი მოვლენები, როგორიცაა დედამიწის ზედაპირის ვერტიკალური და ჰორიზონტალური გადაადგილება და ამის შედეგად გამოწვეული მიწისძვრები.

მიწისძვრებს, რომლებიც გამოწვეული იყო ნავთობის საბადოების ექსპლუატაციით, ადგილი ჰქონდა კავკასიის რეგიონშიც, ბაქოსა და გროზნოს ძველ საბადოებზე. 1971 წლამდე ამ რეგიონებში აღინიშნებოდა სუსტი მიწისძვრები, ხოლო 1971 წელს ქ. გროზნოში მოხდა 7 ბალის მაგნიტუდის მიწისძვრა, რომლის ეპიცენტრი დაფიქსირდა ქ. გროზნოდან 16 კმ-ზე. მიწისძვრის შედეგად დაზიანდა ქალაქის შენობა-ნაგებობები.

აზერბაიჯანში, ქ. ბაქოს გარეუბნებში, ბალახანის, საბუნჩისა და რომანის საბადოებზე შეინიშნება მიწის ზედაპირის დაწევა, რაც იწვევს ჰორიზონტალურ გადაადგილებებს, ამ მიზეზით ზიანდება საექსპლუატაციო ჭაბურღილების საცავი მილები, რის გამოც, ჭაბურღილები გამოდის მწყობრიდან.

ხშირია გრუნტის დაწევები და მიწისძვრები მსოფლიოს სხვადასხვა საბადოებზეც, მაგალითად, აღსანიშნავია თავისი სიძლიერით 1939 წლის ქ. ლოს-ანჟელესისა და ქ. ლონგ-ბიჩის მიწისძვრები. შემდგომში, საბადოების ინტენსიური ექსპლუატაციის გამო, მიწისძვრები განმეორდა 1949-1961 წლებშიც. ნავთობის საბადოების ექსპლუატაციის გამო, ზღვის ფსკერის ინტენსიურ დაძირვას ადგილი აქვს ჩრდილოეთ ზღვაშიც.

მეცნიერებმა დაადგინეს, რომ ნავთობის საბადოების ექსპლუატაციის პერიოდში, გრუნტის დაწევასთან ბრძოლის ეფექტურ საშუალებას წარმოადგენს ამოღებული ნავთობის სანაცვლოდ ფენში წყლის ჩატუმბვა.

ასეთ შემთხვევაში ჩატუმბული წყლის რაოდენობა 1,6-ჯერ უნდა აღემატებოდეს ამოღებული ნავთობის რაოდენობას. საბადოების ექსპლუატაციის ეს მეთოდი ეფექტურია, რადგან დედამიწის ზედაპირის დაწევების შეჩერებასთან ერთად, იზრდება ნავთობის მოპოვება.

მტკნარი და ზღვის წყლის ძირითად არაორგანულ (მინერალურ) გამაჭუჭყიანებლებს წარმოადგენს: ტყვიის, დარიშხანის, ვერცხლისწყლის, ქრომის, სპილენძისა და სხვა შენაერთები. ეს ნივთიერებები ძირითადად თავს იყრის ნაპირებთან.

წყლის რესურსების დაბინძურების ერთ-ერთ სახეს წარმოადგენს ადამიანის სამეურნეო-საყოფაცხოვრებო საქმიანობა. საკმარისია წარმოვიდგინოთ, რომ დედამიწაზე გამოიყოფა 2,5 კმ^3 ადამიანის შარდი და 300 მლნ ტონა ფეკალური მასა, რომელთა რაოდენობაც მოსახლეობის ზრდასთან ერთად განუხრელად იზრდება. მათგან ნახევარზე მეტი გაუწმენდავი სახით საკანალიზაციო სისტემების საშუალებით ჩაედინება წყალსატევებში. გარდა ამისა, ბევრად დიდი რაოდენობით ჩაედინება წყალსატევებში კომუნალურ-საყოფაცხოვრებო და სამეურნეო ნარჩენები, რომლებიც გარკვეულწილად შეიცავს ინფექციურ ბაქტერიებს. არანაკლებ საშიშია წარმოებასთან დაკავშირებული ნარჩენების წყალსატევებში მოხვედრა.

5.2. ანთროპოგენული მოქმედების ზეგავლენა წყლის რესურსების ხარისხზე

წყლის ხარისხი განპირობებულია როგორც ბუნებრივი, ასევე, ანთროპოგენური ფაქტორებით. გაცილებით დიდი გავლენა აქვს ანთროპოგენულ ზემოქმედებას, რომელიც განპირობებულია მრეწველობის, ენერგეტიკის, სოფლის მეურნეობის, ტრანსპორტისა და კომუნალური მეურნეობის ინტენსიური განვითარებით. ამასთან, ძირითად დამაჭუჭყიანებელ წყაროებს წარმოადგენს სამრეწველო და სამეურნეო-საყოფაცხოვრებო ჩამდინარე წყლები და დასვრის დიფუზიური წყაროები (მინერალური სასუქები, შხამქიმიკატები, კვამლი და სხვ.).

სათანადო გაწმენდის არ არსებობის შემთხვევაში, წყალსატევები ყველაზე მეტად ბინძურდება: ნავთობგადამამუშავებელი, ქიმიური, ცელულოზა-ქაღალდის, მეტალურგიული, საფეიქრო და სხვა დარგების საწარმოების მიერ. მნიშვნელოვანი ზიანი შეუძლიათ მიაყენოს ბუნებრივსა და ხელოვნურ წყალსატევებს თბო- და ატომური ელექტროსადგურებიდან ჩამდინარე თბილმა წყლებმა, რადგან ამ მიზეზით ირღვევა წყალსატევების თერმული, ჰიდროქიმიური და ჰიდრობიოლოგიური რეჟიმები.

წყალსატევების დასვრის 15-20% მოდის ატმოსფეროზე.

ნივთიერებები, რომლებიც აბინძურებენ წყალსატევებს, არის მინერალური, ორგანული და ბაქტერიოლოგიური წარმოშობის. მინერალურია: ქვიშა, თიხა, მარილის, მჟავეების, ტუტეების, მინერალური ზეთების ხსნარები და ემულსიები. ორგანული შეიძლება იყოს მცენარეული და ცხოველური წარმოშობის. არჩევენ მსუბუქმჟავე შენაერთებს (სამეურნეო-საყოფაცხოვრებო, კვებისა და სხვა) და მძიმედმჟავე ხსნარებს (ქიმიური მრეწველობის).

ბაქტერიოლოგიურ დაბინძურებას იწვევენ საფუარის, ობის სოკოების და ბაქტერიების სხვადასხვა მიკროორგანიზმები, მათ შორის დამავაადებელნიც, რომლებიც არიან მხოლოდ ცხოველური წარმოშობის.

წყალსატევების დაბინძურების მთავარი წყაროა ნავთობპროდუქტები და ფენოლების შენაერთები, რომელთა მცირე კონცენტრაციებიც კი დამღუპველია ცოცხალი ორგანიზმე-

ბისათვის. ფენოლების 0,1-0,01 მგ/ლ შემცველობის გამო, წყალი იძენს არასასიამოვნო სუნსა და გემოს.

განსაკუთრებით მავნე ზეგავლენა აქვთ გარემოზე ტოქსიკურ ნივთიერებებსა და კანცეროგენებს (ფიქალქიმიური და სხვა მრეწველობის ნარჩენები), რომლებიც ხელს უწყობს ცოცხალ ორგანიზმებში სიმსივნეების წარმოშობას.

ორგანიზმებისათვის განსაკუთრებით საშიშია რადიოაქტიული ნარჩენები. მათი ჩაშვება წყალსატევებში დაუშვებელია. რადიოაქტიულ ნარჩენებს ათავსებენ სპეციალურ კონტეინერებში და მარხავენ მათთვის გამოყოფილ ადგილებში.

გარემოში სითბოს გაფრქვევა წარმოადგენს ფიზიკური დაბინძურების ერთ-ერთ სახეს, რომელიც მოქმედებს ბიოცენოზზე. ატომური და თბოელექტროსადგურების კოლექტორების გაგრილება ხდება კონტინენტალური და ზღვის სანაპიროს წყლებით, რომლებიც ხვდება რა ბუნებრივ გარემოში, იწვევს ბიოცენოზის ცვლილებას.

გარემოს თბური დანაგვიანება მიიღება ხელოვნური ენერგიის წყაროების გამოყენების გამო, რომლებიც გავლენას ახდენს ეკოსისტემების ენერგეტიკულ ბალანსზე. მოპოვებული საწვავი და ატომური ენერგია არღვევს ეკოსფეროს გლობალურ ბალანსს, რადგან ენერგიის ეს წყაროები ემატება მზის რადიაციას. თუ ბიოსფეროს მასსტაბით ეს ცვლილებები არ არის მნიშვნელოვანი, რეგიონნალურ ეკოსისტემებზე მათი გავლენა უკვე იგრძნობა. მაგალითად, ლოს-ანჯელესის რაიონში ხელოვნური გზით მიღებული სითბო 5%-ით აჭარბებს მზის რადიაციის ჯამურ სიდიდეს 10 მლნ ჰა-ზე. ეს არის ე.წ. ქალაქის „სითბოს კუნძული".

სითბური დაბინძურების გავლენა უფრო ძლიერია წყლის გარემოზე. მდინარეებისა და ზღვის წყლების გათბობა გამოწვეულია ელექტროსადგურების კონდენსატორების გაგრილების გამო, როდესაც სისტემა მუშაობს ჩაუკეტავი ციკლით. მაგალითად, მონტროს (საფრანგეთი) თბოელექტროსადგური, რომლის სიმძლავრეა 750 მეგავატი, მუშაობს ქვანახშირის საწვავზე. იგი მოიხმარს მდ. სენის წყალს 28 $მ^3$/წმ რაოდენობით, მაშინ როცა მდინარის მინიმალური ხარჯი შეადგენს 30 $მ^3$/წმ-ს. ეს კი ნიშნავს, რომ მდინარის

მცირე ხარჯის პერიოდში, თითქმის მთელი მდინარე მიედინება კონდენსატორების გავლით.

გასული საუკუნის 60-ან წლებში აშშ-ში კონდენსატორების გასაგრილებლად გამოიყენებოდა $300x10^9$ მ^3/წელიწადში მოცულობის მდინარის წყალი, დიდ ბრიტანეთში – $18x10^9$ მ^3/წელიწადში, რომელთაგან 60% მოდიოდა ხმელეთის წყალზე.

განვითარებულ ქვეყნებში წყლის ნაკადების ტემპერატურის მომატებამ შეადგინა 6-9^{0}C. წყლის ტემპერატურის მომატება იწვევს მასში გახსნილი ჟანგბადის რაოდენობის შემცირებას. დადგენილია, რომ 20^{0}C-ზე ჟანგბადი მცირდება 2%-ით. გარდა ამისა, წყლის ტემპერატურის მომატების გამო, მასში არსებული ორგანიზმების მხრიდან იზრდება მოთხოვნილება ჟანგბადის მოხმარებაზე და წყლების თბური დაბინძურების გამო, მცირდება აზოტისა და ნახშირორჟანგა გაზის შემცველობა. ეკოსისტემაში ამგვარი ჩარევა იწვევს თევზების გარკვეული სახეობების დაღუპვას და ფიტოპლანქტონზე და ზოოპლანქტონზე მკვეთრ უარყოფით ზემოქმედებას.

რადიოაქტიური დაბინძურება. დედამიწის ზედაპირი წარმოადგენს სხვადასხვა სახის გამოსხივების წყაროს, სახელდობრ გამა-სხივებს შეიცავს სხვადასხვა ბუნებრივი რადიოაქტიური ელემენტები: ურანი, რადიუმი, აქტინიუმი და სხვ. მათ გარდა წყალი და ნიადაგი შეიცავს 2 რადიოაქტიურ ელემენტს – კალიუმ ^{40}K და ნახშირბადს ^{14}C, რომლებიც ადვილად აღწევს ცოცხალ ორგანიზმებში, ხოლო ატმოსფერო შეიცავს ინერტულ გაზს - რადონს, რომელიც წარმოადგენს რადიუმის დაშლის პროდუქტს.

ბიოსფერო განიცდის აგრეთვე კოსმოსის გამოსხივების ზეგავლენას, ეს არის დიდი ენერგიის ე.წ. მზის ქარი და კოსმიური სხივები. ასევე, ბიოლოგიურად აქტიურია მზის ულტრაიისფერი გამოსხივება.

დედამიწაზე არსებული ორგანიზმები ბუნებრივ პირობებში იმყოფებიან რადიოაქტიური გამოსხივების გავლენის ქვეშ, რომლის ინტენსივობა მცირეა. მაიონიზირებელი რადიაცია წარმოადგენს პოტენციურ საშიშროებას, განსაკუთრებით ბოლო ხანებში, როდესაც გაიზარდა ატომური ენერ-

გიის გამოყენების არეალი, როგორც სამხედრო, ასევე მშვიდობიანი მიზნებისათვის.

გამოსხივების დიდი დოზები იწვევს ორგანიზმების დაღუპვას. ცოცხალი ორგანიზმების მგრძნობელობა გამოსხივების მიმართ მით მეტია, რაც მეტია მათი განვითარების დონე და რაც რთულია ორგანიზმის აგებულება. ასაკთან ერთად იზრდება გამოსხივების მიმართ წინააღმდეგობის გაწევის უნარი.

რადიოაქტიური ნაერთები, რომლებიც გაიფრქვევა ატმოსფეროში, შემდგომში ხვდება ნიადაგში, წყალში და ბიომასაში. ნიადაგში დაგროვების საუკეთესო პირობები გააჩნია ორ ძალზე მნიშვნელოვან რადიოაქტიურ ელემენტს - სტრონციუმ-90 და ცეზიუმ-137-ს.

ადამიანის საკვები დაბინძურებულია სხვადასხვა ხარისხით. ძლიერ ბინძურდება მეცხოველეობის პროდუქტები: ^{90}Sr გროვდება რძეში, ხოლო ^{137}Cs – რძესა და ხორცში.

რადიოაქტიური ნალექებით დაბინძურებულია ოკეანის წყლებიც, განსაკუთრებით ^{14}C-ით.

ატომური მრეწველობა წარმოადგენს რადიოაქტიური დაბინძურების წყაროს, რომელსაც გააჩნია 3 ეტაპი:

1. ნედლეულის მოპოვებისა და გამდიდრების.
2. ნედლეულის რეაქტორებში გამოყენების.
3. ატომური საწვავის დანადგარების საშუალებით გადამუშავების პროცესი.

ამ ეტაპებიდან ყველაზე ინტენსიური დაბინძურება ხდება ბოლო ორ სტადიაზე. რეაქტორების მუშაობის პროცესში ხშირია 2 სახის დაბინძურება: ნორმალური მუშაობის პროცესში და ავარიის დროს. ყველაზე საშიშია გაგრილების პირველადი ჯაჭვის რღვევა, რასაც შეუძლია გამოიწვიოს გულარის ნაწილობრივი გალღობა. აქ არ შეგვიძლია არ გავიხსენოთ ჩერნობილის ატომური ელექტროსადგურის ავარია, რომლის შედეგადაც დაბინძურდა ატმოსფერო, ნიადაგი და წყალი მთელი ევროპის მასშტაბით. დაბინძურების ტალღამ მოაღწია საქართველოშიც, კერძოდ, გალის რაიონში, სადაც რადიოაქტიური დაბინძურების დონემ მკვეთრად აიწია, როგორც ნიადაგში, ასევე, ზედაპირულ და გრუნტის წყლებშიც.

კრიპტონ-85-ის გარდა, რომელიც ქიმიურად ინერტულია, ჰიდროსფეროში ხვდება რადიოაქტიური ნარჩენების უმეტესობა, რომელთაც გამოაფრქვევს ატომური მრეწველობა. შედეგად, ბინძურდება როგორც წყალმცენარეები, ასევე თევზებიც. ამგვარად, ადამიანის ორგანიზმში ხვდება რადიოაქტიური ნარჩენები, რომელთა გავლენისაგან არავინ არ არის დაზღვეული.

5.3. ჩამდინარე წყლების გაწმენდის მეთოდები

ჩამდინარე წყლები ეწოდება მრეწველობის, კომუნალური წარმოებისა და მოსახლეობის მიერ გამოყენებულ წყალს, რომელიც შეიცავს სხვადასხვა მინარევებს.

სამრეწველო ჩამდინარე წყლები, ორგანული და არაორგანული ნედლეულის მოპოვებისა და გადამუშავებისას წარმოშობილი თხევადი ნარჩენებია, რომლებიც იყოფა 2 ჯგუფად - სუფთა და ჭუჭყიან ჩამდინარე წყლებად. სუფთა ჩამდინარე წყლები მიიღება აპარატურის გაცივების პროცესში, როდესაც იცვლება მხოლოდ მათი ტემპერატურა. ამ წყლებს აცივებენ და ისევ აბრუნებენ წარმოებაში ან ასუფთავებენ მექანიკური მინარევებისაგან და მარილებისაგან.

საყოფაცხოვრებო და სამეურნეო-ფეკალური წყლები კი შეიცავს 55% ორგანულ და 45% - მინერალურ ნივთიერებებს.

სამრეწველო ჩამდინარე წყლები იყოფა 3 ჯგუფად:

1. მინერალური მინერავების შემცველი ჩამდინარე წყლები, რომლებსაც გამოიმუშავებენ მეტალურგიული, მანქანათმშენებელი, მადნის და სათბობის მომპოვებელი მრეწველობის, მინერალური სასუქების, მარილების, საშენი მასალებისა და სხვა ქარხნები.

2. ორგანული ნივთიერებებით გაჯერებული ჩამდინარე წყლები, რომლებსაც გამოიმუშავებს ხორცის, რძის, კვების, ცელულოზის, ქიმიური, მიკრობიოლიგიური, კაუჩუკის, პლასტიკური მასებისა და სხვა წარმოებები.

3. მინერალური და ორგანული მინარევების შემცველი ჩამდინარე წყლები, რომლებსაც გამოიმუშავებს ნავთობმომპოვებელი, ნავთობქიმიური, საფეიქრო მრეწველობის, კონსე-

რვების, შაქრის, ქაღალდის, ვიტამინების დამამზადებელი ქარხნები.

ჩამდინარე წყლებს გამაჭუჭყიანებელთა ფაზურ-დისპერსიულობის მიხედვით ყოფენ 4 ჯგუფად:

1. წყლები, რომლებიც შეწონილ მდგომარეობაში შეიცავს 10^{-4} სმ და უფრო დიდი ზომის წყალში უხსნად ნაწილაკებს.

2. წყლები, რომლებიც შეწონილ მდგომარეობაში შეიცავს მაღალმოლეკულურ ნივთიერებებს და ზოლებს, რომელთა ზომებია 10^{-6} სმ.

3. წყლები, რომლებიც შეიცავს ბიოლოგიურ და სამრეწველო წარმოშობის აირებსა და ორგანულ ნაერთებს, რომელთა ნაწილაკების ზომებია 10^{-6}-10^{-7} სმ.

4. წყლები, რომლებიც შეიცავს წყალში იონებად დისოცირებად ნივთიერებებს, ძირითადად, არაორგანულ მჟავათა მარილებს, რომელთა ზომებია 10^{-6}-10^{-7} სმ.

პირველი ჯგუფის წყლებისათვის გამოიყენება დალექვისა და ფილტრაციის მეთოდები. მეორე ჯგუფისათვის, კოლოიდებისა და წვრილდისპერსული ნაწილაკების მოსაცილებლად - ქიმიური დალექვის, კოაგულაციის, ფლოკულაციისა და ელექტროქიმიური გაწმენდის მეთოდები. მესამე ჯგუფისათვის, ორგანული ნივთიერებებისაგან გასაწმენდად იყენებენ ბიოქიმიურ გაწმენდას, ხოლო აირებისაგან – გაცხელებას და დესორბციას. მეოთხე ჯგუფისათვის, მინერალურ ნივთიერებათა მოცილების მიზნით, გამოიყენება რეაგენტული მეთოდი, უკუოსმოსი, იონგაცვლა და სხვ.

სანიტარული წესების თანახმად, გაწმენდის გარეშე წაყლსატევებში აკრძალულია ჩამდინარე წყლების ჩაშვება. ჩამდინარე წყლების გაწმენდა ხდება შემდეგი მეთოდების გამოყენებით: მექანიკური, ქიმიური, ფიზიკურ-ქიმიური, ბიოქიმიური და თერმული.

მექანიკური გაწმენდის დროს გამოიყენება გაწურვის, დალექვის და ფილტრაციის მეთოდები, რომლის დროსაც, ჩამდინარე წყლებიდან ხდება წყალში გაუხსნელი და კოლოიდურ მდგომარეობაში არსებული ნარჩენების მოცილება.

ჩამდინარე წყლების ძირითად მასას წარმოადგენს მინერალური ნივთიერებები, მაგალითად ქვიშა, რომელიც ილექება ქვიშამჭერებში.

დაბინძურების ძირითადი ნაწილი ორგანული წარმოშობისაა, რომლებიც შეტივნარებულ მდგომარეობაშია. მათი მოცილება ხდება დამლექავების საშუალებით.

გაწურვის მეთოდი წარმოადგენს ჩამდინარე წყლების გაწმენდის პირველად სტადიას, რომლის საშუალებით ხდება მსხვილი ფრაქციის (25 მმ-დე) გამოყოფა. გამოწურვა ხდება წყლის გაშვებით ცხაურში ან ბოჭკოვანი ძაფების ქსოვილში. ლითონის ღეროებისაგან დამზადებულ ცხაურში ღეროებს შორის მანძილია 5-25 მმ. ცხაური იწმინდება განუწყვეტლივ მექანიკური გზით. არსებობს აგრეთვე ცხაური-სამსხვრეველები, რომელთა საშუალებითაც ხდება მსხვილი ნაწილაკების დამსხვრევა.

დალექვის მეთოდი ემყარება მყარი ნაწილაკების დალექვას ხსნარში, რომელიც ხორციელდება ქვიშამჭერებისა და დამლექავების საშუალებით. ამ მეთოდით ილექება 0,25 მმ-ზე ნაკლები ზომის ნაწილაკები.

ფილტრაციის მეთოდი გამოიყენება წვრილდისპერსიული მყარი ნაწილაკების მოსაცილებლად. გამოიყენება 2 კლასის ფილტრები: მარცვლოვანი, რომელშიც გასაწმენდ სითხეს ატარებენ ერთმანეთთან დაუკავშირებელ ფოროვან მასალაში და მიკროფილტრები, რომელთა ელემენტები დამზადებულია ერთმანეთთან დაკავშირებული ფოროვანი მასალით.

მარცვლოვან ფილტრებში გამოიყენება კვარცის ქვიშა, დაფქვილი წიდა, ხრეში, ანტრაციტი და სხვ.

მანქანათმშენებლობის საწარმოების ჩამდინარე წყლები იწმინდება ზეთის პროდუქტებისაგან. ამ მეთოდით ხდება მყარი ნაწილაკების დალექვა და ზეთის პროდუქტების „დაჭერა", რომლებიც ტივტივებს წყლის ზედაპირზე.

ფლოტატორ-ფილტრი, რომელიც დამზადებულია ქ. გორკში განკუთვნილია ცხიმებისაგან, ზეთებისაგან, ნავთობპროდუქტებისაგან და შეწონილი ნივთიერებებისაგან ჩამდინარე წყლების გასაწმენდად ფლოტაციისა და ფილტრაციის მეთოდებით.

ჰიდროფობური ფილტრი, რომელიც დამზადებულია ქ. უფაში, განკუთვნილია ნავთობშემცველი ჩამდინარე წყლების გასაწმენდად [6].

ფილტრაციის მეთოდი წარმოადგენს ზეთის პროდუქტების მოცილების დამამთავრებელ ეტაპს.

ჩამდინარე წყლების გაწმენდა გახსნილი მინარევებისაგან ხორციელდება ფიზიკურ-ქიმიური მეთოდით, რომელიც შედგება: კოაგულიაციის, ფლოკულაციის, ფლოტაციის, ექსტრაქციის, სორბციის, ნეიტრალიზაციის, ელექტროკოაგულიაციის, იონური გაცვლის, ჰიპერფილტრაციის, ევაპორაციის, აზეოტროპული, თერმული და ოზონირების მეთოდებისაგან.

კოაგულიაციის პროცესის დროს ხდება კოლოიდური ნაწილაკების შეწებება მათი თბური მოძრაობისას. ამ მეთოდით, ხსნარიდან გამოიყოფა 10 მმ-ზე მცირე ზომის ნაწილაკები, რომლებიც დარჩა მექანიკური გაწმენდის შემდეგ. კოლოიდური ნაწილაკების ურთიერთმიზიდვა ძლიერდება მათი ელექტრული პოტენციალის შემცირების შესაბამისად, რასაც აღწევენ ხსნარში ელექტროლიტების კონცენტრაციის გაზრდით.

კოაგულიანტებად გამოიყენება: ალუმინის, რკინის, მაგნიუმის მარილები და სხვა საწარმოო ნარჩენები, რომელთა ჰიდროლიზის შედეგად მიღებული ჰიდროჟანგები ახდენს შეწონილი ნაწილაკების ნორმირებას და ილექება ფსკერზე.

ფლოკულაცია, კოაგულიაციის ერთ-ერთი სახეა. ფლოკულატორებად იყენებენ ორგანულ ნივთიერებებს - სახამებელს, ოქსიეთილცელულოზას, პოლიეთილენამინს, პოლიაკრილამიდს, ცილებსა და სხვ.

ფლოტაცია არის ნაწილაკების მოლეკულური შეწებება ფაზათა გამყოფ ზედაპირზე. ამ მეთოდით ხდება ნავთობის, ცხიმების და ბოჭკოვანი მარილების შემცველი ჩამდინარე წყლების გაწმენდა.

გამოყოფის (ექსტრაქციის) მეთოდი გამოიყენება ჩამდინარე წყლებიდან ფენოლების, ცხიმოვანი მჟავებისა და სხვ. მოსაცილებლად, რისთვისაც გამოიყენება ბენზოლი, ტოლუოლი, ბუტილაცეტატი, ქლოროფორმი, სპირტი და ა.შ.

სორბცია არის გარემოდან ნივთიერებების შთანთქმის უნარი. თუ ეს ხდება მყარი სხეულის მიერ ეწოდება **ადსორბცია,** სითხის მიერ – **აბსორბცია.** ეს მეთოდი არის ეფექტური ორგანული ნივთიერებებისაგან ჩამდინარე წყლების სრულად გაწმენდისათვის. სორბენტებად გამოიყენება ნაცარი, ტორფი, ნახერხი, წიდა, ცეოლითები, თიხა და გააქტივებული ნახშირი.

ნეიტრალიზაციის მეთოდით ჩამდინარე წყლებიდან გამოყოფენ მჟავებს, ტუტეებს და ლითონის მარილებს. ნეიტრალიზაციას აღწევენ მჟავე და ტუტე ჩამდინარე წყლების შერევით და რეაგენტების დამატებით.

ელექტროკოაგულიაციის მეთოდი გამოიყენება ჩამდინარე წყლებში არსებული გალვანური ელემენტებიდან ქრომის, თუთიისა და სხვა მძიმე ლითონების მოსაცილებლად.

იონური გაცვლის მეთოდი გამოიყენება ნებისმიერი სამრეწველო ჩამდინარე წყლების გაწმენდის მიზნით. ამ მეთოდის დროს იყენებენ სინთეტიკურ-იონური გაცვლის ფისებს. ელექტროდიალიზი მარილთა იონების სეპარაციის პროცესია, რომელიც ხორციელდება მემბრანულ აპარატებში მუდმივი დენის მოქმედებით. ელექტროდიალიზური მეთოდი გამოიყენება მაღალი მინერალიზაციის ჩამდინარე წყლების გასამტკნარებლად.

ჰიპერფილტრაცია არის ხსნარების უწყვეტი მოლეკულური დაყოფის პროცესი, რომელიც მიმდინარეობს წნევის ქვეშ.

ევაპორაციის მეთოდის გამოყენებისას ხდება ჩამდინარე წყლებიდან გამაჭუჭყიანებელი ნივთიერებების გამოხდა ცირკულიაციური წყლის ორთქლით, რომლიდანაც ჭუჭყის მოცილება ხდება ტუტის ხსნარით. ეს მეთოდი გამოიყენება აქროლადი ნივთიერებების - ფენოლების, ნაფტოლების, კრეზოლებისა და სხვ. მოსაცილებლად.

აზეოტროპული მეთოდი გამოიყენება კოქსქიმიური ქარხნებისა და სინთეზური კაუჩუკის საწარმოთა ჩამდინარე წყლების გასაწმენდად.

თერმული მეთოდი, რომელიც მიმდინარეობს 100^0ჩ-ზე ან ვაკუუმის ქვეშ, გამოიყენება ჩამდინარე წყლებში მარილთა კონცენტრაციის გასაზრდელად ან მცირე რაოდენობის მაღალკონცენტრაციული (რადიაქტიური) ჩამდინარე წყლების გასაწმენდად.

ოზონირების მეთოდის დროს ხდება ჩამდინარე წყლების დამუშავება ოზონით. ამ დროს წყალი იწმინდება მძიმე მეტალებისაგან, ციანიდებისა და სულფიდებისაგან.

ბიოლოგიური გაწმენდისათვის გამოიყენება ბიოქიმიური, ბიომექანიკური, ანაერობული, ჰიდრობიოტანიკური და სხვა მეთოდები.

ბიოლოგიური დაჟანგვა ხორციელდება მიკროორგანიზმების ბიოცენოზით, რომელიც არის აქტიურ ლამში. ბიოცენოზში მთავარი როლი აქვთ ბაქტერიებს, რომლებიც წარმოდგენილია სხვადასხვა სახეობებისაგან. მათი რიცხვი კი დამოკიდებულია ორგანული ნივთიერებების შემცველობაზე. თუ ჩამდინარე წყალი მხოლოდ ერთი სახის ნივთიერებას შეიცავს, შესაძლებელია ბაქტერიის მხოლოდ ერთი მონოკულტურის განვითარება.

გამწმენდ დანადგარებში ბაქტერიებს შორის არის ავტოტროფები და ჰეტეროტროფები. ბაქტერიების ეს ორი სახე განსხვავდება ნახშირბადოვანი კვების წყაროსადმი დამოკიდებულებით. ჰეტეროტროფები ნახშირბადის წყაროდ იყენებენ მზა ორგანულ ნივთიერებებს და მას გადაამუშავებენ ენერგიის მისაღებად და უჯრედის ბიოსინთეზისათვის. ავტოტროფები კი უჯრედის სინთეზისათვის იყენებენ არაორგანულ ნახშირბადს, ენერგიას კი ძირითადად იღებენ ფოტოსინთეზის გზით.

გამწმენდ დანადგარებში ლამის ბიოცენოზის ფორმირების ძირითადი ფაქტორია დასამუშავებელი წყლის შედგენილობა და ლამის დატვირთვის სიდიდე. სხვა ფაქტორები - ტემპერატურა, ჟანგბადის კონცენტრაცია და მორევა არ ცვლის ლამის ხარისხს, მაგრამ გავლენას ახდენს სხვადასხვა მიკროორგანიზმების რაოდენობრივ თანაფარდობაზე.

აქტიური ლამის ბიოსინთეზი წარმოდგენილია:

1) ბაქტერიებით, რომლებიც ჟანგავენ სხვადასხვა ნივთიერებებს - მეთანს, ნიტრიტებს, მოლეკულურ წყალბადს, გოგირდის ნაერთებს, სპირტებს, ორგანულ მჟავებს, ალდეჰიდებს, შაქარს, ფენოლებს, ნავთობს, პარაფინებს, ნაფთენებსა და ა.შ;

2) უმარტივესი ორგანიზმებით - სარკოდინებით, შოლტოსნებითა და ინფუზორიებით, რომლებიც წარმოადგენენ დამჟანგავი სისტემის მდგომარეობისა და წყლის გაწმენდის ინდიკატორებს;

3) მიკროსკოპული ცხოველებით (0,01-2,5 მმ სიგრძის), რომლებიც იკვებებიან ბაქტერიებით, უმარტივესი ორგანიზმებით, მეტად მგრძნობიარენი არიან ჟანგბადის მიმართ და გამწმენდი ნაგებობების კარგი მუშაობის მაჩვენებლებია.

4) გარდა ზემოთმოყვანილი ორგანიზმებისა, გამოიყენება წყლის სოკოები, საფუარი, ობი და სხვ.

ბიოლოგიური გაწმენდა შეიძლება განხორციელდეს ბუნებრივ და ხელოვნურ პირობებში. ბუნებრივ პირობებში არის საშიშროება, რომ ჩამდინარე წყალი მოხვდეს გრუნტის წყალში. ხელოვნურ პირობებში ჩამდინარე წყლების ბიოლოგიურ გაწმენდას დიდი ისტორია აქვს. პირველი გამწმენდი ნაგებობები აგებულ იქნა XIX საუკუნის ბოლოს.

ბიოლოგიური გამწმენდი დანადგარები იყოფა 3 ჯგუფად:

1. ბიომასა დამაგრებულია უძრავ მასალაზე, ხოლო ჩამდინარე წყალი თხელი ფენით მიედინება მასზე (ბიოფილტრები).
2. ბიომასა თავისუფალ, შეწონილ მდგომარეობაშია (აეროტენები, ცირკულიაციური დამჟანგველი არხები, ოქსიტენები).
3. გამოიყენება ბიომასის განლაგების ორივე ხერხი (ჩაძირული ბიოფილტრები, შემვსებიანი აეროტენები და ბიოტენები).

თბილისის ივ. ჯავახიშვილის სახელობის სახელმწიფო უნივერსიტეტის ბიოფიზიკის კათედრის თანამშრომლების მიერ შექმნილია დანადგარი - „ბიოტესტი-ასს", რომლის ძირითად მუშა ორგანოს წარმოადგენს წყალმცენარეთა ცოცხალი უჯრედი „NITELLA". ამ დანადგარის საშუალებით არკვევენ ჩამდინარე წყალი გაჭუჭყიანებულია ქიმიურად თუ ორგანული ნივთიერებებით.

ჩამდინარე წყლების გაწმენდა ორგანული მინერავებისაგან ძირითადად ხორციელდება ბიოლოგიური მეთოდებით. გაწმენდის ბიოქიმიური მეთოდი დაფუძნებულია მიკროორგანიზმების მოქმედებაზე, რომლებიც ქმნიან მჟავე გარემოს და გარდაქმნიან ორგანულ ნივთიერებებს არაორგანულ ნივთიერებებად.

ბუნებრივ გარემოში გაწმენდა ხდება საფილტრაციო ან საირიგაციო მინდვრებში და ბიოლოგიურ ტბორებში.

ბიოლოგიური გაწმენდის აზრი მდგომარეობს შემდეგში: ნიადაგის ფენაში ჩამდინარე წყლის ფილტრაციის დროს მასში ადსორბირდება შეტივნარებული და კოლოიდური ნივთიერებები, რომლებიც გარკვეული დროის განმავლობაში ნიადაგის ფორებში ქმნის მიკრობიოლოგიურ აფსკს.

აფსკი შეიწოვს და ჟანგავს ორგანულ ნივთიერებებს და გარდაქმნის მათ მინერალურ ნივთიერებებად.

ბიოლოგიური ტბორები არის 2 სახის: ბუნებრივი და ხელოვნური აერაციით. ჩამდინარე წყლების ბიოლოგიური გაწმენდა ხელოვნურ ნაგებობებში ხდება ბიოლოგიური ფილტრების, აეროტენებისა და ოქსიტენების საშუალებით.

აეროტენები დამლექავების ანალოგიურია, რომელშიც ათავსებენ აქტიურ შლამს, მდიდარს მიკროორგანიზმებით და მიაწოდებენ შეკუმშულ ჰაერს, რომელიც აჩქარებს ორგანული მინარევების დაჟანგვის პროცესს.

ოქსიტენები წარმოადგენს აეროტენების მოდიფიკაციას, რომელშიც შეკუმშული ჰაერის ნაცვლად მიეწოდება გაზისებრი ჟანგბადი.

გაწმენდილ ჩამდინარე წყლებს ბაქტერიებისაგან სრულად განთავისუფლების მიზნით უკეთებენ დეზინფიცირებას და შემდეგ ჩაუშვებენ წყალსატევში. დეზინფიცირება ხდება ქლორირების, ელექტროლიზის და ბაქტერიციდული სხივების საშუალებით.

წყლის ქლორირება დაფუძნებულია ფერმენტების დამჟავებისა და აქტივობის შემცირებაში, რომლებიც შედის ბაქტერიების პროტოპლაზმის უჯრედებში, რის შედეგად ბაქტერიები იღუპებიან.

ქლორის ხსნარის ნაცვლად იყენებენ კალციუმის ჰიპოქლორიტსაც, რომელშიც აქტიური ქლორის შემცველობა 2-ჯერ მეტია.

პატარა ქალაქებისა და დასახლებული პუნქტების სამეურნეო-საყოფაცხოვრებო და კომუნალური ჩამდინარე წყლები (მსხვილი სამრეწველო საწარმოების არ არსებობის შემთხვევაში) შესაძლებელია გამოყენებულ იქნას სარწყავ წყლებად. 1000 $м^3$ გაწმენდილი ჩამდინარე წყლები 4-6 ტ ნაკელის ტოლფასია.

სარწყავ წყლებად შეიძლება გამოყენებულ იქნას, აგრეთვე, საკონსერვო, შაქრის, კრახმალის, სპირტის, ლუდსახდელი, საფუარის, რძის ქარხნებისა და ზოგიერთი ნავთობისა და კოქსქიმიური საწარმოების ჩამდინარე წყლები.

შაქრის ქარხნების ჩამდინარე წყლები შეიცავს ორგანულ ნივთიერებებს და სასუქის ეფექტურობის მხრივ მიეკუთვნება საშუალო კატეგორიას.

კრახმალის ქარხნების ჩამდინარე წყლები ხასიათდება შეტივნარებული და გახსნილი ნივთიერებების მაღალი კონცენტრაციებითა და მჟავე რეაქციით.

რძის ქარხნების ჩამდინარე წყლები დამუშავების გარეშე შესაძლებელია გამოყენებულ იქნას სარწყავ წყლებად. მათში აზოტის კონცენტრაცია უდრის 35 მგ/ლ, ფოსფორის - 17 მგ/ლ, კალიუმის - 25 მგ/ლ და კალციუმის - 150 მგ/ლ.

ხორცკომბინატების ჩამდინარე წყლები საჭიროებს განზავებასა და ბიოლოგიურ გაწმენდას.

ნავთობისა და კოქსქიმიური საწარმოების ჩამდინარე წყლები საჭიროებს სპეციალურ გადამუშავებას. ამგვარი წყლები 1961 წლიდან სარწყავად გამოიყენება ლაუხჰამერში (გერმანია).

ჩამდინარე წყლების სარწყავად გამოყენება მოსავლიანობას ზრდის 1,5-2-ჯერ და მეტად.

5.4. წყლის ხარისხის ნორმირება და კონტროლის მეთოდები

მდინარეების, ტბებისა და წყალსატევების წყლის ხარისხის ნორმირება ხდება 1988 წელს მიღებული „გაჭუჭყიანებისაგან ზედაპირული წყლების დაცვის ნორმებისა და სანიტარული წესების" მიხედვით, რომლის თანახმადაც დადგენილია წყალსატევების 2 კატეგორია: 1 - სასმელი და კულტურულ-საყოფაცხოვრებო დანიშნულებისა და 2 – თევზსამეურნეო დანიშნულების.

წყალსატევებისათვის დადგენილია წყლის შემდეგი პარამეტრები: მცურავი მინერავებისა და ატივნარებული ნივთიერებების შედგენილობა, სუნი, გემო, შეფერილობა, წყლის ტემპერატურა, pH, მინერალური მინერავებისა და წყალში გახსნილი ჟანგბადის რაოდენობა, მომწამლავი და მავნე ნივთიერებებისა და დაავადების გამომწვევი ბაქტერიების ზღვრულად დასაშვები კონცენტრაციები (ზდკ).

სახელმწიფოს მიერ დადგენილი ნორმების თანახმად, ზედაპირული წყალმომარაგების წყაროების შემოწმება ხდება ყოველთვიურად. ამასთან, აუცილებელია მდინარეებისათვის და არხებისათვის წყლის სინჯის აღება უშუალოდ წყალაღების ადგილზე და 1 კმ-ზე დინების აღმა, ხოლო

ტბებისა და წყალსატევებისათვის - 1 კმ-ზე წყალაღების ადგილიდან.

გაწმენდილი საწარმოო ჩამდინარე წყლების საკონტროლო ანალიზის აღება ხდება დეკადურად. წყლის სინჯის ანალიზი სრულდება აღებიდან 12 საათის განმავლობაში.

კონტროლი ითვალისწინებს შემდეგი პარამეტრების განსაზღვრას:

- წყლის ორგანოლეპტური მაჩვენებლების, რომლის დროსაც ისაზღვრება წყლის ფერი და სუნი;
– pH, რომელიც ჩამდინარე წყლებში განისაზღვრება ელექტრომეტრული მეთოდით;
- უხეშდისპერსული (ატივნარებული) ნივთიერებების განსაზღვრის დროს იზომება მექანიკური მინარევების მასის კონცენტრაცია, ამ მიზნით ახდენენ ნიმუშის გაფილტვრას;
- ჟანგბადის ქიმიური შემცველობა, რომლის ქვეშ იგულისხმება წყალში არსებული ჟანგბადის რაოდენობა, რომელიც აუცილებელია აღმდგენლების დასაჟანგად;
- წყალში გახსნილი ჟანგბადის რაოდენობა, რომელიც განისაზღვრება გაწმენდის პროცესის დამთავრების შემდეგ, წყალსატევებში წყლის გადაჭრის წინ;
- მავნე ნივთიერებათა კონცენტრაცია, რომლის მიმართ დადგენილია ზღვრულად დასაშვები კონცენტრაციები, განისაზღვრება გაწმენდის ტექნოლოგიური სქემის სხვადასხვა საფეხურზე, მათ შორის, ჩამდინარე წყლის წყალსატევში ჩაშვების წინ.

5.5. წყლის ობიექტების ხარისხის შეფასების მეთოდები

წყლის ობიექტების ხარისხის შეფასება ხდება ფიზიკურ-ქიმიური, ბიოლოგიური და მიკრობიოლოგიური მაჩვენებლების მიხედვით, რომელთა ანალიზი საშუალებას იძლევა განისაზღვროს ამა თუ იმ წყალსატევის შესაბამისობა მოქმედ სამართლებრივ აქტებთან. კრიტერიუმად გამოიყენება მავნე ნივთიერებათა ზღვრულად დასაშვები კონცენტრაციები და წყალსატევების საერთო სანიტარული მდგომარეობა.

წყალსატევების დაჭუჭყიანება ხდება აგრეთვე ატმოსფეროდან თოვლისა და კოკისპირული წვიმის შედეგად წარმოქმნილი ნაკადებით, რომლებსაც მინდვრებიდან და სხვა სასოფლო-სამეურნეო დანიშნულების სავარგულებიდან გადააქვთ სხვადასხვა ნივთიერებები. მაგალითად, წყლის ამ ნაკადებში აღმოჩენილია ლითონების მარილების მაღალი კონცენტრაციები, რაც გამოწვეულია სამრეწველო ობიექტების სიახლოვით.

თევზის მეურნეობების დაცვის მიზნით ნავთობპროდუქტების შემცველობა წყალსატევებში არ უნდა აღემატებოდეს 0,05 მგ/ლ. ნავთობპროდუქტების აფსკების მოსაცილებლად იყენებენ მცურავ სეპარატორებსა და სფაგნუმის ტორფის ფხვნილს, რომელიც შეიწოვს ნავთობს. შემდგომ, მათ წყლისგან ათავისუფლებენ და წვავენ.

ასევე ასუფთავებს წყალსატევებს ნავთობპროდუქტების, ფენოლებისა და სხვა მავნე მინარევებისაგან ლერწმის, ლელქაშისა და სხვა წყალმცენარეები, რომლებიც შეიწოვს მათ. წყალსატევებს პერიოდულად ამ წყალმცენარეებისაგან ანთავისუფლებენ და წვავენ.

გამოყოფენ გარემოს დაბინძურების წინააღმდეგ ბრძოლის 3 ძირითად გზას:

ა) პირველი და მთავარი მდგომარეობს უნარჩენო წარმოებების შექმნაში, ეს პროცესი დაკავშირებულია მატერიალურ დანახარჯებთან და მოითხოვს გარკვეულ დროს;

ბ) მეორე მდგომარეობს იმ ნედლეულის რაოდენობის შემცირებაში, რომელიც გამოიყენება ერთეული პროდუქციის შესაქმნელად;

გ) მესამე - ბიოსფეროში გაფრქვეული ნარჩენებისაგან გაწმენდა, რაც დაკავშირებულია გამწმენდი ნაგებობების შექმნასა და ექსპლუატაციასთან და ამ ნარჩენების უტილიზაციასთან.

ბუნებრივი წყლების მარაგების გამოლევისა და დაბინძურების წინააღმდეგ ბრძოლაში დიდი ადგილი უკავია მელიორაციული ღონისძიებების სწორად დაპროექტებასა და გატარებას, რომელთაგან აღსანიშნავია:

- თვითოეული მხარის ბიოკლიმატური პოტენციალის სრული გამოყენება;

- ნათესების განაწილება მდინარის აუზების მხრივ წყალუზრუნველყოფის გათვალისწინებით;

- სასუქებისა და პესტიციდების გამოყენების ოპტიმიზაცია;

- სარწყავი ნორმების შემცირება;

- წყლის დანაკარგების შემცირება ფილტრაციაზე, აორთქლებასა და სხვა სახის დანაკარგებზე;

- წყალსატევების რაციონალური გამოყენება, ნიადაგის ფენის შენარჩუნება, მისი რეკულტივაცია და ა.შ.

წყლის ხარისხის გაუმჯობესების ძირითადი საშუალებებია:

1. წყლის სიმღვრივის შემცირება, რომელიც მიიღწევა შეტივნარებული ნაწილაკების მოცილების გზით, მღვრიე წყლის დალექვით სალექარებში, ჰიდროციკლონებში, წყლის გატარებით მარცვლოვან და ფხვნილისებრ გასაფილტრავ მასალაში, ცხაურში და ქსოვილში.

2. წყლის ფერის მოცილება, რისთვისაც გამოიყენება კოაგულაციის (წყალში არსებული ნაწილაკების შეწებება) მეთოდი, სხვადასხვა მჟავეები (ქლორი, ოზონი, კალიუმპერმანგანატი) და სორბენტები (გააქტირებული ნახშირი).

3. წყლის გაუსნებოვნება ხდება მასში არსებული ავადმყოფობების გამომწვევი ბაქტერიებისა და ვირუსების მოსაცილებლად.

გარდა ზემოთჩამოთვლილისა, ახდენენ წყლის დეზოდორიზაციას (სუნისა და გემოს მოცილება). თუ წყალი შეიცავს დიდი რაოდენობით რკინას ან ფტორს, ასევე საჭიროა მათი მოცილება.

ელექტროსადგურების, ქიმიური, საფეიქრო საწარმოებისა და სხვა ობიექტების წყალმომარაგების დროს ამცირებენ წყლის სიხისტეს (არბილებენ). საწარმოების წყალმომარაგების დროს საჭიროების შემთხვევაში ახდენენ წყლის განმარილიანებასა და მისი მჟავიანობის შემცირებას.

თავი 6

საქართველოს ჰიდროსფერო და მისი რესურსების დაცვა

6.1. საქართველოს რეგიონის ჰიდროსფეროს ფორმირება

ამიერკავკასია, რომელიც მდებარეობს შავი და კასპიის ზღვებს შორის, მდიდარი და მრავალფეროვანია რელიეფით, ფლორით და ფაუნით, ასევე მისი წიაღით. საქართველოს ბუნებრივ სიმდიდრეთა შორის აღსანიშნავია წყლის რესურსები, რომელიც წარმოადგენს საქართველოს ეკონომიკის განვითარების ძირითად პერსპექტიულ მიმართულებას.

წყლის რესურსების სიუხვე განპირობებულია საქართველოს მდებარეობითა და კლიმატური მრავალფეროვნებით. სადაც წარმოდგენილია დედამიწაზე არსებული ჰავის თითქმის ყველა ზონა, დაწყებული ნოტიო სუბტროპიკულიდან, მუდმივი თოვლისა და მყინვარების ზონით, ზღვის დონიდან 5000 მეტრის სიმაღლემდე.

ჰავის ჩამოყალიბებაში დიდ როლს თამაშობს კავკასიონის მთაგრეხილი, რომელიც იცავს ტერიტორიას ჩრდილოეთიდან ცივი ჰაერის მასების შემოჭრისაგან, ხოლო შავი ზღვა ათანაბრებს ტემპერატურის მერყეობას და ხელს უწყობს უხვი ნალექების ფორმირებას, განსაკუთრებით დასავლეთ საქართველოში.

ძირითად კლიმატწარმომქმნელ ფაქტორებს წარმოადგენს: შავი ზღვის უშუალო სიახლოვე - დასავლეთით, რუსეთის ბაქნის კონტინენტალური კლიმატის ზემოქმედება – ჩრდილოეთიდან და აზიის კონტინენტალური სივრცის ზეგავლენა - აღმოსავლეთიდან და სამხრეთიდან, რომელსაც ოდნავ ანელებს კასპიის ზღვა.

დასავლეთ კავკასიონის ფარგლებში ატმოსფერული ნალექების რაოდენობა 900-დან 4000 მმ-ია. შედარებით მცირე ნალექები დამახასიათებელია ჩაკეტილი, სვანეთისა და რაჭა-ლეჩხუმის ხეობებისათვის, სადაც ნალექების რაოდენობა 900-დან 1200 მმ შეადგენს. ღრუბლიანობა და სინოტივე – მაღალია, დანესტიანების კოეფიციენტი - 1.5-3,5.

აღმოსავლეთ კავკასიონის ფარგლებში კარგად არის გამოხატული კლიმატური ზონალობა. ატმოსფერული ნალექები მატულობს სიმაღლის შესაბამისად და შეადგენს 800-1800 მმ, ღრუბლიანობა და სინოტივე ზომიერია, დანესტიანების კოეფიციენტი – 1.5-2,5.

მთიანი აჭარა-გურია ხასიათდება ტენიანი სუბტროპიკული ჰავით და გამოირჩევა უხვი ნალექებით. ნალექების რაოდენობა 1800-დან 4000 მმ ფარგლებშია, ყველაზე ტენიანი ადგილი საქართველოში, ქ. ბათუმის მიდამოებში, მთა მტირალას დასავლეთი კალთებია.

შავი ზღვის გავლენა ყველაზე მეტად იგრძნობა კოლხეთის დაბლობზე, სადაც გავრცელებულია ნოტიო სუბტროპიკული ჰავა. კოლხეთის დაბლობი დაცულია კავკასიონის ქედით ჩრდილოეთის ცივი ჰაერის მასებისაგან. ატმოსფერული ნალექების რაოდენობა მერყეობს 1500-დან 3000 მმ ფარგლებში, დიდია ღრუბლიანობა და ტენიანობა. დანესტიანების კოეფიციენტი 4,0-ზე მეტია.

იმერეთის მაღლობზე შავი ზღვის გავლენა შესუსტებულია, ჰავა შედარებით მშრალია, მაგრამ მაინც შენარჩუნებულია ნოტიო, სუბტროპიკული ჰავა. ატმოსფერული ნალექების რაოდენობა 900-დან 1800 მმ ფარგლებშია, დიდია ღრუბლიანობა და ტენიანობა.

შიდა ქართლის ვაკეზე გავრცელებულია მშრალი სუბტროპიკული ჰავა. ატმოსფერული ნალექების რაოდენობა 500-დან 800 მმ ფარგლებშია. დანესტიანების კოეფიციენტი 1,0-ზე ნაკლებია. ქვემო ქართლის ბარზე გავრცელებულია მშრალი სუბტროპიკული ჰავა. ატმოსფერული ნალექების რაოდენობა 400-დან 600 მმ ფარგლებშია. მცირეა ღრუბლიანობა.

ივრის ზეგანზე გაბატონებულია მშრალი კონტინენტალური ჰავა. ატმოსფერული ნალექების რაოდენობა 400-დან 500 მმ ფარგლებშია. მცირეა ღრუბლიანობა.

შიდა კახეთის ბარში გავრცელებულია ზომიერად ნოტიო სუბტროპიკული ჰავა. ატმოსფერული ნალექების რაოდენობა 800-დან 1300 მმ ფარგლებშია. დანესტიანების კოეფიციენტი 1,0-ზე მეტია.

საგურამო-გომბორის საშუალომთიანეთში გავრცელებულია ზომიერად ნოტიო სუბტროპიკული ჰავა. ატმოსფერუ-

ლი ნალექების რაოდენობა 800-დან 1000 მმ ფარგლებშია. დანესტიანების კოეფიციენტი – 1,5-2,0.

მესხეთის ქვაბულისათვის დამახასიათებელია მშრალი კონტინენტალური ჰავა. ატმოსფერული ნალექების რაოდენობა მერყეობს 500-დან 700 მმ ფარგლებში. დანესტიანების კოეფიციენტი 1,0-ზე ნაკლებია.

თრიალეთის ქედზე გავრცელებულია მშრალი კონტინენტალური ჰავა, ნალექი მცირეა, ღრუბლიანობა - ზომიერი.

ჯავახეთის მთიანეთის ფარგლებში გაბატონებულია კონტინენტალური ჰავა, გარდამავალი ზომიერად ნოტიოდან მთიანეთის მშრალ კლიმატზე. ატმოსფერული ნალექების რაოდენობა 600-დან 750 მმ ფარგლებშია.

კლიმატური მრავალფეროვნება განსაზღვრავს წყლის რესურსების რაოდენობას, რომელიც საქართველოს ტერიტორიაზე არათანაბრადაა განაწილებული. მისი სიდიდე მკვეთრად იცვლება კლიმატური ზონების მიხედვით. დასავლეთ საქართველოს წყლის რესურსები თითქმის 3-ჯერ აღემატება აღმოსავლეთ საქართველოს რესურსებს, ხოლო სამხრეთ საქართველო განიცდის წყლის რესურსების ნაკლებობას. წყლის რესურსების 63,4% (362,5 კუბ. მეტრი/წმ) მოდის დასავლეთ საქართველოზე, 24,1% (137,9 კუბ. მეტრი/წმ) - აღმოსავლეთ საქართველოზე და მხოლოდ 12,5% (71,3 კუბ. მეტრი/წმ) - სამხრეთ საქართველოზე.

მიუხედავად წყლის რესურსების არათანაბარი განაწილებისა, მას საქართველოს ბუნებრივ სიმდიდრეთა შორის პირველი ადგილი უჭირავს, რომელიც უნდა წარმოადგენდეს ეკონომიკური განვითარების ძირითად მიმართულებას, ხოლო მისი რაციონალური გამოყენება ჩვენი ქვეყნის არსებობის მთავარი ფაქტორი უნდა გახდეს. წყლის რესურსები 2 სახეობისაა: ზედაპირული და მიწისქვეშა წყლები.

6.2. მიწისქვეშა წყლები

კავკასიონის მთიან ნაწილში გაშიშვლებულია და კარგად ჩანს ის უძველესი ქანები და სტრუქტურები, რომლებიც ღრმად იძირება წინამთიანეთსა და მომიჯნავე ვრცელი ველების თანამედროვე ნალექების ქვეშ, სადაც მათი შეს-

წავლა ხდება მეცნიერული კვლევებისა და ტექნიკური საშუალებების გამოყენებით, რადგან დაბლობში ისინი მიუწვდომელია ადამიანის თვალთახედვისათვის.

კავკასიონის ქედი განაპირობებს კლიმატურ თავისებურებებს, რომელიც ხელს უწყობს მიწისქვეშა წყლების რესურსების ფორმირებას. ქედზე და მის ფერდობებზე მრავლადაა ნაპრალები და ღრმა ხეობები, რომელთა საშუალებითაც ხდება ზედაპირული წყლების ჩაჟონვა დედამიწის წიაღში და მიწისქვეშა რეზერვუარების შევსება. ნაწილი ჩაჟონილი წყლებისა განიტვირთება ხეობებში და ზღვაში, ხოლო მცირე ნაწილს ადამიანები გამოიყენებენ სასმელი და სამეურნეო საჭიროებებისათვის.

მიწისქვეშა წყლების რესურსი განახლებადია, იგი განსხვავდება ნავთობის, გაზისა და მყარი წიაღისეულისაგან, რომლებიც გამოლევადია, რადგან მათი ფორმირებისათვის მრავალი მილიონი წლებია საჭირო. რაც შეეხება წყლის რესურსებს, იგი მოგვაგონებს ცოცხალ, დინამიურ სხეულს, რომლის განახლება მუდმივად ხდება. წყლის ბრუნვის ციკლი ერთი წლის განმავლობაში მიმდინარეობს. წყალი ორთქლდება ზღვებიდან, ოკეანეებიდან, ხმელეთიდან, შემდეგ გადაიტანება ჰაერის მასების საშუალებით, ხდება მისი კონდენსაცია და ისევ უბრუნდება დედამიწას წვიმისა და თოვლის სახით. მოსული ნალექების დიდი ნაწილი ჩაედინება ზედაპირული წყლების სახით მდინარეებში, ტბებსა და ზღვებში, ხოლო დაახლოებით, 20% ჩაიჟონება დედამიწის წიაღში და ავსებს მიწისქვეშა რეზერვუარებს (იხ. სურ. №7. წყლის წრებრუნვა).

ამგვარად წარმოშობილ წყლებს უწოდებენ ინფილტრაციულს. მათი გარკვეული ნაწილი წარმოადგენს მტკნარ სასმელ წყლებს, რომელიც ცირკულირებს ქვიშიან და ქვიან გრუნტებში ან დანალექი და ვულკანური ქანების ნაპრალებში, ხოლო ნაწილი გაივლის რა მარილიან და თაბაშირიან ფენებს, ხსნის მარილებს და გვევლინება მინერალური წყლების სახით.

გრუნტის წყლები წარმოადგენს დედამიწის ზედაპირიდან პირველ, წყალშემცველი ჰორიზონტის გრავიტაციულ წყლებს, რომლებიც განლაგებულია პირველ წყალგაუვალ ფენაზე. მათ ახასიათებს წყლის თავისუფალი ზედაპირი და მჭი-

დროდაა დაკავშირებული ატმოსფეროსთან. გრუნტის წყლების ცირკულიაციის სიღრმე დამოკიდებულია მრავალ ფაქტორზე და იცვლება რამდენიმე სმ-დან (ჰუმიდურ ზონაში) 200-250 მეტრის სიღრმემდე (არიდულ ზონაში და ეროზიულად ინტენსიურად დანაწევრებულ უბნებზე).

გრუნტის წყლების კვება ძირითადად ხდება ატმოსფერული ნალექებისა და ტენის კონდენსაციის ხარჯზე, ასევე, მდინარეების, სარწყავი არხების წყლებისა და არტეზიული (დაწნევითი) წყლების ხარჯზე.

ატმოსფერული ნალექების ზეგავლენა გრუნტის წყლების წყაროების დებიტების მატებაში განსაკუთრებით სწრაფად შეინიშნება დანაპრალიანებული და დაკარსტული ქანების გავრცელების რაიონებში. არიდულ ზონებში და მაღალმთიან რეგიონებში გრუნტის წყლების კვება ძირითადად ხდება კონდენსაციური წყლების ხარჯზე.

გრუნტის წყლების განტვირთვა ხდება დედამიწის ზედაპირზე წყაროების სახით, აგრეთვე, აორთქლების გზით და ხელოვნურად - ჭაბურღილების საშუალებით. მათი დებიტები სხვადასხვაა, ცვალებადობს 0,1-დან რამდენიმე ასეულ ლ/წმ-დე (ლავური ნაკადების გრუნტის წყლები).

წყალმომარაგების მიზნით, ძირითადად, გამოიყენება მდინარეთა ხეობებთან (ბზიბის, გუმისთას, კელასურის, კოდორის, ენგურის, ტეხურის, რიონის, სუფსის, აჭარისწყალის, ყვირილას, მტკვრის, ლიახვის, ქსნის, არაგვის, ხრამის, იორის, ალაზნისა და სხვ.) არსებული გრუნტის წყლები.

კარგადაა შესწავლილი არაგვის ხეობის გრუნტის წყლის ჰორიზონტი (ბულაჩაურის, ჭოპორტის, საგურამოსა და ნატახტარის წყაროები), რომელთა საექსპლუატაციო მარაგები A და B კატეგორიებით, შეადგენს 8,1 კუბ. მეტრს წამში). არაგვისა და ქსნის ხეობის გრუნტისა და დაწნევიანი წყლები არასრულადაა ათვისებული, რის გამოც, ქ. თბილისსა და ქ. მცხეთის წყალმომარაგებისათვის ძირითადად გამოიყენება ჟინვალის წყალსაცავი.

ჟინვალის ჰიდროკომპლექსი მდებარეობს მდ. არაგვზე, სოფ. ანანურსა და დაბა ჟინვალს შორის. მიწის კაშხლის სიმაღლეა 102 მეტრი, რომელიც ქმნის 500 მლნ კუბ. მეტრი მოცულობის წყალსაცავს. მისი დანიშნულებაა თბილისის სასმელ-სამეურნეო წყლით მომარაგება, რაც ხორციელდება

12 კმ სიგრძისა და 5,5 მეტრი დიამეტრის გვირაბის საშუალებით. გარდა ამისა, 12 კუბ. მეტრი წყალი მიეწოდება სამგორის რაიონს სასოფლო-სამეურნეო სავარგულების მორწყვის მიზნით.

ქ. თბილისის წყალმომარაგების მიზნით პირველი სიფონური წყალსადენი, რომლის დებიტია 1300 ლ/წმ, ექსპლუატაციაში შევიდა 1933 წელს. იგი მდებარეობს მდ. არაგვის მარჯვენა ნაპირზე და უკავია 250 ჰა. წყალი თვითდენით მიეწოდება საგურამოს სატუმბ სადგურს.

ჭოპორტი–მისაქციელის წყალსადენი მდებარეობს მდ. არაგვის მარცხენა ნაპირზე და უკავია 975 ჰა, მისი დებიტია 1300 ლ/წმ, ექსპლუატაციაში შევიდა 1962 წელს. წყალი, ასევე, თვითდენით მიეწოდება საგურამოს სატუმბ სადგურს.

საგურამოს წყალსადენი მდებარეობს 256 ჰა–ზე და წარმოადგენს საკვანძოს, სადაც ფუნქციონირებს წყლის ქიმიური ლაბორატორია და მძლავრი სატუმბო დანადგარები. საგურამოს წყალსადენი შევიდა ექსპლუატაციაში გასული საუკუნის 60-ან წლებში.

ნატახტარის ძველი წყალსადენი შევიდა ექსპლუატაციაში 1951 წელს, ხოლო ახალი - 1982 წელს, მისი დებიტი შეადგენს 900 ლ/წმ. წყალი შუალედური ტუმბოს საშუალებით მიეწოდება საგურამოს სატუმბ სადგურს.

ბოდორნას ბუფერული აუზი მდებარეობს ჟინვალის ჰიდროკომპლექსის ქვედა ბიეფში, რომლის მოცულობაა 1,0 მლნ $მ^3$, საიდანაც წყლის გარკვეული რაოდენობა ჩაედინება მდ. არაგვში, მეორე ნაწილი კვებავს მუხრანისა და საგურამოს სარწყავ სისტემას, ხოლო ნაწილი - მაგისტრალური წყალსადენით მიეწოდება სალექარებს და შემდეგ საგურამოს სატუმბ სადგურს.

გარდა ამისა, თბილისი–სტეფანწმინდის საავტომობილო გზის მარჯვენა მხარეს 151 ჰა-ზე მდებარეობს მუხრანის ვენლის არტეზიული წყალსადენი, რომელიც შევიდა ექსპლუატაციაში 1980 წელს. წყალსადენი ღებულობს 1225 ლ/წმ რაოდენობის წყალს, რომელსაც ამარაგებდა აქ განთავსებული 55 ჭაბურღილი (ამჟამად ფუნქციონირებს 35 ჭაბურღილი). არტეზიული წყალსადენიდან წყალი მიეწოდება ნატახტარის სატუმბ სადგურს.

მუხრანის ველის არტეზიული აუზის პროგნოზული საექსპლუატაციო მარაგები 1 მილიარდი კუბ. მეტრია, რაც ჟინვალის წყალსაცავის ორმაგი მოცულობის ტოლია. ამ მოცულობიდან, ნატახტარის დაწნევიანი წყლების საბადოზე მოდის 350 მლნ კუბ. მეტრი, რაც 1,5-ჯერ აღემატება, ქალაქების თბილისისა და მცხეთის წლიურ მოთხოვნილებას სასმელ წყალზე. აქედან გამომდინარე, სრულიად შესაძლებელია ჟინვალის წყალსაცავის ზედაპირული წყლების ნაცვლად, რომელიც საკმაოდ დაბინძურებულია, სრულად მომარაგდეს ქალაქები თბილისი და მცხეთა, მუხრანის არტეზიული აუზის მიწისქვეშა წყლებით.

გარდა ამისა, ქ. თბილისს საჭიროების შემთხვევაში შესაძლებელია დამატებით მიეწოდოს თრიალეთის (დაშბაშის) წყაროების წყალი, რომლის საექსპლუატაციო მარაგები (A და B კატეგორიებით) შეადგენს 6,1 კუბ. მეტრს წამში და მდ. ქსნის მარცხენა ნაპირის გრუნტისა და დაწნევიანი წყლების ერთობლივი ჰორიზონტის წყლები, რომლის საექსპლუატაციო მარაგები (A და B კატეგორიებით) შეადგენს 0,95 კუბ. მეტრს წამში. მდ. ქსნის ფილტრატებზე გაბურღულია არტეზიული ჭაბურღილები, საიდანაც დღემდე უსარგებლოდ იღვრება უმაღლესი ხარისხის არტეზიული, სასმელი წყალი. თრიალეთისა და მდ. ქსნის საბადოებზე შედგენილია წყალმომარაგების პროექტები, რომლებიც ელიან განხორციელებას, უფრო მეტიც, გასული საუკუნის 90–ან წლებში ქსნის საბადოდან საგურამოს სატუმბ სადგურამდე გაყვანილი იყო წყალმდენი, რომელსაც ქსნის საბადოდან სასმელი წყალი უნდა მიეწოდებინა საგურამოს სატუმბ სადგურისათვის. სამწუხაროდ, ეს პროექტი არ განხორციელდა, რადგან 1991–2000 წლებში წყალმდენი გაიძარცვა.

დღეს, ქალაქები თბილისი და მცხეთა მარაგდება საჭირო რაოდენობის სასმელ-სამეურნეო წყლით, რომლის ძირითადი წყაროებია მდ. არაგვის აუზის მტკნარი წყლების რესურსები, რომლებიც ფორმირდება მდ. არაგვისა და ჟინვალის წყალსაცავის და მდ. არაგვის აუზის მიწისქვეშა წყლების რესურსებისაგან. მდ. არაგვსა და ჟინვალის წყალსაცავს არ გააჩნიათ სანიტარული ზონები, რის გამოც, ისი-

ნი იმყოფებიან ძლიერი ტექნოგენური ზეგავლენის ქვეშ. მართალია, ჟინვალის წყალსაცავმა მნიშვნელოვანი პოსიტიური როლი შეასრულა მდ. არაგვის წყლის რესურსების დარეგულირებაში, მაგრამ, ამავე დროს, მან ნეგატეური როლიც შეასრულა წყლის ხარისხის გაუარესების თვალსაზრისით. კერძოდ, წყალში მნიშვნელოვნად გაიზარდა მიკროელემენტებისა და მძიმე მეტალების რაოდენობა და ბაქტერიოლოგიური დაბინძურების დონე.

ჟინვალის წყალსაცავის ექსპლუატაციაში შესვლის შემდეგ, მდ. არაგვის წყალში გაჩნდა წყალმცენარეების მიკროორგანიზმები. მათი ინტენსიური განვითარება მოხდა წყალსაცავის ფსკერზე და საინფილტრაციო მოედნებში, სადაც დაიწყო მიკროორგანიზმების დაღუპული მასის გახრწნა, ლპობა და საპროპელის დაგროვება, რამაც თავის მხრივ გამოიწვია თევზების დაღუპვა. ამ პროცესს ხელს უწყობს აგრეთვე, აუზის ფარგლებში არსებული მრავალი დასახლება, რომელთაც არ გააჩნიათ საკანალიზაციო სისტემები და თბილისი-სტეფანწმინდის საავტომობილო გზის გასწვრივ არსებული ბენზინგასამართი სადგურების ხშირი ქსელი. დამაბინძურებელი ობიექტები მდებარეობს წყალმომარაგების ძირითადი მკვებავი წყაროების ფარგლებშიც ან მათ სიახლოვეს.

ფსკერის ნალექების სიმძლავრის ზრდასთან ერთად, ლამში მატულობს ფილტრაციული წინაღობა და ადგილი აქვს წნევის კარგვას, შესაბამისად, მცირდება ინფილტრაციის სიჩქარე და საინფილტრაციო მოედნების წარმადობა და ეფექტიანობა.

ამასთან, ჟინვალის წყალსაცავისა და საინფილტრაციო მოედნების შექმნის შედეგად წარმოიქმნა 14 კვ.კმ ფართობის წყლის თავისუფალი ზედაპირი, საიდანაც წლის განმავლობაში ორთქლდება თითქმის 1 მეტრი სისქის (826 მმ) წყლის ფენა, რაც შეადგენს საინფილტრაციო მოედნებიდან ხელოვნური გამდიდრების გზით მიღებული გრუნტის წყლების დაახლოებით 10%-ს, ან 33 ათას კუბ. მეტრს დღეღამეში.

ზაფხულის თვეებში, ადგილი აქვს წყალმცენარეების ინტენსიურ ზრდას, რაც აუარესებს წყლის გემოს, წარმოქმნის შეფერილობასა და სუნს, ე.ი. უარესდება წყლის ხარის-

ხი (კოლი-ინდექსის 500–1000–ს აღწევს), რის გამოც, სპეციალური ინტენსიური ქლორირების გარეშე, მისი სასმელად გამოყენება შეუძლებელია. ამ პერიოდში, წყალი დიდ ზიანს აყენებს მილგაყვანილობასაც, რადგან უფრო ინტენსიურად ვითარდება კოროზიული პროცესები.

წყალსაცავის წყალი არის ზედაპირული ჩამონადენი, რომლის სანიტარული მდგომარეობა ბევრად ჩამოუვარდება არტეზიული წყლის მაჩვენებლებს. არტეზიული წყალი არის სანიტარულად სუფთა, რადგან მიწისქვეშა ჰორიზონტებში ხდება წყლის თვითგაწმენდა და ამის გამო, მისი ფიზიკური, გემოვნური და ქიმიური შემადგენლობა ბევრად უკეთესია, ვიდრე ზედაპირული წყლის, რომლის დაბინძურება ადვილად ხდება ატმოსფეროსთან მისი უშუალო შეხების გამო.

მდ. არაგვის აუზის ზედაპირული და მიწისქვეშა წყლები, რომლებიც შეადგენს ქალაქების თბილისისა და მცხეთის წყალმომარაგების 70%, მჭიდრო ჰიდრავლიკურ კავშირში იმყოფება და ქმნის ჰიდროსფეროს ერთიან, დინამიკურ სისტემას, რომლის ბუნებრივ რეჟიმში ჩარევა იწვევს ადექვატურ რეაქციას, უპირველესად, წყლის ხარისხის მკვეთრი გაუარესების თვალსაზრისით, ამდენად, სასმელად მათი გამოყენება დაუშვებელია სპეციალური, ინტენსიური ქლორირების გარეშე. აქვე უნდა აღინიშნოს, რომ ქლორირების შემდეგ, მართალია, იღუპებიან მიკროორგანიზმები, მაგრამ ქლორი გადადის სასმელ წაყლში, რაც არ არის სასურველი. არტეზიულ წყლებისათვის ქლორირება არ არის აუცილებელი, რადგან მიწისქვეშა ჰორიზონტებში მიმდინარეობს მათი თვითგაწმენდა, გაფილტვრა და იონიზირების შემდეგ შესაძლებელია ამ წყლების მოხმარება სასმელი მიზნებისათვის.

მდ. ყვირილას გრუნტის წყლებით მარაგდება ქ. ზესტაფონი, მდინარეების ხრამისა და დებედას გრუნტის წყლებით - ქ. რუსთავი, მდ. ლიახვის - ქ. გორი, მდ. ტეხურის - ქ. ფოთი, მდინარეების ცხენისწყლის, გუბისწყლისა და რიონის - ქალაქები ქუთაისი, წყალტუბო და სამტრედია მდ. გუმისთის - ქ. სოხუმი და ა.შ.

სურ. №8. ქ. ფოთის წყალმომარაგების ნოსირის სათავე ნაგებობის საექსპლუატაციო ჭაბურღილი

წყალშემცველ ჰორიზონტში არსებულ მიწისქვეშა წყლებს ეწოდება არტეზიული, თუ იგი მოქცეულია წყალგაუმტარ ფენებს შორის და აქვს ჰიდროსტატიკური დაწნევა, რომელსაც შეუძლია წყალი ამოიყვანოს წყალგაუმტარი სახურავის დონეზე მაღლა. არტეზიული წყლები, როგორც წესი, დაკავშირებულია ფენებრივ დანალექ წყებებთან. გარკვეულ პირობებში გეოლოგიურ-სტრუქტურული, გეომორფოლოგიური და ჰიდროგეოლოგიური თავისებურებების მიხედვით. გამოვლინდება შადრევნების ან აღმავალი წყაროების სახით.

მიწისქვეშა არტეზიული ჰორიზონტები გავრცელებულია აფხაზეთის შავიზღვისპირეთში, კოლხეთის, ტირიფონ-მუხრანის, მარნეული-გარდაბნის, ალაზნის დაბლობებზე და იორი-ალაზნის შუამდინარეთში.

გეოლოგიური პირობებიდან გამომდინარე შესაძლებელია, რომ ინფილტრაციულ წყლებს შეერიოს ვულკანურ კერებთან დაკავშირებული, სიღრმიდან ამომავალი ნაპრალური, მაღალმინერალიზებული, სხვადასხვა ტემპერატურის, ქიმიური ელემენტებით, მეტალებით და გაზებით გამდიდრებული წყლები. ასეთ შემთხვევაში, საქმე გვაქვს მინერალური და თერმული წყლების საბადოებთან.

სურ. №9. ქ. წყალტუბოს წყალმომარაგების მიწაწითელის სათავე ნაგებობის საექსპლუატაციო ჭაბურღილი

საქართველოს მინერალური წყლები ცნობილია უხსოვარი დროიდან, მათ შორის განსაკუთრებით გამოირჩევა და წარმატებით სარგებლობს ბორჯომის, წყალტუბოს, თბილისის, ნაბეღლავის, ლუგელას, სქურის, ლებარდეს, უწერას, საირმეს, ზვარეს, ნუნისის, ცაიშის, შოვის, ვაჟას წყაროს, ვარძია-ნაქალაქევის, ყაზბეგის, ჯავის, მახინჯაურის, სულორის, ავადჰარას, ბოლნისის, ლაში ჭალას და სხვა საბადოები. ინერალური წყლების გამოყენება ძირითადად ხდება სასმელი და ბალნეოლოგიური მიზნებისათვის. მიწისქვეშა მაღალმინერალიზებული ნაპრალური წყლები, რომლებიც სხვადასხვა მიზეზით ნაკლებად ერევა ინფილტრაციულ წყლებს, გვევლინება მარილების დიდი შემცველობით. ამის მაგალითია, ლუგელას და სქურის მინერალური წყაროები.

ბორჯომის მინერალური წყლის ფორმირება ხდება 700-2000 მეტრის სიღრმეზე, ბუნებრივ ლაბორატორიაში, სადაც სიღრმული წყლები ბუნებრივად ერევა ინფილტრაციულ წყლებს. შედეგად მიიღება ნახშირმჟავა ტუტე შედგენილობის მინერალური წყალი.

თბოენერგეტიკული ეწოდება წყლებს, რომელთა ტემპერატურა 35^0C-ზე მეტია, ზოგჯერ მათ რიცხვს მიაკუთვნებენ 20-35^0C წყლებსაც. თერმული წყლები ენერგეტიკის არატრადიციული, განახლებადი და ეკოლოგიურად სუფთა სახეობაა. მათ გამოიყენებენ ელექტროენერგიის მისაღებად (100-

180^{0}C), ბინებისა და სამრეწველო ობიექტების გასათბობად ცხელი წყლით მომარაგებაში (70-100^{0}C), აგრეთვე სასათბურე, მეცხოველეობისა და სხვა მეურნეობებში, ასევე, საწარმოო ტექნოლოგიურ პროცესებში (70^{0}C-დე). არსებობს სქემები გეოლოგიურ სტრუქტურებში ზედაპირული წყლების ჩატუმბვისა და შემდგომ თერმული წყლების მიღების, ცხელი წყლებით ცივი წყლების გათბობის და ა.შ.

სურ. №10. მინერალური წყარო „ვოკლუზა" თრუსოს ხეობაში (ყაზბეგის მუნიციპალიტეტი)

ჰიდროთერმული რესურსები ფორმირდება ორი გზით: რეგიონული სითბური ველის პირობებში (არტეზიული აუზების ფენის წყლები) და 2) ანომალურ გეოთერმულ პირობებში (ნაოჭა ოლქების ნაპრალური და ნაპრალურ-ძარღვული წყლები). მათგან სითბური პოტენციალით გამოირჩევა მეორე ჯგუფის რეგიონები. მათ მიეკუთვნებათ კამჩატკა, კურილის კუნძულები, ასევე, კავკასია, ტიან-შანი, პამირი, ყირიმი და სხვ.

საქართველოს ტერიტორიაზე ცნობილია 44 თერმული წყლის საბადო ბუნებრივი წყაროებისა და ჭაბურღილების სახით, რომელთა ჯამური დებიტი 1300 ლ/წმ შეადგენს. ეს რესურსი ტემპერატურის მიხედვით შემდეგნაირად ნაწილდება: 1) 20-50^{0}C - 848 ლ/წმ, 2) 50-100^{0}C - 324 ლ/წმ, 3) 100^{0}C - ზე მეტი - 128 ლ/წმ. ამ წყლების ნახევარი მტკნარია (მინერალიზაცია <1 გ/ლ).

სურ. №11. მინერალური წყლისა და გაზის შადრევანი თერგის ხეობაში (ყაზბეგის მუნიციპალიტეტი)

თერმული წყლების საექსპლუატაციო მარაგები შეადგენს 126 ათას კუბ. მეტრს დღე-ღამეში, რაც პროგნოზული მარაგების მხოლოდ 20%-ია. თერმული წყლების პროგნოზული რესურსების შესაძლო თერმოენერგეტიკული პოტენციალი 500 ათასი ტონა პირობითი სათბობის, ან 500 მლნ კუბური მეტრი საწვავი აირის ექვივალენტურია წელიწადში.

თერმული წყაროებიდან აღსანიშნავია:

1. ქ. თბილისის გოგირდწყალბადის შემცველი წყაროები, რომლებმაც სათავე დაუდეს ქ. თბილისის დაარსებას: თერმული წყლების ტემპერატურა მერყეობს 38-დან 70^0C-მდე, მინერალიზაცია - 0,19-0,26 გ/ლ, შედგენილობა – სულფატურ-ქლორიდულ-კარბონატული.

2. კურორტ წყალტუბოს 4 სამკურნალო წყარო, რომელთა ტემპერატურა მერყეობს 31-35^0C შორის, მინერალიზაცია - 0,8 გ/ლ, სულფატურ-ჰიდროკარბონატული კალციუმ-მაგნიუმ-ნატრიუმიანი შედგენილობის.

3. ადიგენის რაიონის სოფ. აბასთუმნის 48^0C ტემპერატურის სამკურნალო წყარო, დებიტი - 1040 $მ^3$/დღე-ღამეში, მინერალიზაცია – 0,6 გ/ლ, ქლორიდულ-სულფატური ნატრიუმ-კალციუმიანი შედგენილობის.

4. ახმეტის რაიონის სოფ. თორღვას-აბანოს 35^0C ტემპერატურის წყარო, დებიტი - 800 $მ^3$/დღე-ღამეში, მინერალიზა-

ცია - 0,53 გ/ლ, ჰიდროკარბონატულ-ქლორიდული ნატრიუმიან-კალციუმიანი შედგენილობის.

საქართველოში, თერმული წყლების მიღების თვალსაზრისით პერსპექტიულ უბნებზე, დიდი მოცულობის ბურღვითი სამუშაოები იქნა ჩატარებული. შედეგებიც მნიშვნელოვანია, დაძიებულ იქნა თერმული წყლის საბადოები, რომელთაგან გამორჩეულია: თბილისის, ზუგდიდის, ოჩამჩირისა და ხობის საბადოები.

თბილისის საბადოზე აღსანიშნავია ლისის უბანი, სადაც ჭაბურღილები მდებარეობს ლისის ტბის მიდამოებსა და ვეძისში. 2-დან 10 ლ/წმ დებიტის, 60-70^{0}C და 0,34 გ/ლ მინერალიზაციის თერმული წყლები მიღებულია შუა და ზედა ეოცენის ასაკის ნალექებიდან, რომელიც განლაგებულია 1800-2000 მეტრის ინტერვალში.

გთავაზობთ თერმული წყლების ჭაბურღილების მონაცემებს, რომლებიც დაჯგუფებულია თერმული წყლების ტემპერატურის მიხედვით:

1. ყველაზე მაღალი ტემპერატურის (>100^{0}C) თერმული წყლები მიღებულია ოჩამჩირისა და ხობის მუნიციპალიტეტებში, სადაც გაყვანილია 17 ჭაბურღილი, მათ შორის: 16 - ოჩამჩირის (კინდღი, ცაგერა, მოქვი, ოხურეი, არადუ, კვიტოული, ჩეჩლია) მუნიციპალიტეტში და 1 – ხობის მუნიციპალიტეტის სოფ. ზანაში.

2. მაღალტემპერატურული (80-100^{0}C) თერმული წყლები მიღებულია ოჩამჩირის, ხობის, ზუგდიდის, სენაკისა და ქარელის მუნიციპალიტეტებში, სადაც გაბურღულ იქნა 23 ჭაბურღილი, მათ შორის: 12 - ზუგდიდის (ზუგდიდი, ცაიში, ჭითაწყარი), 5 - ოჩამჩირის (კინდღი, დრანდა, არაკიჩი) 3 – ხობის (ხობი, ხორგა, ზენი), 2 - სენაკისა (ნოქალაქევი) და 1 - ქარელის (აგარა) მუნიციპალიტეტებში.

3. 60-80^{0}C ტემპერატურიანი თერმული წყლები მიღებულ იქნა 23 ჭაბურღილში, მათ შორის: 5 - თბილისში (ვაშლიჯვარი, იპოდრომთან, საბურთალოზე, ლისის ტბასთან), 5 - ხობის (ქვალონი, ბია, ჯაფშაკარი, თორსა, ოქროს საწმისი) 3 - ზუგდიდის (ცაიში), 3 - ვანის (ვანი, სალხინო, ჭყვიში), 2 - სენაკის (ისულა, თეკლათი), თითო - გალის (რეჩხი), ოჩამ-

ჩირის (ახალდაბა), ხაშურის (იმერლიანთკარი), ასპინძის (თმოგვი) და სამტრედიის მუნიციპალიტეტებში.

4. 50-60^{0}C ტემპერატურიანი თერმული წყლები მიღებულ იქნა 10 ჭაბურღილში, მათ შორის: 2 - ქ. თბილისში (ლისის ტბასთან), 3 - ასპინძის (ვარძია, ნაქალაქევი), 2 - სენაკის (მენჯი, სახარბედიო), 2 - ვანის (მთისძირი, ციხესულორი) და 1 - ქარელის (ახალსოფელი) მუნიციპალიტეტებში.

5. 40-50^{0}C ტემპერატურიანი თერმული წყლები მიღებულ იქნა 17 ჭაბურღილში, მათ შორის: 3 - ბორჯომის (ვაშლოვანი, ახალდაბა), 2 - ქარელის (ზემო ხვედურეთი, ღვლევი), 2 - ხაშურის (მიწობი, წრომი), 2 - ასპინძის (ასპინძა, ვარძია), 2 - ქ. გაგრაში, 2 ქ. თბილისში (ცენტრალური უბანი), თითო - საგარეჯოს (უჯარმა), თერჯოლის (ქვედა სიმონეთი), ვანის (ამაღლება) და სოხუმის (მდ. ბესლეთი) მუნიციპალიტეტებში,

6. 30-40^{0}C ტემპერატურიანი თერმული წყლები მიღებულ იქნა 40 ჭაბურღილში, მათ შორის: 26 - ბორჯომის (ბორჯომი, ლიკანი, ყვიბისი, ციხისჯვარი, ახალდაბა, სადგერი, მდინარეების ყვიბისისწყლისა და გუჯარეთისწყლის ხეობებში), 3 - ქ. თბილისში (ცენტრალური უბანი) 2 - ასპინძის (ნაქალაქევი), 2 - ლაგოდეხის (ჰერეთისკარი), 2 - ტყვარჩელის (მდ. ღალიძგის ხეობა), თითო - სოხუმის (მდ. ბესლეთის ხეობა), ხაშურის (მიწობი), გალის (საბერიო), სიღნაღის (წნორი) მუნიციპალიტეტებში, და 1 - ქ. გაგრაში.

საქართველო წარმოადგენს მიწისქვეშა წყლების ბუნებრივი რესურსებით ერთ-ერთ უმდიდრეს ქვეყანას არა მარტო კავკასიაში, არამედ მსოფლიოში. საქართველოს მიწისქვეშა წყლების ბუნებრივი რესურსი შეადგენს 620 მ^3/წმ, ანუ 53,5 მლნ მ^3/დღე-ღამეში, ხოლო საპროგნოზო საექსპლუატაციო რესურსი - 300 მ^3/წმ, ანუ 26 მლნ მ^3/დღე-ღამეში.

საქართველოსთან შედარებით აზერბაიჯანის ანალოგიური მაჩვენებლები 5-ჯერ, ხოლო სომხეთის 12-ჯერ ნაკლებია. გარდა რესურსების სიუხვისა, საქართველოს სასმელი წყლები გამოირჩევა უნიკალურობით, რომელიც მდგომარეობს მისი შედგენილობის ხარისხობრივ მაჩვენებლებში და ეკოლოგიურ სისუფთავეში, რაც ასე მნიშვნელივანია მსოფ-

ლიოში მიმდინარე ტექნოგენური დაბინძურებისა და „გლობალური დათბობის" ფონზე.

მიწისქვეშა წყლების უკვე გამოვლენილი საექსპლუატაციო რესურსი შესაძლებელია პრაქტიკულად წარმატებით იქნას გამოყენებული საქართველოს მთელ ტერიტორიაზე, სამწუხაროდ ათვისებულია მისი მხოლოდ 10-15%.

სასმელი წყლის საბადოები დაძიებულია, ხოლო საექსპლუატაციო მარაგები დამტკიცებული. დაიხარჯა სახელმწიფო სახსრები, გაიბურღა დიდი დიამეტრის საექსპლუატაციო ჭაბურღილები, საიდანაც ათეული წლების განმავლობაში უსარგებლოდ იღვრება სუფთა, მაღალი სასმელი თვისებების, საუკეთესო არტეზიული წყალი. გარდა რესურსების არარაციონალური ხარჯვისა, წყალი აჭაობებს და ეკოლოგიურად აბინძურებს გარემოს - იზრდება სარეველა მცენარეები და ბუჩქები, რის გამოც, ჭაბურღილებთან მისვლა შეუძლებელია. ასეთი მდგომარეობაა ლანჩხუთის მუნიციპალიტეტში, ქ. ლანჩხუთთან და სოფ. ჯურკვეთთან, მდ. რიონის მარცხენა სანაპიროს ჭალებში; მცხეთის მუნიციპალიტეტში, მდ. ქსნის მარცხენა ნაპირზე და სოფ. ძველ ქანდასთან და ა.შ.

სურ. №12. სასმელი წყლის არტეზიული ჭაბურღილი სოფ. ძველ ქანდასთან (მცხეთის მუნიციპალიტეტი)

ამ საკითხზე, მივაწოდე ინფორმაცია საქართველოს პარლამენტის გარემოს დაცვისა და ბუნებრივი რესურსების კომიტეტს, შეხვედრაზე არარასამთავრობო ორგანიზაციებთან, რომელიც შედგა 2013 წლის 30 აპრილს და რომელსაც ხელმძღვანელობდა კომიტეტის თავჯდომარე ბატონი გია ცაგარეიშვილი. კომიტეტს მივაწოდე წინადადებები წყლის რესურსების რაციონალური გამოყენების შესახებ, რომლებიც უნდა ასახული ყოფილიყო კანონში წყლის შესახებ. კომიტეტის გადაწყვეტილებით, დაიგეგმა შეხვედრები 2013 და შემდგომ წლებში, რომლებიც ჯერ-ჯერობით არ განხორციელებულა.

ერთ-ერთი პირველი ბიზნეს-გეგმა სასმელი და მინერალური წყლის ჩამოსხმის მიზნით შედგენილ იქნა სააქციო საზოგადოება „საქართველოს ბუნებრივი წყლების” მიერ 1994 წელს (პრეზიდენტი – ბონდო ზარნაძე, დირექტორი – ირაკლი მიქაძე), რომელიც წარედგინა საქართველოს პარლამენტთან არსებულ „სასმელი წყლის კომისიას”. ბიზნეს-გეგმა ითვალისწინებდა ქანდის სასმელი წყლისა და მაქართას მინერალური წყლის ჩამოსხმას და რეალიზაციას. ამ მიზნით სააქციო საზოგადოებამ შეისწავლა ქანდის სასმელი წყლის საბადო და დაამტკიცა მისი საექსპლუატაციო მარაგები (1754 $მ^3$/დღე-ღამეში, + კატეგორიებით).

სურ. №13. სასმელი წყლის არტეზიული ჭაბურღილი მდ. ქსნის ხეობაში (მცხეთის მუნიციპალიტეტი)

ორივე საბადოზე მოპოვებულ იქნა ლიცენზიები სასმელი და მინერალური წყლის ჩამოსხმის მიზნით. პროექტი გაგზავნილ იქნა სხვადასხვა ქვეყნების საინვესტიციო ცენტრებში (რუსეთში, ინგლისში, იტალიაში, საფრანგეთში, იაპონიაში). მიუხედავად დიდი ძალისხმევისა, სააქციო საზოგადოებამ ვერ მოიპოვა ინვესტიციები პროექტის განსახორციელებლად. წარუმატებლობის მიზეზია ქვეყანაში არსებული პოლიტიკური და ეკონომიკური არასტაბილურობა.

შემდგომ წლებში, რამდენიმე ფირმამ მოახერხა ფინანსების მობილიზება და დაიწყო სასმელი და მინერალური წყლების ჩამოსხმა. მათ შორის აღსანიშნავია „თბს ბანკის" მიერ დაარსებული „IDS ბორჯომი-საქართველო", რომელსაც მოპოვებული აქვს მინერალური წყლის „ბორჯომის" ჩამოსხმის ლიცენზია.

მისი ბრენდებია: მინერალური წყალი „ბორჯომი", „ლიკანი", „მიტარბი", სასმელი წყალი - „ბორჯომის წყაროები" და „ბაკურიანი", რომელთა ჩამოსხმა ხდება №1 და №2 ქარხნებში. საქართველოს სასარგებლო წიაღისეულის მარაგების კომიტეტმა დაამტკიცა 2006-2031 წლებში „ბორჯომის" მინერალური წყლის მოპოვების მოცულობა 561 ათასი ლიტრი დღე-ღამეში, რაც ნიშნავს, რომ ყოველდღიურად იწარმოება 1 მილიონი ბოთლი. ამჟამად, „ბორჯომის" საბადოზე თვითდინებით ფუნქციონირებს 9 საექსპლუატაციო ჭაბურღილი.

სურ. №14. ბორჯომის მე-2 ქარხანა

გარდა „ბორჯომისა", საქართველოში ხდება კიდევ რამდენიმე მინერალური წყლის ჩამოსხმა. მათ შორის აღსანიშნავია მინერალური წყალი „ნაბეღლავი", რომელსაც შვეიცარელ ინვესტორებთან ერთად, 1998 წლიდან აწარმოებს სს „წყალი მარგებელი". სააქციო საზოგადოება დაარსდა არსებული ქარხნის ბაზაზე, მისი მოდერნიზაციის შემდეგ. 2007 წელს სს „წყალი მარგებელმა" მოიპოვა მინერალური წყლის „ნაბეღლავისა" და სასმელი წყლის „ბახმაროს" ჩამოსხმის ლიცენზები 25 წლის ვადით. კომპანიიდან მიღებული ინფორმაციის თანახმად, მინერალური წყალი „ნაბეღლავისა" და სასმელი წყალი „ბახმაროს" ექსპორტირება ხდება 20-ზე მეტ ქვეყანაში.

სამკურნალო და სუფრის მინერალური წყალი „საირმეს" საბადო, მდებარეობს ბაღდათის მუნიციპალიტეტის ტერიტორიაზე, მდ. ხანისწყლის მარცხენა შენაკადის, მდ. წაბლარისწყლის ხეობაში. მინერალური წყალი „საირმეს" საბადოზე ფუნქციონირებს 9 სხვადასხვა შედგენილობისა და თვისებების წაყრო, რომლებიც გამოიყენება ორგანიზმში ნივთიერებათა ცვლის ბალანსის რეგულირებისათვის, ხელს უწყობს ანთებითი პროცესის შეჩერებასა და ღვიძლის, შარდსადენი გზების, თირკმელებისა და კუჭ-ნაწლავის დარღვეული ფუნქციების აღდგენას. კომპანია „საირმე მინერალ ვოტერს" მოპოვებული აქვს მინერალური წყალი „საირმეს" 25- წლიანი ლიცენზია. გარდა ამისა, კომპანია ფლობს მტკნარი სასმელი წყლის „საირმის ნაკადულების" ლიცენზიას 20 წლის ვადით.

კომპანია „ჩარგლის წყაროები" აწარმოებს მინერალური წყლის ჩამოსხმას, რომელიც გასულ საუკუნეში ცნობილი იყო „ვაჟას წყაროს" ბრენდით. ამჟამად, მინერალური წყლის ჩამოსხმა ხდება №1 ჭაბურღილიდან, რომლის მინერალიზაცია 1,2-2,0 გ/ლ და №2 ჭაბურღილიდან, რომლის მინერალიზაცია 5,0-7,0 გ/ლ. კომპანიიდან მიღებული ინფორმაციის თანახმად, წლიური ჩამოსხმის მოცულობაა 18 მილიონი ბოთლი.

„რაჭის წყაროების" ჩამოსხმა ხდება ამბროლაურის მუნიციპალიტეტის სოფ. ხოტევში, სადაც ისტორიული სამკურნალო წყაროს „ნასხვეტას" ბაზაზე, შპს „პროგრესი - 2000" მიერ აშენებულ იქნა ჩამოსასხმელი ქარხანა. ქარხ-

ნის მიერ, გარდა „რაჭის წყაროებისა”, იწარმოება შემდეგი ბრენდები: „ფიტნესი” და საბავშვო - „დუდუ”.

სურ. №15. კურორტი საირმე

კომპანიიდან მიღებული ინფორმაციის თანახმად, პროდუქციის მომხმარებლები არიან: საქართველოს ბანკი, პრივატბანკი, ბანკი „რესპუბლიკა”, „ქართუ ბანკი”, იაპონიის, უნგრეთისა და სხვა ქვეყნების საელჩოები საქართველოში, საერთაშორისო და კერძო კომპანიები. „რაჭის წყაროებს” მოპოვებული აქვს 2004 წელს - ვერცხლის, ხოლო 2005 წელს - ოქროს მედლები სასმელი წყლების საერთაშორისო გამოფენებზე. ხოტევის ჩამომსხმელ ქარხანაში დასაქმებულია 33 ადგილობრივი მკვიდრი, ხოლო ამბროლაურის მუნიციპალიტეტის ბიუჯეტი ყოველთვიურად ღებულობს 11 ათას ლარს.

კომპანია „სუფთა წყალი” სასმელ წყალს „ბინული”, მოიპოვებს სოფ. ნატახტრის მიდამოებში არსებულ, 100 მეტრი სიღრმის ჭაბურღილიდან. შპს „სუფთა წყალი” დაარსდა 2006 წელს სს „წყალი მარგებელის” თანადგომით. სასმელი წყლის „ბინულის” ჩამოსხმა ხორციელდება 11 და 19 ლიტრი ტევადობის ჭურჭელში, რომელიც დამონტაჟებულია სპეციალურ თანამედროვე დიზაინის საფირმო დანადგარ პრემიუმ კლასის დისპენსერში. დისპენსერი დამზადებულია უჟანგავი ლითონის მილებით და უზრუნველყოფს წყლის

საჭირო ტემპერატურის მიღწევას: გაცივებას, გაგრილებასა და საჭირო ტემპერატურის შენარჩუნებას. ამ დანადგარებით მარაგდება მრავალი დაწესებულებისა და ფირმის ოფისები.

კომპანია „აქვა გეოს" სასმელი წყლის ქარხანა მდებარეობს მცხეთის მუნიციპალიტეტის სოფ. მუხრანში, სადაც ჩამოისხმება სასმელი წყალი „სნო".

მცხეთის მუნიციპალიტეტის სოფ. ნატახტარში, 200 მეტრი სიღრმის ჭაბურღილიდან მიღებული სასმელი წყლის ჩამოსხმას ახორციელებს კომპანია „გუდაური".

საგარეჯოს მუნიციპალიტეტის სოფ. წყაროსთავში, 200 მეტრი სიღრმის ჭაბურღილიდან მიღებული სასმელი წყლის ჩამოსხმას ახორციელებს კომპანია „ცივი წყალი".

მინერალური წყლების სამრეწველო მარაგები 43,5 ათასი კუბ. მეტრს შეადგენს. მათგან 57% (25 ათასი კუბ. მეტრი) მოდის სამკურნალო წყლებზე (წყალტუბო, მენჯი და ა.შ.), 16% (7 ათასი კუბ. მეტრი) - ორმაგი მოხმარებისაა – სამკურნალო და სამრეწველო ჩამოსხმა (ბორჯომი, ნაბეღლავი და ა.შ.), 14% (6 ათასი კუბ. მეტრი) - გამოიყენება მხოლოდ სამრეწველო ჩამოსხმისათვის (საირმე, მიტარბი).

ზემოთჩამოთვლილი მინერალური წყლები შემადგენლობის მიხედვით, ძირითადად, ნახშირმჟავა წყლებია (მინერალიზაცია - 1,5-11,0 გ/ლ).

სამრეწველო ჩამოსხმისათვის გამოსაყენებელი მინერალური წყლებიდან აღსანიშნავია დაბალმინერალიზებული (1,0-2,5 გ/ლ) ე.წ. „სუფრის წყლები", რომელზეც მსოფლიო ბაზარზე დიდი მოთხოვნაა, ამ წყლების სამრეწველო მარაგები აღემატება 2 ათას კუბ. მეტრს დღე-ღამეში (ყაზბეგი, უწერა, მესტია).

ამგვარად, ათვისებულ იქნა სასმელი წყლის საბადოების მცირე რაოდენობა, რომელიც წარმოადგენს ქვეყნის სასმელი წყლების რესურსების უმნიშვნელო ნაწილს. ზემოთ ჩამოთვლილი ფირმების მიერ წარმოებული პროდუქციის აბსოლუტური უმრავლესობის რეალიზაცია, მცირე გამონაკლისის გარდა, ხდება ადგილობრივ ბაზარზე.

საქართველოში წყლის ბიზნესი ძნელად ვითარდება, ხოლო ფირმების მიერ გაწეული ხარჯების ანაზღაურება ხდება ნაწილობრივ, რის გამოც, ჩამოსასხმელი ქარხნების საწარმოო სიმძლავრეები არ არის სრულად დატვირთული,

საწარმოები მუშაობს წყვეტილი რეჟიმით. ამის მიზეზია ადგილობრივი ბაზრის მხრიდან მცირე მოთხოვნილება, რადგან მოსახლეობის უმეტესობას აქვს მცირე შემოსავლები და ტრადიციულად, მოიხმარს ონკანის წყალს, ხოლო საერთაშორისო ბაზარზე გასვლა და ბაზრის გარკვეული სეგმენტის მოპოვება დაკავშირებულია უდიდეს სიძნელეებთან.

როგორც ცნობილია, მსოფლიოს მრავალი ქვეყანა განიცდის მტკნარი წყლის დეფიციტს, მაგრამ წყლის საერთაშორისო ბაზარს აკონტროლებს გარკვეული ქვეყნების (საფრანგეთი, იტალია, ესპანეთი, ნორვეგია, ფინეთი და სხვ.) ბიზნესწრეები, რომლებიც არ თმობენ პოზიციებს. შექმნილ ვითარებაში, მიგვაჩნია არა ცალკეული ფირმების მიერ საერთაშორისო ბაზარზე გზის გაკაფვა, არამედ, საინვესტიციო ჯგუფებთან დაკავშირება, ქვეყნის მთელი სასმელი წყლის რესურსების მატერიალური კუთხით შეფასება და მათ საშუალებით საერთაშორისო ბაზარზე გასვლა.

საინვესტიციო ჯგუფის მოვალეობაში შედის წარმოებული პროდუქციის გატანა და საერთაშორისო ბაზარზე რეალიზაცია. ამგვარი პროექტი მომგებიანია, როგორც საინვესტიციო ჯგუფისათვის, ასევე საქართველოს ეკონომიკისათვის, რადგან ქვეყნის სხვადასხვა რეგიონში, წყლის ჩამოსასხმელი საწარმოების ამოქმედება ხელს შეუწყობს, როგორც საბიუჯეტო შემოსავლების გაზრდას, ასევე ადგილობრივი მუშახელის დასაქმებას.

სასმელი წყლის პროექტების განხილვა მრავალი წელია მიმდინარეობს ქვეყნის სამთავრობო ინსტიტუტებში. მათ შორის: პარლამენტის გარემოსა და ბუნებრივი რესურსების დაცვის კომიტეტში, გარემოსა და ბუნებრივი რესურსების სამინისტროში, ეკონომიკისა და მდგრადი განვითარების სამინისტროში, რეგიონული განვითარებისა და ინფრასტრუქტურის სამინისტროში.

ჩვენს მიერ ჩატარებულია მოსამზადებელი სამუშაოები, სახელდობრ, საქართველოს სხვადასხვა კუთხეში 10 პერსპექტიული სასმელი წყლის საბადოს ქიმიური, ფიზიკური და ბაქტერიოლოგიური კვლევა, რომლებზეც უკვე არსებობს დამტკიცებული საექსპლუატაციო მარაგები. ამ საბადოებზე დღესვეა შესაძლებელი მტკნარი, სასმელი წყლის ჩამოსასხმელი ქარხნების მშენებლობა.

6.3. ზედაპირული წყლები

6.3.1. წყალსაცავებისა და მდინარეების გარემოზე ზემოქმედება

საქართველო მდიდარია მდინარეებითა და ტბებით, ასევე, ხელოვნური წყალსაცავებით. საქართველოს ტერიტორიაზე 44 წყალსაცავია, რომელთა საერთო ფართობია 163 კმ^2, ხოლო მოცულობა 3,3 მლრდ კუბ. მეტრი. წყალსაცავები ძირითადად გამოყენებულია ჰიდროელექტროსადგურების ასამუშავებლად, საირიგაციოდ, წყალმომარაგებისათვის და თევზის მეურნეობის ობიექტებად. საქართველოს წყალსაცავები წარმოდგენილია კასკადების (გალი-ჯვარის, შაორი-ტყიბულის, სამგორის) ან წყალსატევების (წალკის, ჟინვალის) სახით.

დასავლეთ საქართველოს კაშხლიანი წყალსაცავები მხოლოდ ენერგეტიკაში, ჰიდროელექტროსადგურების წყლის რესურსების დარეგულირებისთვისაა შექმნილი. მათ შორის უდიდესი, ჯვრის წყალსაცავი, სპეციალურად ენგურჰესისთვის შეიქმნა. მისი სიღრმეა 226 მ, ხოლო ზედაპირის ფართობი - 13,5 კვ.კმ, წყლის მოცულობა - 1100 მლნ კუბ. მეტრი.

ფართობით საქართველოში უდიდესია წალკის წყალსაცავი (33,7 კვ.კმ), რომე-ლიც შეიქმნა მდინარე ხრამის ხეობაში, ზღვის დონიდან 1506 მ სიმაღლეზე. წყალსაცავი ემსახურება 2 ჰესს: ხრამჰეს I და ხრამჰეს II, ასევე, განვითარებულია თევზის რეწვა. წალკის წყალსაცავის შევსების შემდეგ, დაიტბორა. მე–XI–ე საუკუნის ეკლესია და რამდენიმე სახლი.

წალკის წყალსაცავი ზამთრის პერიოდში იყინება, რის გამოც, წყლის დონე საკმაოდ იკლებს, ამ პერიოდში ეკლესია ისევ ნახულობს დღის სინათლეს. ამჟამად, ამ ბაზილიკური ტაძრის მხოლოდ 3 კედელია შემორჩენილი და ისიც, საკმაოდ სავალალო მდგომარეობაშია. ზამთრის პერიოდში, როდესაც წყალსაცავი მთლიანად გაყინულია, ტაძრამდე მისვლა უფრო ხელსაყრელია. სვანებმა, რომლებიც აქ ჩამოასახლეს, ამ პერიოდს დაუკავშირეს თავიანთი სახალხო

დღესასწაული - ლამპრობა. დიდი მარხვის დაწყებამდე, მათ ამ ტერიტორიაზე ლამპრები მიაქვთ და დღესასწაულობენ.

ტაძარი აგებულია რელიეფური ქვებისაგან, მათზე გამოსახული ჯვარი და წარწერები ჯერ კიდევ იკითხება. ტაძარი როდესაც წყალშია, უფრო დაცულია, მაგრამ წყლიდან განთავისუფლების პერიოდში, მას საფრთხეს უქმნის ამ ადგილისათვის დამახასიათებელი ძლიერი ქარი. ქარის ზემოქმედებით, ტაძრის კედლები სწრაფად იფიტება და იშლება. ტაძრის ახლოს არის ძველი ბერძნული საფლავები, რომლებიც მთლიანად დატბორილია.

მნიშვნელოვანია აგრეთვე რაჭის ქედის ჩრდილოეთ კალთაზე მდებარე შაორის კაშხალი და წყალსაცავი, რომლის წყლის მოცულობაა 90,6 მლნ კუბ. მეტრი. წყალსაცავის შექმნამდე ქვაბულის ფსკერი წარმოადგენდა ალპური მცენარეულობით დაფარულ დაჭაობებულ ვაკეს. წაყლსაცავს აქვს სამკუთხედის ფორმა, რომლის წვეროებშიც არის ორი ვიწრო ყურე: პერევისას და ხვრელიეთის. შაორის წყალსაცავით დაიტბორა უნიკალური სასმელი წყლები და ტბები – „ძროხისთვალა“ და „ხარისთვალა“, შაორის წყალსაცავი ძირითადად საზრდოობს მიწისქვეშა წყლებით, რომლებიც გამოდის, როგორც წყალსაცავის ფსკერზე, ისე პერიფერიაზე.

შაორის წყალსაცავი ავსება იწყება მარტის დასაწყისიდან და გრძელდება ივნისის ბოლომდე, ამ პერიოდში დონის საშუალო დღედამური ნამატი შეადგენს 4 სმ. დიდი წყალმოვარდნების დროს წყლის დონე დღედამის განმავლობაში 80 სმ–დე მატულობს. გაზაფხულ-ზაფხულის ავსების ფაზაში წყალსაცავის დონის უდიდესი ნიშნული 11,5 მ აღწევს.

შაორ-ტყიბულის წლიური მარეგულირებელი ჰიდროელექტროსადგურების კასკადი მდებარეობს ტყიბულის მუნიციპალიტეტში, ქ. ტყიბულის ტერიტორიაზე, რომელსაც წყლით ამარაგებს მდ. შაორი და შაორის წყალსაცავი. ძალური კვანძი განთავსებულია ქალაქ ტყიბულში. სადგური ექსპლუატაციაში გადაეცა 1955 წელს. მისი დადგმული სიმძლავრეა 38400 კვტ, ხოლო საპროექტო საშუალო წლიური გამომუშავება 114 მილიონი კილოვატსაათი.

სიონის წყალსაცავი მდებარეობს მდინარე იორის შუა წელში, რომელსაც უკავია სიონის ქვაბულის ფსკერი. წყლის საერთო მოცულობაა 325,4 მლნ. კუბ. მეტრი, წყალსაცავი განკუთვნილია მდინარე იორის ჩამონადენის მრავალწლიური რეგულირებისათვის და სარწყავად. სიონის ჰიდროკვანძი მცირე ჰესების კასკადის მოქმედებასაც განაპირობებს.

სიონის წყალსაცავშიც დაიტბორა ტაძარი, რომელიც ფეოდალური პერიოდის ქართული ხუროთმოძღვრების ერთერთ ადრეულ ძეგლს წარმოადგენს. სიონის წყალსაცავში ჩაძირული ტაძრის იდენტური მაკეტი ეთნოგრაფიულ მუზეუმში ინახება. ამ ეკლესიის რამდენიმე მცირე მასშტაბის ნანგრევი ჯერ კიდევ შემორჩენილია, თუმცა, მათი დანახვა შეუძლებელია წყალდიდობის პერიოდში.

თბილისის წყალსაცავი შეიქმნა მდ. მტკვრის ნამდინარევზე, სადაც ადრე 3 მლაშე ტბა იყო, გამოიყენება: თბილისის წყალმომარაგებისათვის, სარწყავად, თევზის სარეწად და საწყლოსნო სპორტისათვის. წყალსაცავი საზრდოობს მდინარეების იორისა და არაგვის წყლებით. წყლის მოცულობა - 308 მლნ კუბ. მეტრი, მაქსიმალური სიღრმე - 45 მ.

ჟინვალის ჰიდროკომპლექსი მდებარეობს მდ. არაგვზე, სოფ. ანანურსა და დაბა ჟინვალს შორის. მიწის კაშხლის სიმაღლეა 102 მეტრი, იგი ქმნის 500 მლნ კუბ. მეტრი მოცულობის წყალსაცავს, რომელსაც კომპლექსური ფუნქცია აკისრია: ჰიდროელექტროსადგურისათვის - ზაფხულის მარეგულირებელისა და ქალაქების თბილისისა და მცხეთის წყალმომარაგების. თბილისის სასმელ-სამეურნეო წყლით მომარაგება, ხორციელდება გვირაბის საშუალებით. გარდა ამისა, 12 კუბ. მეტრი წყალი მიეწოდება სამგორის რაიონს სასოფლო-სამეურნეო სავარგულების მორწყვის მიზნით.

1971 წელს სოფ ჟინვალის ტერიტორიაზე დაიწყო ჟინვალის ჰიდროკომპლექსის მშენებლობა და სოფელი მოექცა დატბორვის ზონაში. ამის გამო, სოფ. ჟინვალის მოსახლეობა გადაასახლეს ტერიტორიაზე, რომელიც მდებარეობს სოფლების – არანისისა და ბიჩნიგაურთკარს შორის, მცირე ნაწილი – სოფელ ჩინთის მახლობლად.

ამგვარი, გრანდიოზული პროექტის განხორციელების აუცილებელი პირობაა, მშენებლობის დაწყებამდე ტერიტორიის სრული არქეოლოგიური გამოკვლევების ჩატარება,

რადგან წყალსაცავის შევსების შენდეგ მეცნიერული კვლევების ჩატარების საშუალება აღარ არსებობს. ჟინვალის წაყლსაცავის შემთხვევაში ეს მოთხოვნა დაირღვა, რადგან არქეოლოგიური გამოკვლევები და სამშენებლო სამუშაოები დაიწყო ერთდროულად, 1971 წელს.

ჟინვალის ჰიდროკომპლექსის მშენებლობასთან დაკავშირებით ჩამოყალიბდა ივანე ჯავახიშვილის სახელობის ისტორიის, არქეოლოგიისა და ეთნოგრაფიის ინსტიტუტის ჟინვალის კომპლექსის არქეოლოგიური ექსპედიცია. სოფ. ჟინვალის ტერიტორიაზე, სრული გათხრების ჩატარება ვერ მოხერხდა, რის გამოც, მრავალი საუკუნის არქეოლოგიური განძის დიდი ნაწილი წყალმა დაფარა.

იმ ადგილას, სადაც დღეს ჟინვალის წყალსაცავია, შუა საუკუნეების მდიდარი, ქართული ქალაქი ჟინვალი მდებარეობდა თავისი ციხე-კოშკებით, გზებით და სასახლეებით. გათხრების დაწყებისთანავე გამოჩნდა ძველი ნასახლარები. მსოფლიო სავაჭრო გზაჯვარედინზე მდებარე მდიდარი სავაჭრო და ხელოსნების ქალაქი წერილობით წყაროებში პირველად გამოჩნდა იმ დროს, როცა დავით აღმაშენებელმა ყივჩაღები ჩამოასახლა. შემდეგ თამარმა, ჟინვალი, დროებით სარგებლობაში მის ერთგულ ჭიაბერ მანდატურთუხუცესს უბოძა. გათხრების დროს, ეკლესიის ქვეშ ჭიაბერის გაძარცვული სამარხი აღმოჩნდა, თუმცა აკლდამაში ბევრი საინტერესო რამ იყო შემორჩენილი. ჭიაბერის საფლავზე მიმობნეული იყო თამარისდროინდელი 17 მონეტა, ამ აღმოჩენამდე მხოლოდ ორი მონეტა იყო ცნობილი.

არქეოლოგიური კვლევების მიუხედავად, მრავალი ისტორიული ძეგლი გაუთხრელი დარჩა, წყალმა დაფარა აუარება ბრინჯაოსა და ლითონის იარაღი და სამკაული. ჟინვალის კოშკის ნახევარი მხარე უკვე ჩამონგრეული იყო, როცა არქეოლოგებმა აღმოაჩინეს სასმელი წყლის აუზი და ღამის სათევი ოთახები. ჟინვალის კაშხალთან ჩაიძირა მდინარის ორივე სანაპიროზე მდებარე ქალაქის ჭიშკარი და მეთორმეტე საუკუნის "ჯვარიპატიოსნის" სახელობის ტაძარი, რომელიც წელიწადში 6 თვე წყალშია მოქცეული.

ჟინვალის წყალსაცავი 1984 წლამდე არ იყო შევსებული, გარდა ბაზილიკური ტიპის ტაძრისა, წყალსაცავში ბევრი ნანგრევი მოჩანს. 80-იან წლებამდე, სანამ ეს ტერიტო-

რია დაიტბორებოდა, "ჯვარიპატიოსნის" ეკლესია დიდი მნიშვნელობის წმინდა სალოცავსა და ისტორიულ ძეგლს წარმოადგენდა. ტაძრის წყლისგან განთავისუფლების პერიოდში მიმდინარეობს მისი კედლების დაშლა, ტაძრის ქვების გამოფიტვის პროცესი იმდენად სწრაფად ხდება, რომ უახლოეს პერიოდში შეიძლება სრულად ჩამოიშალოს თაღი, რომელიც ბაზილიკურ ტაძარს ჯერ კიდევ თავზე ადგას.

აღსანიშნავია, რომ "ჯვარიპატიოსნის" ეკლესიის იდენტური ტაძარი ააშენეს ამ ტერიტორიის სიახლოვეს, რომელიც ამჟამად მოქმედია.

საბჭოთა ხელისუფლების პერიოდში გადაწყვეტილებებს იღებდა საკავშირო მთავრობა, რომელსაც ადგილობრივი ხელისუფლება სრულად ემორჩილებოდა, თუმცა უნდა აღინიშნოს, რომ საქართველოშიც მრავლად არიან ე.წ. „ტექნოკრატები“, რომლებიც პირველ რიგში გამოდიან უწყებრივი ინტერესებიდან და მეორეხარისხოვნად მიიჩნევენ ეკოლოგიურ და სოციალურ–კულტურულ ფასეულობებს.

ეს საკითხი დღესაც მწვავედ დგას მდ. ენგურის ხეობაში, სადაც განზრახულია ჰესების კასკადის მშენებლობა. ანალოგიურ მდგომარეობაში აღმოჩნდა მესტიის მუნიციპალიტეტის მოსახლეობის ნაწილი ხუდონჰესის პროექტის გამო, რომელიც ბლოკირებულ იქნა საზოგადოებისა და არასამთავრობო ორგანიზაციების მიერ, როგორც მშენებლობა, რომელიც შეიცავს ეკოლოგიური კატასტროფის მაღალ რისკს და მოითხოვს რამდენიმე სოფლის (ხაიშის, გაღმა ხაიშის, ტობარის, დაკარის, ლუხის, ლაჯარის, ქვედა წვირმინდისა და დალალხორალის) გადასახლებას. გარდა ამისა, დაიტბორება წმინდა გიორგისა და ანდრია პირველწოდებულის ეკლესიები და სოფლების ხაიშისა და ტობარის სასაფლაოები.

თბილისის წყალსაცავი შეიქმნა 1953 წელს, რომელიც თავდაპირველად მარაგდებოდა მხოლოდ მდ. იორის წყლებით, ჟინვალის წყალსაცავის შექმნის შემდეგ იგი ასევე მარაგდება მდ. არაგვიდან. თბილისის წყალსაცავს აკისრია ქ. თბილისის წყალმომარაგების სარეზერვო ფუნქცია.

წყალსაცავების დადებითი მხარეებია, მდინარეების წყლის ნაკადის დარეგულირება და მისი ჰიდროელექტროსადგურებისათვის მაქსიმალური გამოყენება, ასევე, ქალაქები-

სა და დასახლებული პუნქტების წყალმომარაგება, ირიგაციის მიზნით გამოყენება, თევზის რეწვისათვის და საწყლოსნო სპორტის განვითარების მიზნით.

მაგრამ წყალსაცავებს უარყოფითი მხარეებიც მრავლად გააჩნია: ცვლის საუკუნეებით ჩამოყალიბებულ გარემო პირობებს, ირღვევა ბუნებრივი წონასწორობა, იტბორება სასოფლო–სამეურნეო სავარგულები, საძოვრები, კულტურულ–ისტორიული ძეგლები, საცხოვრებელი სახლები და სასაფლაოები, იცვლება კლიმატური პირობები, აქტიურდება გეოდინამიკური პროცესები, ჩნდება მეწყრული პროცესის ახალი კერები, ირღვევა მდინარის თხევადი და მყარი ჩამონადენის რეჟიმი წყალსაცავის ქვემო წელში და რაც მთავარია, წარმოიქმნება სოციალური პრობლემები, რაც მტკივნეულად აისახება ადგილობრივ მოსახლეობაზე, ამის გამო, ამგვარი პროექტების განხორციელება უნდა მოხდეს ყველა დადებითი და უარყოფითი მხარეების გაანალიზებით, გარემოსდაცვითი მოთხოვნებისა და სოციალლური პრობლემების მოგვარების მკაცრი დაცვით.

ჟინვალის წყალსაცავი, არაგვის ხეობის გრუნტის წყლის ჰორიზონტთან ერთად (ბულაჩაურის, ჭოპორტის, საგურამოსა და ნატახტარის წყაროები), გამოიყენება ქალაქების თბილისისა და მცხეთის წყალმომარაგებისათვის,

უმჯობესია მოსახლეობის წყალმომარაგება განხორციელდეს მიწისქვეშა წყლების საშუალებით, ხოლო ზედაპირული წყლებით იმ შემთხვევაში, როცა სხვა საშუალება არ არსებობს. მიწისქვეშა წყლებით წყალმომარაგებას სტრატეგიული მნიშვნელობაც აქვს, რადგან დაცულია როგორც დაბინძურებისაგან, ასევე, საომარი მოქმედებების დროსაც.

საქართველოს ტერიტორიაზე 26060 მდინარეა, რომელთა საერთო სიგრძე დაახლოებით 60 ათასი კმ-ია. მდინარეები სათავეს იღებენ კავკასიონის მთებში, მის განშტოებებზე და აჭარა-თრიალეთის ქედზე. მდინარეთა ნაწილი ჩაედინება შავი ზღვის აუზში (რიონი, ცხენისწყალი, ენგური, ბზიფი, კოდორი, ჭოროხი და სხვ.), ნაწილი - კასპიის ზღვაში (მტკვარი, არაგვი, ლიახვი, ალაზანი, იორი და სხვ.).

საქართველოს ფარგლებში, ყველაზე გრძელი მდინარეა ალაზანი (407 კმ), ყველაზე წყალუხვი - რიონი (საშუალო წლიური ხარჯი სოფ. საქოჩაკიძესთან - 406 კუბ. მეტრი/წმ).

მსოფლიოში ყველაზე მოკლეა მდინარე ძიშხა, რომლის სიგრძეა 7 მეტრი და მდ. რეპრუა - 18 მეტრი, ხოლო ზვირთცემის პერიოდში მცირდება 6-10 მეტრამდე.

მდინარეთა საერთო რაოდენობიდან ენერგეტიკული მნიშვნელობით გამოირჩევა 319 მდინარე, რომელთა წლიური ჯამური პოტენციური სიმძლავრე 15,63 მილიონი კილოვატის, ხოლო საშუალო წლიური ენერგია - 136 მილიარდ 92 მლნ კილოვატსაათის ექვივალენტურია.

მდ. ენგურის სიგრძეა 213 კმ, აუზის ფართობი 4060 კვ. კმ. სათავეს იღებს კავკასიონის მთავარი წყალგამყოფი ქედის სამხრეთ კალთაზე, მყინვარ ენგურის ძირში, ზღვის დონიდან 2614 მეტრის სიმაღლეზე; მოედინება ზემო სვანეთის, სამეგრელოსა და აფხაზეთის ტერიტორიაზე და შავ ზღვაში ჩაედინება სოფ. ანაკლიასთან.

მდ. ენგურის მთავარი შენაკადებია: ადიშისწყალი, ხალდეჭალა, მულხრა, დოლრაჭალა, ნაკრა, ნენსკრა (მარჯვენა შენაკადები) და თხეიში, ხუმფრერი, ლასილი, მაგანა, ჯუმი (მარცხენა შენაკადები). მდ. ენგური ზემო წელში კვეთს სვანეთის ქვაბულს, შემდეგ, მოედინება ღრმა და ვიწრო ხეობაში, დაბა ჯვართან გამოდის კოლხეთის დაბლობზე, სადაც იტოტება და ქმნის ფართო ხეობას.

ენგური შერეული საზრდოობის მდინარეა, ზემო წელში, წლიური ჩამონადენის 66% შეადგენს თოვლისა და მყინვარის წყალი, 22% - გრუნტის წყალი და 12% - წვიმის წყალი. ქვემო წელში - 18% შეადგენს თოვლისა და მყინვარის წყალი, 26% - გრუნტის წყალი და 56% - წვიმის წყალი.

მდ. ენგურის საშუალო წლიური ხარჯი სოფ. ხაიშთან შეადგენს 109 კუბ.მეტრს/წმ, შესართავთან - 170 კუბ. მეტრს/წმ. წყალდიდობა დამახასიათებელია გაზაფხულსა და ზაფხულში, წყალმცირობა - ზამთარში. ჰიდროენერგია განახლებადი ენერგიის ყველაზე ფართოდ გავრცელებული ფორმაა მთელს მსოფლიოში. ბოლო შეფასებით დაახლოებით 715 ათასი მეგავატი ანუ მთელი მსოფლიოს ელექტროენერგიის 19% სწორედ ჰიდროენერგიის საშუალებით მიიღება და ზოგიერთი ქვეყნისათვის ელექტროენერგიით მომარაგების ძირითად წყაროს წარმოადგენს. მაგალითად, ბრაზილიაში მთელი ელექტროენერგიის 85%, ხოლო ნორვეგიაში 98% - წყლის ენერგიისაგან მიიღება.

სურ. №16. მდ. რეპრუა ძველ გაგრასთან

ჰიდროელექტროსადგურების დადებითი მხარეებია: წარმოებული ელექტროენერგიის სიიაფე, ნაკლებად აბინძურებს გარემოს, ადგილობრივი მოსახლეობისათვის გააჩნია საირიგაციო, სარეკრეაციო და სხვა მნიშვნელოვანი ფუნქციები. უარყოფითი მხარეები (განსაკუთრებით დიდი კაშხლების შემთხვევაში): ტბორავს დიდ ფართობებს, ცვლის ლანდშაფტს, ხელს უშლის თევზების მიგრაციას და აფერხებს რა მდინარის ჩამონატანის (ქვიშა, ღორღი და ა.შ.) გადაადგილებას, იწვევს სანაპირო ზოლის დეგრადაციას.

საქართველოს ბუნებრივ სიმდიდრეთა შორის პირველი ადგილი ჰიდროენერგორესურსებს უჭირავს. ჰესების მშენებლობას საქართველოში 100 წელზე მეტი ხნის ისტორია აქვს. ჰიდროელექტროსადგურების მშენებლობა საქართველოს ელექტროენერგეტიკის ხერხემალს წარმოადგენს. ქვეყნის ჰიდროენერგეტიკული პოტენციალის გაზრდას დიდი ყურადღება ექცევა უკანასკნელ წლებში.

მსოფლიო ბანკი, რომელიც კაშხლების მთავარ დამფინანსებლად მოიაზრება, დათანხმდა შექმნილიყო კაშხლების მსოფლიო კომისია. ამასთან, მსოფლიოში განვითარდა ალტერნატიული მექანიზმები, რომელთა საშუალებითაც შესაძლებელია ელექტროენერგიის და წყლის დეფიციტის პრობლემების გადაჭრა. მათგან აღსანიშნავია მზის, ქარისა და გეოთერმული ენერგიის გამოყენება.

მდ. ენგურის ხეობაში ჰიდროელექტროსადგურების კასკადის (ჯვარის, ხაიშის, ხუდონის, ტობარის, ნენსკრას, ლახამისა და დოლრას) მშენებლობის პროექტთან დაკავშირებით, საზოგადოებაში არსებობს სხვადასხვა, ურთიერთსაწინააღმდეგო შეხედულებები, რომლებიც დაკავშირებულია ჰიდროენერგოსადგურების კასკადის მშენებლობის შედეგად მათი გარემოზე შესაძლო გავლენის შეფასებასთან. სახელდობრ, ჰესების მშენებლობის პროექტი ითვალისწინებს რიგი სოფლების გადასახლებასა და ტერიტორიების წყლით დატბორვას, რომელსაც მტკივნეულად განიცდის სვანეთის მოსახლეობა.

შექმნილი სიტუაციის გამო, განვიხილავთ მდ. ენგურის ხეობის არსებულ (ენგურჰესი) და საპროექტო ჰესების მშენებლობის ეკოლოგიურ პრობლემებს.

6.3.2. ენგურჰესი

ენგურჰესის პროექტი შეიქმნა 1961-1970 წლებში, მშენებლობა დაიწყო 1961 წელს. მისი საექსპლუატაციოდ გადაცემის თარიღია 1978 წელი. ამ დღიდან 2013 წლის ჩათვლით გამომუშავებულ იქნა 1,75 მლრდ კვტ/სთ ენერგია.

ენგურჰესი კავკასიაში უდიდესი ნაგებობაა. მისი საპროექტო სიმძლავრეა 1 მლრდ 640 მლნ კვტ; ჰესის ნაგებობებში შედის 271,5 მ სიმაღლის თაღოვანი კაშხალი, რომელიც ქ. ჯვართან ქმნის 30 კმ სიგრძის, 1,1 მლრდ კუბ. მეტრი მოცულობის წყალსაცავს.

თაღოვანი კაშხლის პარალელურად აშენდა ენგურჰესის მიწისქვეშა ნაგებობები - სამშენებლო გვირაბები, სადაწნეო დერივაციული გვირაბი წყალმიმღებით, მიწისქვეშა სადგურის კვანძი და უდაწნეო წყალგამტარი.

სადაწნეო დერივაციული გვირაბი მდებარეობს მდ. ენგურის მარჯვენა ნაპირზე, რომელიც ჯვარის წყალსაცავიდან წყალს აწვდის საბერიოს მიწისქვეშა ელექტროსადგურს და 3,15 კმ სიგრძის სადაწნეო გვირაბით გადადის ერისწყლის აუზში. სადერივაციო გვირაბის სიგრძე 15 კმ, დიამეტრი - 9 მეტრი, რომელიც მთავრდება 16 მეტრი დიამეტრისა და 187 მეტრი სიმაღლის მათანაბრებელი კოშკით.

მდ. ენგურის მდ. ერისწყლის აუზში გადაგდების პროექტის განსახორციელებლად, საჭირო შეიქნა 23,3 კმ სიგრძის ენგურჰესის წყალგამტარი არხის გაყვანა, რომელზეც აგებულ იქნა 340 ათასი კვტ ჯამური სიმძლავრის 4 ვარდნილჰესი. ენგურჰესის კასკადის მშენებლობა დაიწყო 1961 წელს, 1972 წელს საექსპლუატაციოდ გადაეცა ვარდნილჰესის პირველი აგრეგატი.

ვარდნილჰესი - I მდებარეობს მდ. ერისწყლის ხეობაში, ქ. გალის ჩრდილოეთით, მასში შედის კაშხალთან არსებული მიწისზედა ჰესი, სამშენებლო გვირაბი, წყალმიმდები, წყალგამტარი ნაგებობები და ღია გამანაწილებელი მოწყობილობა.

ვარდნილჰესი I-ის მშენებლობა დასრულდა 1968 წლის ნოემბერში. პარალელურად მიმდინარეობდა დანარჩენი ვარდნილჰესების მშენებლობა, რომლებიც განლაგდა ვარდნილჰესი I-დან 5,5 კმ, 10,1 კმ და 14,9 კმ-ის დაშორებით წყალგამტარ არხზე. ყოველ მათგანს 425 კუბ. მეტრი წყლის ხარჯი და 11,2 მეტრი დაწნევა აქვს. II, III და IV ვარდნილჰესების ჯამური სიმძლავრეა 120 ათასი კილოვატი.

სურ. №17. ენგურჰესის კაშხალი ქ. ჯვართან

1972 წელს ამუშავდა ვარდნილჰესების ოთხივე სადგურის 9 აგრეგატი. მათი ჯამური სიმძლავრე 340 მეგავატია, ხოლო წლიური გამომუშავება - 1,13 მლრდ კვტ/სთ. ამ პე-

რიოდიდან დაიწყო კასკადის მთავარი სადგურის - ენგურჰესის ძირითადი სამუშაოები.

ენგურჰესის რკინაბეტონის (271,5 მეტრი სიმაღლის, განივი სიგრძე - 728 მეტრი, საძირკველთან - 90 მეტრი, შუა წელში - 52 მეტრი, ქიმთან - 10 მეტრი, თხემი - 605 მეტრი, მარცხენა და მარჯვენა ბურჯებით, სიგრძით - 123 მეტრი) თაღოვანი კაშხალი, რომელიც ტულიშისა და წულიშის მთებს შორის აშენდა, საექსპლუატაციოდ გადაცემულ იქნა 1977 წლის 22 დეკემბერს.

კაშხალს თაღური ფორმა აქვს და რკალივითაა მოხრილი, რომლის ამოზნექილი ნაწილი 1,1 მლრდ კუბ. მეტრი ჯვრის წყალსაცავისკენაა მიმართული, ხოლო ფსკერი და მხრები კედლებს ებჯინება. ასეთი ფორმა ზრდის წინაღობის ძალას, რათა წყლის ნაკადს გზა გადაუღობოს.

ენგურჰესის მშენებლობის პროცესში წარმოიშვა პრობლემები თაღოვანი კაშხლის განთავსების ტერიტორიის ფარგლებში არსებულ ქანებთან დაკავშირებით, რომლებიც წარმოდგენილია დაკარსტული და დანაპრალიანებული კირქვების, მერგელებისა და ქვიშაქვების მორიგეობით. საჭირო შეიქნა სპეციალური ჰიდროგეოლოგიური და საინჟინრო გეოლოგიური კვლევების ჩატარება, რომელიც შეასრულა საქართველოს ჰიდროგეოლოგიისა და საინჟინრო გეოლოგიის ინსტიტუტმა, აკადემიკოს იოსებ ბუაჩიძის ხელმძღვანელობით. ჩატარებული კვლევების საფუძველზე, შესრულდა სპეციალური გამაგრებითი სამუშაოები, რომლებიც ითვალისწინებდა ჭაბურღილების ბურღვასა და ცემენტაციას. მიღებული ზომების შედეგად უზრუნველყოფილ იქნა დანაპრალიანებული კირქვებისა და მერგელების მდგრადობა.

ენგურჰესი წარმოადგენს ქართველებისა და აფხაზების თანამშრომლობის ნათელ მაგალითს. მიუხედავად დღეს არსებული უმძიმესი ვითარებისა, ორივე მხარე ურთიერთთანამშრომლობის უიშვიათეს მაგალითს უჩვენებს და გზას უკვალავს სამშვიდობო პროცესის განვითარებას. ენგურჰესის კაშხალი და ჰესები კონფლიქტის ზონის ცენტრში მდებარეობს: კაშხალი და წყალსაცავი - ქ. ჯვართან, ჰესები - აფხაზეთის მიერ კონტროლირებად ტერიტორიაზე.

ენგურჰესი აფხაზეთისათვის ელექტროენერგიის ერთადერთი წყაროა, საქართველო კი ენგურჰესიდან ელექტროენერ-

გიის უმეტეს წილს ღებულობს, ამიტომ ორივე მხარე დაინტერესებულია, რომ ენგურჰესის ფუნქციონირება მიმდინარეობდეს შეუფერხებლად.

6.3.3. ხუდონჰესი

საქართველოს მთავრობამ 2005-2006 წლებში დაიწყო ხუდონჰესის პროექტის ლობირება. 201 მეტრი სიმაღლის ხუდონის ჰიდროელექტროსადგურის მშენებლობა გათვალისწინებულია სამეგრელო-ზემო სვანეთში, დასავლეთ საქართველოს მაღალმთიან რეგიონში (2010 მ), მდინარე ენგურზე. არსებული პროექტის მიხედვით, ხუდონის ჰიდროელექტროსადგურის მშენებლობა დაჯდება 1,2 მილიარდი აშშ დოლარი, ხოლო სამშენებლო სამუშაოები 6 წელიწადს გასტანს. ხუდონჰესის სიმძლავრე 700 მეგავატი იქნება და გამოიმუშავებს 1,7 მილიარდ კილოვატსაათს. პროექტი ითვალისწინებს თაღოვანი კაშხლის მშენებლობას 170 მეტრიანი სვეტებით, რომელიც მოიცავს 141 თაღოვან ნაწილს. კაშხლის ზომა განაპირობებს რეზერვუარის 230 მლნ კუბ. მეტრ მოცულობას.

ხუდონის ჰიდროელექტროსადგურის საპროექტო პარამეტრები გაზრდილია. თავდაპირველად განსაზღვრული იყო შემდეგი პარამეტრები: კაშხლის სიმაღლე მდინარის ფსკერიდან 170 მეტრი, დადგმული სიმძლავრე - 702 მგვტ, დატბორილი ფართობი - 500 ჰა, განსახლებული ოჯახების რიცხვი - 184, ახალი გზების გაყვანა - 18,5 კმ.

სახელმწიფო გეგმავს ხუდონის კაშხლის მშენებლობასთან ერთად, ენგურზე დინების აყოლებით, კიდევ რამდენიმე ჰიდროელექტროსადგურის მშენებლობას: ტობარის ჰიდროელექტროსადგური - 600 მეგავატის სიმძლავრით და 2,2 მლრდ კვტ/სთ გამომუშავებით, ნენსკრას ჰიდროელექტროსადგური - 87 მგვტ სიმძლავრით, ლახამის კასკადი - 15,9 მეგავატის სიმძლავრით და დოლრა ჰესი - 36 მეგავატის სიმძლავრით.

ხუდონჰესის პროექტის განხორციელება 1990-ნი წლების დასაწყისში ბლოკირებული იქნა საზოგადოებისა და არასამთავრობო ორგანიზაციების მიერ, როგორც მშენებლობა, რომელიც შეიცავდა ეკოლოგიური კატასტროფის

მაღალ რისკს და მოითხოვდა რამდენიმე სოფლის (ხაიშის, გაღმა ხაიშის, ტობარის, დაკარის, ლუხის, ლაჯარის, ქვედა წვირმინდისა და დალალხორალის) გადასახლებას. გარდა ამისა, დაიტბორება 528 ჰა, მათ შორის წმინდა გიორგისა და ანდრია პირველწოდებულის ეკლესიები და სოფლების ხაიშისა და ტობარის სასაფლაოები. არსებული პროექტით, ხუდონჰესის მშენებლობა მოითხოვს ინვესტორისათვის 1400 ჰა მიწის სავარგულებისა და საძოვრების სიმბოლურ ფასად (1 დოლარად) გადაცემას. ხუდონჰესის ექსპლუატაციაში შესვლიდან, ქვეყანაში დარჩება მხოლოდ გამომუშავებული ელექტროენერგიის 9%, 133 მლნ კვტ/სთ ენერგია, დანარჩენს ინვესტორი გაიტანს და გაყიდის თურქეთში. პირველი 4 თვის განმავლობაში ადგილობრივ ბაზარზე ენერგია გაიყიდება ფიქსირებულ ფასად - 5,84 ცენტად, ხოლო დანარჩენს, საქართველოს მხარე, საჭიროების შემთხვევაში, შეიძენს საერთაშორისო ფასად.

სურ. №18. ხუდონჰესის კაშხლის განთავსების ტერიტორია მდ. ენგურის ხეობაში

2013 წელს, საქართველოს გარემოსა და ბუნებრივი რესურსების სამინისტროს მოთხოვნის საფუძველზე, ნიდერლანდების გარემოს შეფასების კომისიის საერთაშორისო ექსპერტთა ჯგუფის მიერ შედგენილ იქნა ხუდონის ჰიდროელექტროსადგურის სოციალურ და ეკოლოგიურ გარემოზე ზემოქმედების ანგარიში. ექსპერტთა ჯგუფის დასკვნის თანახმად, „ხუდონის ჰესის გარემოზე ზემოქმედების შეფასება”

მოკლებულია მნიშვნელოვან ინფორმაციას, რისთვისაც საჭიროა სულ მცირე, ერთი წლის განმავლობაში დამატებითი სამუშაოების ჩატარება. წინააღმდეგ შემთხვევაში, საქართველოს გარემოსა და ბუნებრივი რესურსების სამინისტრო ამ ეტაპზე გადაწყვეტილებას ვერ მიიღებს".

ექსპერტთა აზრით, პროექტი არ არის დასაბუთებული შემდეგი გარემოებების გამო:

1. არ არსებობს ენერგეტიკის ეროვნული პოლიტიკა.

2. არ არის მდ. ენგურის აუზის წყლის რესურსების მართვის გეგმა.

3. არ არის წარმოდგენილი ექსპლუატაციის ეფექტურობა და რეზერვუარის სიცოცხლის ხანგრძლივობა, რომელიც ეროზიული პროცესების გამო, მნიშვნელოვნად შემცირდება.

4. არ არის დასაბუთებული პროექტის სიცოცხლისუნარიანობა სეისმური რისკების გათვალისწინებით.

5. სოციალური ასპექტები ბუნდოვანია, რის გამოც, ჩამოყალიბდა ადგილობრივი მოსახლეობის მხრიდან უნდობლობა მთავრობისა და ინვესტორის მიმართ.

6. განსახლების გეგმა არ შეესაბამება საუკეთესო საერთაშორისო პრაქტიკას.

7. ფინანსური ანალიზი მორგებულია ინვესტორზე, სოციალური ხარჯებისა და სარგებლის ანალიზი არ ემსახურება ეროვნულ ინტერესებს.

8. არ არის დასაბუთებული მთავრობის პასუხისმგებლობა ეროვნული ენერგოსტრატეგიის მოთხოვნებიდან გამომდინარე.

9. თევზსავალის ფუნქციონირება გამორიცხულია, რადგან ასეთი ნაგებობა ენგურჰესზე არ არის.

10. ფლორისა და ფაუნის დაკარგვის საკომპენსაციოდ ტყეების გაშენება არ გამორიცხავს ეროზიული პროცესების გააქტიურებას, საჭირო იქნება დაცული ტერიტორიის შექმნა.

11. პოტენციური გეოლოგიური საფრთხეებია: სეისმურობა, კაშხლის საძირკვლისა და ნაგებობების არასტაბილურობა.

12. საშიში გეოლოგიური პროცესების (ნიადაგის ეროზიის, მეწყერების, სელების, ზვავების) გააქტიურება; მეწყერი იდენტიფიცირებულია რეზერვუართან, კაშხლის მიმდებარედ

და რეზერვუარის ზედა დინებაზე; მეწყერი და კლდის ნაშალი შექმნის სედიმენტებს, ამოავსებს რეზერვუარს, რამაც შესაძლოა გამოიწვიოს დატბორვის ტალღა.

13. არსებული ნაგებობების მდგომარეობა (2013 წლის 06 აპრილი): დერივაციული გვირაბის მიმღები არ ფუნქციონირებს, გვირაბები და მიწისქვეშა კონსტრუქციები საჭიროებს რეაბილიტაციას ან ლიკვიდაციას.

14. ენგურის ჩამონადენი არის 3,4 მლრდ კუბ. მეტრი, 223 მლნ კუბ. მეტრის სასარგებლო მარაგით, მდინარის ხარჯი საკმარისია, რომ ხუდონის საპროექტო რეზერვუარი შეივსოს წელიწადში 15-ჯერ.

15. პროექტი არის მაღალი სოციალური რისკის მატარებელი, მასში არ არის წარმოდგენილი განსახლების პოლიტიკის გეგმა.

16. საჭიროა უფრო დეტალური ეკონომიკური ანალიზი, არ არის გათვალისწინებული: ენერგიის იმპორტირების ხარჯის იგნორირება, ჰესის სიცოცხლის ხანგრძლივობის გაზრდა, დამატებითი ენერგიის გამომუშავება, გარემოსდაცვითი ხარჯები და სოციალური ხარჯები (კულტურული მემკვიდრეობის აღდგენისა და მიწის ღირებულება).

ექსპერტთა ჯგუფის რეკომენდაციები შემდეგია:

1. სტრატეგიული გარემოსდაცვითი შეფასების გათვალისწინებით შემუშავდეს ქვეყნის ენერგოსტრატეგია და ჰიდროენერგოსტრატეგია.

2. რისკები შეფასდეს სრულყოფილად, მათ შორის გეოლოგიური, შემუშავდეს შემარბილებელი ღონისძიებები.

3. ჩატარდეს პრობლემური ფერდობების საინჟინრო გეოლოგიური და ჰიდროგეოლოგიური კვლევა და შემუშავდეს პრევენციული ღონისძიებები.

4. მოხდეს ტექნიკური პროექტის განახლება და შენიშვნების გათვალისწინება.

5. რეზერვუარის სიცოცხლის ხანგრძლივობის დადგენის მიზნით, სულ მცირე, ერთი წლის განმავლობაში, შესრულდეს რეჟიმული სამუშაოები ენგურის ნატანის რაოდენობის დასადგენად.

6. ხელახლა დაპროექტდეს დერივაციული გვირაბი, იმგვარად, რომ იგი გამოყენებულ იქნას სედიმენტების ჩასარეცხადაც.

7. ხელახლა დაპროექტდეს რეზერვუარის მიმდებარე გზები, რათა მინიმუმამდე დაყვანილ იქნას ეროზიული პროცესები.

8. ხელახლა დაპროექტდეს რეაბილიტირებული გზა მესტიამდე, რათა მინიმუმამდე დაყვანილ იქნას ეროზიული პროცესები.

ქვეყნის ენერგეტიკული რესურსების ათვისებისა და მაქსიმალური გამოყენების აუცილებლობიდან გამომდინარე, საუკეთესო გამოსავლად მიგვაჩნია კომპრომისული გადაწყვეტილების მიღება: გათვალისწინებულ იქნას ადგილობრივი მოსახლეობის მოთხოვნა, კაშხლის სიმაღლის 201 მეტრიდან 140 მეტრამდე შემცირება, რის შედეგად, მნიშვნელოვნად შემცირდება დატბორილი ფართობი და არ დაიტბორება ეკლესიები და სასაფლაოები.

6.3.4. მდ. ენგურის ჰიდროელექტროსადგურების კასკადის გავლენა გარემოზე

ბუნებრივ პირობებზე ზემოქმედების თვალსაზრისით, მდ. ენგურის ხეობის ჰესების კასკადს დიდი გავლენა ექნება გარემოზე, რადგან 271,5 მეტრი სიმაღლისა და 1,1 მლრდ კუბ. მეტრი მოცულობის ენგურის კაშხლის წყალსაცავს დაემატება ხუდონის 201 მეტრი სიმაღლის კაშხლისა და 740 მლნ კუბ. მეტრი მოცულობის წყალსაცავი, 600 მეგავატის სიმძლავრის ტობარის, 87 მგვტ სიმძლავრის ნენსკრასა და ხაიშის ჰიდროელექტროსადგურების წყალსაცავები. ზემოთქმულიდან გამომდინარე, მდ. ენგურის ჰიდროელექტროსადგურების კასკადის წყალსაცავების ჯამური მოცულობა გადააჭარბებს 2 მლრდ კუბურ მეტრს.

წყლის ეს მოცულობა გამოიწვევს ბუნებრივი წონასწორობის დარღვევასა და სვანეთისა და მთელი დასავლეთ საქართველოს კლიმატის ძირეულ ცვლილებებს. გაიზრდება აორთქლებისა და ჰაერის ტენიანობის სიდიდეები, მოსახლეობაში მოიმატებს ნესტთან დაკავშირებული დაავადებების რიცხვი, გაიზრდება ატმოსფერული ნალექების წლიური სიდიდე და გააქტიურდება საშიში გეოდინამიკური პროცესები (ფერდობების ეროზია, დახრამვა, ზვავები, მეწყრები და სელები), ქვეყანა დაკარგავს სასოფლო-სამეურნეო სავა-

რგულებს, ხოლო მოსახლეობა საცხოვრებელ ბინებსა და კარმიდამოს, გაიზრდება ეკომიგრანტების რიცხვი. ბუნებრივი გარემოს ამგვარი ცვლილებები, საბოლოოდ, უარყოფითად აისახება ქვეყნის ეკონომიკაზე.

მდ. ენგურის ხეობის ჰესების კასკადის განთავსების ტერიტორია წარმოდგენილია დიზის წყების კრისტალური ფიქლებით, თიხაფიქლებითა და ქვიშაქვებით, რომელთა შორის ჭარბობს თიხაფიქლები. თიხაფიქლები ინტენსიურად დისლოცირებული, დამსხვრეული, დანაპრალიანებული და ამოვსებულია დაშლილი ფიქლების თიხური მასალით. თიხაფიქლები მეტამორფული ქანია, რომელსაც ახასიათებს წაგრძელებული ან ფირფიტისებრი ფორმის მინერალების ურთიერთპარალელური განლაგება, თხელ ფირფიტებად დაპობის უნარი და არ გამოირჩევა მდგრადობით. ზემოთქმულიდან გამომდინარე, ჰესების კასკადის განთავსების ტერიტორიაზე არსებული ქანები არახელსაყრელია კაშხლების მშენებლობისათვის.

დარიალის ხეობაში მომხდარი ეკოლოგიური კატასტროფა კიდევ ერთხელ მიგვანიშნებს, რომ ბუნებრივი პროცესების სათანადო დონეზე შეუფასებლობას შესაძლებელია მოჰყვეს სავალალო შედეგები. მყინვარწვერის სამხრეთი კალთის თოვლისა ყინულის დნობა დევდორაკის ხევში, დამთავრდა ეკოლოგიური კატასტროფით - გრუნტის დიდი მასის მოწყვეტითა და მდ. თერგის გადაკეტვით, რასაც მოჰყვა ადამიანების მსხვერპლი.

ამგვარი მოვლენა ადვილი შესაძლებელია, რომ მოხდეს ენგურის მყინვარზეც, რომელიც მდებარეობს 9 ბალიანი მაგნიტუდის ზოლში და სადაც ასევე მიმდინარეობს მყინვარის ინტენსიური დნობა, ხოლო მისი ამგები მეტამორფული ქანები არის დანაპრალიანებული და არამდგრადი. ენგურის ჰესების კასკადის განხორციელების შემთხვევაში დიდი საფრთხე შეექმნება ხეობას და ადვილად შესაძლებელია, რომ მოხდეს ჰესების კასკადის დომინოს პრინციპით განადგურება: თაღოვანი კაშხლების ჰერმეტიზაციის დარღვევა, წყალსაცავების მომენტალური ამოვსება და წყლის ტალღის წარმოშობა, რომელიც დიდ საშიშროებას შეუქმნის არა მარტო მდ. ენგურის ხეობასა და კოლხეთის დაბლობის მოსახლეობას, არამედ, მეზობელ ქვეყნებს.

6.3.5. დარიალის ხეობის ეკოლოგიური კატასტროფა

2014 წლის 17 მაისს, გამთენიისას, დაახლოებით 6-7 საათზე, საქართველოს სეისმოლოგიური მონიტორინგის ცენტრმა დარიალის ხეობაში დააფიქსირა 1,6 მაგნიტუდის მიწისძვრა, ხოლო დილის 10 საათზე, თერგის ხეობის, მარცხენა შენაკადის დევდორაკის ხევში, მყინვარწვერის ფერდობიდან ჩამოწვა ზვავი, რომელმაც ჩაითრია მასზე არსებული შვავის დანაგროვები და მეწყრული სხეულები. შედეგად წარმოიშვა დიდი სიმძლავრის ღვარცოფი. მოწყვეტილი მთის პარამეტრებია: სიმაღლე – 50 მეტრი, სიგანე – 400 მეტრი, სიმძლავრე - 70 მეტრი, მოცულობა 1,5 მლნ კუბ. მეტრი.

ღვარცოფმა გადაკეტა მდ. თერგის ხეობა, მდინარე შეგუბდა, წყალმა დაფარა სამხედრო გზის ნაწილი. მდინარის ნაკადის ერთი ნაწილის განტვირთვა მოხდა მშენებარე დარიალჰესის გვირაბის საშუალებით, მეორე ნაწილმა გაიკეთა მცირე სიდიდის ახალი კალაპოტი, მაგრამ ეს საკმარისი არ აღმოჩნდა შეგუბებული წყლის დასაცლელად. ღვარცოფში დაიმარხა რამდენიმე ავტომანქანა, რომელთა მძღოლებიც ღამეს ათევდნენ მანქანაში. დღეისათვის ცნობილია, რომ დაიღუპა 3 მძღოლი, უგზოუკვლოდ დაკარგულია 5 ადამიანი, მათ შორის 23 წლის ქართველი თარჯიმანი, რომელიც გაუჩინარდა გვირაბში. საბოლოო შედეგები ცნობილი იქნება სარეაბილიტაციო სამუშაოების დამთავრების შემდეგ.

მცირე სიმძლავრის სეისმოლოგიური ბიძგები დამახასიათებელია დარიალის ხეობისათვის, რომელთაც შეუძლიათ გამოიწვიოს წყლით გაჟღენთილი მიწისა და ღორღის მასის დაძვრა. არ არის გამორიცხული, დევდორაკის ხეობაში მომხდარი ზვავის ჩამოწოლის პროვოცირება მოეხდინა, 17 მაისის, 1,6 მაგნიტუდის მიწისძვრას.

სურ. №19. დარიალის ხეობა

დარიალის ხეობა, 1000 მეტრის სიღრმეზე ჩაჭრილი, მდ. თერგის ხეობის ანტეცედენტური მონაკვეთია, რომელიც იწყება მისი მარცხენა შენაკადის, მდ. ჩხერის შესართავთან, გრძელდება 11 კმ მანძილზე და მთავრდება ზემო ლარსთან. ხეობა აგებულია პალეოზოური ასაკის დანაპრალიანებული გრანიტოიდებით, გნეისებითა და კრისტალური ფიქლებით. რელიეფის ფორმებიდან განვითარებულია ციცაბო ფლატეები, რომლებიც მოკლებულია ნიადაგის ფენასა და მცენარეულ საფარს.

მყინვარის დნობის ინტენსივობა, მიწისძვრით და ჩამოცვენილი ნამტვრევებისაგან გამოწვეული ბიძგები, ატმოსფერული ნალექები, ქარი, სამშენებლო სამუშაოების პროცესში წარმოქმნილი ჰაერის ან ზედაპირის რყევები, გამოწვეული ბურღვა-აფეთქებებით ან ტრანსპორტის მოძრაობით, იწვევს ხეობის ფსკერისა და ფერდობების ამგები ქანების ინტენსიურ დაშლას, დანაწევრებასა და ქანების მოძრაობას ფერდობებზე: ზვავებს, შვავებს, მეწყრებს, განსაკუთრებით, სადაც დარღვეულია ბუნებრივი წონასწორობა.

დევდორაკის მყინვარისათვის დამახასითებელია, მყინვარის დნობასთან დაკავშირებული რისკ-ფაქტორი – კატასტროფული პულსაცია, რის გამოც, მრავალჯერ შეექმნა საშიშროება დასახლებულ პუნქტებსა და სამხედრო გზას, გამოიწვია ადამიანთა მსხვერპლი და ზარალი. მათ შორის აღსანიშნავია 1832 წლის კატასტროფა, როდესაც ღვარცოფმა

გადაკეტა მდ. თერგი და წარმოიშვა დიდი მოცულობის ტბა. გზის გაწმენდის სამუშაოები გაგრძელდა 3 წლის განმავლობაში.

ბოლო შემთხვევა დაფიქსირდა 2007 წლის 2 აგვისტოს, რომლის დროსაც მდ. დევდორაკის ხეობაში, მყინვარ დევდორაკის დნობისა და თანდართული წვიმების შედეგად წარმოქმნილმა ღვარცოფმა გადაკეტა მდ. თერგის კალაპოტი და 400 მეტრ მანძილზე დააზიანა სამხედრო გზა, ღვარცოფმა იმსხვერპლა ერთი ადამიანი და გაიტაცა ტრაქტორი.

სურ. №20. დარიალის ხეობა კატასტროფის შემდეგ

2011 წლის შემდეგ თერგის ხეობის მყინვარების დნობის ინტენსივობაზე დაკვირვებები და არსებული მასალის გაანალიზება აღარ განხორციელებულა. ასევე, არ დასახულა და არ გატარებულა პრევენციული ღონისძიებები.

დარიალჰესის ნაგებობები, განლაგებულია მდ. თერგის მარჯვენა ნაპირზე, ხოლო ყაზბეგი ჰესი – მარცხენა ნაპირზე. ზვავის წარმოშობის პირდაპირ მიზეზს მშენებარე დარიალჰესი არ წარმოადგენს, მაგრამ არსებობს არაპირდაპირი ზეგავლენა, რომელიც დაკავშირებულია სამშენებლო სამუშაოების წარმოებასთან (ბურღვა-აფეთქების, ხმაურისა და ვიბრაციის), რომლის უგულვებელყოფა არ შეიძლება.

სამშენებლო სამუშაოების ზეგავლენა შეიძლება იყოს მყისიერი და თანდათანობითი, რადგან ზედაპირის რყევებისგან გამოწვეული ქანების ნაპრალური სისტემის გაფართოება და გაღრმავება მიმდინარეობს ხანგრძლივი დროის გან-

მავლობაში და სხვადასხვა ინტენსივობით. სწორედ ამ მიზეზით იქნა შეჩერებული ტრანსკავკასიის სარკინიგზო მაგისტრალის მშენებლობა საქართველოსა და რუსეთს შორის და ჰესების მშენებლობა დარიალის ხეობაში.

სადავო არაა, რომ ყველანაირი სახის სამშენებლო სამუშაოები, მით უმეტეს საშუალო სიმძლავრის ჰესები, არის კიდევ ერთი ზედმეტი დატვირთვა ისეთი მყიფე ხეობისათვის, როგორსაც წარმოადგენს მდ. თერგის ხეობა და განსაკუთრებით მისი დარიალის მონაკვეთი.

დევდორაკის ეკოლოგიური კატასტროფის შემდეგ შეიქმნა გეოფიზიკური და გეოლოგიური მონიტორინგის სამსახური და დამონტაჟდა სპეციალური გამაფრთხილებელი სირენა, რომელიც ირთვება მოსალოდნელი კატასტროფის შეტყობინების მიზნით.

6.3.6. ჰიდროელექტროსადგურების მშენებლობის სტრატეგია

მიგვაჩნია, რომ საქართველოში, დიდი სიმძლავრის ჰესების მშენებლობა დასაშვებია მხოლოდ დაბლობში, ვაკე რელიეფის პირობებში – მდინარეებზე მტკვარზე, რიონზე და ალაზანზე, სადაც არ არის რელიეფის დიდი ქანობები და ტერიტორია ხასიათდება ნაკლები სეისმურობით.

გარდა გარემოს ბუნებრივი წონასწორობის დარღვევისა, კლიმატის ძირეული ცვლილებებისა და აქედან გამომდინარე, უარყოფითი მოვლენებისა, მცირემიწიანი ქვეყნების მთიან ზოლში, დიდი სიმძლავრის ჰესებისა და წყალსაცავების მშენებლობა დაუშვებელია, რადგან იტბორება სოფლები, სასოფლო-სამეურნეო სავარგულები, კულტურული და ისტორიული ძეგლები, აუცილებლობას წარმოადგენს მოსახლეობის ნაწილის იძულებითი გადასახლება და ა.შ., რაც დაკავშირებულია მოსახლეობის სოციალურ და ფსიქოლოგიურ სტრესებთან.

კავკასია წარმოადგენს ე.წ. კონტინენტალური შეჯახების ზონას, სადაც ხდება ორი კონტინენტის ფილების შეჯახება. არაბეთის ფილა მოძრაობს ჩრდილოეთის მიმართულებით 28 მმ/წელიწადში სიჩქარით და აწვება ევრაზიის ფილას. თუ განვიხილავთ უფრო მსხვილ მასშტაბში, კავკასიაში

გამოიყოფა მიკროფილები და ბლოკები, რომელთა საზღვრები წარმოადგენს სიღრმულ რღვევებს. მათ გასწვრივ ხდება ფილების, მიკროფილებისა და ბლოკების მოძრაობა, რომელთანაც დაკავშირებულია რეგიონის სეისმურობა.

საქართველოს ტერიტორიაზე, კავკასიონის სამხრეთი ფერდი მდებარეობს სეისმურად აქტიურ რეგიონში, სადაც ვრცელდება 9 ბალიანი სეისმური ზონა, რის გამოც, მთიან ზოლში დაუშვებელია მაღალი კაშხლების მშენებლობა. კაშხლის ჰერმეტიზაციის დარღვევის შემთხვევაში, მოსალოდნელია ეკოლოგიური კატასტროფა, კოლხეთის დაბლობის სრული განადგურება, ცუნამის წარმოშობა, რომელსაც შეუძლია დააზარალოს არა მარტო საქართველო, არამედ, შავი ზღვის ნაპირზე არსებული მეზობელი ქვეყნები.

სეისმურ დაკვირვებებს საქართველოში 100 წელზე მეტი ხნის ისტორია აქვს. ამ ხნის განმავლობაში საქართველოს ტერიტორიაზე დაფიქსირებულია ძლიერი, საშუალო და მცირე სიმძლავრის მიწისძვრები. ძლიერი მიწისძვრები: 1920 წელს - გორის, რომლის მაგნიტუდა ეპიცენტრში 8-9 ბალი იყო, 1963 წელს - გულრიფშის რაიონის სოფელ ჩხალთასთან - 9 ბალი, 1991 წელს - რაჭის მიწისძვრა, ეპიცენტრში - 9 ბალი. საშუალო ძალის (8, 6 და 4 ბალის მაგნიტუდის) მიწისძვრები დაფიქსირდა - 1935, 1949 და 1953 წლებში, შავი ზღვის სანაპიროს გასწვრივ, 2012 წელს – აჭარაში, იმერეთსა და სამეგრელოში - 5,5 მაგნიტუდის, 2013 წელს – ყვარელთან და ნინოწმინდასთან - 5 მაგნიტუდის.

ზემოთქმულიდან გამომდინარე, მცირემიწიანი ქვეყნების მთიან ნაწილში მიზანშეწონილია მხოლოდ მცირე ჰესების მშენებლობა (13 მეგავატამდე), რომლებსაც აქვთ ის უპირატესობა, რომ მცირეა გარემოზე უარყოფითი ზეგავლენა, ნაკლებია დანაკარგები ელექტროენერგიის გადაცემის პროცესში და აქტიურად უწყობს ხელს რეგიონული ეკონომიკის განვითარებას. მით უმეტეს, რომ დიდი სიმძლავრის ელექტროსადგურების საშუალებით შეუძლებელია ზამთრის პიკების მოხსნა წლის ამ პერიოდში მდინარეების წყალმცირობის გამო. ამ პრობლემის გადაწყვეტა შესაძლებელია მხოლოდ საბაზისო თბოელექტროსადგურების საშუალებით.

საქართველოში 40 მოქმედი მცირე ჰესია, რომელთაც შეუძლიათ 112 მეგავატი ელექტროენერგიის გამომუშავება,

მათგან აღსანიშნავია: ბუუჟაჰესი - 12,24 მგვტ, თეთრიხევჰესი - 12,4 მგვტ, რაჭაჰესი - 11 მგვტ, სიონჰესი - 9,14 მგვტ, ალაზან-2 - 6 მგვტ, ხადორი-2 - 5,4 მგვტ, მილდაჰესი - 5 მგვტ, ალაზანჰესი - 4,8 მგვტ და ა.შ.

ჰესების მშენებლობა, ასევე, დაგეგმილია მცხეთის რაიონის სოფ. ძეგვში - მდ. მტკვარზე, რაჭა-ლეჩხუმში - მდ. რიონზე, კახეთში - მდ. ჩელთზე, გურიაში - ბახვისწყალზე და გუბაზეულზე, სვანეთში - მდინარეებზე ენგურსა და ცხენისწყალზე, სამცხე-ჯავახეთში - ხრამზე და ფარავნის ტბაზე.

მცირე ჰესებზე ჩატარდა სარემონტო და სარეაბილიტაციო სამუშაოები, მათ შორისაა: ჩირუხი-სანალია, აწჰესი, ბუუჟაჰესი და კეხვიჰესი.

საქართველოში შესაძლებელია 1200-ზე მეტი მცირე ჰესის აშენება, 3700 მეგავატი ჯამური სიმძლავრით, საშუალო წლიური 16 მლრდ კვტ/სთ გამომუშავებით, მათ შორის: დასავლეთ საქართველოში - 204 მდინარეზე (2740 მგვტ), აღმოსავლეთ საქართველოში – 152 მდინარეზე (989 მგვტ).

ნიდერლანდების გარემოს შეფასების კომისიის საერთაშორისო ექსპერტთა ჯგუფის მიერ ხუდონჰესის დასკვნაში გამუთქმული ძირითადი შენიშვნის თანახმად, აუცილებელია შეიქმნას ქვეყნის ენერგეტიკის განვითარების ეროვნული პოლიტიკა, რომელიც განსაზღვრავს სხვადასხვა სიმძლავრის ჰესების მშენებლობის სტრატეგიას. ამ შემთხვევაში აღარ იქნება საჭირო თვითოეული ჰესის მშენებლობის დროს კონკრეტული გადაწყვეტილების მიღება.

საკითხის აქტუალობასთან დაკავშირებით, საზოგადოებას განხილვისათვის ვთავაზობთ შემდეგ კონცეფციას:

იმ მიზნით, რომ განვითარდეს ქვეყნის ეკონომიკა, არ დაგვემუქროს ენერგეტიკული დეფიციტი და შევინარჩუნოთ არსებული გარემო პირობები, საუკეთესო გამოსავალია: მთიან ნაწილში, მცირე ჰესების, ხოლო ვაკეზე - დიდი და საშუალო სიმძლავრის ჰესების მშენებლობა.

ჰიდროელექტროსადგურები არ წარმოადგენს საბაზისო სადგურებს, ზაფხულისა და ზამთრის თვეებში ზედაპირული წყლის დეფიციტის გამო. მიუხედავად იმისა, რომ ენგურჰესს წყლით ამარაგებს 1,1 მლრდ კუბ. მეტრი მოცულობის წყალსაცავი, ზამთრის პერიოდში ქვეყანა მაინც იძენს ელექტროენერგიას. ამგვარად, ხუდონის, ტობარისა და ნენსკ-

რას ჰესები ვერ შეავსებენ ზამთრის დეფიციტს, რომლის შევსება შესაძლებელია მხოლოდ თბოელექტროსადგურების საშუალებით და წარმოადგენს საბაზისო ელექტროენერგყის მიღების საშუალებას. ასევე მნიშვნელოვანია ალტერნატიული ენერგოსისტემების (ქარის, მზის და გეოთერმიული ენერგიის) ობიექტების მშენებლობა, რომლის განვითარებას ნაკლები ყურადღება ექცევა.

ჰიდრორესურსები ჩვენი ქვეყნის სიმდიდრეა, რომლის ათვისება წარმოადგენს ეკონომიკის უპირველეს ამოცანას, მაგრამ მისი ათვისება უნდა მოხდეს რაციონალურად, თანამედროვე ტექნოლოგიებისა და გამოცდილების, გარემოზე მინიმალური ზემოქმდებისა და სოციალური პრობლემების გათვალისწინებით.

თავი 7

ნიადაგის დაცვა

7.1. ნიადაგის ფორმირება და შედგენილობა, საქართველოში გავრცელებული ნიადაგის ტიპები

ნიადაგი დედამიწის ქერქის ზედა, ფხვიერი ნაწილია, მისი ფორმირების ძირითადი ფაქტორებია: დედაქანი, ჰავა, რელიეფი, ბიოსფერო, ხნოვანება და ადამიანის სამეურნეო ზემოქმედება.

ნიადაგის არსებითი თვისებაა მისი ნაყოფიერება – მცენარის უზრუნველყოფა წყლით, სითბოთი და საკვები ნივთიერებებით.

ნიადაგი შედგება: მკვრივი, თხიერი, აიროვანი და ცოცხალი ნაწილებისაგან, რომელთა რაოდენობა და თანაფარდობა განსხვავებულია. მკვრივ ნაწილში ჭარბობს მინერალური ნივთიერებები, რომლებიც წარმოიქმნება ქანების გამოფიტვის შედეგად, ეს უკანასკნელი მიმდინარეობს კლიმატური პირობების ზემოქმედებით. მისი ინტენსივობა სხვადასხვა ლანდშაფტურ ზონაში სხვადასხვაა. ტენიან სუბტროპიკულ და ტროპიკულ სარტყელში დიდი ინტენსივობით მიმდინარეობს **ქიმიური გამოფიტვა**, სადაც წარმოიქმნება რკინისა და ალუმინის ჰიდრატების ჭარბი რაოდენობა. უდაბნოებში, ნახევრადუდაბნოებსა და მაღალმთიან ზონაში ჭარბობს **მექანიკური გამოფიტვის** პროცესი.

ნიადაგის აგებულებაზე წარმოდგენას გვაძლევს ქანების მექანიკური შედგენილობა. ნიადაგის მკვრივი ნაწილი შედგება ჰუმუსისაგან და ცხოველური, მიკრობული წარმოშობის შენაერთებისაგან, რომლებიც შეიცავენ ლიგნინს, უჯრედისს, ცილებს, შაქრებს, ცხიმებს, მთრიმლავ ნივთიერებებსა და მათი დაშლის გარდამავალ პროდუქტებს. ორგანულ ნივთიერებათა დაშლისას, მიმდინარეობს მცენარის მიერ აზოტის შეთვისების პროცესი.

ნიადაგის წარმოქმნის პროცესის შესაბამისად, იცვლება მისი ხსნარის შედგენილობაც. ეწერი ნიადაგის ხსნარში ორგანული ნივთიერებების მეტი რაოდენობაა, ვიდრე მინე-

რალური ნივთიერებებისა. შავმიწა ნიადაგების ხსნარში მათი პროპორცია თითქმის თანაბარია.

ნიადაგის ჰაერი წარმოადგენს აუცილებელ პირობას მცენარის ზრდა-განვითარების, ბაქტერიების ცხოველმყოფლობისა და ნიადაგში მიმდინარე ქიმიური და ბიოლოგიური პროცესებისათვის. ჰაერის შემცველობა დამოკიდებულია ნიადაგის ფორიანობაზე. ნიადაგის ჰაერის შედგენილობა განსხვავდება ატმოსფეროს ჰაერისაგან, იგი შეიცავს მეტ ნახშირორჟანგს და ნაკლებ ჟანგბადს. ჰაერისა და ტენის შეფარდებაზეა დამოკიდებული ნიადაგის სტრუქტურა.

ნიადაგის ცოცხალი ნაწილი შედგება მაკროორგანიზმებისა (თხუნელები, ჭიანჭველები, ჭიაყელები და სხვა) და მიკროორგანიზმებისაგან, რომელთა შორის ძირითადად აღსანიშნავია ბაქტერიები, სოკოები და წყალმცენარეები. ნიადაგის მიკროორგანიზმების რაოდენობა იცვლება წელიწადის დროთა მიხედვით. გამრავლება ყველაზე ინტენსიურად მიმდინარეობს 30-35 ჩ ტემპერატურისა და 50-60% ტენიანობის პირობებში. მიკროორგანიზმების რაოდენობა მეტია ნიადაგის ზედა ფენაში, განსაკუთრებით, მცენარეთა ფესვების გავრცელების არეში - **რიზოსფეროში.**

ნიადაგთწარმოქმნის პროცესების (აკუმულაციური, ილუვიური, გაეწრებისა და ფერალიზატიზაციის) ზემოქმედებით, ნიადაგის პროფოლს ახასიათებს გენეზისურ ჰორიზონტებად დიფერენცირება (ნიადაგის ჰორიზონტი). ზედა ფენისათვის ნიშანდობლივია ორგანული ნივთიერებების დაგროვება და საკვები ელემენტების მეტი შემცველობა.

საქართველოში გამოიყოფა ნიადაგების 100-ზე მეტი ტიპი, ქვეტიპი და სახესხვაობა. მათი გავრცელება ემორჩილება ჰორიზონტალურ და ვერტიკალურ ზონალობას.

დასავლეთ საქართველოში პირველ ზონას ქმნის სუბტროპიკული, ეწერი (ჭაობისა და ალუვიური) ნიადაგები. რელიეფის ამაღლებასთან ერთად მას ცვლის ჯერ წითელმიწა და ყვითელმიწა, შემდეგ, მთა-ტყეთა ნიადაგების ზონაში - ტყის ყომრალი, ინტრაზონალური კორდიან-კარბონატული ნიადაგებით. სუბალპური და ალპური სარტყელისათვის დამახასიათებელია მთა-მდელოთა კორდიანი და კორდიან-ტორფიანი ნიადაგები.

აღმოსავლეთ საქართველოში სიმაღლის მიხედვით გამოიყოფა შემდეგი ნიადაგური ტიპები: რუხი, მურა, წაბლა, შავმიწა, რუხი-ყავისფერი, მდელოს ყავისფერი, ტყის ყავისფერი, ტყის ყომრალი და მთა-მდელოს კორდიანი. ველის ზონაში არის დამლაშებული და ბიცობიანი ნიადაგები.

სამხრეთ საქართველოში ზონალობა იწყება რუხ-ყავისფერი ნიადაგებით, რომლებიც სიმაღლის მიხედვით იცვლება ტყის ყავისფერი, ტყის ყომრალი, მთის შავმიწა და მთა-მდელოთა ნიადაგებით.

7.2. ნიადაგზე მოქმედი ბუნებრივი და ანთროპოგენური ფაქტორები

საქართველო მთაგორიანი ქვეყანაა, მიეკუთვნება მცირემიწიან ქვეყანათა რიცხვს. მთებს უჭირავს 54%, მთისწინებს - 33%, დაბლობს - 13%.

სამიწათმოქმედო ფონდი ყოველწლიურად მცირდება ბუნებრივი პროცესებისა და ადამიანის სამეურნეო საქმიანობის გამო. ნიადაგის ფონდი მცირდება ეროზიის, დაბინძურების, დამარილიანების, დაჭაობების პროცესების განვითარების გამო, აგრეთვე ნაგებობების, მშენებლობის, წყალსაცავებისათვის სასოფლო-სამეურნეო სავარგულების გამოყოფის შედეგად, როდესაც ხდება ტერიტორიის დატბორვა და ნიადაგის მოსპობა-განადგურება.

ნიადაგის ეროზია არის ბუნებრივი ძალებისა და ადამიანის ზეგავლენის შედეგად ნიადაგის დაშლის პროცესი. არსებობს წყლისმიერი, ქარისმიერი, ირიგაციული და ტექნიკური მიზეზებით გამოწვეული ნიადაგის ეროზია.

ნიადაგის გადარეცხვისაგან დასაცავად ეფექტური საშუალებაა ნათესი ბალახები და თავთავიანი კულტურები. ეროზიის პროცესს აჩქარებს ტყის გაჩეხვა, ამ დროს ზედაპირული ჩამონადენი იზრდება 2-3-ჯერ, რადგან წყალი წარიტაცებს ნიადაგის ნაწილაკებს. ღია ნიადაგის ზედაპირიდან წყლის აორთქლება მიმდინარეობს ინტენსიურად, რაც იწვევს მიკროორგანიზმების ცხოველმოქმედების დარღვევას.

ეროზიას აჩქარებს პირუტყვის არაზომიერი ძოვება, საქონლის მოძრაობის გზაზე ორმოების და ხრამების გაჩენა და ეროზიული პროცესების განვითარება.

მიწათმოქმედების არასწორი მეთოდებია ფერდობების გრძივი ხვნა და მონოკულტურების დანერგვა.

მონოკულტურები ვერ იცავს ნიადაგს მზის სხივებისაგან, ნიადაგი სწრაფად იფიტება და მკვებავი ნივთიერებების შესავსებად საჭირო ხდება ქიმიური სასუქების გამოყენება. შედეგად, ნიადაგი ხდება მწირი, კარგავს სტრუქტურას და ადვილად განიცდის წყლისმიერ და ქარისმიერ ეროზიას.

ნიადაგი ზიანდება აგრეთვე ტექნიკური საშუალებებით – ტრაქტორებით, კომბაინებით და მიწის დამამუშავებელი ტექნიკით. მანქანებით ნიადაგის დაბინძურება არის ნიადაგის ანთროპოგენული დეგრადაციის სახე, რომლის დროსაც ქიმიური ნივთიერებების შემცველობა, გამოწვეული ანთროპოგენური ზემოქმედებით, აღემატება ნიადაგში შემცველობის ბუნებრივ რეგიონალურ ფონურ დონეს.

სასოფლო-სამეურნეო დანიშნულების მიწებზე ჩატარებული სარწყავი და დასაშრობი ღონისძიებები ჩატარებული მნიშვნელოვნად ცვლის გარემოს. ეს ცვლილებები განსაკუთრებით იგრძნობა ჰუმიდურ, არიდულ და არასაკმარისი ტენიანობის ზონებში. ამ ზონებში მდებარეობს საქართველოს მელიორაციული მიწების დიდი უმრავლესობა.

სარწყავი მიწათმოქმედების დროს ნიადაგის დამლაშებას ადგილი აქვს საქართველოს აღმოსავლეთ ნაწილში - მდინარეების ალაზნის, იორის და მტკვრის შუამდინარეთში.

ნიადაგის დამლაშების პროცესი მიმდინარეობს ბუნებრივად და ხელოვნურად, რომელიც გამოწვეულია სასოფლო-სამეურნეო მასივების არასწორი მორწყვის გამო. ჰაერის მაღალი ტემპერატურის პირობებში, როდესაც მაღლა იწევს გრუნტის წყლების დონეები, მიმდინარეობს მათი ინტენსიური აორთქლება. გრუნტის წყლების აორთქლების შედეგად ნიადაგის ზედაპირზე რჩება მასში გახსნილი მარილები და ამგვარად, მიმდინარეობს მისი დამლაშების პროცესი.

ჩაკეტილი ტერიტორიის ტენის ცვალებადობის დახასიათების დროს შესაძლებელია გამოვყოთ მისი სამი სახესხვაობა: ა) პლანეტარული, ბ) ლოკალური და გ) აერაციის ზონა – მცენარეულობა - ატმოსფეროს მიწისპირა ზონა. ეს სამი სახესხვაობა ურთიერთქმედებს ერთმანეთთან სხვადასხვა კავშირებით.

სარწყავი ტერიტორიის ფარგლებში საგრძნობი ცვლილებები მიმდინარეობს ნიადაგის წყლის ბალანსში, ასევე ცვალებადია ტენის, მარილებისა და სითბოს ცირკულიაციის ინტენსივობა. მცენარეთა ფესვების გავრცელების ფენაში მცირდება ტემპერატურა და იზრდება ატმოსფეროს მიწისპირა ზონის ტენიანობა.

სასოფლო-სამეურნეო კულტურების მოსავლიანობის გაზრდის მიზნით მორწყვის შედეგად მატულობს აორთქლება და სარწყავი წყლის ფილტრაციული დანაკარგები, რაც იწვევს მიწების დაჭაობებისა და დამლაშების პროცესების განვითარებას. ამგვარი პროცესები განსაკუთრებით მწვავედ ვითარდება გრუნტის წყლების არაღრმად განლაგების პირობებში - იმ უბნებზე, რომლებიც წარმოადგენს ბუნებრივად არადრენირებულს, ან ინტენსიურად მცირედდრენირებულს. ასეთ უბნებზე უნდა გამოყენებულ იქნას მიწების მორწყვის დაწვიმების მეთოდი, ნიადაგქვეშა და წვეთოვანი მორწყვა. მორწყვის ამ ილეთების გამოყენება უზრუნველყოფს წყლის ეკონომიას ზედაპირულ ნაკადურ მორწყვასთან შედარებით.

მორწყვის უარყოფითი ზეგავლენა გარემოზე გამოიხატება ე.წ. „დაბრუნებული" წყლების (რომელთა მინერალიზაცია ბევრად მაღალია) რაოდენობის გაზრდით და მათი განმეორებით გამოყენებით მორწყვის დროს. ეს წყლები „გამდიდრებულია" ნიადაგიდან გამორეცხილი მარილებით, სასუქით, პესტიციდებით და მეცხოველეობის სადგომების ჩამდინარე წყლებით.

საქართველოს აღმოსავლეთ ნაწილში, შირაქისა და დილიჩას მასივების პერიფერიულ ნაწილებში, სადაც გავრცელებულია პროლუვიალურ-დელუვიალური ნალექები და მორწყვისათვის გამოიყენება დაბალმინერალიზებული, მტკნარი წყლები, 3,0 მ-ის სიღრმემდე გრუნტები ნაკლებად შეიცავს მარილებს. ნიადაგის დამარილიანება იზრდება ქვაბულის ცენტრისაკენ, სადაც გავრცელებულია მლაშე ნიადაგები.

სარწყავი მიწათმოქმედების რაიონებში იცვლება ბუნებრივი ლანდშაფტიც, გარკვეულწილად უარესდება გარემოს ეკოლოგიური მდგომარეობა, რადგან ახალ პირობებში ჩნდება ახალი მცენარეულობა, მათ შორის ჭარბობს სარეველები. რიგ შემთხვევებში - ტენისმოყვარული მცენარეები,

ე.წ. **„ფრეატოფიტები”**, რომლებიც გამოიყენებენ წყლის დიდ რაოდენობას, რის გამოც, უარესდება წყლის შედგენლობა და ხარისხი.

სარწყავი სისტემების ექსპლუატაციის დროს, გარდა მცენარეული საფარისა, იცვლება ფაუნის, ე.ი. ცხოველების, თევზებისა და ფრინველების ცხოვრების პირობები. ეს ცვლილებები გამოწვეულია ბუნებრივ მდგომარეობაში არსებული ტერიტორიების პერიოდული დატბორვისა და ნიადაგის ტენიანობის გაზრდის გამო. წყლის ნაკადულების ჰიდროქიმიური რეჟიმის შეცვლის შედეგად, რომლებიც წარმოადგენენ „დაბრუნებული” წყლების მიმღებებს, მათში არსებობის პრობლემები ექმნებათ საუკეთესო ჯიშის თევზებს, სამაგიეროდ უკეთესად გრძნობენ თავს ნაკლებად ძვირფასი ჯიშის თევზები.

გარდა ამისა, მორწყვის შედეგად წარმოშობილ დაჭაობებულ უბნებზე სწრაფად მრავლდება მწერები, რაც იწვევს მოსახლეობასა და ცხოველებში სხვადასხვა ინფექციური დაავადებების გავრცელებას.

რიგ შემთხვევებში, სარწყავ ტერიტორიებზე გავრცელებულია მონოკულტურები, მაგალითად, ხორბალი შირაქის ველზე, რაც ასევე ხელს უწყობს გარკვეული სახის მწერმავნებლების პოპულაციების გავრცელებას. ვითარების გამოსწორების მიზნით იყენებენ უფრო მეტ პესტიციდებს, რაც თავის მხრივ არღვევს ჩამოყალიბებულ ეკოსისტემებს.

მორწყვის შედეგად გარკვეულ დონემდე იზრდება სასოფლო-სამეურნეო კულტურების მოცულობა და ხარისხი, რის შემდეგ მცირდება მელიორაციული ღონისძიებებით გამოწვეული ეფექტურობა. ეს გარემოება აიხსნება რიგი ნეგატიური მოვლენების განვითარებით, რომლებიც დამახასიათებელია ამ პროცესისათვის.

არის შემთხვევები, როდესაც ერთ რეგიონში ჩატარებული საირიგაციო ღონისძიებები, იწვევს მარცვლეულის, ბოსტნეულის, ბალახის და სხვა კულტურების ფართობების შემცირებას მეზობელ არამელიორირებულ მიწებზე.

კოლხეთის დაბლობზე ტენიანი სუბტროპიკული ჰავის პირობებში განვითარებულია ჭაობები და დაჭაობებული მიწები, სადაც დიდი რაოდენობის ატმოსფერული ნალექები (საშუალოწლიური ნალექების რაოდენობა შეადგენს 1800

მმ), თითქმის თანაბრადაა განაწილებული წლის განმავლობაში.

გარდა ამისა, ხშირად ხდებოდა მდინარეული წყლებით დაბლობის დატბორვა, რომელიც შემცირდა მდინარეების (რიონი, ხობი, ენგური, ცივი და სხვ.) გასწვრივ ჯებირების მოწყობის შემდეგ. თუმცა, კატასტროფული ხასიათის დატბორვები ამჟამადაც ხდება.

მდინარეებზე ჯებირების მოწყობის შემდეგ მდინარეთაშორის ტერიტორიების ფარგლებში მკვეთრად შეიცვალა ეკოლოგიური მდგომარეობა: აღარ ხდება მდინარეული შლამის დალექვა, რომელიც ამაღლებდა მიწების ნაყოფიერებას და ზედაპირის ნიშნულებს. სამაგიეროდ, რელიეფში სულ უფრო მაღლდება მდინარეთა კალაპოტი. 70 წლის განმავლობაში კოლხეთის მდინარეების კალაპოტი მკვეთრად გამოისახა რელიეფში, ხოლო მდინარეთაშორის დაბლობები დარჩა მდინარეთა კალაპოტებთან შედარებით უფრო დაბალ ნიშნულებზე.

კატასტროფული ხასიათის დატბორვები მეორდება პერიოდულად, რომლებიც გამოწვეულია გაზაფხულზე თოვლის დნობით და კოკისპირული წვიმებით. ბოლო პერიოდში, ამგვარი დატბორვა მოხდა გასული საუკუნის 80-ან წლებში, როდესაც გარღვეულ იქნა მდინარეების რიონისა და ხობის ჯებირები და მთლიანად დაიტბორა კოლხეთის დაბლობის ცენტრალური ნაწილი.

ავტორის მიერ ჩატარებული რეჟიმული დაკვირვებების საფუძველზე დადგენილ იქნა, რომ კოლხეთის დაბლობის მდინარეთა კალაპოტების მაღალი ნიშნულების გამო, ხდება მდინარეული წყლებით გრუნტის წყლის ჰორიზონტის ინტენსიური კვება, რომელიც ვრცელდება მდინარიდან რამდენიმე ათეული მეტრის მანძილზე.

არანაკლები გავლენა აქვს ზღვას, რომელიც აძნელებს ზედაპირული და მიწისქვეშა წყლების განტვირთვას. ეს პროცესი გაძნელებულია მიწის ზედაპირის მცირე ქანობების გამოც. ასევე მნიშვნელოვანია მიწისქვეშა წყლების (გრუნტისა და არტეზიული წყლების) გავლენა დაჭაობების პროცესებში.

შავიზღვისპირა ზოლში ზღვის დიუნები უკეტავენ გზას ჭაობის პატარა ნაკადულებს, რის გამოც, ნაკადულები მიე-

დინება დიუნების გასწვრივ და ჩაედინება ზღვაში შედარებით დიდი მდინარეების საშუალებით. ამის გამო, ზღვისპირა ზოლის დიუნების გასწვრივ განლაგებულია პატარ-პატარა ტბები და მუდმივი ჭაობები. დროდადრო, წყლის მასის დაგროვებისა და მოცულობის გაზრდასთან ერთად ნაკადულები ერთდება, რის გამოც, ხდება დიუნების გარღვევა. ამ დროს წყლისაგან ერთიანად იცლება ტერიტორია და უმჯობესდება გარემოს მელიორაციული პირობები. შემდეგ, ზღვის ღელვის შედეგად, ისევ აღდგება დიუნების ზოლი და კვლავ იწყებს დაგროვებას ზედაპირული წყლები.

ზღვისპირა ზოლში ზედაპირული წყლების დარეგულირების მიზნით, 1980 წელს საქართველოს გეოლოგიური სამმართველოს ჰიდროგეოლოგიური ექსპედიციის მიერ, წინამდებარე ნაშრომის ავტორის ხელმძღვანელობით ჩატარებულ იქნა ექსპერიმენტი, რომლის იდეის ავტორი იყო ინჟინერი ზაურ მესხია.

ზღვაში ზედაპირული წყლების თავისუფალი განტვირთვის მიზნით, დიუნების ზოლში დამონტაჟებულ იქნა დიდი დიამეტრის მილი, რომელიც მარტივი მოწყობილობის საშუალებით უზრუნველყოფდა ჭაობის წყლების განტვირთვას ზღვაში და ხელს უშლიდა ზღვის წყლების მოხვედრას ჭაობში. ექსპერიმენტმა წარმატებით ჩაიარა, მაგრამ შემდგომ ზღვის დიდი შტორმის შედეგად მილმა შეიცვალა მდებარეობა, შემოტრიალდა დიუნის გასწვრივ და შეწყვიტა ფუნქციონირება (იხ. სურ. 21).

კოლხეთის დაბლობზე მელიორაციული სამუშაოები მიმდინარეობს XX საუკუნის 30-ნი წლებიდან. კოლხეთის ჭაობების დაშრობისა და ათვისების გენერალური გეგმა შედგენილ იქნა გასული საუკუნის 60-იან წლებში.

გენერალური გეგმის მიხედვით, მელიორაციული სამუშაოების დაგეგმვისას ძირითადი ყურადღება ექცეოდა დაბლობიდან ზედაპირული წყლების მოცილებას. ამ მიზნით გაყვანილ იქნა არხების მაგისტრალური და შიდა ქსელი. რელიეფის დაბალი ნიშნულების გამო, წყლის გადაქაჩვა ხდებოდა სატუმბი სადგურების საშუალებით.

მიუხედავად ჩატარებული სამუშაოებისა ეფექტი მნიშვნელოვანი არ იყო, რადგან პროექტით არ იყო გათვალისწინე-

ბული ჭაობებისა და დაჭაობებული მიწების მიწისქვეშა კვების ფაქტორი.

1967 წლიდან დაიწყო კოლხეთის დაბლობის გეგმაზომიერი, კომპლექსური ჰიდროგეოლოგიური და საინჟინრო გეოლოგიური შესწავლა, რის შედეგადაც შედგენილ იქნა კოლხეთის დაბლობის ჰიდროგეოლოგიური და საინჟინრო გეოლოგიური დარაიონების რუკა და თვითოეული მასივისათვის დამუშავებულ იქნა მელიორაციული ღონისძიებების კომპლექსი.

გამოკვლევის მასალები „საქწყალპროექტის" მიერ გამოყენებულ იქნა მელიორაციული პროექტების შესადგენად.

საქართველოში ბოლო წლებში განვითარებული პოლიტიკური მოვლენების გამო, მთლიანად ქვეყანაში და კოლხეთის დაბლობზეც შეფერხდა მელიორაციული სამუშაოები, რის გამოც, განვითარდა უკვე ათვისებული მასივების მეორადი დაჭაობების პროცესი.

სურ. 21. შავი ზღვის დიუნა ჭაობის მცენარეულობით; საცდელი მილი ჭაობის წყლების ზღვაში განტვირთვის ექსპერიმენტის ჩატარების შემდეგ (ავტორის ფოტო, 1980)

იმისათვის, რომ მიღწეულ იქნას დაჭაობებული მიწების დაშრობა და სასოფლო-სამეურნეო ათვისება, აუცილებელია წყლის ბალანსის მუდმივი კონტროლი, დაჭაობებაში მონაწილე ყველა ფაქტორის გათვალისწინება და მელიორაციული ღონისძიებების გეგმაზომიერი გატარება.

დაჭაობებულ მიწებზე მელიორაციული ღონისძიებების გატარების შემდგომ გარკვეულწილად მცირდება ამ მიწების მიერ წყლის აკუმულირების პირობები, რის გამოც, შესაძლებელია, რომ დაირღვეს მთელი ჭაობის სისტემის წონასწორობა. ამ დროს დაბლა იწევს გრუნტის წყლის დონეები და მცირდება აორთქლება, რომელიც დამოკიდებულია ნიადაგის ფენაზე და მცენარეთა სახეობებზე. მელიორაციული ღონისძიებების გატარების შედეგად მატულობს გრუნტის წყლის ნაკადი, რომელიც გაედინება დაჭაობებული მასივიდან, უმჯობესდება ნიადაგის წყლოვან-ფიზიკური და აერაციული პირობები, გახრწნის ანაერობული პროცესები იცვლება აერობულით, თანდათან უმჯობესდება ნიადაგის გრუნტების ფილტრაციული თვისებები და ტემპერატურული რეჟიმი. ჭარბი ტენის შემცირება ამაღლებს ნიადაგის შრის აერაციას და შესამჩნევად აუმჯობესებს ტერიტორიის სანიტარულ მდგომარეობას. იცვლება მიკროკლიმატიც, სავეგეტაციო პერიოდში მცირდება ტენიანობა და მაღლდება ატმოსფეროს მიწისპირა ტემპერატურა.

ამასთან ერთად, დასაშრობი სისტემები, განსაკუთრებით სადრენაჟო, მნიშვნელოვნად ზრდის საკვები ნივთიერებების გატანას წყალშემკრებებში. დრენაჟი არ აუარესებს ბუნებრივ პირობებს, მაგრამ წარმოადგენს დამაკავშირებელ სატრანსპორტო რგოლს დაბინძურების გავრცელების საქმეში შემდეგ სისტემაში: ატმოსფერო - ნიადაგი - წყალი. ამ გავლენის მასშტაბები დამოკიდებულია კლიმატურ პირობებზე, სადრენაჟო სისტემების პარამეტრებზე, ნიადაგის გრუნტების წყლოვან-ფიზიკურ თვისებებზე, სასუქების შეტანის სახეებზე, ნორმებზე, მათი შეტანის ვადებზე და ა.შ.

წყალმიმღებების სადრენაჟო ნაკადებით დაბინძურების შემცირება შესაძლებელია სადრენაჟო სისტემების გადაყვანით ნაწილობრივ ჩაკეტილ ციკლში.

ზემოთქმულიდან შეიძლება გამოვიტანოთ შემდეგი დასკვნები:

1. სასოფლო-სამეურნეო სავარგულების ფარგლებში ჩატარებული დასაშრობი და მოსარწყავი ღონისძიებების შედეგად მნიშვნელოვნად იცვლება ბუნებრივი გარემო.

2. მორწყვის დროს, განსაკუთრებით ზედაპირული მორწყვის პირობებში, მნიშვნელოვნად იზრდება ფილტრა-

ციული დანაკარგები, რაც იწვევს მიწების დაჭაობებისა და დამლაშების პროცესების განვითარებას.

3. ბუნებრივ გარემოზე მორწყვის უარყოფითი გავლენის ერთ-ერთ სახეს წარმოადგენს „დაბრუნებული" წყლების მოცულობებისა და მინერალიზაციის ზრდა.

4. ცვალებადი ტენიანობის ზონაში, დაშრობის ღონისძიებების ზეგავლენა ძირითადად დამოკიდებულია დაჭაობებული მასივების ბუნებრივ თავისებურებებზე და კვების პირობებზე.

5. დასაშრობი ღონისძიებები და დაშრობისა და მორწყვის პროცესების შეთავსება გავლენას ახდენს ჩამონადენის საშუალოწლიურ განაწილებაზე.

პრობლემის გადაწყვეტის მიზნით, კონკრეტული მელიორაციული მასივებისათვის აუცილებელია გათვალისწინებულ იქნას შემდეგი პირობები: კლიმატური, აორთქლებისა და ტრანსპირაციის სიდიდეები, აერაციის ზონის გრუნტების საინჟინრო გეოლოგიური თვისებები, გრუნტის წყლების, ტბებისა და ჭაობის წყლების დონეების განლაგება მელიორირებულ და არამელიორირებულ უბნებზე, არტეზიული ჰორიზონტის წყლების მონაწილეობა გრუნტის წყლებისა და ჭაობების კვებაში, მათი ზეგავლენის შემცირება და ა.შ.

7.3. შხამქიმიკატები და მათი გამოყენების შედეგად გამოწვეული ნიადაგის დაბინძურება

ადამიანმა შექმნა და გამოიყენა მცენარეთა და ცხოველთა დაცვის ქიმიური საშუალებები - პესტიციდები (შხამქიმიკატები). პესტიციდები სხვადასხვა სახის ქიმიური ნაერთებია, რომელთაც გააჩნიათ უნარი არჩევით მოსპონ სხვადასხვა მწერები, სარეველა ბალახები და სხვა მავნებლები.

ტოქსიკურობის სიდიდის მიხედვით შხამქიმიკატებს ყოფენ: ძლიერმოქმედ მაღალტოქსიკურ, საშუალოტოქსიკურ და მცირეტოქსიკურ ნივთიერებებად.

პესტიციდების გამოყენების დროს შესაძლებელია არა მარტო მწერების, მცენარეებისა და მიკრობების, არამედ თბილსისხლიანი ცხოველების დაღუპვაც. ზოგიერთი მდგრადი ქიმიური ნივთიერება, ძირითადად ქლორორგანული ნაე-

რთები, შედის რა ადამიანის ორგანიზმში იწვევს ქრონიკულ მოწამვლას.

პესტიციდების უდიდესი ნაწილი სხვადასხვა მიკროორგანიზმების გავლენით წარმოქმნის დაშლის უმარტივეს პროდუქტებს, მაგრამ ქლორორგანული პესტიციდი საკმაოდ მდგრადია და მისი კონცენტრაცია ნიადაგში არსებითად უცვლელია რამდენიმე წლის განმავლობაში. ასეთ პრეპარატებს მიეკუთვნება ჰექსაქლორი, ციკლოჰექსანი და ჰექსაქლორციკლოპენტადიენისაგან მიღებული დიენური სინთეზის პრეპარატები.

პესტიციდები იყოფა შემდეგ კატეგორიებად:

- **ინსექტიციდები**, რომლებიც გამოიყენება მავნე მწერების მოსასპობად და იყოფა 3 ჯგუფად: მინერალური ნივთიერებები, მცენარეული წარმოშობის ინსექტიციდები და ორგანული, სინთეზირებული ნივთიერებები, რომლებსაც ამ ბოლო დროს უფრო ხშირად იყენებენ;

- **ფუნგიციდები**, რომლებიც გამოიყენება ფიტოპათოგენური სოკოების წინააღმდეგ, მათგან ყველაზე ძველია - სპილენძის მარილები, გოგირდი და მისი მინერალური ნაერთები, შემდეგ გამოიყენეს ვერცხლისწყალორგანული ფუნგიციდები;

- **ჰერბიციდები**, რომლებიც სპობენ სარეველებს;

- **როდენტიციდები**, რომლებიც გამოიყენება მღრღნელების წინააღმდეგ;

- **ჰემატოციდები**, რომლებიც გამოიყენება ნემატოდის კლასის მატლების წინააღმდეგ.

ვერცხლისწყლისშემცველი ნაერთებით ბიოსფეროს დაბინძურების წყაროებია სამრეწველო ნარჩენები და ვერცხლისწყლის ფუნგიციდები, რომლებიც აბინძურებენ ნიადაგს, წყალსა და ჰაერს.

შხამქიმიკატების ზღვრულად დასაშვები ნაშთები კვების პროდუქტებში საშიში არ არის. ნორმატივად აღებულია რაოდენობა, რომელიც მთელი სიცოცხლის განმავლობაში არავითარ ზიანს არ მიაყენებს ადამიანის ჯანმრთელობას.

პესტიციდების გამოყენებას დადებით ზემოქმედებასთან ერთად ახასიათებს უარყოფითი მოვლენებიც, მათ შორის აღსანიშნავია ბიოლოგიური წონასწორობის დარღვევა და მათი მაღალი ტოქსიკურობა. პესტიციდები კლავენ არა მარ-

ტო მწერ-ენტომოფაგებს, არამედ მცენარეთა დამამტვრიანებლებსაც. ამ ბოლო დროს გამოჩნდა ისეთი ინდივიდები, რომლებზეც არ მოქმედებს პესტიციდები. მათ მიეკუთვნებათ ბუზებისა და კოღოების ზოგიერთი სახეობები, რომელთა რაოდენობა 200-ზე მეტია. ამ შემთხვევაში ზრდიან პესტიციდების დოზებსა და მცენარეთა დამუშავების რიცხვს, რაც იწვევს პესტიციდების კონცენტრაციის ზრდას ნიადაგსა და მცენარეებში.

ყოველივე ამის გამო, სოფლის მეურნეობაში სულ უფრო ფართოდ დაიწყეს მცენარეთა მავნებლებთან ბრძოლის ბიოლოგიური საშუალებების გამოყენება. მცენარეთა ბიოლოგიური დაცვის გამოყენების დროს იღუპებიან მხოლოდ მავნებლები, ამ დროს არ ზიანდება დანარჩენი ცოცხალი ორგანიზმები და არ ბინძურდება გარემო.

უპირატესად გამოიყენება ნაერთები, რომლებიც სწრაფად იშლება გარემოში, წარმოქმნის არატოქსიკურ მეტაბოლებს და არ გროვდება ცხოველთა ცხიმებში.

7.4. სასუქები და მათი გამოყენების შედეგად გამოწვეული ნიადაგის დაბინძურება

გარემოს დაბინძურება დაკავშირებულია მინერალური სასუქების წარმოებასა და გამოყენებასთან, თუმცა, აქვე უნდა აღინიშნოს, რომ დაშვებული დოზებით მათი გამოყენება 50%-ით ზრდის სასოფლო-სამეურნეო კულტურების მოსავლიანობას.

ნიადაგში ძირითადად შეაქვთ აზოტის, ფოსფორისა და კალიუმის შემცველი სასუქები. მათ გარდა საჭიროა გოგირდი, კალციუმი, მაგნიუმი, თუთია, სპილენძი, მოლიბდენი, ბორი და სხვ.

ნიადაგში სასუქების მცირე დოზით შეტანა არსებითად არ ცვლის საკვები ნივთიერებების მარაგსა და თვით ნიადაგის თვისებებს, მაგრამ სასუქების მაღალი დოზით სისტემატურად და ნიადაგის მჟავიანობის გაუთვალისწინებლად გამოყენებამ შეიძლება სერიოზული დარღვევები გამოიწვიოს საკვები ნივთიერებების ბიოგეოქიმიურ ციკლსა და ბუნებრივ გარემოში.

ნიადაგის მაღალი მარილშემცველობა გამოწვეული დამლაშებითა და მინერალური მარილების დოზის გაზრდით უარყოფითად მოქმედებს თითქმის ყველა სახის მცენარეზე. ჭარბი დოზის შემთხვევაში მინერალური ნივთიერებების ტოქსიკური გავლენა მცენარეებზე მნიშვნელოვანია.

ნიტრატული აზოტის და ფოსფატების დიდი მოძრაობის გამო, ბიოსფეროსათვის ყველაზე სახიფათოა აზოტოვანი სასუქები, რომლებიც ხვდება წყალსატევებში და გრუნტის წყლებში. წყალსატევების აზოტით გამდიდრება იწვევს წყალმცენარეების ინტენსიურ ზრდას, რომლებიც დაღუპვის შემდეგ იშლება ბაქტერიების მეშვეობით და იწვევს თევზებისა და სხვა ცხოველების დაღუპვას, რაც ჟანგბადის დეფიციტთან არის დაკავშირებული. ამ პროცესმა მიიღო **ევტროფიკაციის** სახელწოდება. მეორე პრობლემაა ნიტრატებისაგან მაღალტოქსიკური ნიტრიტების წარმოქმნა. ისინი ბავშვებში იწვევენ სისხლის მძიმე დაავადებებს.

როგორც წესი, სასუქები გამოიყენება გაუწმენდავი სახით, რადგან მათი გაწმენდა დაკავშირებულია დამატებით ხარჯებთან. ამის გამო, ნიადაგში ხვდება ტოქსიკური ნივთიერებები. ამგვარ სასუქებს მიეკუთვნება სუპერფოსფატები, რომლებიც შეიცავს დარიშხანს, კადმიუმს, ქრომს, კობალტსა და სპილენძს. გარდა ამისა, მინდვრები მუშავდება პესტიციდებით - სპილენძის მარილებითა და ტყვიის არსენატით, რომლებიც ასევე აბინძურებს ნიადაგს.

გარდა წყლის დაბინძურებისა, ნიტრატებისა და ფოსფატების ზედმეტი რაოდენობით მოხმარება, აუარესებს საკვები პროდუქტების ხარისხს და არღვევს აგროეკოსისტემას.

სასუქის შეტანის პარალელურად საჭიროა ჰუმუსის დაბრუნება ნიადაგში, რაც პრაქტიკულად არ ხდება. ჰუმუსის ნაკლებობის გამო, ირღვევა ნიადაგის სტრუქტურა. მაგალითად, მარცვლეული კულტურის აღების შემდეგ, ნამჯას წვავენ იმის მაგივრად, რომ დამარხონ ნიადაგში. შედეგად, ირღვევა აგრო-ტყე-საძოვრის წონასწორობა.

სასუქების გამოყენების გამო, ირღვევა აზოტის ბუნებრივი წრებრუნვა და აქედან გამომდინარე, ნიადაგის ბიოგეოქიმიურ წრებრუნვაში მიმდინარეობს სერიოზული ცვლილებები. აზოტის ბუნებრივი წრებრუნვის დარღვევა განსაკუთრებით უარყოფითად მოქმედებს წყლის გარემოზე.

ფოსფორი ქმნის ქიმიურ ნაერთებს კალციუმთან, ალუმინთან და რკინასთან, რომლებიც დიდ რაოდენობითაა ნიადაგში. ამის გამო, მისი დიდი ნაწილი რჩება ნიადაგში, მაგრამ ფოსფორის გარკვეული ნაწილი წარიტაცება წყლის საშუალებითაც, რომელიც შემდგომში ხვდება გრუნტის წყლებში და იწვევს მის დაბინძურებას.

7.5. ნიადაგის რეკულტივაცია

ბიოსფეროს დაბინძურების ყველაზე მძლავრი წყაროებია: ავტომანქანების გამონაბოლქვი და მრეწველობის სხვა დარგების ნარჩენები. ატმოსფეროს გარდა, სამრეწველო ნარჩენები არღვევს ჰიდროგეოლოგიურ რეჟიმს, ვინაიდან წყალში ხსნადი ნივთიერებები აღწევს გრუნტის წყლებში და ცვლის მათ მჟავიანობას, მინერალიზაციას და ა.შ.

უარყოფითი ზეგავლენის თავიდან აცილების მიზნით, საწარმოები ვალდებულნი არიან, ეკოლოგიურად დარღვეული უბნები თავიანთ ხარჯზე და გარკვეულ ვადებში მოიყვანონ სოფლის მეურნეების, სატყეო ან თევზის მეურნეობისათვის ვარგის მდგომარეობაში.

მიწების რეკულტივაცია გულისხმობს, როგორც მრეწველობის მიერ დარღვეული მიწების აღდგენისა და პროდუქტიულობის ამაღლებისაკენ მიმართულ ღონისძიებათა კომპლექსს, ასევე, მათ სხვადასხვა სახის სამეურნეო გამოყენებაში დაბრუნებას. მიწების რეკულტივაციის მიზანია დარღვეული ბუნებრივი კომპლექსების კულტურულ ლანდშაფტებად გადაქცევა, დარღვევის ადგილზე უფრო პროდუქტიული და რაციონალურად მოწყობილი ლანდშაფტების შექმნა, რომლებიც შეესაბამება მომავლის ყველა მოთხოვნას.

ტერიტორიის აღდგენა ხორციელდება რამდენიმე მიმართულებით: სასოფლო-სამეურნეო გამოყენებისათვის (მიწათმოქმედება, მებაღეობა), ტყის ნარგავების, წყალსატევების, საცხოვრებელი და კაპიტალური მშენებლობისათვის.

რეკულტივაცია იყოფა ორ ეტაპად: სამთო-ტექნიკური და ბიოლოგიური. სამთო-ტექნიკური ეტაპი მოიცავს ტერიტორიის მომზადებას - ნაყარების დაგეგმვას, ნაყოფიერი გრუნტების დაყრას, მისასვლელი გზების შექმნას და ა.შ. ბიოლოგიური ეტაპი ითვალისწინებს დარღვეულ მიწებზე მერქნია-

ნი ჯიშების დარგვას ან სასოფლო-სამეურნეო კულტურების აღდგენას.

შავი მეტალურგიის საწარმოებში დარღვეული მიწების ყველაზე დიდი რაოდენობა წარმოიქმნება ნიადაგის გადასახსნელი სამუშაოებისა და ნარჩენების დასაწყობების დროს. ნაყოფიერების აღსადგენ ნაყარებზე აუცილებელია 5-10 წლის განმავლობაში ითესებოდეს ბალახი და შეტანილ იქნას ორგანული და მინერალური სასუქები.

ქვანახშირის მრეწველობის საწარმოებში აღდგენილ მიწებს ძირითადად იყენებენ ტყის ნარგავებისათვის.

ენერგეტიკულ საწარმოებში ნიადაგის ძირითადი დამაბინძურებელია ნაცარსაყრელები. ნიადაგის ზედაპირული ფენა იხსნება იმდენად, რომ თავიდან ავიცილოთ ნაყარებიდან გრუნტის წყლებში გატუტიანების პროდუქტების ინფილტრაცია. დაბინძურებული წყლების მოსაცილებლად შენობების საძირკველის ქვეშ აწყობენ სადრენაჟო სისტემას, ხოლო ნაყარის მთელ ფართობზე აწყობენ წიდის გამფილტრავ ფენას. საცავის ამოვსების შემდეგ მის ზედაპირს ფარავენ ნიადაგის ფენით, რომელზეც ირგვება მცენარეულობა.

სარეკულტივაციო სამუშაოები ტარდება სამთომომპოვებელი მრეწველობის საწარმოებშიც. ქიმიური მრეწველობის საწარმოებში ყველაზე მეტ ფართობს იკავებს გოგირდმჟავას სასუქებისა და სოდის წარმოება, რომელთა ნარჩენები ინახება საცავებში.

ნარჩენების დამარხვა წარმოადგენს ქვეყნებს შორის ურთიერთობის დაძაბვის მიზეზს. დღეს, პლანეტის თვითოეულ მობინადრეზე მოიპოვებენ 20 ტ/წწ ნედლეულს, რომელიც მზა პროდუქციად გადამუშავდება 800 ტონა წყლისა და 2500 ვატი სიმძლავრეების დახმარებით. საბოლოო პროდუქტების გამოსავალი შეადგენს ნედლეულის მთლიანი მასის მხოლოდ 2%-ს.

განვითარებული კაპიტალისტური ქვეყნები ცდილობენ თავიდან მოიშორონ სხვადასხვა ნარჩენები, რის გამოც, ისინი ზეგავლენას ახდენენ განვითარებადი ქვეყნების მთავრობებზე, რომ გარკვეული საფასურის გადახდის შემდეგ მოახდინონ ნარჩენების უტილიზაცია ამ ქვეყნების ტერიტორიაზე.

თავი 8

სამრეწველო ეკოლოგია

8.1. სამრეწველო საწარმოების გავლენა ეკოლოგიაზე

თანამედროვე საზოგადოებაში ძალზე დიდია სამრეწველო ეკოლოგიის მნიშვნელობა, რომლის საშუალებითაც შესაძლებლობა იქმნება შეფასდეს გარემოზე მრეწველობის მხრიდან მავნე ზემოქმედების ხარისხი. ეს კი იმის წინაპირობაა, რომ შევქმნათ და განვავითაროთ გარემოს დაცვის საინჟინრო-ტექნიკური საშუალებები, ჩაკეტილი, უნარჩენო და მცირენარჩენიანი საწარმოები. ამასთან დაკავშირებით, გარემოს დაცვის საქმეში დიდი როლი ენიჭება მრეწველობაში მომუშავე სპეციალისტების ეკოლოგიური ცოდნის ამაღლებას.

ბიოსფერო წარმოადგენს გაწონასწორებულ სისტემას, რომელშიც ენერგიისა და ნივთიერებათა ცვლის პროცესები უპირატესად მიმდინარეობს ორგანიზმების ცხოველმყოფელობის ხარჯზე. მრეწველობის, ენერგეტიკისა და ტრანსპორტის განვითარების პარალელურად ინტენსიურად იზრდება ბიოსფეროს ანთროპოგენური დაბინძურება, რომლის მასშტაბები დღეს უკვე მივიდა ეკოლოგიური კრიზისის ზღვრამდე. დაბინძურების პროცესი შეეხო არა მარტო ატმოსფეროს, არამედ ჰიდროსფეროს, ნიადაგის ფენასა და მთლიანად ლანდშაფტს. ეს პროცესები განუხრელად იზრდება დედამიწის მოსახლეობის რაოდენობის გაზრდისა და ურბანიზაციის პროცესების განვითარების გამო.

ატმოსფეროს დაბინძურება ხდება სამრეწველო ნარჩენებით, რომლებიც შეიცავს გოგირდის, აზოტის, ნახშირბადის და ნახშირწყალბადების ოქსიდებსა და მტვრის ნაწილაკებს. წყალსატევებსა და მდინარეებში ხვდება ნავთობი და მისი ნარჩენები, მინერალური და ორგანული წარმოშობის ნაერთები, ნიადაგში - წიდები, ნაცარი, საწარმოო ნარჩენები, მჟავეები, მძიმე ლითონების შენაერთები და ა.შ.

საწარმოთა მიერ გაფრქვეული ნარჩენების რაოდენობა იმდენად გაიზარდა, რომ დედამიწის გარკვეულ უბნებში

მათმა რაოდენობამ დიდი ხანია გადააჭარბა ზღვრულ სანიტარულ ნორმებს. ეს მდგომარეობა განსაკუთრებით საგრძნობია ქალაქის მოსახლეობისათვის, რომლის გარკვეული ნაწილი დასნეულებულია ქრონიკული ბრონქიტით, ასთმით, ალერგიით, იშემიური და კიბოს დაავადებებით. ადამიანებზე მოქმედებს ასევე ხმაური, ვიბრაცია, ინფრაბგერა, ელექტრომაგნიტური ველი და სხვადასხვა (ულტრაიისფერი, ინფრაწითელი, იონიზირებული) გამოსხივება.

ზემოთჩამოთვლილ ფაქტორებს ადამიანის ჯანმრთელობაზე და საქმიანობაზე აქვთ როგორც პირდაპირი, ასევე ირიბი, სწრაფი და თანდათანობითი ზემოქმედების უნარი.

ეკოლოგიური პრობლემების მოგვარება შესაძლებელია მხოლოდ საზოგადოებისა და ბუნების ოპტიმალური ურთიერთქმედების გზით, რომელიც ხელს შეუწყობს ერთის მხრივ, საზოგადოების განვითარებას და მეორეს მხრივ, ბუნების დაცვისა და აღდგენითი ძალების შენარჩუნებას.

8.2. უნარჩენო და მცირენარჩენიანი საწარმოო პროცესები

უნარჩენო და მცირენარჩენიანი საწარმოო პროცესების გამოყენება წარმოადგენს სამრეწველო საწარმოებისაგან გარემოს დაცვის პრობლემის რადიკალურ საშუალებას. გამწმენდი ნაგებობები სრულად ვერ უზრუნველყოფს ტოქსიკური ნარჩენების ლოკალიზაციას, ხოლო უფრო სრულყოფილი სისტემების გამოყენება დაკავშირებულია დიდ დანახარჯებთან.

უნარჩენო ტექნოლოგიის ან წარმოების ტერმინის ქვეშ იგულისხმება არა მარტო გარკვეული პროდუქციის წარმოების ტექნოლოგია, არამედ, მთლიანად წარმოების პრინციპისა და ფუნქციონირების ორგანიზაცია, რომლის დროსაც ჩაკეტილ ციკლში ხდება ნედლეულის ყველა კომპონენტისა და ენერგიის რაციონალური გამოყენება (პირველადი ნედლეულის რესურსები-წარმოება-მოხმარება-მეორადი ნედლეულის რესურსები), ე.ი. ამ შემთხვევაში არ ირღვევა ბიოსფეროში ჩამოყალიბებული ეკოლოგიური წონასწორობა.

მცირენარჩენიანი ტექნოლოგიები წარმოადგენს შუალედურ საფეხურს უნარჩენო ტექნოლოგიის წარმოების შექმ-

ნის გზაზე. ამ შემთხვევაში არ ირღვევა დადგენილი სანიტარული ნორმები, მაგრამ ნარჩენები მაინც წარმოიქმნება, რომელთა დამარხვა და უტილიზაცია აუცილებლობას წარმოადგენს და დაკავშირებულია დამატებით ხარჯებთან.

უნარჩენო ტექნოლოგიის განვითარების ძირითადი მიმართულებებია:

- აირების გაწმენდის ისეთი სისტემების შექმნა, რომლებიც იქნება ეფექტური და შეიცავს აირბრუნვის ციკლებს;
- ჩამდინარე წყლების გაწმენდის მიზნით უნარჩენო სქემებისა და წყალბრუნვის სისტემების შემუშავება;
- საწარმოო ნარჩენების გადამუშავებისა და გამოყენების სისტემების შექმნა;
- ნედლეულისა და ნარჩენების ჩაკეტილი სისტემით ტერიტორიულ-სამრეწველო კომპლექსების შექმნა.

უნარჩენო ტექნოლოგიის უპირატესობაა:

- ჩამდინარე წყლების ადგილზე გასუფთავება და საწარმოო ციკლში ხელახალი ჩართვა;
- სუფთა წყლის დაზოგვა მისი მრავალჯერადი გამოყენების საშუალებით;
- ატმოსფეროში მავნე ნივთიერებების გამოყოფის შემცირება ან შეწყვეტა.

ნედლეულის კომპლექსური გამოყენების პრობლემას დიდი მნიშვნელობა აქვს როგორც ეკოლოგიური, ასევე ეკონომიკური თვალსაზრისითაც. მაგალითად, ქიმიურ მრეწველობაში პროდუქციის თვითღირებულების 60-70% მოდის ნედლეულზე, რომელთა სრულად გამოყენებას უდიდესი მნიშვნელობა ენიჭება როგორც ეკონომიკური, ასევე ეკოლოგიური თვალსაზრისით.

სამრეწველო დანაკარგები იწყება ჯერ კიდევ საბადოდან ნედლეულის მოპოვებისას და შეადგენს: რკინის მადნისათვის - 8-14%, ნახშირის მიწისქვეშა მოპოვებისას - 20%, ნავთობისათვის - 55%, ფერადი მეტალებისათვის - 15-30%, კალიუმის მარილებისათვის - 50%.

საბადოს კომპლექსური ათვისება ითვალისწინებს ნედლეულის ყველა კომპონენტის გამოყენებას. ბუნებაში იშვიათად გვხვდება საბადო ერთი სასარგებლო წიაღისეულით. ძირითად კომპონენტთან ერთად მოიპოვებენ რამდენიმე თანმხლებ კომპონენტს. დანარჩენი მიდის ე.წ. „ფუჭ ქანებზე",

რომელთაც უჭირავს დიდი ფართობები, ხოლო მათი შენახვა და უტილიზაცია დაკავშირებულია დიდ დანახარჯებთან.

მყარი ნარჩენები დამახასიათებელია პროდუქციის მიღების სტადიისთვისაც, რომელთა მოსაცილებლად გაწეული ხარჯი შეადგენს ძირითადი პროდუქტის ღირებულების 8-დან 30%.

საწარმოებში მყარი ნარჩენების გადამუშავებისას გამოიყენება შემდეგი მეთოდები:

- მექანიკური (დაფქვა, დახარისხება, შერევა, გრანულირება);
- ჰიდრომექანიკური (დალექვა, გაფილტვრა, ცენტრფუგირება);
- მასაგაცვლა (ექსტრაქცია, გაშრობა, კრისტალიზაცია);
- ქიმიური.

ორგანული პროდუქციის დამამზადებელ საწარმოთა ნარჩენებიდან მწვავედ დგას მოხმარების ნარჩენების შეგროვების და გადამუშავების საკითხი. რეზინის წარმოების ნარჩენების გადამუშავება ხორციელდება 50%-ით. გაცვეთილი რეზინის ნაწარმისაგან ღებულობენ რეგენერატს, რომელიც წარმოადგენს მრავალი რეზინ-ტექნიკური ნაკეთობის ნედლეულს.

სერიოზულ პრობლემას წარმოადგენს ნავთობგადამამუშავებელი და ნავთობქიმიური საწარმოების შლამშემკრებლებში დალექილი ნავთობის შლამი. არსებობს მათი გადამუშავების აირადი და ორთქლაირადი მეთოდები ან დაწვა ენერგიის მისაღებად.

მეტალურგიულ საწარმოებში 1 ტონა ფოლადზე მოდის 0,4 ტონა ნარჩენი. შავი მეტალურგიის საწარმოებში მიიღება ბრძმედული და ფოლადსადნობი წიდა. ბრძმედული წიდისაგან ღებულობენ წიდურ პემზას და წიდურ ბამბას.

თბოელექტროსადგურის ნარჩენები შეიძლება გამოდგეს საშენი მასალების დასამზადებლად, აგრეთვე ტიტანის, გერმანიუმის, გალიუმის, რკინის, ალუმინის ნაერთების, გოგირდის და სხვ. მისაღებად. უნდა აღინიშნოს, რომ ამ ტიპის ნარჩენების მხოლოდ 13-15% გამოიყენება.

სამთომოპოვებითი საწარმოებიდან სასარგებლო წიაღისეული შეადგენს მთელი მოპოვებული მასის 20%-ს, დანარჩენი – ნაყარია. ნარჩენები ფარავს მიწებს, აბინძურებს წყა-

ლს, ატმოსფეროს, არღვევს გარემოში ჩამოყალიბებულ ეკოლოგიურ კანონზომიერებებს.

ხე-ტყის დამუშავებისას დიდი მნიშვნელობა ენიჭება მის კომპლექსურ გადამუშავებას, რომელიც ითვალისწინებს ხის ყველა ნაწილის - ღეროს, ქერქის, ტოტების, ფოთლების, ფესვების, კუნძის დამუშავებას. ხე-ტყის ნარჩენებიდან ღებულობენ ქაღალდს, მუყაოს, მთრიმლავ და სამკურნალო ნივთიერებებს, ქაფურს და სხვ. დიდი მნიშვნელობა ენიჭება გამოყენებული მოხმარების საგნების (ქაღალდი, ტარა და ა.შ.) მეორად გადამუშავებას.

ქიმიური და სხვა საწარმოთა რადიაქტიური და მომწამვლელი ნარჩენების უტილიზაცია ხდება სპეციალურ საცავებში ჩამარხვის გზით. საშიში მყარი ნარჩენების უტილიზაციას უყენებენ შემდეგ მოთხოვნებს: ნარჩენების წყაროდან მცირე დაცილება, ხსნარგაუმტარი ეკრანების მოწყობა მიწისქვეშა წყლების გაჭუჭყიანებისაგან დასაცავად და დრენაჟებისა და რეზერვუარების მოწყობა მავნე შემცველობის ხსნარების მოსაცილებლად.

მსხვილ ქალაქებში პრობლემას წარმოადგენს კომუნალური ნარჩენების გატანა და გაუვნებლება. სანიტარული მნიშვნელობის გარდა, კომუნალური ნარჩენების გადამუშავება ზრდის ნედლეულის რესურსებსაც.

დღეისათვის არსებობს საყოფაცხოვრებო ნარჩენების გადამუშავების შემდეგი მეთოდები:

1) კომპოსტირების; თუ იგი შეიცავს 20%-დე საკვების ნარჩენს; ბიოლოგიური გადამუშავება კომპოსტისა და ბიოსათბობის მისაღებად ხდება თვითაალების ხარჯზე, რაც ხორციელდება მეზოფილური და თერმოფილური მიკროორგანიზმებით ანაერობულ პირობებში;

2) დაწვის; ნარჩენების დაწვას მიმართავენ, თუ მასში დიდი რაოდენობითაა ქაღალდი; წვა ხორციელდება ღუმელებში 800-1000^{0}C-ზე, რომლებიც აღჭურვილია აირების გამწმენდი და სითბოს რეკუპერაციის სისტემებით;

3) ჩამარხვის, რომელიც გამოიყენება განსაკუთრებით საზიანო ნარჩენების მოსაცილებლად;

4) ნაყარი პოლიგონი ამჟამად ყველაზე გავრცელებული მეთოდია; ნაყარზე ნაგვის დაშლა და ლპობა ნელა მიმდინარეობს: 15-20 წლის შემდეგ ნაყარი ლპება 3,0 მ სიღრმეზე.

ნაყარის გრუნტზე დაყრა არ შეიძლება, უნდა მოეწყოს წყალშეუღწეველი საძირკველი და ფილტრატის გასაყვანი მოწყობილობა.

თხევადი ნარჩენების ლიკვიდაციის მეთოდებია:

1) წყალბრუნვის შეკრული სქემების შექმნა გაწმენდის მეთოდებთან შეხამებით და

2) წყლის ხარჯის ნორმების შემცირება ტექნოლოგიური ოპერაციებისა და მოწყობილობათა სრულყოფის გზით.

ზოგიერთ დარგში გამოყენებული ჩაკეტილწყალბრუნვიანი ციკლების მქონე უჩანადენო ტექნოლოგიური სქემები უნარჩენო წარმოების სახესხვაობებია. მათში ცდილობენ ჩამდინარე წყლების გასაწმენდად შექმნან ლოკალური მოწყობილობები იმ დონეზე, რომ შესაძლებელი გახდეს მათი ხელახალი გამოყენება.

არსებობს წყალბრუნვის შემდეგი ტიპები:

1. წყალი – გამაცივებელ აგრეგატში, სადაც იგი არ ჭუჭყიანდება და ისევ უბრუნდება ციკლს გაცივების შემდეგ.

2. წყალი – ჭუჭყიანდება ტექნოლოგიურ პროცესში ქიმიური ნივთიერებებით და გასუფთავების შემდეგ უბრუნდება ციკლს.

3. წყალი გამოყენების პროცესში ცხელდება და ჭუჭყიანდება, ხოლო ციკლს უბრუნდება გაცივებისა და გასუფთავების შემდეგ.

სამრეწველო გამონაბოლქვით ატმოსფეროს გაჭუჭყიანებასთან ბრძოლის მიღებული მეთოდია აირების გაწმენდის მოწყობილობები, მაგრამ მათი ღირებულება მაღალია, ხოლო ეფექტიანობა არც თუ დიდი.

ატმოსფეროს დაცვის ყველაზე ეფექტური მეთოდებია:

1. აირული გამონაბოლქვის შემცირება ტექნოლოგიის შეცვლით, აპარატული პროცესის სრულყოფით, ნედლეულის შერჩევით, მოწყობილობათა ჰერმეტიზაციით, გარეგანი გათბობის სისტემის მოწყობით და ა.შ.

2. ტექნოლოგიური პროცესების შექმნა აირთა რეკულტივაციით.

უნარჩენო ტექნოლოგიების დანერგვა რთული და დიდ დანახარჯებთან დაკავშირებული პროცესია. ყველა უნარჩენო საწარმო არ იქნება ეკონომიკურად ეფექტური, ამიტომ

უნარჩენო ტექნოლოგიის ეფექტიანობის მეთოდიკის შედგენისას აუცილებელია ეკოლოგიური ფაქტორის გათვალისწინება [9].

8.3. სამრეწველო ნარჩენები, მყარი ნარჩენების გადამუშავება და სამრეწველო ობიექტის გავლენის შეფასება გარემოზე

წარმოების პროცესში წარმოიქმნება ნარჩენების დიდი რაოდენობა, რომლებიც გადამუშავების შემდეგ შესაძლებელია კვლავ იქნას გამოყენებული ნედლეულად.

მრეწველობის ნარჩენების ყველა სახეები იყოფა **მყარ და თხევად** ნარჩენებად.

მყარს მიეკუთვნება: მეტალის, ხის, პლასტმასისა და სხვა მასალების ნარჩენები, გამწმენდი ნაგებობების საშუალებით გამოყოფილი მინერალური და ორგანული წარმოშობის მტვერი და სამრეწველო ნაგავი: რეზინის, ქაღალდის, ქსოვილის, ქვიშის, წიდისა და სხვათა სახით.

თხევადს მიეკუთვნება: ჩამდინარე წყლების ნალექი გადამუშავების შემდეგ და გაზის სველი გაწმენდის სისტემებში არსებული მინერალური და ორგანული წარმოშობის მტვერის ლამი.

წარმოების მყარი ნარჩენების მთლიან მოცულობაში დიდი ნაწილი უკავია ლითონურ ნარჩენებს. ლითონის მეორადი რესურსები შედგება ჯართისაგან (43%) და ნაცრენებისაგან (57%).

ჯართს მიეკუთვნება ლითონისა და მისი შენადნობების დეტალები და ნაკეთობანი, ნარჩენებს - ყველა სტადიის სამრეწველო ნარჩენები, რომლებიც შეიცავს ლითონს ან მის გარკვეულ ნაწილს და რომელთა გამოყოფა შესაძლებელია დნობის პროცესით ან მექანიკური გზით. მაგალითად, შავ მეტალურგიაში 1 ტონა ფოლადის გამოდნობის დროს ღებულობენ 650 კგ ჯართსა და ნარჩენებს, აქედან გამომდინარე, ლითონის ჯართისა და ნარჩენების გამოყენებას დიდი მნიშვნელობა ენიჭება.

მყარი ნარჩენების გადამუშავება მიზანშეწონილია მოხდეს ამ ნარჩენების წარმოშობის ადგილზე, რადგან ეს გამორიცხავს ზედმეტ სატრანსპორტო ხარჯებს.

ლითონის ჯართისა და ნარჩენების გამოყენების ეფექტურობა დამოკიდებულია მათ ხარისხზე. მათი დანაგვიანება და დასვრა დაკავშირებულია დიდ დანახარჯებთან გადამუშავების დროს. ჯერ ხდება მათი დახარისხება, შემდეგ დანაწევრება და მექანიკური დამუშავება.

ხის ნარჩენები მათი დაწნეხის შემდეგ ფართოდ გამოიყენება კულტურულ-საყოფაცხოვრებო დანიშნულების საგნების დასამზადებლად.

შექმნილია სპეციალური პოლიგონები, სადაც ხდება შემდეგი მავნე და ტოქსიკური ნივთიერებების შემცველი ნარჩენების დამარხვა: დარიშხანშემცველი არაორგანული მყარი ნარჩენებისა და ლამის; ვერცხლისწყლისშემცველი ნარჩენების; ციანშემცველი ჩამდინარე წყლებისა და ლამის; ნაცრენების, რომლებიც შეიცავენ ტყვიას, თუთიას, კალას, კადმიუმს, ნიკელს, სურმას (სტიბიუმს), ბისმუტს, კობალტსა და მათ შენაერთებს; გალვანური წარმოების ნარჩენების; ორგანული საწვავის; ნავთობპროდუქტებით გაჟღენთილი ქვიშისა და სხვ.

პოლიგონებს უნდა გააჩნდეთ შემდეგი სანიტარულ-დამცავი ზონები:

- 1000 მ - 100 ათასი ტონა/წელიწადში და მეტი სიმძლავრის ტოქსიკური ნარჩენების გამწმენდი ქარხნებისათვის;
- 500 მ - 100 ათას ტონამდე წელიწადში სიმძლავრის ტოქსიკური ნარჩენების გამწმენდი ქარხნებისათვის;
- არანაკლებ 3000 მ - ტოქსიკური ნარჩენების დამარხვის უბნისათვის.

ნიადაგის ქიმიური დანაგვიანების ნორმირება დადგენილია ზღვრულად დასაშვები კონცენტრაციების მიხედვით (ზდკ). ზდკ წარმოადგენს ნიადაგის სახნავ შრეში ქიმიური ნივთიერების კონცენტრაციას მილიგრამებში 1 კგ გრუნტზე. ეს ის სიდიდეა, რომელიც არ გამოიწვევს პირდაპირ ან ირიბ უარყოფით გავლენას ადამიანის ჯანმრთელობასა და ნიადაგის თვითგაწმენდის პროცესზე.

სამრეწველო ობიექტის გავლენის შეფასება გარემოზე ხდება ეკოლოგიური ექსპერტიზის საშუალებით. ეკოლოგიუ-

რი ექსპერტიზა წარმოადგენს პროექტებისა და რეკონსტრუქციების ყველა შესაძლებელი ეკოლოგიური და სოციალურ-ეკონომიკური შედეგების კომპლექსური შეფასების სისტემას.

მავნე ნივთიერებების ატმოსფეროში გაფრქვევის პროექტების ეკოლოგიური ექსპერტიზის ჩატარების წესი დადგენილია სახელმწიფო ინსტრუქციებით.

გარემოს დაცვის ძირითად ღონისძიებას წარმოადგენს მისი მდგომარეობის შესახებ კონტროლის სისტემა, რომელიც შედგება: გარემოს მდგომარეობაზე დაკვირვების და მის საფუძველზე ცვლილებების პროგნოზის შემუშავების, დაბინძურების წყაროების გამოვლენის და შეფასების, მომატებული გაჭუჭყიანების შესაძლებლობის შესახებ გაფრთხილების ღონისძიებებისაგან. კონტროლი ხორციელდება მუდმივი, სამარშრუტო და გადასაადგილებელი პოსტების საშუალებით.

თავი 9

ხმაურის, ინფრაბგერის, ვიბრაციის, ელექტრომაგნიტური ველისა და მაიონიზირებელი გამოსხივებისაგან დაცვა

იმ მიზნით, რომ გარემო დავიცვათ ხმაურისაგან, საჭიროა ვიცოდეთ ხმაურის დასაშვები ნორმები, რომლებიც შემუშავებულია სახელმწიფო სტანდარტებით.

ხმაურისაგან დაცვის საშუალებების შექმნისას უპირველესად საჭიროა გავარკვიოთ მისი სახე, რადგან ხმაურის შემცირება შესაძლებელია ამ საშუალებების სწორად შერჩევის შედეგად. არჩევენ ხმაურის 2 სახეს: საჰაეროსა და სტრუქტურულს.

საჰაერო ხმაური ვრცელდება ჰაერში ხმაურის გამომწვევი წყაროდან დასაკვირვებელ ადგილამდე. სტრუქტურულ ხმაურს გამოსცემს კედლების, გადახურვების, ტიხრების გადახურვების, მერყევი კონსტრუქციების ზედაპირი 20-20000 ჰერცის ბგერითი სიხშირეების დიაპაზონში. საჰაერო ხმაური შენობის გარე წყაროდან შენობაში შემოდის დახურული ან ღია ფანჯრებიდან, სარკმელებიდან და კედლებიდან. შინაგანი წყაროდან საჰაერო ხმაური შენობაში შემოდის კედლებისა და გადახურვის, ჰაერსატარისა და ხვრელების საშუალებით.

ხმაური შესაძლებელია იყოს:

- მექანიკური წარმოშობის, რომელიც წარმოიქმნება მანქანებისა და დანადგარების ზედაპირის ვიბრაციის ან ერთეული და პერიოდული დარტყმების შედეგად;

- აეროდინამიკური წარმოშობის, რომელიც წარმოიქმნება გაზებში მიმდინარე პროცესების შედეგად;

- ელექტრომაგნიტური წარმოშობის, რომელიც წარმოიქმნება ელემენტების (როტორი, სტატორი, ტრანსფორმატორის და ა.შ.) მერყეობის შედეგად;

- ჰიდროდინამიკური წარმოშობის, რომელიც წარმოიქმნება სითხეებში მიმდინარე პროცესების (ჰიდრავლიკური დარ-

ტყმები, კავიტაცია, ნაკადის ტურბულენტობა და ა.შ.) შედეგად.

ხმაური იწვევს საშიშ სნეულებებს: გულ-სისხლძარღვთა და ენდოკრინული სისტემების დარღვევებს, კუჭის გასტრიტსა და წყლულს, ნერვულ გამოფიტვას, ამცირებს ორგანიზმის წინააღმდეგობასა და სიცოცხლის ხანგრძლივობას.

ხმაურის შემცირება შესაძლებელია ბგერაჩამხშობისა და ბგერაიზოლიაციის კონსტრუქციებისა და მასალების გამოყენებით. ასეთი კონსტრუქციების აკუსტიკური ეფექტი ძირითადად მიიღწევა მათი ზედაპირიდან ბგერის არეკლვით.

ინფრაბგერა წარმოადგენს ბგერითი ტალღების ანალოგიურს, იგი ადამიანისათვის სმენადი სივრცის სიხშირეებზე ნაკლები სიხშირის დრეკადი ტალღებია.

ინფრაბგერითი სივრცის ზედა საზღვრად მიღებულია 16-25 ჰერცი სიხშირეები, ქვედა საზღვარი კი განსაზღვრული არ არის. პრაქტიკულად საინტერესოა რხევები, რომლებიც ჰერცის მეათედ და მეასედ ნაწილებს შეადგენენ.

ნულს შეიცავს ატმოსფეროს, ტყის, ზღვის ხმაური. მათი წყაროა ატმოსფეროს ტურბულენტობა და ქარი. ინფრაბგერითი რხევების წყაროა, აგრეთვე, მეხის განმუხტვა, აფეთქებები და სხვა.

სიხშირის ნული სიდიდისათვის სხვადასხვა გარემოში დამახასიათებელია მცირე შთანთქმა, რის შედეგადაც ინფრაბგერითი ტალღები შეიძლება დიდ მანძილებზე გავრცელდეს ჰაერში, წყალსა და დედამიწის ქერქში. ამ მოვლენას ფართოდ იყენებენ ძლიერი აფეთქებების ან სასროლი იარაღის ადგილმდებარეობის განსაზღვრისას. დიდ მანძილებზე სიხშირის ნული სიდიდის გავრცელება ზღვაზე სტიქიური უბედურების – ცუნამის წინასწარმეტყველების საშუალებას იძლევა.

ინფრაბგერისაგან დაცვა შესაძლებელია მოწყობილობის კონსტრუქციისა და სამუშაო რეჟიმის შეცვლით, წყაროს ბგერაიზოლიაციით და ბგერის ენერგიის ჩახშობით.

ვიბრაცია წარმოიქმნება ტრანსპორტის, ძრავების, ტურბინების და სხვა მანქანების მუშაობისას. მისი მოქმედება იმდენად ძლიერია, რომ ზოგჯერ იწვევს მუშაობის რეჟიმის დარღვევას და დანადგარის დანგრევასაც. მისი მოქმედების შესამცირებლად მიმართავენ დაცვის სხვადასხვა საშუ-

ალებებს. ვიბრაცია გადაეცემა გრუნტის ან მილგაყვანილობის საშუალებით სამშენებლო კონსტრუქციებს, რომელთა რხევები იწვევს სტრუქტურულ ხმაურს.

ვიბრაციისაგან დაცვა უნდა მოხდეს თვით წყაროზე ზემოქმედების საშუალებით, ან თუ ეს შესაძლებელია მისი გავრცელების გზაზე. პირველ შემთხვევაში ეფექტურია დანადგარების მუშაობის რეზონანსული რეჟიმების გამორიცხვა და სპეციალური ტიპის ფუნდამენტების მოწყობა.

ვიბრაციული ტექნიკის ერთ-ერთი ამოცანაა მავნე ვიბრაციისაგან ადამიანების, ხელსაწყოების, მანქანების და ნაგებობათა დაცვა. ჩვეულებრივ პასიურ ვიბროიზოლიაციასთან ერთად, რომელსაც არ სჭირდება ენერგიის დამატებითი წყარო, იყენებენ სტატიკურ და დინამიკურ ბალანსირებას. ირჩევენ ინერციულ და დრეკად პარამეტრებს, რომლებიც გამორიცხავს რეზონანსულ ზონაში მუშაობას. გარდა ამისა, შეჰყავთ მადემპფირებელი ელემენტები იმ შემთხვევისათვის, როდესაც შეუძლებელია რეზონანსის ზონიდან მოშორებით მუშაობა.

ვიბრაციას დინამიკურად ახშობენ სპეციალურად აწყობილი ვიბრაციული ან დარტყმა-ვიბრაციული მოწყობილობების მიერთების გზით. კუთხური ვიბრაციების ჩასახშობად აყენებენ გიროსკოპებს.

ვიბრაციების დინამიკური მართვის მიზანი შეიძლება იყოს რხევების ჩახშობა, გაძლიერება ან სტაბილიზაცია. რხევების დინამიკურად გაძლიერების მიზნით, სისტემა უნდა აიწყოს რეზონანსული რეჟიმით.

თუ ვიბრაციაში მთელი ორგანიზმია ჩათრეული, ვიბრაცია ზოგადია, თუ მისი რომელიმე ნაწილი - ადგილობრივი ან ლოკალური. ორივე სახეობის ვიბრაცია წარმოიქმნება ტრანსპორტით მგზავრობის, სხვადასხვა მექანიზმის მუშაობისა და კოსმიური ფრენისას სტარტისა და მიწაზე დაშვების დროს.

ვიბრაციის მოქმედების ხასიათს განაპირობებს მისი სიხშირე, ძალა და ხანგრძლივობა. იგი შეიძლება შემოისაზღვროს შენ%ღრევის შეგრძნებით (პალესთეზია) ან გამოიწვიოს ცვლილებები ნერვულ, სისხლგამტარ და საყრდენ-სამოძრაო სისტემაში. ვიბრაციის ხანგრძლივი, ძლიერი მოქმედებისას ვითარდება პროფესიული დაავადებები.

ვიბრაციული დაავადება პროფესიული დაავადებაა, რასაც იწვევს ორგანიზმზე ადგილობრივი და საერთო ვიბრაციის ხანგრძლივი ზემოქმედება. იგი ვითარდება თანდათანობით და დიდხანს არ მოქმედებს შრომისუნარიანობაზე. დასაწყისში ახასიათებს კიდურების ტკივილი და სისუსტე, სიცივისადმი მომატებული მგრძნობელობა. შემდეგ, შეიძლება დაერთოს კრუნჩხვები, ავადმყოფს თითები უთეთრდება და მათი მგრძნობელობა ქვეითდება, კიდურების სისხლძარღვებში აღინიშნება ცვლილებები. ავადმყოფი მალე იღლება, გაღიზიანებულია, აწუხებს თავის ტკივილი, ზოგჯერ თავბრუ ესხმის. შემდგომში ირღვევა გულსისხლძარღვთა სისტემის მოქმედება, შინაგანი სეკრეცია და ნივთიერებათა ცვლა.

ელექტრომაგნიტური ველი ფიზიკური ველის ერთ-ერთი სახეა, რომლის მეშვეობით ხორციელდება ელექტრულად დამუხტული ნაწილაკების ან მაგნიტური მომენტების მქონე ნაწილაკების ურთიერთქმედება.

ელექტრომაგნიტური ველისაგან დაცვა ძირითადად ხორციელდება წყაროსაგან მანძილების დაცვით, რომელიც განისაზღვრება გადამცემების სიმძლავრით, ანტენების კონსტრუქციით, სიმაღლით, მიმართულებით, ადგილმდებარეობის რელიეფითა და სხვ.; ელექტრომაგნიტური ველისაგან მოსახლეობის დაცვის მიზნით დგინდება სანიტარულ-დამცავი ზონები.

მაიონიზირებელი გამოსხივება არის გამოსხივება, რომლის გარემოსთან ურთიერთქმედება იწვევს ატომებისა და მოლეკულების იონიზაციას. მაიონიზირებელი გამოსხივების სახეებია: ელექტრომაგნიტური გამოსხივება, ალფა-ნაწილაკების, ელექტრონების, პოზიტრონების, პროტონების, ნეიტრონებისა და სხვა დამუხტული და ნეიტრალური ნაწილაკების ნაკადები.

მაიონიზირებელი გამოსხივება დიდ როლს ასრულებს სხვადასხვა ფიზიკურ და ქიმიურ პროცესებში, ბიოლოგიაში, მედიცინაში, სოფლის მეურნეობასა და ტექნიკაში.

რადიოაქტიური გამოსხივება კარგავს თავის ენერგიას ცოცხალ და არაცოცხალ მატერიაზე ნებისმიერი სახის გამოსხივების ზემოქმედების შედეგად. მატერიაში მიმდინარეობს მთელი რიგი რთული გარდაქმნები. ასეთი ზემოქ-

მედების ძირითად პროცესს წარმოადგენს იონიზაცია, რის შედეგადაც ნეიტრალური ატომები ან ატომთა ჯგუფები ელექტრულად იმუხტება.

მაიონიზირებელი რადიაცია ორგანიზმზე მოქმედებს როგორც გამოსხივების გარეგანი, ისე შინაგანი წყაროებიდან. სხვადასხვა სახის გამოსხივების დამაზიანებელი მოქმედება დამოკიდებულია მათ გამღწევ აქტიურობაზე და ქსოვილებში იონიზაციის სიმკვრივეზე. რაც უფრო მოკლეა სხივის მიერ გავლილი გზა, მით უფრო მეტია იონიზაციის სიმკვრივე და უფრო ძლიერია დამაზიანებელი მოქმედება. მაიონიზირებელი გამოსხივების ბიოლოგიური მოქმედება დამოკიდებულია მიღებული დოზის სიდიდეზე, გამოსხივების მოქმედების ხანგრძლივობასა და დასხივებული ორგანიზმის საერთო მდგომარეობაზე. ადამიანისათვის აბსოლუტურად სასიკვდილო დოზა ერთჯერადი დასხივებისას დაახლოებით 600 რენტგენს შეადგენს.

დადგენილია გამოსხივების მოქმედების 2 ძირითადი მექანიზმი, რომელთა გამოცალკევება ცოცხალ ორგანიზმში შეუძლებელია:

ა) პირდაპირი მოქმედებით, როდესაც ზიანდება ის მოლეკულა, რომელმაც შთანთქა ენერგია;

ბ) არაპირდაპირი მოქმედებით, რაშიც ყველაზე დიდი მნიშვნელობა ენიჭება წყლის რადიოლიზს, ანუ წყლის დაშლას ჟანგბადისა და წყალბადის ატომებად და თავისუფალ რადიკალებად.

ჟანგბადისა და წყალბადის თავისუფალი ატომები, აგრეთვე რადიკალები რეაგირებენ ერთმანეთთან და წყლის მოლეკულებთან, რის შედეგადაც იქმნება მეტად აქტიური წყალბადის ზეჟანგი - H_2O_2. წყალში წარმოქმნილი თავისუფალი რადიკალები წყალბადის ზეჟანგთან ერთად ხასიათდება მაღალი აქტიურობით, ისინი ურთიერთმოქმედებენ უჯრედის შემადგენელ ნაწილაკებთან და ცვლიან მათ ბუნებას.

მცირე დოზებით დედამიწის ყოველი მობინადრე განიცდის მაიონიზირებელი გამოსხივების, კერძოდ კოსმიური სხივებისა და იმ რადიოაქტიური იზოტოპების გამოსხივების ზემოქმედებას, რომლებიც შედის თვით ორგანიზმის შედგენილობაში და გარემოში. ატომური იარაღის გამოცდა და ატომური ენერგიის სამშვიდობო გამოყენება ზრდის რადიო-

აქტიურ ფონს. ამიტომ სადღეისო ამოცანას წარმოადგენს მაიონიზირებელი გამოსხივების ბიოლოგიური მოქმედებისა და აღდგენის პროცესების შესწავლა და დამცავი საშუალებების გამონახვა.

მაიონიზირებელი გამოსხივებისაგან დაცვა შესაძლებელია ნორმების დაცვით, რომელთა მიხედვით რეგლამენტირებულია მყარი და თხევადი რადიოაქტიური ნარჩენების შეგროვება, გადატანა და გაუვნებლება. რადიოაქტიური ნარჩენები კლასიფიცირდება ფიზიკური მდგომარეობის მიხედვით: მტვერაიროვანი, თხევადი და მყარი, ხოლო აქტიურობის მიხედვით: ნაკლებადაქტიური, საშუალოდაქტიური და მაღალაქტიური.

აკრძალულია ნებისმიერი კატეგორიის თხევადი რადიოაქტიური ნარჩენების ჩაშვება ჭებში, ბურღილებში, ორმოებში, სარწყავ მინდვრებში, გუბეებში, ტბებსა და წყალსატევებში.

მყარი და თხევადი რადიოაქტიური ნივთიერებების შეგროვება ხდება კონტეინერებში, ხოლო დამარხვა - სპეციალურად გამოყოფილი ტერიტორიების ფარგლებში.

რადიოაქტიური ნივთიერებების ტრანსპორტირება ხდება სპეციალური ავტოტრანსპორტით და სარკინიგზო ვაგონებით.

შახტებში რადიოაქტიური ნივთიერებების დამარხვა არ არის სასურველი იმ მიზეზით, რომ ეს ნივთიერებები გამოყოფს დიდი რაოდენობით სითბოს, რამაც შესაძლებელია გამოიწვიოს აფეთქება.

უფრო ნაკლებად საშიშია ამგვარი ნარჩენების ჩაშვება ზღვის დიდ სიღრმეებში და დედამიწის ღრმა ფენებში, წყალგაუმტარ შრეებს შორის.

მტვერაიროვანი გამონაფრქვევები, რომელთა გაფრქვევა ხდება სავენტილიაციო მილების საშუალებით მიეკუთვნება ნაკლებადაქტიურ კატეგორიას. სავენტილიაციო გამონაფრქვევების შესამცირებლად გამოიყენებენ საადსორბციო სვეტებსა და გაზგოლდერებს.

რადიაციული კონტროლის მეთოდები დამყარებულია იონიზირებული გამოსხივების პარამეტრების გამოთვლებზე, რისთვისაც გამოიყენება დოზიმეტრები.

თავი 10

დიდი ქალაქების ეკოლოგიურ - გეოგრაფიული პრობლემები

ურბანიზაცია წარმოადგენს ერთმანეთთან მჭიდროდ დაკავშირებულ და ურთიერთგანპირობებულ სოციალურ-ეკონომიკური მოვლენების რთულ შეთანაწყობას, რომელიც გამოწვეულია ქალაქების მზარდი როლით საზოგადოებრივი ცხოვრების ყველა სფეროში.

მეცნიერების და ტექნიკის, მშენებლობის და სოფლის მეურნეობის განვითარებამ და ურბანიზაციის პროცესების გაფართოებამ გაართულა საზოგადოებისა და ბუნების ურთიერთქმედება, რამაც გამოიწვია დიდ ტერიტორიებზე ბუნებრივი პირობების დარღვევა.

ურბანიზაციის მთავარი ნიშნებია:

- ადამიანის საქმიანობის კონცენტრაცია ქალაქებში;
- მოსახლეობის სოციალური აქტიურობისა და მობილურობის გაძლიერება;
- ინდუსტრიალიზაცია, შემდგომში კი ავტომატიზებულ წარმოებაზე გადასვლა;
- ინფორმაციის დაგროვებისა და გადაცემის გაფართოება;
- არასაწარმოო სფეროს დაჩქარებული ზრდა და საქალაქო აგლომერიაციების განვითარება;
- ყველა სახის დასახლებათა შორის კავშირების გაძლიერება.

ქალაქი ახდენს წარმოების კონცენტრაციას, სულ უფრო მზარდი რაოდენობით იზიდავს მოსახლეობას, რის გამოც, ფართოვდება მისი ფუნქციური დანიშნულება.

ურბანიზაციის პროცესში უდიდეს როლს ასრულებს სამრეწველო წარმოება, რომელიც ძირითადად, ქალაქებშია თავმოყრილი.

ურბანიზაცია ერთის მხრივ, ხელს უწყობს ქვეყნის განვითარებას, მეორეს მხრივ, წარმოშობს მწვავე სოციალურ და ეკოლოგიურ პრობლემებს.

ბუნებრივი გარემოს და ბიოსფეროს დეგრადაციის მძლავრ კერებს წარმოადგენს ურბანული წარმონაქმნები, დიდი

ქალაქები და ქალაქების აგლომერაციები. დიდ ქალაქებში წარმოიქმნება ანთროპოგენური გავლენის ზონები, უარყოფითი მოვლენების შეკრება და აქედან გამომდინარე, გარემოს ინტენსიური დეგრადაცია.

დიდი ქალაქების გარშემო 25-30 კმ რადიუსით შეინიშნება ნიადაგის ფიზიკურ-გეოგრაფიული ცვლილებები, მიწისქვეშა წყლების კომპონენტების შეცვლა და უფრო ფართო მასშტაბით - გარემოს ბიოგეოქიმიური ცვლილებები.

XXI საუკუნეში ქალაქების რაოდენობა მილიონი მოსახლეობით გაიზარდა 10-ჯერ, ხოლო 5 მილიონიანი ქალაქების - 20-ჯერ. ამავე პერიოდში მსოფლიოს 25 დიდი ქალაქის მოსახლეობა გაიზარდა 4-ჯერ და ეს პროცესი განუხრელად იზრდება.

ქალაქებში და ქალაქების აგლომერიაციებში თავმოყრილია ადამიანების მოღვაწეობისა და სამეურნეო საქმიანობის სხვადასხვა ფორმები, რომლებშიც ფოკუსირდება გარემოზე ანთროპოგენური ზემოქმედება. ამიტომ ქალაქებში სხვადასხვა ეკოლოგიური პრობლემების წარმოშობის მეტი შესაძლებლობაა.

აშშ-ს გარემოს დაცვის სააგენტოს მიერ დადგენილია საწარმოების 2 ჯგუფი, რომლებიც ეკოლოგიურად წარმოადგენენ გარემოს დაბინძურების წყაროებს:

1. ატმოსფეროს დამაბინძურებელი საწარმოები (რომელთა მიერ გამოფრქვეული ნარჩენების მოცულობა >100 ტ/წელიწად'ში): სამთო-გამამდიდრებელი კომბინატები, ნახშირგამამდიდრებელი ფაბრიკები, ქიმიური ქარხნები (აზოტის, ჰიდროფტორის, გოგირდმჟავას, სუპერფოსფატის, გოგირდის მწარმოებელი), სამშენებლო მასალების დამამზადებელი ქარხნები (პორტლანდ-ცემენტის, კირის, მინაძაფის, სააგლომელიორაციო ფაბრიკები, ფოლადსადნობი და სპილენძსადნობი ქარხნები, თიხამიწის ქარხნები, ტყვიისა და თუთიის მწარმოებელი და ცელულოზა-ქაღალდის კომბინატები.

2. წყლის დამაბინძურებელი საწარმოები: ხის დამამუშავებელი, ცელულოზა-ქაღალდის კომბინატები, საფეიქრო, ტყავის, არაორგანული ქიმიის (საღებავების, მელნების, სასუქების), ორგანული ქიმიის (პლასტმასების, სინთეტიკური მასალების, საპნის, პესტიციდების, ფისის) მწარმოებელი, ფარმაცევტული, რეზინის, ნავთობგადამამუშავებელი, კვების

მრეწველობის (თევზის საკონსერვო, ხღვის პროდუქტების, ხორცის, შაქრის, ფქვილის), სამშენებლო მასალების (ცემენტის, მინის, საგზაო საფარის მასალების), მანქანათმშენებლობის, მეტალურგიული (ფეროშენადნობის, ფერადი ლითონების) საწარმოები.

ქალაქების კომუნალურ-საყოფაცხოვრებო მეურნეობის ზეგავლენა გარემოზე გამოიხატება კანალიზაციის, წყალმომარაგებისა და გათბობის სისტემების ცენტრალიზაციის ხარისხით. გათბობის ცალკეული, არაცენტრალიზებული სისტემები წარმოადგენს ატმოსფეროს დამაბინძურებელ მცირე ზომის უამრავ წყაროს, რომლებზეც არ არის დამონტაჟებული გამწმენდი ხელსაწყოები.

ქალაქების კომუნალურ-საყოფაცხოვრებო მეურნეობის ნარჩენები ძირითადად მიეკუთვნება მყარ ნარჩენებს, რომელთა მცირე ნაწილი უტილირდება, მეორე ნაწილი – საწყობდება, რის შედეგადაც ბინძურდება ნიადაგი, ზედაპირული და მიწისქვეშა წყლები, დანარჩენს როგორც წესი - წვავენ.

რადგან ნაგავსაყრელებზე ნარჩენების დაწვა აიკრძალა, მათ უდიდეს ნაწილს წვავენ ნაგავგადამამუშავებელ ქარხნებში. მათგან უდიდესი ქარხნები (250 ტონაზე მეტი დღეში), ასევე ითვლება ეკოლოგიურად საშიშ წარმოებებად.

ტრანსპორტის საშუალებით ატმოსფეროს დაბინძურებაზე შეიძლება ვიმსჯელოთ აშშ-ს მაგალითზე, რომელიც გამოკვლეულ იქნა 1970 წელს. ავტოტრანსპორტის მოძრაობის ინტენსივობამ ქალაქის ფარგლებში შეადგინა მთელ ქვეყანაში გარბენების მოცულობის 49.9%. გარდა ამისა. მნიშვნელობა აქვს ავტომანქანების სიმძლავრეს, რომელიც განსაზღვრავს საწვავის ხარჯს. ქალაქის ავტოტრანსპორტზე მოდიოდა მთელი ქვეყნის ტრანსპორტის მიერ მოხმარებული ენერგიის 47,9%, აქედან მსუბუქ ავტომობილებზე - 34,2%.

რიგ ქალაქებში ატმოსფეროს დაბინძურების წყაროს წარმოადგენს ავიაცია, რომელიც განიხილება როგორც დაბინძურების ლოკალური წყარო. აშშ-ში ავიაციაზე მოდის ქალაქებში არსებული გამონაბოლქვის 1%, მაგრამ ზოგიერთ ქალაქში აღწევს 2,5-3,2%, ხოლო აეროპორტების მიმდებარე ტერიტორიებზე – 60-75%-ს.

ატმოსფეროს დაბინძურებაში მთავარი როლი მიეკუთვნება გაზის გამონაფრქვევებს ავტოტრანსპორტიდან, სამრეწველო საწარმოებიდან, თბოელექტროსადგურებიდან და კომუნალურ-საყოფაცხოვრებო ობიექტებიდან. 1970 წლის მონაცემებით აშშ-ში დაბინძურების სხვადასხვა წყაროებიდან ატმოსფეროში გაფრქვეულ იქნა 200 მლნ ტონაზე მეტი მავნე ნივთიერება.

წყალსატევებისა და მდინარეების დაბინძურება უმეტესწილად ხდება ქალაქებში არსებული საწარმოებისა და კომუნალურ-საყოფაცხოვრებო სამსახურების ჩამდინარე წყლებით. საწარმოებიდან ჩამდინარე წყლების დიდი რაოდენობა მოდის ნავთობგადამამუშავებელ, მეტალურგიულ, ქიმიურ, ცელულოზა-ქაღალდისა და კოქსქიმიური დარგების საწარმოებზე.

გარდა საწარმოებისა და კომუნალურ-საყოფაცხოვრებო სამსახურების ჩამდინარე წყლებისა, ქალაქის ტერიტორიაზე ზედაპირული წყლების მნიშვნელოვანი წილი მოდის დაურეგულირებელ ჩამდინარე წყლებზე, რომლებიც ფორმირდება კოკისპირული წვიმებით, თოვლისა და ყინულის დნობით, წყლის ტრანსპორტის მიერ გამოყენებული წყლებითა და ა.შ.

ქალაქის ტერიტორიაზე არასაკმარისად გაწმენდილი და გაუწმენდავი ჩამდინარე წყლების ჩაშვება წყალსატევებსა და მდინარეებში იწვევს წყლის სხვადასხვა ხარისხით დაჭუჭყიანებას. უმეტესწილად გავრცელებულია საკვები, ორგანული და არაორგანული ნივთიერებებისაგან გამოწვეული ქიმიური დაბინძურება. დიდ საშიშროებას წარმოადგენს ფოსფორის, აზოტისა და მათი შენაერთებით გაჯერებული საყოფაცხოვრებო და საწარმოო ჩამდინარე წყლები, რომლებშიც ფოსფორისა და აზოტის შემცველობა მნიშვნელოვან სიდიდეებს აღწევს.

არაორგანული ნივთიერებებით (ალკალოიდები, მჟავეები, ლითონები) ჩამდინარე წყლების გაჯერება გამოწვეულია წარმოებაში ნედლეულის არასრულად გამოყენების, დანაკარგებისა და ნარჩენების არსებობით. მაგალითად, მეთილვერცხლისწყლის, ქიმიურ, ცელულოზა-ქაღალდისა და ელექტროტექნიკური საწარმოების ვერცხლისწყლისა და მისი

შენაერთების ყოველწლიური დანაკარგები და ნარჩენები შეადგენს 1,9 ტონას.

კვების, ცელულოზა-ქაღალდისა და კომუნალურ-საყოფაცხოვრებო საწარმოების ჩამდინარე წყლებისათვის დამახასიათებელია სხვადასხვა შედგენილობის ორგანული შენაერთები. ყველაზე ტოქსიკურს მიეკუთვნება პესტიციდები, დეტერგენტები და ნავთობი.

ქალაქების ფარგლებში ქლორორგანული პესტიციდებით წყლის ნაკადების დაჭუჭყიანების წყაროებს წარმოადგენს: ზედაპირული ნაკადები პესტიციდებით დამუშავებული გამწვანებული ტერიტორიებიდან და ტყის ზონებიდან, საწარმოთა ნარჩენები, ასევე დანაკარგები მასალების ტრანსპორტირებისა და შენახვის დროს და ატმოსფერული ნალექები.

ყოველწლიურად იზრდება სინთეტიკურ აქტიურ ნივთიერებათა წილი წარმოებებში. ეს ნივთიერებები ძნელად ექვემდებარება გაწმენდას. მათი კონცენტრაცია ჩამდინარე წყლებში აღწევს 4-6 მგ/ლ, მდინარეებში – 0,3-1,0 მგ/ლ, იშვიათად – 1,9 მგ/ლ, ხოლო დასაშვები კონცენტრაცია შეადგენს 0,3 მგ/ლ.

ყველაზე გავრცელებული ორგანული დამაბინძურებელია ნავთობპროდუქტები, რომლებიც წარმოადგენს შენაერთების დიდ ჯგუფს. მათი ტოქსიკურობა იზრდება ნავთობის გადამუშავების ინტენსივობასთან ერთად. წყალსატევებში ნავთობის ძირითადი ჩადინება დაკავშირებულია მის გადამუშავებასთან და როგორც საწვავის და სამრეწველო ნედლეულის სახით გამოყენებასთან. ავტოტრანსპორტზე მოდის წყალსატევებში ნავთობის ჩადინების 60%, საშუალოდ 1 ავტომანქანაზე - 10 ლ/წელიწადში. არის წყალსატევებში ნავთობის ავარიული ჩადინების შემთხვევებიც, ხოლო მათი ნაწილი წყალსატევებში ხვდება ატმოსფერული ნალექების საშუალებით.

წყალსატევების დაბინძურების სპეციფიურ სახეს წარმოადგენს ბაქტერიოლოგიური დაბინძურება, გამოწვეული ინფექციური ვირუსებით, ბაქტერიებითა და ა.შ., რომლებიც ხვდება წყალსატევებში ხორცისა და რძის მრეწველობის საწარმოების, სამეცნიერო ლაბორატორიებისა და საავადმყოფოების ჩამდინარე წყლებით.

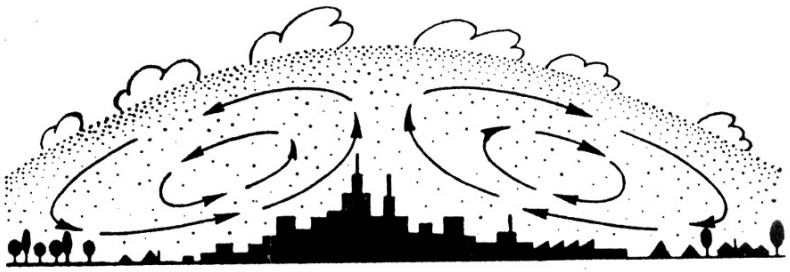
ზოგიერთი ქალაქის აგლომერიაციების ფარგლებში ადგილი აქვს წყალსატევების ფიზიკურ დაბინძურებას, რომელიც გამოწვეულია ნიადაგის ეროზიით, მშენებლობით, წარმოებებითა და მათი დაურეგულირებელი ჩამონადენით. მაგალითად, მერილენდის შტატში ქალაქების სამშენებლო მოედნებიდან ჩამოტანილი შლამის რაოდენობა რამდენიმე ათეულჯერ აღემატება სასოფლო-სამეურნეო სავარგულებიდან ჩამოტანილ მასალას.

ურბანიზებული ტერიტორიების ფარგლებში დიდი მნიშვნელობა ენიჭება ტერიტორიის განაშენიანების ორგანიზაციას. ატმოსფერული ნალექების მცირე რაოდენობის მიუხედავად ასფალტირებული ტერიტორიების დიდი პროცენტი განაპირობებს ჩამონადენის მაღალ სიდიდეებს (50%-დე). ასეთ პირობებში ქალაქის ფარგლებში ჰაერის ტენიანობა, რომელიც აუცილებელია აორთქლებისათვის არის ნაკლები, ქალაქის მიმდებარე ტერიტორიებთან შედარებით. შედეგად, ქალაქების ფარგლებში ატმოსფეროში რჩება თბური ენერგიის გარკვეული რაოდენობა, რომელიც უნდა დახარჯულიყო აორთქლების დროს (600 კალ 1 გრ წყალზე). ამ ენერგიას ემატება საწარმოების მიერ გამომუშავებული თბური ენერგია, რის გამოც, ქალაქებში დღისით წარმოიქმნება ე.წ. „თბური კუნძულები". ღამით ქვის ზედაპირი სითბოს გასცემს უფრო სწრაფად, ვიდრე მცენარეულობით დაფარული ტერიტორიები ქალაქის შემოგარენში. ამის შედეგად, წარმოიქმნება ე.წ. „ქალაქის ბრიზები", რის გამოც, ქალაქებისათვის დამახასიათებელია ღამისა და დღის ტემპერატურების დიდი ამპლიტუდები.

ქალაქების ფარგლებში შედარებით გარეუბნებისაგან შეცვლილია აეროდინამიური რეჟიმიც. გარკვეულწილად იგი დაკავშირებულია მაღალ შენობებთან, რომლებიც ხელს უწყობს, ერთის მხრივ, ჰაერის ნაკადების ვერტიკალური პროფილის ცვალებადობასა და ქარის სიჩქარის შემცირებას მიწის ზედაპირთან და მეორეს მხრივ, ქარის ნაკადების სისწრაფის ზრდას ქუჩების გასწვრივ, განსაკუთრებით ზედაპირულ შრეში (იხ. ნახ. 9.1.).

ქალაქების ფარგლებში ასევე დარღვეულია ნალექების რეჟიმიც, რომელიც გამოიხატება: მცირე ინტენსივობის ნალექების (0,01 მმ/წთ) უფრო მეტ ხანგრძლივობაში, კოკის-

პირული წვიმების (>0,04 მმ/წთ) დიდი ინტენსივობით და თბილ პერიოდებში ნალექების დიდი რაოდენობით მოდინებაში, უმეტესწილად კოკისპირული წვიმების ხარჯზე.



ნახ. 22. დიდი ქალაქების თავზე ნარჩენებით გაჯერებული ღრუბელი, რომელიც წარმოიქმნება ტურბულენტური და კონვექციური მოძრაობის გავლენით (ლოვრი, 1967)

ქალაქში არსებული წყალგაუმტარი ფენის გამო, მნიშვნელოვნად იცვლება ზედაპირული ჩამონადენის დრენაჟის პირობები: მცირდება ზედაპირული წყლების გრუნტში ჩაჟონვის ინტენსივობა, რის გამოც, იზრდება აერაციის ზონის სიმძლავრე, იზრდება ნაკადის ინტენსივობა და მისი გავლის პიკი.

ურბანიზებული ტერიტორიების ფარგლებში ზედაპირული ნაკადის გაზრდილი მოცულობები და ინტენსივობა ზრდის ტერიტორიის დატბორვის ალბათობას და ამცირებს მათ შორის ინტერვალს. გარდა ამისა, დატბორვის რისკს ამაღლებს მდინარეთა კალაპოტების გასწორება, ბეტონირება, შევიწროება და ა.შ.

ზედაპირული ჩამონადენის მოცულობისა და ინტენსივობის ამაღლება, განსაკუთრებით წყალდიდობების დროს აძლიერებს ეროზიულ პროცესებსა და ხელს უწყობს ნიადაგის გადარეცხვას. ქალაქების ფარგლებში ეს პროცესი მიმდინარეობს 10-15-ჯერ უფრო ინტენსიურად, ვიდრე სოფლის პირობებში.

გარდა ამისა, ნიადაგის ზედაპირული შრის აქტიური გამოტანა ზედაპირული წყლების მიერ, არღვევს ნიადაგწარმოქმნის პროცესს.

ნიადაგის სტრუქტურისა და ქიმიური შედგენილობის მნიშვნელოვანი დარღვევები ხდება ნიადაგში გოგირდისა და აზოტის ნაერთების, პლასტიკური და ხელოვნური ნართებისა და მარილების მოხვედრის გამო. განსაკუთრებით საშიშია ავტომაგისტრალების გასწვრივ ნიადაგში ლითონების (კადმიუმი, ნიკელი, თუთია, ტყვია) მოხვედრა, სადაც მათი კონცენტრაციები გზიდან დაშორებისა და ნიადაგის სიღრმის მიხედვით იზრდება 100-დან 1000-დე.

ქალაქების აგლომერიაციების ფარგლებში სხვადასხვა სამშენებლო მასალების (ქვის, ღორდის, ქვიშის) მოპოვების პროცესისათვის დამახასიათებელია მიწის ზედაპირის მნიშვნელოვანი დარღვევები, რომლებიც იწვევს ბუნებრივი პროცესების ცვლილებებს.

ქალაქებისათვის დამახასიათებელია დარღვეული ბუნებრივი ბიოცენოზები და „შემცირებული" ხელოვნური ბიოცენოზები. განსაკუთრებით არახელსაყრელ პირობებში იმყოფებიან მცენარეები, რომელთა კრიტიკული მდგომარეობა დაკავშირებულია გრუნტის წყლების დონეების დაწევასთან, ჟანგბადის უკმარისობასთან ატმოსფეროსა და ნიადაგში, ნიადაგის სტრუქტურის დარღვევასთან, საკვები ნივთიერებების ნაკლებობასთან ნიადაგის ხსნარში (განსაკუთრებით აზოტისა და ფოსფორის) და ქლორიდების, პესტიციდებისა და ლითონების სიჭარბესთან. სატრანსპორტო მაგისტრალებისათვის დამახასიათებელია ნახშირბადის ჟანგისა და აზოტის ჟანგეულების კონცენტრაცია.

ქალაქების მიკროკლიმატზე გავლენა აქვს რელიეფსა და კლიმატურ პირობებს. ზოგ შემთხვევებში ქალაქის რაიონებს შორის სიმაღლეთა სხვაობა შეადგენს 400-500 მ, ხოლო ტერიტორიას ახასიათებს სხვადასხვა ექსპოზიცია, მზის რადიაციასთან და გაბატონებულ ქარებთან მიმართებაში.

ატმოსფეროში გაფრქვეული ნივთიერებების განაწილებაზე გავლენა აქვს ჰაერის ტენიანობას, ატმოსფერული ნალექების რაოდენობასა და რეჟიმს. ჰაერის ტენიანობის გაზრდასთან ერთად იზრდება ნივთიერებათა კონცენტრაციები, გარდა შენაერთებისა, რომელთაც ახასიათებთ ჰიდროლიზის უნარი. ტენის კონდენსაციის დროს მიმდინარეობს ნაწილაკების დამძიმება და მათი თავმოყრა ატმოსფეროს დედამიწისპირა ფენებში. ატმოსფერული ნალექები ხელს

უწყობს ატმოსფეროდან დაბინძურებული ნივთიერებების გამოყოფას.

რიგი მეტეოროლოგიური პირობების ერთობლიობას შეუძლია შექმნას მკვეთრად არასახარბიელო სიტუცია. მაგალითად, ჰაერის ტენიანობის ამაღლების, მზის მაღალი რადიაციისა და ჰაერში შეწონილი ნივთიერებების არსებობის დროს, მკვეთრად აქტიურდება გოგირდის ჟანგეულების წარმოქმნის პროცესი, ხოლო მზის რადიაციის სიუხვე (>400 კალ/სმ^2), ტემპერატურული ინვერსიები და ქარის მცირე სიჩქარე, ხელს უწყობს ფოტოქიმიური ოქსიდანტების წარმოქმნას [13].

თავი 11

ბუნებრივი გეოლოგიური და საინჟინრო გეოლოგიური პროცესები

გეოლოგიური პროცესები არსებით როლს ასრულებენ დედამიწის რელიეფის ჩამოყალიბებაში და განაპირობებენ იმ გარემოს, რომლითაც ხდება ამა თუ იმ ტერიტორიის საინჟინრო გეოლოგიური პირობების შეფასება. ძირითადი გეოლოგიური პროცესები: მდინარის ეროზიული მოქმედება, ზღვის აბრაზია, ქანების გამოფიტვა, სელი, მეწყერი, ზვავი, კარსტი, სუფოზია, თანამედროვე ტექტონიკური და სეისმური მოვლენები და სხვ., ზეგავლენას ახდენენ საინჟინრო ნაგებობებზე და ხშირად განსაზღვრავენ მათ კონსტრუქციულ თავისებურებებს, განლაგების ადგილს, სამშენებლო სამუშაოთა წარმოების თანმიმდევრობას და ა.შ.

მშენებლობა თავის მხრივ იწვევს ბუნებრივი გარემოს წონასწორობის დარღვევას, რაც ახდენს გავლენას საინჟინრო გეოლოგიური პროცესების განვითარებაზე. ამგვარად, საინჟინრო გეოლოგიური პროცესების შესწავლა წარმოადგენს საინჟინრო გეოდინამიკის ძირითად ამოცანას.

საინჟინრო გეოლოგიური პროცესების კლასიფიკაციის მიხედვით გამოიყოფა პროცესების ჯგუფები, რომელთა გამომწვევი მიზეზებია:

1) გამოფიტვის ფაქტორების მოქმედება.
2) ზღვებისა და ქარის მოქმედება (აბრაზია, ეოლური პროცესები).
3) ზედაპირული წყლების მოქმედება (ეროზია, სელები).
4) სიმძიმის ძალის გამოვლინება (ზვავი, შვავი, მეწყერი).
5) ჰიდროდინამიკური წნევა და მიწისქვეშა წყლის ქიმიური მოქმედება (სუფოზია, კარსტი).
6) მიწისქვეშა წყლების გაყინვა-გალხობის პროცესში გამოვლინებული ძალები (გაყინვის დეფორმაციები, ბურცობები).
7) ენდოგენური ძალები (სეისმურობა, ტექტონიკური დეფორმაციები).

გეოლოგიური პროცესების შესწავლისას განსაკუთრებული ყურადღება უნდა დაეთმოს მათი წარმოქმნის მიზეზებს,

დროში მიმდინარეობას, რაოდენობრივ შეფასებას, იმ ღონისძიებების შერჩევას, რომლებიც თავიდან აგვაცილებს ამ პროცესების მავნე გავლენას მშენებლობაზე და უზრუნველყოფს ნაგებობათა ნორმალურ ექსპლუატაციას.

11.1. ქანების გამოფიტვა და ეროზიული პროცესები

გამოფიტვა ეწოდება ქანების დაშლისა და მათი შედგენილობის შეცვლის პროცესს, რომელიც მიმდინარეობს დედამიწის ზედაპირზე მოქმედი სხვადასხვა ფაქტორების, ანუ გამოფიტვის აგენტების ზემოქმედების შედეგად. გამოფიტვას ძირითადად განაპირობებს: გარემოს ტემპერატურის მერყეობა, წყლის მექანიკური და ქიმიური ზემოქმედება, ჟანგბადის, ნახშირორჟანგის, მჟავეების, ტუტეებისა და სხვა ქიმიური ნაერთების ზემოქმედება, ქარის მოქმედება, ცოცხალი ორგანიზმების გავლენა და ა.შ.

დედამიწის შიგა ანუ **ენდოგენური** პროცესების შედეგად წარმოქმნილი რელიეფის დადებითი ფორმების თანდათანობით მოსწორება-მოშანდაკება მიმდინარეობს გარე დინამიკური ძალების – **ეგზოგენური** პროცესების საშუალებით.

გამოფიტვის პროცესები მოქმედებენ სამშენებლო მასალებზე და ნაგებობებზეც.

გამოფიტვის აგენტები ინტენსიურად მოქმედებენ დედამიწის ზედაპირზე, სიღრმეში ისინი შესუსტებულია და მისი ჩაღწევის სიღრმე დამოკიდებულია ქანების დაშლა-დანაწევრების ხარისხზე. სიღრმით გამოფიტვას ხელს უწყობს ტექტონიკური ნაპრალები და რღვევები. აქტიური გამოფიტვის სიღრმე ძირითადად 5-10 მ-ია.

ქანების გამოფიტვის შედეგად წარმოიშვება ე.წ. **გამოფიტვის ქერქი**, რომელიც ფიზიკურად და ქიმიურად სახეცვლილ ქანებს ან მათი დაშლის პროდუქტებს შეიცავს.

გამოფიტვისას წარმოშობილ და ადგილზე დარჩენილ დანაგროვებს **ელუვიონი** ეწოდება, მასში გარდა ძირითადი ქანების ნამტვრევებისა, დიდი რაოდენობით არის გამოფიტვის პროცესში წარმოქმნილი თიხოვანი მასალა. ელუვიონის ერთ-ერთი სახეა გამოფიტვის საბოლოო პროდუქტი – **ნია-**

დაგი, რომელიც უხვად შეიცავს მინერალურ ნივთიერებებს და ორგანული წარმოშობის ჰუმუსს.

ქანებზე ზემოქმედების ხასიათის მიხედვით არჩევენ ფიზიკურ (მექანიკურ), ქიმიურ და ორგანულ გამოფიტვას.

ფიზიკური (მექანიკური) გამოფიტვის დროს, რომელიც მიმდინარეობს ტემპერატურის მერყეობის, წყლის გაყინვის, ქარის, მცენარეთა ფესვების ზრდის დროს წარმოქმნილი წნევის და ა.შ. გავლენით, ძირითადად ხდება ქანების მექანიკური დანაწევრება მათი მინერალური შედგენილობის ცვლილების გარეშე.

მშრალი კლიმატის პირობებში ტენის ინტენსიური აორთქლებისას ქანების დაშლა შეიძლება მიმდინარეობდეს ნაპრალებში, ფორებსა და სიცარიელეებში მარილების გამოლექვისა და კრისტალიზაციის შედეგად. კრისტალიზაციური წნევა იმდენად მაღალია, რომ მას შეუძლია დაარღვიოს ნებისმიერი მტკიცე ქანის მთლიანობა.

ქიმიური გამოფიტვის პროცესში ხდება ქანის დაშლა-გარდაქმნა, რასაც თან ახლავს მინერალური და ქიმიური შედგენილობის ცვლილება, ახალი, გამოფიტვის პროცესისადმი უფრო მდგრადი მინერალების წარმოქმნა და მინერალური ნივთიერების დაგროვება წმინდადისპერსულ-კოლოიდური სახით. ქიმიური გამოფიტვის ძირითად აგენტებს წარმოადგენენ წყალი და მასში გახსნილი ნახშირორჟანგი, ორგანული და სხვა მჟავები, რომლებიც წარმოიქმნებიან სხვადასხვა მინერალის, მცენარეული ნარჩენების დაშლისა და ორგანიზმების ცხოველმოქმედების შედეგად.

ადვილადხსნადი ქანებია – ქვამარილი, თაბაშირი, ნაკლებადმდგრადია – მაგმური, განსაკუთრებით ინტრუზიული სახესხვაობები, რომლებიც ხვდებიან რა მათთვის უჩვეულო გარემოში განიცდიან ფიზიკურ და ქიმიურ გარდაქმნას.

ორგანული (ბიოლოგიური) გამოფიტვა მიმდინარეობს ცოცხალი ორგანიზმების ცხოველმოქმედების შედეგად. გარდა ფესვების მექანიკური ზემოქმედებისა, მცენარე ორგანული მჟავების გამოყოფით მნიშვნელოვან ზეგავლენას ახდენს ქიმიური გამოფიტვის პროცესის მიმდინარეობაზე. მრავალი ცოცხალი ორგანიზმი, განსაკუთრებით მიწისმთხრელთა წარმომადგენლები, აქტიურად შლიან ქანებს. არსებითია აგრეთვე ბაქტერიების როლი, რომელთა ცხო-

ველმოქმედების დროს შთაინთქმება და გამოიყოფა ნივთიერებათა გარკვეული ჯგუფები, რომელთა ზემოქმედება განსაკუთრებით აქტიურია ნიადაგის ფენის ფარგლებში.

დიდია აგრეთვე ადამიანის როლი გამოფიტვის პროცესების გააქტიურებაში: სამეურნეო საქმიანობა, სამშენებლო და სასოფლო-სამეურნეო სამუშაოები, სასარგებლო წიაღისეულის მოპოვება და დამუშავება და სხვ.

მაგმური ქანების ელუვიონი შეიცავს თიხად ქცეულ მასას, რომელშიც ჩართულია ძირითადი ქანების სახეცვლილი ნამტვრევები. მეტამორფული ქანების ელუვიონი მსგავსია მაგმური ქანების ელუვიონის. დანალექი ქანების ელუვიონი მნიშვნელოვნად განსხვავდება მაგმური და მეტამორფული ქანების ელუვიონისაგან. განსაკუთრებით აქტიურად მიმდინარეობს გამოფიტვის პროცესები იმ დანალექ ქანებში, რომელთა წარმოქმნის პირობები მკვეთრად განსხვავდება გამოფიტვის აგენტის ზემოქმედების გარემოსაგან.

ქანების გამოფიტვისაგან დაცვის ღონისძიებები იყოფა შემდეგ ჯგუფებად: 1) ქანების დაფარვა გამოფიტვის აგენტებისათვის შეუღწევადი მასალით; 2) ქანების სხვადასხვა ნივთიერებებით გაჟღენთა; 3) გამოფიტვის აგენტების ხელოვნური ნეიტრალიზაცია; 4) ტერიტორიის მოსწორება და წყლების მოცილება.

ქარის ზემოქმედებით გამოწვეულ გეოლოგიურ პროცესებს **ეოლური** ეწოდება. ეს პროცესები განსაკუთრებით გამოსახულია უდაბნოებსა და ნახევრადუდაბნოებში, სადაც ქვიშები წარმოადგენენ ქანების დაშლის პროდუქტს და მათზე ზემოქმედების საშუალებას. ქარის მოქმედების შედეგად ქანების გახეხვას **კორაზია** ეწოდება, ხოლო მონაცვეთი, წვრილმარცვლოვანი ქვიშური მასალის ჰაერში ატაცების და გამოტანის პროცესს – **დეფლაცია**.

თანამედროვე ეოლური ნალექები ძირითადად შეიცავენ ქვიშას და მტვერს. სამშენებლო თვალსაზრისით დიდი მნიშვნელობა აქვს ქვიშების დამაგრებას. ამ ნიშნის მიხედვით არჩევენ მოძრავ ქვიშებს (დიუნებს, ბარქანებს) და დამაგრებულ ქვიშებს, რომლებიც მცენარეთა ფესვებით არიან დამაგრებული და ქარით არ გადაადგილდებიან.

დიუნები წარმოიქმნება ზღვების, ტბებისა და მდინარეების სანაპიროებზე, როდესაც ქარი ქვიშას მიაყრის რაიმე

წინააღმდეგობას (ბუჩქნარი, რელიეფის უსწორმასწორობანი, ნაგებობები და ა.შ.). ბარქანები (ნამგლისებური მოყვანილობის ქვიშის ბორცვები ასიმეტრიული ფერდობებით) უდაბნოების მოძრავი ფორმებია. მათი წარმოშობა ხდება იქ, სადაც ერთი მიმართულების ქარებია გაბატონებული. მოძრავი ქვიშები დიდ საშიშროებას ქმნის, რადგან ფარავს ნაყოფიერ ველებს, ნაგებობებს და ა.შ.

ქანებზე ინტენსიურ გეოლოგიურ ზემოქმედებას ახდენს ზედაპირული წყალი, რომელიც მოძრაობს რა რელიეფის დახრილობის შესაბამისად, შლის, ანგრევს ქანებს, გადაადგს და ლექავს დაშლის პროდუქტებს. ამ პროცესს **ეროზია** ეწოდება. ეროზიის პროცესში ფერდობის გასწვრივ წყალთან ერთად გადაადგილდება გამოფიტვის პროდუქტები: თიხოვანი, მტვროვანი, ქვიშური და უფრო დიდი ნამტვრევები, რომლებიც გროვდება ფერდობის ძირში ან რელიეფის დადაბლებულ ადგილებში, რასაც **დელუვიური** პროცესი ეწოდება, ხოლო ნალექებს – **დელუვიონი**.

წყლის ნაკადები აწარმოებენ აგრეთვე *ხაზობრივ ანუ* სიღრმით ეროზიას, რაც იწვევს ღარტაფების, ხრამებისა და ხეობების წარმოქმნას. ზღვრული დონე, სადამდეც შეიძლება ხრამის ფსკერის გარეცხვა-გაღრმავება, შეესაბამება იმ აუზის (ტბის, მდინარის) დონეს, რომელშიც ჩაედინება ხრამში მიმდინარე ნაკადი. ამ დონეს **ეროზიის ადგილობრივი ბაზისი** ჰქვია. შემდგომი პროცესების განვითარების შედეგად წარმოიშვება ხევი. მდინარის შესართავთან ხრამის ალუვიონის დანაგროვებს **გამოტანის კონუსი** ეწოდება. ხრამებისა და ხევის ნაკადების შედეგად წარმოიქმნება მდინარეები, რომლებიც მოძრაობისას ასრულებს დიდ გეოლოგიურ სამუშაოს – ეროზიული პროცესების შედეგად ქმნიან ხევებს და ხეობებს, გადატანილი მასალის აკუმულაციას და ა.შ.

ეროზია არის სიღრმითი და გვერდითი. ფსკერი ხეობის ყველაზე დაბალი ადგილია, სადაც დაგროვილია მდინარის მიერ ნაშალი და დამუშავებული მასალა. **ტალვეგი** ხეობის ფსკერის ყველაზე დაბალი ნიშნულების შემაერთებელი წარმოსახვითი ხაზია. **კალაპოტი** ხეობის ის ნაწილია, რომელიც წყლის ნაკადს უკავია. **ჭალა** მდინარის ხეობის ის ნაწილია, რომელიც წყლით იფარება წყალდიდობის დროს.

ტერასა (ეროზიული, აკუმულაციური, შერეული) ძველი ჭალაა, რომლებიც დარჩენილია ეროზიის ბაზისის დადაბლების ან ხეობების ზემო ნაწილის ტექტონიკური აწევის შედეგად. მდინარის მიერ გადაადგილებულ, დამუშავებულ და დალექილ ნამტვრევ მასალას **ალუვიონი** ეწოდება.

მდინარის ეროზიული მოქმედების, ძირითადად გვერდითი ეროზიის შედეგად ფართოვდება მდინარის კალაპოტი, რის გამოც, მნიშვნელოვნად მცირდება მშენებლობისათვის გამოსადეგი ფართობი. გვერდით ეროზიის თავიდან ასაცილებლად ამაგრებენ ნაპირებს და არეგულირებენ მდინარის დინებას.

სელებს ანუ ღვარცოფებს უწოდებენ მთაგორიან რაიონებში კოკისპირული წვიმების ან თოვლის დნობის შედეგად წარმოქმნილ დროებით ნაკადებს, რომლებიც დიდი რაოდენობით შეიცავენ ქანების ნაშალ მასალას. ასეთ ნაკადებს გააჩნიათ მნიშვნელოვანი სიჩქარე და დიდი დამანგრეველი ძალა. წყლის ნაკადები ხეობის შესართავთან ქმნიან *გამოტანის კონუსებს*. სელური ნაკადების მიერ გამოტანის კონუსებში დაგროვილ მასალას ეწოდება **პროლუვიური ნალექები ან პროლუვიონი.** სელურ კერებში არჩევენ: წყალშემკრების აუზს, სელის მოძრაობის შესაძლო გზას და სელური მასალის აკუმულაციის უბანს (ი. ბოგოლიუბოვი, 1957).

სელების საწინააღმდეგოდ ტარდება პროფილაქტიკური ღონისძიებანი, მათ შორის საინჟინრო ნაგებობათა მშენებლობა. წყალშემკრებ ზონაში აშენებენ ტყე-მცენარეულობას, ტრანზიტისა და აკუმულაციის ზონაში – საყრდენ კედლებს. სელური ნაკადების წინააღმდეგ იყენებენ კაშხლებს, რომლებიც იქმნება მიმართული აფეთქებებით (მაგალითად, მედეოს ხეობაში ქ. ალმა-ატასთან).

11.2. ზღვების გეოლოგიური მოქმედება

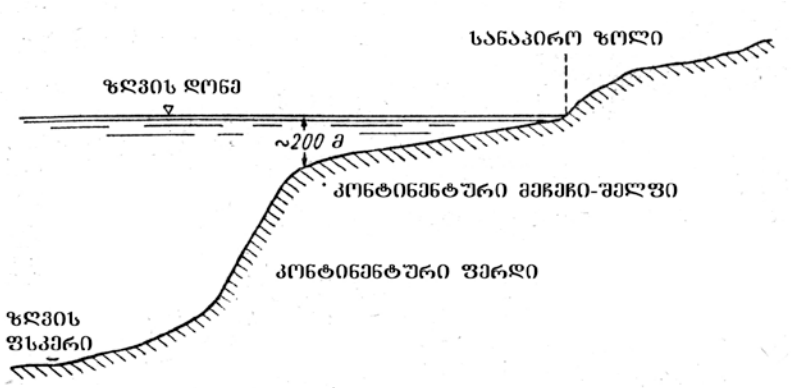
ზღვა უდიდეს როლს თამაშობს დედამიწის გეოლოგიურ განვითარებაში. პალეოზღვებსა და ოკეანეებში წარმოქმნილმა ნალექებმა შექმნა დედამიწის დანალექი საფარი.

წყალქვეშა სანაპირო ფერდს აქვს ციცაბო ან მცირე დახრა, იგი წარმოადგენს შელფის ნაწილს, რომელიც შემოსაზღვრავს კონტინენტს სანაპირო ზოლიდან დაახლოებით

200 მ სიღრმემდე. გეოლოგიური თვალსაზრისით იგი წარმოადგენს კონტინენტის წყლით დაფარულ ნაწილს.

ოკეანის მხრიდან შელფი შემოსაზღვრულია რელიეფის მკვეთრი გადაღუნვით, საიდანაც იწყება კონტინენტური ფერდი (ნახ. №13.1).

წყალქვეშა სანაპირო ფერდს შეიძლება ჰქონდეს დაძირული სანაპირო ზოლის ნარჩენები და ნაშთები: ძველი ზღვის ტერასები, ჩაღრმავებები, წყალქვეშა სერი და ა.შ.



ნახ. №23. შელფის (კონტინენტური მეჩეჩის) განლაგების სქემა

ზღვის გეოლოგიურ მოქმედებას, რომელიც გამოიხატება სანაპირო ზოლის ამგები ქანების დაშლაში, **აბრაზია** ეწოდება.

საინჟინრო გეოლოგიური თვალსაზრისით მნიშვნელოვანია აბრაზიული სანაპირო პროფილის წარმოქმნა, ვინაიდან ეს პროცესი დაკავშირებულია ნაპირების ნგრევასთან.

აბრაზიის პროცესს ძირითადად განაპირობებს ზვირთცემა, ნაკლებად – დინებები (სანაპირო, ფსკერის, აგრეთვე მოქცევა-უკუქცევა). ზღვის სანაპიროების აბრაზიის სიჩქარე დამოკიდებულია ზვირთცემის ძალაზე, მის სიხშირეზე და ნაპირის ამგები ქანების მექანიკურ თვისებებზე. ყველაზე სწრაფად იშლება ქანები, რომელთა შრეები მცირე კუთხით არიან დახრილნი ხმელეთისაკენ, ხოლო ყველაზე ნაკლებად – როცა ასეთი დახრა აქვთ ქანებს ზღვისაკენ, თუმცა თი-

ხოვან ქანებში შრეების ამგვარი განლაგებისას შეიძლება წარმოიშვას მეწყერი.

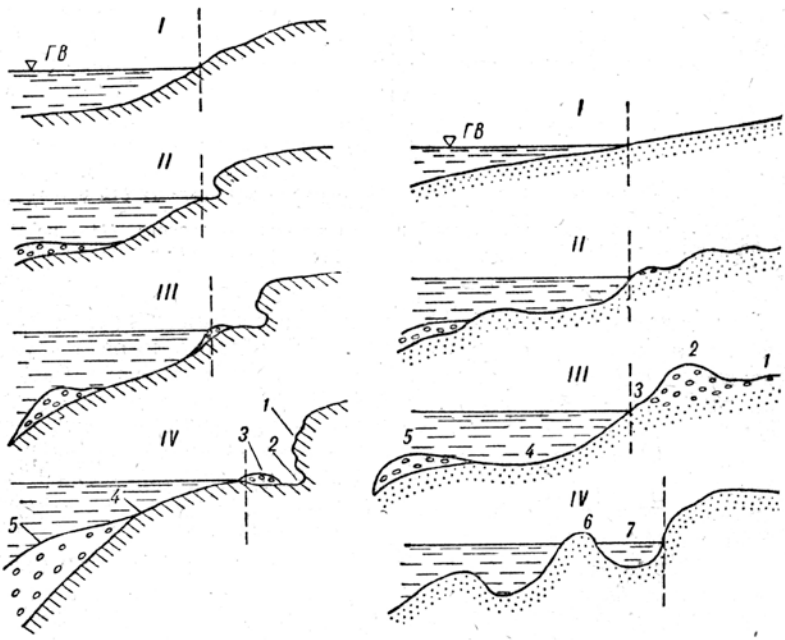
ზღვის აბრაზიული მოქმედების შედეგად მიიღება მოსწორებული ზედაპირები – პლაჟი და ზვირთცემის ტერასები, რომლებიც შეიძლება აგებული იყოს ძირითადი ქანებითაც და ზღვიური (აკუმულაციური) ნალექებითაც.

აბრაზიული ნაპირები ძირითადად აგებულია ძირითადი ქანებით, რომლებიც ინტენსიურად ირეცხება და ინგრევა. ამის გამო მათ ახასიათებთ გარკვეული მორფოლოგიური ფორმები: 1 - სანაპირო ჩამოქცევები (ფლატეები); 2 – ტალღცემის ნიში; 3 – ხვინჭის და ქვიშის ვიწრო ზოლი, წარმოშობილი ზვირთცემისაგან, რომელიც პერიოდულად იფარება წყლით; 4 – წყალქვეშა აბრაზიული მეჩეჩი – ტერასა, აგებული ძირითადი ქანებით ან გადაფარული უხეშმარცვლოვანი მასალით (ნახ. №14.2. - მარცხენა).

აკუმულაციური ნაპირები, უპირატესად მეჩეჩიანი შედგება ქვიშებისა და ხვინჭისაგან. ამგვარი ნაპირების ძირითად მორფოლოგიურ ელემენტებს წარმოადგენს: 1 – ზღვისპირა დაბლობი - წყალზედა აკუმულაციური ტერასა; 2 – სანაპირო ზვინული, აგებული ფხვიერი ქვიშებით და ხვინჭით; 3 – პლაჟი, აგებული ასევე ფხვიერი წვრილმარცვლოვანი მასალით, წარმოშობილი ზვირთცემით; 4 – წყალქვეშა აკუმულაციური სანაპირო მეჩეჩი წყალქვეშა ზვინულებით ან 5 – წყალზედა შვერილებით, რომლებიც ზოგჯერ კეტავს ლაგუნებს – 7 (ნახ. №14.2 - მარჯვენა).

მექანიკური ნგრევის გარდა ზღვის წყალი ქანებსა და სამშენებლო მასალებზე ქიმიურ ზეგავლენასაც ახდენს. პირველ რიგში აღსანიშნავია ნივთიერებების გახსნა. ზოგ შემთხვევებში საკმაოდ მნიშვნელოვანია ზღვიური ორგანიზმებისა და მცენარეების გავლენაც. მაგალითად, პლანქტონი შლის ბეტონს ან კლდეს.

ზღვის მოქცევა-უკუქცევას, რომლის სიმაღლე ოკეანეებისა და გაშლილი ზღვების ყურეებში 10-12 მ-ს უდრის, თან ახლავს ზღვის ნგრევით გამოწვეული მასალის გადატანა-ტრანსპორტირება და დალექვა.



ნახ. №24. აბრაზიული ნაპირის პროფილის ფორმირების სტადიები (I-IV) - მარცხნივ და აკუმულაციური ნაპირის პროფილის ფორმირების სტადიები (I-IV) – მარჯვნივ.

ზღვის გეოლოგიური მოქმედების დასკვნითი სტადიაა ე.წ. **წონასწორობის პროფილის** მიღწევა, როდესაც სანაპიროზე მყარდება დინამიკური წონასწორობა ქანების გარეცხვისადმი მდგრადობასა და ზღვის აბრაზიულ მოქმედებას შორის.

აბრაზიას ებრძვიან სპეციალური დამცავი ნაგებობებით, რომლებიც 2 კატეგორიისაა: პასიური და აქტიური დაცვის ნაგებობები. პასიური – უშუალოდ განიცდის ზვირთცემის მექანიკურ ზეგავლენას (ტალღამრეკლი კედლები), შედარებით სწრაფად დეფორმირდება და გამოდის მწყობრიდან. აქტიური დაცვის ნაგებობები (ზღვის ბუნა და ტალღამჭრელი) კი აგროვებს და აკავებს ნარიყს. ამ შემთხვევაში ტალღების ენერგია იხარჯება ძირითადად პლაჟის შემადგენელი მასალის გადაადგილებასა და ცვეთაზე. ამიტომ ამ ტიპის

დამცავი ნაგებობები უფრო საიმედოა და ექსპლუატაციის ხანგრძლივობით ხასიათდება.

ნაპირების დასაცავად იყენებენ აგრეთვე რკინაბეტონის ტეტრაპოდს, რომელიც წარმოადგენს წაკვეთილი კონუსის ფორმის ოთხად განტოტვილ სხეულს. იგი კარგად მაგრდება ზღვიურ ნალექებში როგორც ჩვეულებრივ, ასევე ციცაბო ნაპირებზე და იცავს მას გარეცხვისაგან.

11.3. ტბებისა და წყალსაცავების გეოლოგიური მოქმედება, ჭაობები

ტბები ბუნებრივ ტაფობებში წარმოქმნილი წყალსატევებია, რომლებსაც ზღვებსა და ოკეანეებთან კავშირი არა აქვთ. ტბების ტაფობები სხვადასხვა წარმოშობისაა. ერთერთი მათგანია – ტექტონიკური ტაფობები, რომლებიც წარმოიქმნება დედამიწის ქერქის ნაოჭა ან წყვეტითი დეფორმაციების შედეგად (ბაიკალი, ლადოგი, ონეგი, ტანგანიკა, სევანი და სხვა). გარდა ტექტონიკურისა არის ეროზიული, მყინვარული, კარსტული წარმოშობის, ვულკანური კრატერების ტბები, ჩაკეტილი ნამდინარევები და სხვ.

ტბებიც ასრულებენ გეოლოგიურ სამუშაოს, რომელიც გამოიხატება ნაპირების ნგრევაში და მასალის დალექვაში.

ტბიური აბრაზია ქარის მიერ წარმოქმნილი ტალღებითაა გამოწვეული. ტბიური ტერასა შეიძლება იყოს ეროზიული, გამომუშავებული ძირითად ქანებში და აკუმულაციური, აგებული ტბიური ნალექებით. აბრაზიული პროცესების გააქტიურების ერთ-ერთი მიზეზია დედამიწის ქერქის ტექტონიკური მოძრაობა, თუმცა ბოლო ხანებში სულ უფრო ძლიერდება ადამიანის სამეურნეო საქმიანობის როლი.

ტბაში ინტენსიურად მიმდინარეობს ნალექდაგროვების პროცესიც. ტბიური ნალექები წარმოდგენილია ნამტვრევი, ქიმიური და ორგანოგენული მასალით. სანაპიროების გასწვრივ ხშირია სხვადასხვამარცვლოვანი ქვიშების დანაგროვები. ფსკერზე ილექება ქვიშები, თიხები, ლამი, ხოლო მლაშე ტბის ფსკერზე – მარილები. ტბებში ფორმირდება სპეციფიკური, მარტო მისთვის დამახასიათებელი წარმონაქმნები: საპროპელი, ტორფი, ტრეპელი, ტბიური მერგელი და ცარცი.

ჭაობები ეწოდება დედამიწის ზედაპირის ჭარბად დატენიანებულ უბნებს, რომლებიც დაფარულია სპეციფიკური მცენარეული საფარით და ტორფით. თუ არ არის ტორფი ან მისი სისქე 30 სმ-ს არ აღემატება, მათ უწოდებენ დაჭაობებულ მიწებს. ჭაობების ნაწილი წარმოშობილია ტბებიდან და წარმოადგენს მათი განვითარების ბოლო სტადიას. ტბების ნაპირზე აღმოცენებული მცენარეები თანდათან ავსებენ წყალსატევს, ამასთან ხდება მათი არასრული ლპობის პროცესი და წარმოიქმნება ტორფის შრეები. ჭაობების წარმოშობის სხვა გზებია: წყალგაუმტარი შრეების არაღრმა განლაგება, გრუნტის წყლის დონეების აწევა და შეგუბება, ზღვის სანაპირო ზოლში დადაბლებული უბნების წყლით დაფარვა და ა.შ.

წყლის კვების პირობების მიხედვით არჩევენ: დაბლობის, მაღლობისა და გარდამავალ ჭაობებს. დაბლობის ჭაობები იკვებება მიწისქვეშა, ნაწილობრივ, მდინარის ან ტბის, აგრეთვე წვიმის წყლებით. მაღლობის ჭაობების კვებაში გარდა ატმოსფერული ნალექებისა, მონაწილეობენ ყინულისა და თოვლის დნობით წარმოშობილი წყლები. გარდამავალი ტიპის ჭაობებს აქვთ შერეული კვება.

ჭაობები და დაჭაობებული მიწები არახელსაყრელია ნებისმიერი მშენებლობისათვის. მშენებლობის დაწყებამდე აუცილებელია ჭაობების გენეზისისა და ძირითადი მახასიათებლების დადგენა (სიღრმე, ფსკერის რელიეფი, გავრცელება, გატენიანების წყაროები და ა.შ.).

ჭაობის ნალექებს აქვთ არახელსაყრელი ფიზიკურ-მექანიკური თვისებები. ტორფები და საპროპელები მაღალი კუმშვადობით, ტენტევადობით, დაბალი წყალშეღწევადობით და ძვრისადმი მცირე წინაღობით ხასიათდება. ტორფის, როგორც ნაგებობათა საფუძვლის შეფასება ხდება მისი მდგრადობის ხარისხის მიხედვით, რომელიც დამოკიდებულია კონსისტენციაზე. ტორფის კუმშვადობა არათანაბარია, იგი დაახლოებით 60-ჯერ აღემატება ქვიშის და 5-ჯერ თიხის კუმშვადობას. 5 მ-ზე მეტი სისქის მკვრივი ტორფის ჯდომის სიდიდე 0,15-0,25 მ-ია, ხოლო ფხვიერი და წყლით გაჯერებული ტორფის – 0,5-3,5 მ-ს აღწევს. მკვრივ ტორფზე დასაშვები მაქსიმალური დატვირთვა 1 კგ/სმ^2 არ აღემატება, არამკვრივ ტორფზე – 0,5 კგ/სმ^2, ხოლო გათხევადებულ

ტორფზე – 0,1 კგ/სმ^2. ეს გარემოება ბევრ შემთხვევაში გამორიცხავს რაიმე ნაგებობის მშენებლობას ამ ქანებზე და საჭიროებს ხელოვნური ფუძეების მოწყობას ქვიშიანი ან ხრეშიანი ბალიშების სახით. ზოგჯერ ჭაობიან შრეებს კვეთენ სპეციალური ხიმინჯებით ძირითად ქანებამდე.

აბრაზია წყალსაცავების სანაპიროებზე გაცილებით უფრო ინტენსიურად მიმდინარეობს, ვიდრე ბუნებრივი წყალსატევების ნაპირებზე. ამის მიზეზი მდგომარეობს იმაში, რომ წყალსაცავები იქმნება უმეტესად ისეთ ადგილებში, რომლებიც ჰავის კონტინენტური რეჟიმით ხასიათდება. წყლით დაფარვა იწვევს წყალსაცავის ღრმულის ამგები ქანების ბუნებრივი წონასწორობის დარღვევას, რის გამოც მათი ფიზიკურ-მექანიკური თვისებები სუსტდება და ტალღის მექანიკური ძალის ზემოქმედების გამო ეს ქანები ადვილად იშლება და ირეცხება. წყალსაცავის ნაპირების გადამუშავებას თან ახლავს სანაპირო ზოლის გარეცხვა რამდენიმე ათეული და ასეული მეტრის სიგანეზე. გადამუშავების ზონაში შეიძლება მოხვდეს დასახლებული პუნქტები, გზები და სხვა სასარგებლო ფართობები.

წყალსაცავების უმეტესობა ჰიდროენერგეტიკული მიზნებისათვის გამოიყენება (დნეპრის, დონის, ვოლგის, ანგარის, ენისეის და სხვ.), მათი ფართობი რამდენიმე ასეული კვადრატული კილომეტრია.

წყალსაცავები როგორც წესი იქმნება მდინარის ხეობებში ან სხვა ბუნებრივ ტაფობებში კაშხლის აგებით, რომელიც აგუბებს მდინარეს. წყალსაცავის ქვემო ნაწილში, რომელიც კაშხალს ებჯინება, წყლის ზედაპირს ქანობი არ გააჩნია, ამიტომ აქ დინებები არ არის. აბრაზიის აქტივობას აქ, ისევე როგორც ზღვებსა და ტბებში, განსაზღვრავს ქარის მიერ წარმოქმნილი ტალღები და წყალსაცავში წყლის დონის ცვალებადობა. წყალსაცავის შუა ნაწილში ნაპირების გადამუშავებაში გარდა აღნიშნულისა, მონაწილეობას ღებულობს წყალდიდობისას წარმოშობილი დინებები, რომელთა ზემოქმედებას ეროზიული ხასიათი აქვს. წყალსაცავის ზემო ნაწილში, განსაკუთრებით წყალუხვობის პერიოდში, ყალიბდება ტიპიური მდინარეულ-ეროზიული რეჟიმი.

წყალსაცავის ნაპირების ნგრევაზე დიდ გავლენას ახდენს წყლის დონის ცვალებადობა, რომელიც დიდ წყალსა-

ცავებში 6-8 მ-დე აღწევს. ქანების პერიოდული გაშრობა და დასველება და დონის ცვალებადობით წარმოქმნილი ზვირთები იწვევენ ნაპირების სწრაფ დაშლას. ნაპირების დამუშავების ინტენსიურობა დამოკიდებულია ფერდობების მორფოლოგიაზე, ქანების აგებულებაზე და ფიზიკურ-მექნიკურ თვისებებზე. ციცაბო ფერდობები უფრო აქტიურად ირეცხება, ვიდრე დამრეცი, ამასთან თუ ფერდობის დახრა 6 გრადუსზე ნაკლებია, მასზე უმეტესად ხდება ნაშალი მასალის დაგროვება. წყალში შეჭრილი ხმელეთის უბნები უფრო აქტიურად ირეცხება, ხოლო უბეებში გროვდება ნაშალი მასალა.

წყალსაცავის ნაპირების გადამუშავება იწყება მისი შევსების მომენტიდანვე და ყველაზე ინტენსიურად მიმდინარეობს პირველი 2-3 წლის განმავლობაში. რაც უფრო ადვილად ირეცხება სანაპირო, მით უფრო სწრაფად ხდება წონასწორობის პროფილის შექმნა.

წყალსაცავის ნაპირების გადამუშავების საწინააღმდეგოდ იგივე ნაგებობების მშენებლობა გამოიყენება, როგორც ზღვის აბრაზიის შემთხვევაში, მაგრამ ბუნები და ტალღამჭრელები გამოიყენება იშვიათად. ნაპირების გასამაგრებლად ძირითადად იყენებენ სხვადასხვა ტიპის დამცავ საფარს ქვის, რკინა-ბეტონის ფილების ან ასფალტის სახით. ფერდობის მდგრადობის გაზრდის მიზნით ეფექტურია კონტრფორსები, რომლებსაც აგებენ კარგი ფილტრაციული თვისებების მქონე მასალიდან: ნამტვრევო ქვა, ხრეში, ქვიშა. წარეცხვის საწინააღმდეგო ღონისძიებების შერჩევა პირველ რიგში დამოკიდებულია თუ რამდენად სასარგებლოა ის ტერიტორია, რომელიც გამიზნულია დასაცავად.

11.4. მყინვარების გეოლოგიური მოქმედება

ყინულისა და თოვლის მოძრავ მასას, რომელიც მარადი თოვლიანობის ხაზის ზევით მდებარეობს ***მყინვარი*** ეწოდება. არჩევენ მთისა და კონტინენტის მყინვარებს. კონტინენტურ მყინვარებში ყინულის დიდი სისქის მასა თავის წონით აწვება ქვეშმდებარე ქანებს და იწვევს მათ მონგრევას და გამოდენა-გამოჭყლეტას. მოძრავ მყინვარებს ზღვებსა და ოკეანეებში შეაქვთ ყინულის უზარმაზარი მასები – **აისბერ-**

გები, რომლებიც თანდათან დნება. გრენლანდიაში ყინულის მასების მოძრაობის სიჩქარე ოკეანისაკენ 4-38 მ/დღ.-ღ.

მთის ანუ ხეობის მყინვარი მოძრაობის დროს თხრის და ანაწევრებს ხეობის ფსკერისა და ფერდობის ამგებ ქანებს, ცვლის ფერდობების კონფიგურაციას, გადააქვს და ლექავს მონგრეულ მასალას.

ქანის ზედაპირის ყინულით ზემოქმედებისას წარმოიქმნება თავისებური გლუვი მოყვანილობის ზედაპირები, ე.წ. „ვერძის შუბლები", რომლებზეც კარგად შეიმჩნევა ყინულის და მასში ჩაყინული ქვების მექანიკური ზემოქმედების კვალი.

მყინვარი მოძრაობის პროცესში ჩაითრევს მონგრეული ქანის ნამსხვრევებს და გადაადგილებს მათ. მყინვარის გადნობის შემდეგ ეს ნამსხვრევები ილექება და წარმოქმნის **მყინვარულ ნალექებს ანუ მორენებს**. მოძრავ მორენებში არჩევენ ზედაპირულ, შიგა და ფსკერის მორენებს, დალექილში – სანაპირო და ბოლო მორენებს.

მყინვარული ნალექები არის უხეში, დაუხარისხებელი, ნამტვრევი მასალა. დიდი რაოდენობით გვხვდება თიხნარი და თიხა. მორენები განლაგებულია განფენების სახით, მათი სისქე ათეული მეტრებია. მყინვართან ახლოს რჩება მსხვილი მასალა, მოშორებით ილექება ქვიშები და უფრო შორს – თიხოვანი მასალა. ასეთ მყინვარულ ნალექებს **ფლუვიურ-გლაციური** ნალექები ეწოდება. ეს ნალექები დახარისხებულია და შრეებრიობა ახასიათებს, წარმოდგენილნი არიან ქვიშის, ხრეშის, კენჭნარის, თიხისა და თიხნარის შრეებით.

ფლუვიურ-გლაციური ნალექები ქმნიან რელიეფის დამახასიათებელ ფორმებს. ვიწრო, მაღალი ზვინულების სახით დაგროვილი მყინვარული მასალა წარმოქმნის **ოზებს.** მათი სიგრძე შეიძლება კილომეტრებს აღწევდეს, სიმაღლე – რამდენიმე ათეულ მეტრს.

აქა-იქ უსისტემოდ გაბნეულ ბორცვებს, რომლებიც დახარისხებული წვრილმარცვლოვანი მყინვარული ნალექებით არის აგებული, **კამები** ეწოდებათ. მყინვართან ახლომდებარე ტალღისებრი ზედაპირის მქონე დაბლობებს, რომელიც აგებულია მყინვარული წმინდა და საშუალომარცვლოვანი მასალით, **ზანდრულ ველებს** უწოდებენ.

მორენული და ფლუვიურ-გლაციური ნალექები ძირითადად საიმედო საფუძველს ქმნიან მშენებლობისათვის. თვით მორენები, რომლებიც შედგებიან კაჭარშემცველი თიხნარებისა და თიხებისაგან, ხასიათდებიან მაღალი ფიზიკურ-მექანიკური თვისებებით, აქვთ 12-14% ტენიანობა, 25-30% ფორიანობა და ხასიათდებიან მცირე წყალშეღწევადობით. შიგა ხახუნის კუთხე $>25^0$-ზე, შეჭიდულობა – 0,4-0,6 კგ/სმ^2, ამტანუნარიანობა – 6-10 კგ/სმ^2. დამახასიათებელია მცირე კუმშვადობა, რის გამოც, მათზე აგებული ნაგებობების დაჯდომა უმნიშვნელოა.

მყინვარული ნალექების სამშენებლო თვისებებზე უარყოფით გავლენას ახდენს მათში ცალკეული დიდი ლოდების ჩანართები, რამაც შეიძლება ნაგებობის არათანაბარი დაჯდომა გამოიწვიოს.

მყინვარული ნალექები კარგი სამშენებლო მასალაა. ქვიშები გამოიყენება ყრილების ასაგებად, აგრეთვე ინერტულ მასალად ბეტონისათვის. მტკიცე ქანების (გრანიტების და სხვ.) ლოდები მონოლითური და გამოუფიტავია, რომლებიც სათანადო დამუშავებისა და მოპირკეთების შემდეგ წარმოადგენს ძვირფას სამშენებლო ქვას.

11.5. ქანების მოძრაობა ფერდობებზე სიმძიმის ძალის გავლენით

გეოლოგიური თვალსაზრისით დედამიწის ზედაპირი იყოფა **დენუდაციისა და აკუმულაციის** არეებად. დენუდაციაში იგულისხმება იმ პროცესების ერთობლიობა, რომლებიც იწვევენ დედამიწის რელიეფის უსწორმასწორო ფორმების მოსწორება-მოვაკებას, რაც გამოიხატება მაღალი მთათა სისტემების დაშლასა და დაბალ მთაგორიან ადგილებად გადაქცევაში. აკუმულაციის არეებში კი ხდება ამ ნაშალი მასალის დაგროვება-დალექვა. ყველა დენუდაციური პროცესი დაკავშირებულია დედამიწის გარე დინამიკური ძალების გამოვლინებასთან და მათ **ეგზოგენური** პროცესი ეწოდება.

დენუდაციური პროცესების გამოვლინების ერთ-ერთი კონკრეტული ფორმაა ქანების მოძრაობა ფერდობებზე სიმძიმის ანუ **გრავიტაციული** ძალების ზემოქმედებით. გრავიტა-

ციულ პროცესებს მიეკუთვნება: შვავები, ზვავები და მეწყრები.

შვავი ეწოდება ციცაბო ფერდობზე ქანების ნამტვრევების გადაადგილებას და ფერდობის ძირში დაგროვებას. ქვის ნაშვავები მთიანი რელიეფის დამახასიათებელი ელემენტია. შედგენილობით მრავალფეროვანია, თუმცა მასალის მოძრაობის პროცესში მაინც ხდება მათი დახარისხება.

ნაშვავის დამახასიათებელი თვისებაა ძვრადობა, რის მიხედვითაც იყოფა მოქმედ, მილევად და უძრავ ნაშვავად.

მოქმედი ნაშვავი თანდათანობით მატულობს, მის ზედაპირზე ხდება ქანების ნამტვრევების გადაადგილება, რომლებიც არამდგრადია და ადვილად გამოდის წონასწორობის მდგომარეობიდან.

მილევადი ნაშვავი თითქმის არ მოძრაობს და ნაკლებად ივსება ახალი მასალით. ნამტვრევები უფრო მჭიდროდაა განლაგებული, შემკვრივებული და თავისუფალი სივრცე ნაწილობრივ უფრო წვრილი მასალითაა შევსებული.

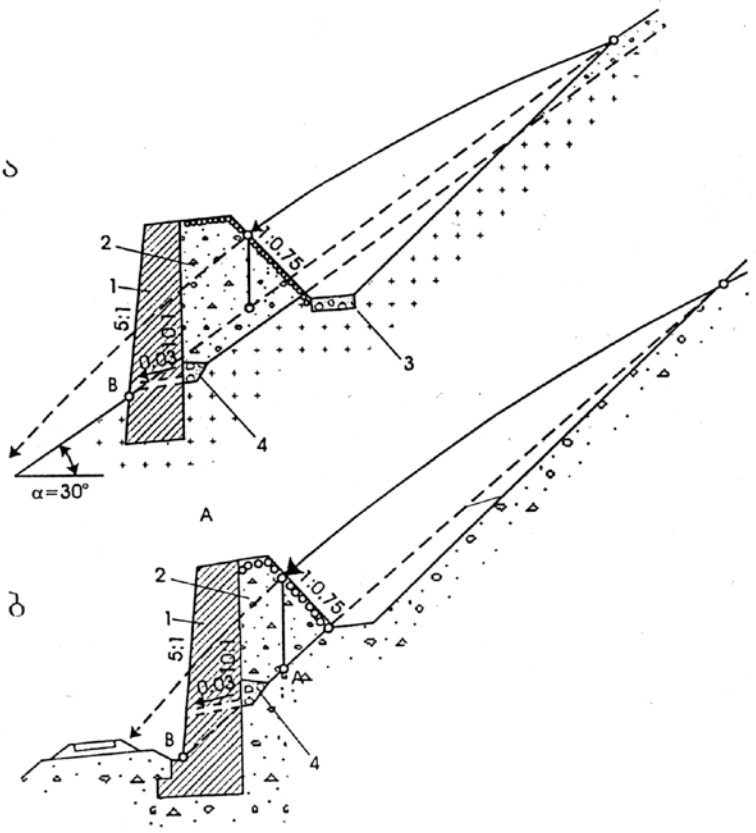
უძრავი ნაშვავის შევსება საერთოდ აღარ ხდება, რაც მისი კვების არარსებობაზე მიუთითებს. ასეთი ნაშვავი ინარჩუნებს უძრავ კონტურს, გამოირჩევა მასალის სიმჭიდროვით და სიმაგრით. ნამტვრევებს შორის სიცარიელეები ამოვსებულია წვრილმარცვლოვანი მასალით, რომელიც უმეტესად ქარის მოტანილია. ზოგჯერ უძრავი ნაშვავის ზედაპირი დაფარულია ნიადაგის ფენით.

შვავი აქტიური გეოლოგიური პროცესია და მისი გავლენა მშენებლობაზე უარყოფითია. ეს პროცესი განსაკუთრებულ საშიშროებას ქმნის მაღალმთიან რაიონებში საგზაო მშენებლობისათვის. შვავსაშიშ უბნებზე აუცილებელია დამცავი ნაგებობების (საყრდენი კედლებისა და დახურული გალერეების) მშენებლობა, განსაკუთრებით რკინიგზის ტრასებზე.

შვავსაწინააღმდეგო ღონისძიებებია:

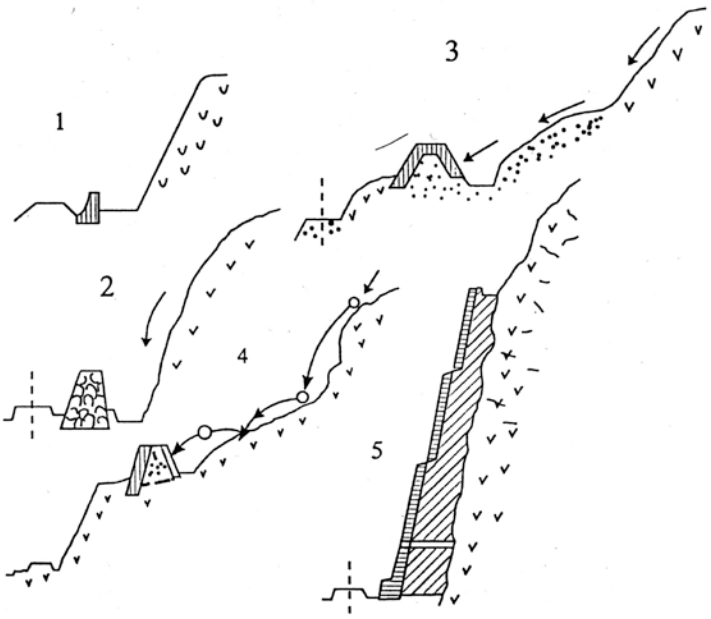
1) ნაგებობის ზემოთ ფერდობზე ნაშვავის პერიოდულად მოცილება;

2) ნაშვავის ქვედა ნაწილში კონტრფორსის შექმნა ჩამოშვავებული მასალის ხელოვნური გადაადგილებით;



ა – კლდოვანი ქანის არაღრმა განლაგებისას,
ბ - თიხნაროვან-ნამტვრევი დელ-ვიონის შემთხვევაში.
1 - რკინა-ბეტონის კედელი,
2 - ამორტიზაციული დაზვინვა ადგილობრივი გრუნტისაგან,
3 - ქვიშის ბალიში,
4 - საღრენაჟო არხი,
5 - ჩამონაშვავი მასა

ნახ. №25 შვავდამჭერი კედლები



1,2 - ზვავდამჭერი კედლები; 3 - ზვავდამჭერი ზვინული და არხი;
4 - ზვავდამჭერი კედელი და ზვინული; 5 - მოპირკეთება ბეტონის კედლებით.

ნახ. №26 ზვავსაწინააღმდეგო ღონისძიებების სქემა

3) ნაშვავის ზედაპირის მოწესრიგება, არამდგრადი ნაწილების მოცილება, განსაკუთრებით შვავის ფრონტალურ ნაწილებში;
4) ნაშვავის საფუძვლის გაუწყლოება;
5) დამცავი საინჟინრო ნაგებობების მშენებლობა (საყრდენი კედლები, დამცავი წინაფრები, დამჭერი ჯიბეები, მთლიანი ან ნახევრად დახურული გალერეები და სხვ.).

ზვავი არის დიდი ზომის მიწის მასების მოწყვეტის, გადმოყირავების და ჩამოვარდნის პროცესი. იგი დამახასიათებელია მაღალმთიანი რაიონებისათვის, მდინარის ხეობის კალთებისათვის, გზის ხელოვნური ჭრილებისა და ფერდობებისათვის, სადაც დარღვეულია ქანების ბუნებრივი წონასწორობა. ამ პროცესს აჩქარებს მიწისძვრები, ატმოსფერული

ნალექები, ძლიერი ქარი, ჩამოცვენილი ნამტვრევებისაგან გამოწვეული ბიძგები, მშენებლობის დროს წარმოქმნილი ჰაერის ან ზედაპირის რყევები, გამოწვეული აფეთქებებისაგან ან ტრანსპორტის მოძრაობის შედეგად.

ზვავების წარმოქმნის მიზეზია ციცაბო ფერდობებზე (45-50^0-ზე მეტი) ქანების წონასწორობის დარღვევა, რაც გამოწვეულია გამოფიტვის ნაპრალების წარმოქმნით ან არსებული ტექტონიკური ან მიწისძვრით გამოწვეული ნაპრალების გასწვრივ ქანების სიმტკიცის შესუსტებით.

მცირე სიდიდის ზვავის შემთხვევაში მიმართავენ ფერდობების ხელოვნურ ჩამონგრევას მცირე სიძლიერის აფეთქებებით ან ნაპრალებში სოლების ჩასობით. შესაძლებელია აგრეთვე საყრდენი კედლების, თხრილების, ტრანშეების მოწყობა, ნაპრალების ტამპონაჟი ან დანაპრალიანებული მასივის საერთო ცემენტაცია. ზვავები განსაკუთრებით საშიშია სარკინიგზო ტრასებისათვის.

მეწყერი ეწოდება სიმძიმის ძალით მიწის მასების ნელ გადაადგილებას (დაცურებას) ფერდობზე, რასაც ადგილი აქვს მათი ფიზიკური მდგომარეობის შეცვლის გამო ზედაპირული ან მიწისქვეშა წყლების გავლენით.

მეწყრული პროცესი ფართოდაა გავრცელებული მთაგორიან მხარეში, მდინარის ხეობის ფერდობებზე, ზღვის სანაპიროებზე, ხელოვნურ ფერდობებზე და ა.შ.

მეწყრის გადაადგილების, როგორც მექანიკური პროცესის მიზეზს წარმოადგენს ფერდობის ამგები ქანების მდგრადობის დარღვევა, რომელიც შეიძლება გამოიწვიოს:

1) ფერდობის ფუძეში საყრდენი ქანების მოცილებამ;

2) ფერდობის ძირში ქანების სიმტკიცის შესუსტებამ;

3) მთლიანად მასივისა და უშუალოდ ფერდობის ამგებ ქანებს შორის კავშირის შესუსტებამ ან შეწყვეტამ.

მეწყერი წარმოიქმნება იმ შემთხვევაში, როდესაც ფერდობის დახრილობა აღარ შეესაბამება ქანების ფიზიკურ მდგომარეობას და ამ ქანებს აღარ ძალუძთ მდგრადობის შენარჩუნება ფერდობის დახრის კუთხის შეუცვლელად.

არჩევენ მეწყრის შემდეგ მორფოლოგიურ ელემენტებს: სრიალის ზედაპირს ანუ სიბრტყეს, მეწყრის ძირს ანუ დამეწყრების ბაზისს, მეწყრის სიღრმეს, მეწყრულ ცირკს, მეწყრის სხეულს და მეწყრულ დანაგროვებს. მეწყრის გადაად-

გილება ხდება სრიალის ზედაპირზე. ეს ზედაპირი შეიძლება იყოს ცილინდრული, ტალღისებრი ან ბრტყელი. მეწყრის ძირი არის სრიალის ზედაპირის გამოსავალი ფერდობის ფუძეში. მეწყრის სიღრმედ მიჩნეულია უმოკლესი მანძილი მეწყრის სხეულის ზედაპირიდან სრიალის ზედაპირამდე.

მეწყრული ცირკი ის ციცაბო რკალისებური მოყვანილობის ზედაპირია, რომელიც წარმოიქმნება მეწყრის მოწყვეტის ადგილას. მეწყრული დანაგროვები არის გადაადგილებული ქანების მთელი მასა, რომელიც ფერდობის ყველაზე დადაბლებულ ადგილებში გროვდება. მეწყრის სხეულის შუბლის ნაწილში ხშირად ჩნდება ე.წ. **ამობურცვის ზვინული** – ნაპრალებით დასერილი მეწყრული მასა.

ზემოთაღნიშნული მორფოლოგიური ელემენტები ქმნიან მეწყრის ნიშან-თვისებებს, რომელთა საშუალებით შეიძლება გამოვავლინოთ და დავადგინოთ ეს მოვლენა. მეწყრულ ნიშან-თვისებებს მიეკუთვნება აგრეთვე: მეწყრული ნაპრალები, საფეხურები, წყლის შეტბორილი გუბეები, „მთვრალი ტყე", ნაპრალები და სხვა.

მეწყრული ნაპრალები ამ მოვლენის დაწყებითი სტადიაა, რომლებიც დასაწყისში ოდნავ შესამჩნევია, შემდეგ კი თანდათანობით დიდდება. მათ რკალური მოყვანილობა აქვთ და ჩაზნექილი მხარე მეწყრისკენაა მიმართული. მეწყრული საფეხურები ანუ ტერასები ფერდობზე ქანის მასების გადაადგილების შედეგად წარმოქმნილი მოედნებია, რომლებიც ფერდობის საწინააღმდეგო მიმართულებით არიან დახრილნი და ამიტომ ასეთ ადგილებში პატარა ტბები წარმოიშობა. ხეები გადაიხრებიან სხვადასხვა მხარეს და წარმოიქმნება ე.წ. „მთვრალი ტყე", ასევე იცვლიან მდებარეობას ტელეგრაფის ბოძები, ანძები, ჯებირები, კედლები და ა.შ. მეწყრულ ფერდობებზე ხშირია ნაგებობების დეფორმაცია და ნგრევა.

მეწყრის წარმოქმნისა და განვითარების ზოგადი პირობებია: გეოლოგიური აგებულება, ტექტონიკური მოძრაობა და რელიეფი. აქტიური მიზეზებიდან აღსანიშნავია ფერდობის აგებულებაში მონაწილე, უმთავრესად თიხოვანი ქანების ბუნებრივად დაძაბული მდგომარეობის შეცვლა; მიწისქვეშა, ზედაპირული და ატმოსფერული წყლების ზემოქმე-

დება, გამოფიტვა, სეისმური ბიძგები, ადამიანის სამეურნეო საქმიანობა და ა.შ.

მეწყრული პროცესი ხასიათდება არათანაბარი განვითარებით, პირობითად მასში გამოიყოფა 3 სტადია: მოსამზადებელი, საკუთრივ დამეწყრების და დამეწყრების შემდგომი.

მოსამზადებელი სტადია საკმაოდ ხანგრძლივია (რამდენიმე წელი) და დამოკიდებულია მეწყრის წარმომშობი ძალების ზემოქმედებაზე. ამ სტადიისათვის დამახასიათებელია ნაპრალების წარმოშობა, რაც შეინიშნება მიწის ზედაპირზე.

დამეწყრების სტადია შედარებით ხანმოკლეა და იგი წყდება მაშინვე, როცა ფერდობი გარკვეული მასის გადაადგილების შემდეგ მეტნაკლებად მდგრად კონტურს მიაღწევს. დამეწყრების შემდგომ სტადიაში იცვლება ფერდობის მდგრადობის პირობები. ჩამომეწყრილი ბლოკი, თუ იგი არ გაირეცხა და არ გადაადგილდა, ხშირად ფერდობისათვის ასრულებს ბუნებრივი კონტრფორსის როლს და ხელს უწყობს მის მდგრადობას.

ფერდობის მექანიკური მდგრადობა ანუ მდგრადობის ხარისხი განისაზღვრება მასზე მოქმედი ძალების ურთიერთშეფარდებით. ფერდობზე, მის ყოველ წერტილში მოქმედებს ძირითადად 2 ჯგუფის ძალები: მძვრელი და შემაკავებელი ძალები. ფერდობზე ქანის მასების მდგრადობის პირობას გამოსახავს განტოლება:

$$T=N \times tg_f + cL,$$ სადაც

T – არის მხები ძალა ანუ მისთვის სიმძიმის ძალის მძვრელი მდგენელი;

N – ნორმალური ძალა ანუ მასივის სიმძიმის ძალის შემაკავებელი მდგენელი;

tg_f - არის შიგა ხახუნის კოეფიციენტი;

c – შეჭიდულობა;

L – მანძილი, რომელზეც გადაადგილდება მეწყრული სხეული ფერდობის გასწვრივ.

ფერდობის მდგრადობის ხარისხი განისაზღვრება სიდიდით, რომელსაც **მდგრადობის ანუ მარაგის კოეფიციენტი** ეწოდება:

$$K_{mdg}= (N \times tg_f + cL)/T,$$

მრიცხველი ასახავს ძალების ჯამს, რომლებიც წინააღმდეგობას უწევს მეწყრის წარმოქმნას, მნიშვნელი – მეწყრის ხელშემწყობ მძვრელ ძალებს გამოსახავს. შემაკავშირებელი და მძვრელი ძალების ჯამურ სიდიდეებს აღნიშნავენ, შესაბამისად, $\sum R$ da $\sum T$, ე.ი.:

$$K_{mdg}= \sum R/\sum T$$

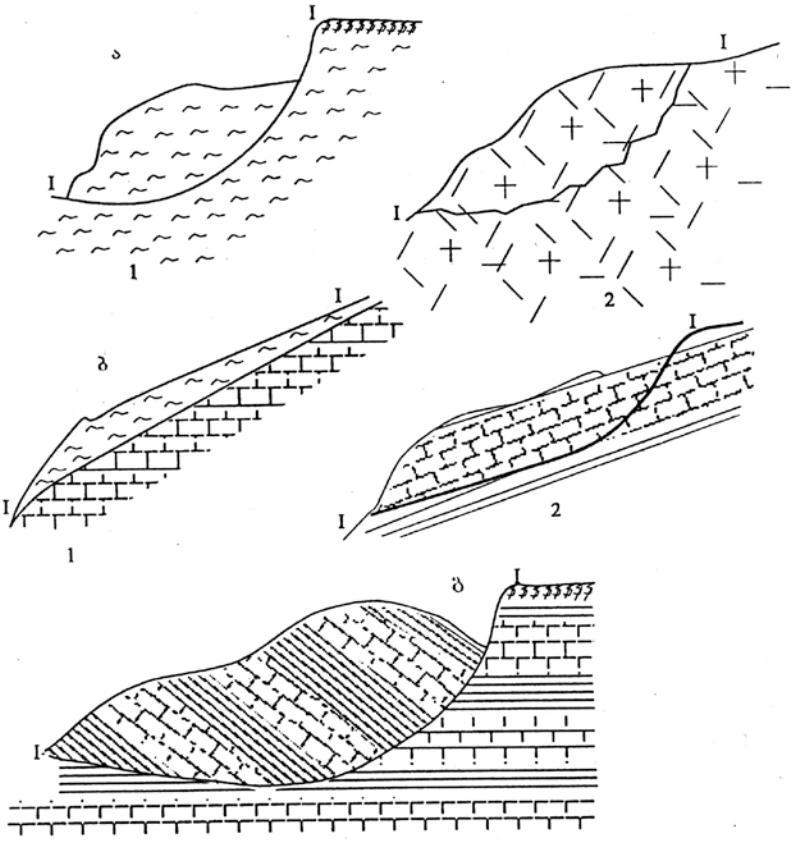
ამრიგად, მდგრადობის კოეფიციენტი გამოისახება გადაადგილების დამაბრკოლებელი ძალების შეფარდებით აქტიურ მძვრელ ძალებთან. მეწყრულ მოძრაობას წინააღმდეგობას უწევენ: ქანების შეჭიდულობა და შიგა ხახუნი. მოძრაობის გამომწვევია – ფერდობის წონა, მასზე განლაგებული ნაგებობანი, მიწისქვეშა წყლების ჰიდროსტატიკური და ჰიდროდინამიკური წნევები და ა.შ.

მდგრადობის თვალსაზრისით ფერდობები იყოფა 3 ჯგუფად:

1. როცა $\sum R = \sum T$, ე.ი. $K_{მდგ}=1$, გვაქვს ზღვრული წონასწორობის მდგომარეობა.
2. როცა $\sum R > \sum T$, ე.ი. $K_{მდგ}>1$, უზრუნველყოფილია ფერდობის მდგრადობა.
3. როცა $\sum R < \sum T$, ე.ი. $K_{მდგ}<1$, ფერდობი არამდგრად მდგომარეობაშია.

ცნობილია მეწყრების კერძო და ზოგადი კლასიფიკაციები. კერძოდან აღსანიშნავია თ. სავარენსკის კლასიფიკაცია, რომელიც ეყრდნობა მეწყრის აგებულების ნიშან-თვისებას და სრიალის ზედაპირის მდებარეობას ფერდობის ამგები ქანების მიმართ. ამის მიხედვით ავტორი მეწყრებს ყოფს 3 ჯგუფად: *ასეკვენტურ, კონსეკვენტურ და ინსეკვენტურ* მეწყრებად (იხ. ნახ. №11.5).

ასეკვენტურია ერთგვაროვანი, არაშრეებრივი უმეტესად თიხოვან ქანებში წარმოქმნილი მეწყრები, რომელთა სრიალის ზედაპირი მრგვალცილინდრულია. ასეკვენტური მეწყრები შედარებით იშვიათად, მაგრამ ასევე დამასიათებელია ნაპრალოვანი, არაშრეებრივი, მაგარი ქანებისათვისაც (იხ. ნახ. №11-ა).



ა- ასეკვენტური: 1- ერთგვაროვან თიხოვან ქანებში;
2- ნაპრალოვან მაგარ ქანებში;

ბ- კონსეკვენტური: 1- დელუვიონი ძირითად ქანზე;
2- მონოკლინურად დახრილ შრეებრივ ქანებში;

გ- ინსეკვენტური.

ნახ. №27 მეწყრის სახეები სრიალის ზედაპირის განლაგებისა და ფორმის მიხედვით

კონსეკვენტური – მეწყრების მოძრაობა ხდება შრეებრიობის დახრილი სიბრტყის ან დელუვიური ნალექების და ძირითადი ქანების გამყოფი ზედაპირის გასწვრივ.

ინსეკვენტური – დამახასიათებელია შრეებრივი ქანებისათვის, ამ შემთხვევაში მეწყრების სრიალის ზედაპირი კვეთს ქანების შრეებრიობას.

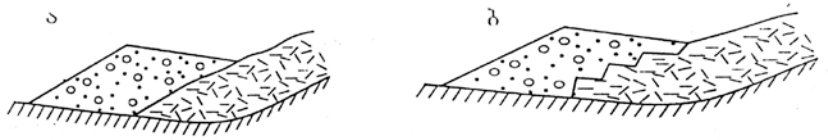
ა. პავლოვი წარმოშობის ხასიათის მიხედვით გამოჰყოფს ***დელაპსურ და დეტრუზიულ*** მეწყრებს. პირველი მათგანი წარმოიქმნება ფერდობის ქვედა ნაწილში და ვრცელდება ზევითკენ მიწის მასების თანმიმდევრული ჩამოსრიალების შედეგად. მეორე ტიპის მეწყრები წარმოიქმნება ფერდობის ზედა ნაწილში.

დამეწყრილი მასის კონსისტენციისა და მოძრაობის ხასიათის მიხედვით არჩევენ: **დენად, პლასტიურ და ბლოკურ** მეწყრებს, ხოლო მეწყრული სხეულის აგებულების მიხედვით – **მარტივ და რთულ** ან **საფეხურებიან** მეწყრებს, რომლებიც ერთმანეთზე განლაგებულ რამდენიმე მეწყრისაგან შედგება.

მოძრაობის აქტიურობის მიხედვით არჩევენ: **მოქმედ და უძრავ** მეწყრებს, აგრეთვე **თანამედროვე და ძველ,** ზოგჯერ **განამარხებულ** მეწყრებს; თუ მოხდა ძველი მეწყრის აქტივიზაცია, ვღებულობთ **განახლებულ** მეწყერს.

მეწყერსაწინააღმდეგო ღონისძიებები იყოფა 3 ჯგუფად (ი. პოპოვი):

1. ღონისძიებები, რომელთა მიზანია მეწყრის უშუალოდ გამომწვევი მიზეზების შეწყვეტა ან შესუსტება.
2. ღონისძიებები, რომლებიც ითვალისწინებს ძვრის ძალების შესუსტებას ან საბჯენების მოწყობას ქანების გადაადგილების შესაზღუდად.



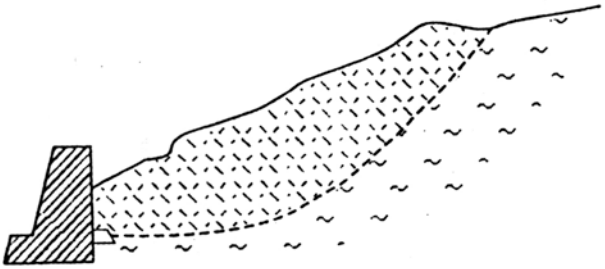
ნახ. №28 ბანკეტისა (ა) და კონტრბანკეტის (ბ) მოწყობის სქემა

3. ღონისძიებები ფერდობის ამგები ქანების ფიზიკური მდგომარეობის გასაუმჯობესებლად.

პირველი ჯგუფი ითვალისწინებს ისეთი საინჟინრო ნაგებობების აგებას, რომლებიც დაიცავს ფერდობს ეროზიული ან აბრაზიული პროცესებისაგან: ნაკადის მიმმართველი დამბები, ტალღამრეკლი კედლები, ბუნები, ტალღმჭრელები, ფერდობის წყალქვეშა გამაგრება ფიჩხკონით ან ბეტონის ფილებით.

მეორე ჯგუფი გულისხმობს ფერდობის მოსწორებას, მოვაკებას, ზედა ნაწილის მოჭრას და კონტრბანკეტის შექმნას (იხ. ნახ. №14.6), ხელოვნური ტერასების და საყრდენი კედლების მოწყობას (იხ. ნახ. №14.7), რკინაბეტონის სარჭებით მეწყრული სხეულის დამაგრებას.

მესამე ჯგუფის ღონისძიებებს მიეკუთვნება მეწყრული უბნის ღია და დახურული დრენაჟი ზედაპირული და გრუნტის წყლების მოცილების მიზნით, ქანების ელექტროქიმიური გამაგრება, რომელიც აუმჯობესებს ქანების ფიზიკურ მდგომარეობას.



ნახ. №29. საყრდენი კედელი მეწყრის ძირში

მეწყრული პროცესის თავიდან აცილება ასევე დამოკიდებულია პროფილაქტიკური ღონისძიებების გატარებაზე: უნდა აიკრძალოს ისეთი სამუშაოები, რომლებიც ხელს უწყობენ ამ პროცესის გააქტიურებას: ფერდობის ძირის ჩამოჭრა, თხრილის გაჭრა, ფერდობის გადატვირთვა ნაგებობებით ან მიწის დაყრით, ფეთქებადი და სამთო სამუშაოების ჩატარება, მცენარეული საფარის მოსპობა, ფერდობის ხელოვნური გაწყლიანება და სხვ.

მშენებლობის დაწყებისას მდინარის ხეობებში ან ზღვის სანაპირო ფერდობებზე, საჭიროა დადგინდეს მეწყრების არსებობა და მათი აქტიურობის ხარისხი. თუ მეწყერი სტაბილიზებულია – შესაძლებელია მშენებლობის დაწყება, მაგრამ საჭიროა სიფრთხილე და დაკვირვებების ჩატარება.

აქტიური მეწყრების ფარგლებში მშენებლობა არ არის მიზანშეწონილი ან დაიშვება მეწყერსაწინააღმდეგო ღონისძიებათა სრული კომპლექსის განხორციელების შემდეგ.

მეწყერი შეიძლება წარმოიშვას სრულიად მდგრად ფერდობზეც მიწის სამუშაოების ჩატარების შედეგად, განსაკუთრებით ფერდობის ძირის მოჭრისა და თიხოვანი ქანების გაშიშვლების დროს. ასეთი ადგილის გამოყენებისას აუცილებელია თხრილის გაჭრა, მასში საყრდენი კედლის ამოყვანა და ამის შემდეგ მიწის სამუშაოების წარმოება.

განსაკუთრებით დიდი სიფრთხილეა საჭირო გზის ვაკისის მშენებლობისას, სადაც არასაკმარისად ამოვსებული თხრილები, მოუპირკეთებელი არხები, წყლის მილების ტექნიკური უწესრიგობა და სხვა ფაქტორები ხელს უწყობს ფერდობზე ქანების ფიზიკური მდგომარეობის შეცვლას და მეწყრის წარმოქმნას ან გააქტიურებას.

11.6. კარსტული პროცესები

კარსტული პროცესი ან კარსტი ეწოდება ზედაპირული და მიწისქვეშა წყლების მიერ მეტნაკლებად ხსნადი ქანების გახსნა-გამოტუტვას და ამის შედეგად ქანებში სიცარიელეების გაჩენას, რაც ზოგჯერ ზედაპირზე ძაბრისმაგვარი ჩაღრმავებების წარმოქმნაში გამოიხატება. კარსტი გეოგრაფიული ტერმინია – ეს არის იუგოსლავიის ჩრდილო-დასავლეთ პერიფერიაზე, იტალიის საზღვართან არსებული კირქვიანი პლატო, სადაც ეს პროცესი კლასიკურად არის გამოსახული და პირველად აღწერილი.

კარსტი სერიოზულ დაბრკოლებებს და სიძნელეებს უქმნის მშენებლობებს, განსაკუთრებით ჰიდროტექნიკურს.

კარსტის წარმოქმნა და განვითარება განპირობებულია ადგილმდებარეობის გეოლოგიური აგებულებით, რელიეფით, კირქვიანი ქანების დიდი სიმძლავრით, გავრცელების ფართობით, ქანების წყალში ხსნადობის უნარით, ქანების და-

ნაპრალიანებით, გამდინარე მიწისქვეშა წყლების არსებობით, მისი მინერალიზაციით, კლიმატური პირობებით და ა.შ (მ. გაზიზოვი, 1971).

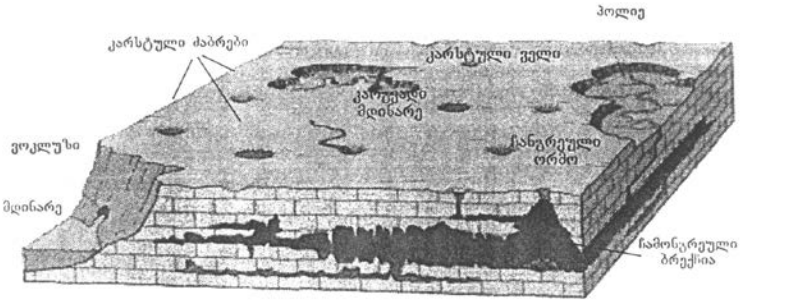
ყველაზე ხსნადი ქანებია ნატრიუმისა და კალიუმის მარილები: ქვამარილი (ჰალიტი - აჩლ) და სილვინი (ჩლ),. ხსნადობის უნარი აქვს თაბაშირს, ანჰიდრიტს და კირქვას.

კარსტი ყველაზე უფრო ხშირად გვხვდება კირქვებში, რადგან იგი ფართოდაა გავრცელებული ბუნებაში და ინტენსიურად დანაპრალიანებულია. კირქვების ხსნადობა მნიშვნელოვნად მატულობს, თუ წყალი შეიცავს ნახშიროროჟანგს, რომელიც ხელს უწყობს წყალში ხსნადი კალციუმის ჰიდროკარბონატის წარმოქმნას:

$$CaCO_3+H_2O+CO_2\ Ca(HCO_3)_2,$$

რეაქცია შექცევადია - ჰიდროკარბონატით გაჯერებული წყლიდან გამოილექება კალციტი. ამ გზითაა წარმოშობილი კარსტულ მღვიმეებში არსებული ნადენი ფორმები – **სტალაქტიდები და სტალაგმიტები**.

კარსტწარმოქმნის უმთავრესი ფაქტორია წყლის გამხსნელი მოქმედება. ამ პროცესში მიწისქვეშა წყლების გარდა მონაწილეობენ ატმოსფერული და მდინარეული წყლები.



ნახ. №30. ზედაპირული კარსტული ფორმები

პროცესი მით უფრო აქტიურად მიმდინარეობს, რაც ნაკლებია წყლის მინერალიზაცია და მეტია მასში ნახშიროროჟანგი. ხსნადობაზე მოქმედებს ტემპერატურაც. რაც უფრო ხშირია ნაპრალების ქსელი, მით მეტი წყალი შეაღწევს ქანში. წყალი ხსნის და თანდათანობით აფართოებს ნაპრა-

ლებს, რომლებიც გადაიქცევა სიცარიელეებად – კარსტულ ფორმებად.

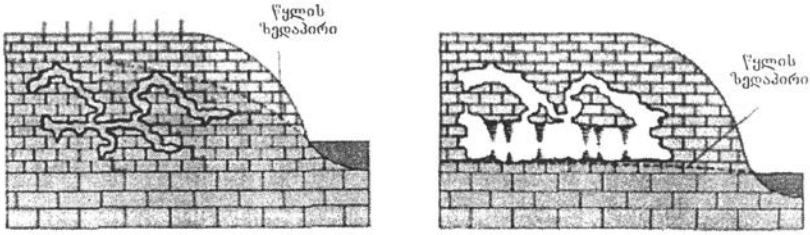
კარსტული მოქმედების ბაზისი ის დონეა, რომლის ქვევით აქტიური კარსტული პროცესი შეწყვეტილია. დედამიწის ქერქის ტექტონიკურმა მოძრაობამ შეიძლება შეცვალოს ამ ბაზისის მდებარეობა, რაც შესაბამისად გამოიწვევს კარსტული პროცესის გააქტიურებას ან შესუსტებას.

დედამიწის ზედაპირთან მდებარეობის მიხედვით არჩევენ **ღია და ფარულ კარსტს**. პირველ შემთხვევაში დაკარსტული ქანები განლაგებულნი არიან უშუალოდ დედამიწის ზედაპირზე, მეორეში – ისინი გადაფარულია უხსნადი, მაგრამ წყალშეღწევადი ქანებით.

კარსტის ზედაპირული ფორმებიდან აღსანიშნავია: **კარი** – წვრილი ხნულისმაგვარი ღარი კირქვების ზედაპირზე, რომელიც ჩნდება ატმოსფერული წყლის მცირე ნაკადების მოძრაობისას; **ძაბრი**, რომელიც წარმოიქმნება ზედაპირზე ნაპრალთა ურთიერთგადაკვეთის ან რელიეფში არსებული ბუნებრივი ჩაღრმავების ადგილას ზედაპირული წყლის მოქმედებით; **პოლიე** წარმოიქმნება ძაბრების გაერთიანების შედეგად ან კარსტული მასივის ცალკეული უბნების ჩაწოლით. მათი სიგრძე ასეულ მეტრებსა და კილომეტრებს აღწევს, ხოლო სიღრმე – რამდენიმე მეტრს.

კარსტის მიწისქვეშა ფორმებიდან აღსანიშნავია: **ჭა** და **შახტი**, რომლებიც ვერტიკალური ხვრელების და ნაპრალების შემდგომი გაფართოებით წარმოიშვება; **კავერნა** – დაკარსტული ქანების გამოჭმის შედეგად წარმოშობილი უსწორმასწორო მოყვანილობის სიცარიელე; **მღვიმე** – დიდი ზომის სიცარიელე, რომელიც წარმოიშვება მიწისქვეშა ჩაქცევებით.

ეროზიის ბაზისის ცვალებადობის შედეგად წარმოიშვება რამდენიმე სართულად განლაგებული მღვიმეები, რომლებიც როგორც წესი, ერთმანეთს უკავშირდება, მათთვის დამახასიათებელია მიწისქვეშა მდინარეები და ტბები.



ნახ. №31. მიწისქვეშა კარსტული ფორმები

კარსტული პროცესების განვითარების სიჩქარის განსაზღვრისათვის გამოიყენება **კარსტული პროცესის აქტიურობის** მაჩვენებელი:

$$A = \frac{v}{V} 100\% \ ,$$

სადაც v – გახსნილი ქანის მოცულობაა ანუ სიცარიელეების ჯამური მოცულობა; V – დაკარსტული ქანების საერთო მოცულობა.

მშენებლობა კარსტულ ქანებში გარკვეულ სიძნელეებთანაა დაკავშირებული და ხორციელდება საინჟინრო გეოლოგიური კვლევების ჩატარების შემდეგ. იყენებენ კარსტული სიცარიელეების ცემენტაციას.

ხსნარის ჩაჭირხვნის შედეგად მიიღება მიწისქვეშა წყალშეუღწევადი ბარიერი(ეს მეთოდი გამოიყენეს ენგურის თაღოვანი კაშხლის მშენებლობის დროს). არსებობს სხვა მეთოდებიც: ზედაპირული და მიწისქვეშა წყლების დრენაჟი, ჭაბურღილებიდან წყლის ამოტუმბვა, ღონის დაწევა და სხვ.

11.7. სუფოზია, დენადი ქანები

სუფოზია ლათინური სიტყვაა და გამოთხრას ნიშნავს. იგულისხმება მიწისქვეშა წყლის მიერ ქანებიდან წვრილი ნაწილაკების გამოტანა-გამორეცხვის პროცესი, რომელსაც შეიძლება მოჰყვეს ზევითმდებარე ქანების დაჯდომა, ძაბრებისა და ჩაქცევების წარმოქმნა.

სუფოზია კარსტის მსგავსია, იმ განსხვავებით, რომ ამ შემთხვევაში ქანების ქიმიურ გახსნასთან ერთად ხდება

მისი შემადგენელი მასალის მექანიკური გამოტანა, მაგრამ არ წარმოიქმნება სიცარიელეები.

არჩევენ მექანიკურ და ქიმიურ სუფოზიას და მათ ერთობლიობას. ეს პროცესი მიმდინარეობს ლიოსურ ქანებში, სადაც წყალი ქიმიურად ხსნის კარბონატულ ცემენტს და გამოაქვს თიხოვანი ნაწილაკები.

სუფოზიის ძირითადი გამომწვევი მიზეზია ჰიდროდინამიკური წნევების წარმოქმნა და ამავე დროს მიწისქვეშა წყლების კრიტიკული სიჩქარის მომატება. ქანის ნაწილაკების გამოტანის შედეგად ფართოვდება მასში არსებული არხები, მატულობს წყლის მოძრაობის სიჩქარე, რაც ხელს უწყობს უფრო დიდი ნაწილაკების გამოტანას.

ამ პროცესმა შეიძლება გამოიწვიოს ნაგებობების არათანაბარი ჯდომა და დეფორმაციები.

სუფოზიის ხანგრძლივმა მოქმედებამ ფერდობებზე, რომლებიც აგებულია თიხიან-ქვიშიანი ქანების მორიგეობით, შეიძლება გამოიწვიოს მეწყრული დეფორმაციები.

სუფოზიის თავიდან ასაცილებლად საჭიროა ზედაპირული და მიწისქვეშა წყლების რეგულირება სადრენაჟო ქსელის მოწყობით და ქანების გამოფიტვის ინტენსიურობის შემცირება დამცავი საფარის გამოყენებით.

ფერდობის სიღრმეში წყლის ფილტრაციის შემცირება შესაძლებელია უკუფილტრების საშუალებით. კაშხლების საფუძველში მაღალი ფილტრაციული თვისებების მქონე ქანებში სუფოზიური დეფორმაციების თავიდან აცილების მიზნით აკეთებენ თიხის ძირულებს, რითაც იზრდება ფილტრაციული ნაკადის მოძრაობის გზა და მცირდება ჰიდრავლიკური გრადიენტი და ფილტრაციის სიჩქარე. ზოგ შემთხვევაში მიმართავენ ქანების ფიზიკური თვისებების გაუმჯობესებას სილიკატიზაციისა და ცემენტაციის გამოყენებით. სუფოზიისადმი აქტიურ გრუნტებში უმჯობესია ხიმინჯური ტიპის საძირკვლების გამოყენება.

დენად ქანებს უწოდებენ წყლით გაჯერებულ, დისპერსიულ, ფხვიერ ქანებს, ჩვეულებრივ ალევროლიტებს და ქვიშიან თიხებს, რომლებიც მიწის სამუშაოების წარმოების დროს (სამშენებლო ქვაბული, სამთო გამონამუშევარი) მოძრაობაში მოდის მძიმე, ბლანტი სითხის მსგავსად.

დენად მდგომარეობაში შეიძლება გადავიდეს სხვადასხვა გრანულომეტრიული შედგენილობის ქვიშები, ასევე თიხნარები და ქვიშნარები.

დენადი ქანების წარმოქმნის მიზეზი შეიძლება იყოს ფორებში არსებული წყლის ჰიდროდინამიკური წნევა, რომელიც ჩნდება გრუნტის წყლების წნევათა სხვაობის შედეგად ქვაბულის გაჭრის დროს.

დენადი ქანების მცირე წყალშეღწევადობის გამო ჰიდრავლიკური გრადიენტი იწვევს ფილტრაციულ წნევას ქანის ნაწილაკებზე, რის შედეგადაც ამოძრავებს მათ განტვირთვის მიმართულებით, ე.ი. ქვაბულისაკენ.

მცურავი ქანების თვისებების ჩამოყალიბებაში, ჰიდროდინამიკური პირობების გარდა მნიშვნელოვანია მისი შედგენილობაც. განასხვავებენ ცრუ და ჭეშმარიტ მცურავ ქანებს.

ცრუ დენად ქანებს მიეკუთვნება ქვიშები და ხრეშოვანი ქანები, რომლებსაც არა აქვთ სტრუქტურული კავშირები და მაღალი ჰიდროდინამიკური წნევის გამო გადადიან დენად მდგომარეობაში. ისინი ადვილად მოძრაობენ, მაგრამ ამასთანავე ადვილად გასცემენ წყალს. მათი ფილტრაციის კოეფიციენტი საკმაოდ მაღალია (2 და მეტი მ/დღე-ღამეში). გამოშრობისას წარმოქმნიან ფხვიერ მასას.

ჭეშმარიტ დენად ქანებს მიეკუთვნება ალევროლიტები და ქვიშები, რომლებშიც არის თიხოვანი მასალაც (თიხოვანი ქვიშა, ქვიშნარი).

თიხოვანი კოლოიდური ნაწილაკების შემცველობა განაპირობებს კავშირებს ქვიშის მარცვლებს შორის. ტენის შემწოვი კოლოიდური ნაწილაკების ირგვლივ შეკავშირებული წყლის აპკები ასუსტებენ სტრუქტურულ შეჭიდულობას და ამცირებენ წყალშეღწევადობას. ასეთი ქანები წყალს ძნელად გასცემენ, რადგან მცირეა მათი ფილტრაციის კოეფიციენტი.

ჭეშმარიტი დენადი ქანები გამოშრობის შემდეგ გადაიქცევა შეცემენტებულ მასად. მათი დაშრობა ან რაიმე ქიმიური ნივთიერებებით გამაგრება ძნელია, რადგან ხსნარი ქანის სიღრმეში ვერ აღწევს, ხოლო კოლოიდური ნაწილაკების შეჭიდულობის უნარი უცხო ნივთიერებებთან სუსტია.

დენადი ქანები მკვეთრად ართულებენ მშენებლობას ან სასარგებლო წიაღისეულის მოპოვებას.

დენადი ქანების წინააღმდეგ იყენებენ შემდეგ ღონისძიებებს:

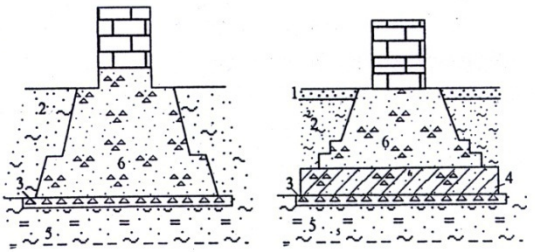
1) ხელოვნურ დაშრობას;

2) მათი გავრცელების შეზღუდვას შპუნტური ჯებირის საშუალებით;

3) დენადი ქანების ფიზიკური მდგომარეობის შეცვლას ტექნიკური მელიორაციის მეთოდებით (სილიკატიზაცია, ცემენტაცია, გაყინვა, ელექტროქიმიური გამაგრება და ა.შ.).

თუ ნაგებობის კონსტრუქცია ფუძის ღრმად განლაგებას მოითხოვს, იყენებენ ხიმინჯურ საძირკვლებს, ღრმა ჭებსა და კესონებს, რომელთა სიღრმე შეიძლება რამდენიმე ათეული მეტრი იყოს.

მიწისქვეშა სამუშაოების დროს გამონამუშევარში დენადი ქანის შემოჭრის საწინააღმდეგოდ გამოიყენება სანგრევის წინმსწრები შემომზღუდი სამაგრი. გარდა ამისა მიმართავენ ქანების გაყინვას უშუალოდ სანგრევის ზონაში. იყენებენ ისეთ გამყვან ფარებს, რომელშიც იქმნება ჰაერის მაღალი წნევა, რაც გამორიცხავს სანგრევში დენადი ქანების ან წყლის შემოჭრას.



1. ქვი'შის საფარი; 2. თიხნარი; 3. ხრე'შის ფენა;
4. რკინაბეტონის ბალი'ში, 5. მცურავი ქანი;
6. ბეტონის საძირკველი.

ნახ. №32. მცურავ ქანებზე განლაგებული საძირკვლების სქემა

11.8. ლიოსური ქანების დეფორმაციები

ლიოსი ეწოდება რბილ, ფქვილისმაგვარ, მტვრისებრ, ხშირად მაკროფორიან, კარბონატულ, არაშრეებრივ თიხნარს. გარდა ტიპიური ლიოსებისა, ბუნებაში გავრცელებულია ლიოსების დაშლისა და ხელმეორედ დალექვის შედეგად მიღებული თიხნარები, ქვიშნარები და იშვიათად თიხები, ე.წ. ლიოსისმაგვარი ქანები. პირველადი ლიოსებისათვის დამახასიათებელია ერთგვაროვნება, ლიოსისმაგვარი ქანები კი ხშირად შრეებრივია და შეიცავს ქანების ნამტვრევებსაც.

ლიოსებისათვის დამახასიათებელია ძლიერ ციცაბო და ვერტიკალური ფერდობები.

ლიოსების გრანულომეტრიულ შედგენილობაში ჭარბობს მტვროვანი ფრაქცია (70-85%), ქვიშიანი ფრაქცია არ აღემატება 10%, ხოლო თიხოვანი – 10-14%. ლიოსების დამახასიათებელი თვისებაა მაღალი ფორიანობა, შეიცავენ მაკროფორებს (44-55%). ტენიანი კლიმატის პირობებში ლიოსური ქანების ტენიანობა 10-12%; მათთვის დამახასიათებელია ფილტრაციული თვისებების ანიზოტროპიულობა.

სტრუქტურის დაშლისა და გრუნტის შემკვრივების გამო, ლიოსებისათვის დამახასიათებელია ჯდომადობა, რომელიც ვითარდება მათი დასველების შედეგად.

ჯდომადობის მიხედვით ლიოსები იყოფა 4 ჯგუფად:

1) ჯდომად დეფორმაციას განიცდიან საკუთარი სიმძიმის ძალის გამო;

2) ჯდომად დეფორმაციას განიცდიან ნაგებობათა სიმძიმის ძალის გავლენით;

3) უმნიშვნელოდ ჯდებიან ნაგებობათა სიმძიმის ძალის გავლენით და ზოგჯერ წინასწარ იბურცებიან;

4) ხასიათდებიან მდგრადი სტრუქტურით და არ რეაგირებენ წყლის ზემოქმედებაზე.

ბუნებრივი სტრუქტურისა და მცირე ტენიანობის მქონე ლიოსები წარმოადგენს საკმაოდ მდგრად საფუძველს, მაგრამ მათ გააჩნიათ დეფორმაციის პოტენციალური უნარი ნაგებობის საძირკველის დასველების დროს, ამიტომ ლიოსებზე მშენებლობა საჭიროებს წინასწარი ღონისძიებების გატარებას.

ღონისძიებათა შერჩევა ხდება ტექნიკურ-ეკონომიკური ანალიზის საფუძველზე, რომლის დროსაც გასათვალისწინებელია:

1) საფუძვლის გრუნტების ტიპი;

2) ჯდომადი გრუნტების სიმძლავრე და ჯდომის სიდიდე;

3) ნაგებობათა კონსტრუქციული თავისებურებები.

ლიოსების თვისებების გაუმჯობესების ფიზიკურ-ქიმიურ ხერხებს მიეკუთვნება თერმული ხერხი, რომელიც გულისხმობს გრუნტების გამოწვას ჭაბურღილებში ცხელი ჰაერის (600-800^{0}ჩ) ჭავლის საშუალებით. იყენებენ მეორე ხერხსაც – გრუნტის სიღრმულ გამოწვას თხევადი ან აირული საწვავით. ლიოსს ამაგრებენ სილიკატიზაციის მეთოდითაც – გრუნტში ჩაჭირხნიან თხევადი მინის ხსნარს; გარდა ამისა, იყენებენ ცემენტისა და თიხის ხსნარს, ბიტუმს, ფისებსა და სხვადასხვა მასალას (ვ. ობრუჩევი, 1933).

11.9. სეზონური და მუდმივი მზრალობა

სეზონურ და მუდმივ მზრალობას შეისწავლის **გეოკრიოლოგია**. არსებობს გრუნტების სეზონური გაყინვა ანუ სეზონური მზრალობა, რომელიც შეიმჩნევა შემოდგომა-ზამთარში.

სეზონურად მზრალი გრუნტები ნაგებობათა საფუძველში არამდგრად გრუნტებს წარმოადგენენ, მათთვის დამახასიათებელია გაყინვის ბურცვა, ხოლო გალხობის შედეგად, პირიქით, გრუნტი დაბლა იწევს. ამგვარი არათანაბარი ვერტიკალური გადაადგილება იწვევს ნაგებობების დეფორმაციას. გაყინვის ბურცვა ყველაზე კარგად ვლინდება მტვრისებრ თიხნარებსა და ქვიშნარებში.

სეზონური გაყინვით გამოწვეული ბურცვის დეფორმაციის გავლენა შენობის მდგრადობაზე შეიძლება აცილებულ იქნას საძირკვლის ჩაჭრით იმ სიღრმემდე, სადაც ზამთრის გაყინვის გავლენა აღარ შეიმჩნევა.

გრუნტების ხანგრძლივი გაყინვის პროცესს, რომელიც შეიძლება რამდენიმე წლიდან ათასეულ წლებამდე გრძელდებოდეს, მუდმივი გაყინულობა ანუ **მზრალობა** ეწოდება.

მუდმივად მზრალი ქანების ტემპერატურა მათი ერთიანი გავრცელების ადგილებში -5^{0}ჩ-ზე დაბალია; წყვეტილი გავ-

რცელების არეებში - -1,5-2^{0}C, ხოლო კუნძულოვანი გავრცელების ზონებში - 0^{0}C.

მოქმედი ფენის სიმძლავრე არსებით გავლენას ახდენს მშენებლობის პირობებზე, ხოლო დროში მისი ცვალებადობის ხასიათის დადგენა განაპირობებს სამშენებლო სამუშაოთა ნორმალურად წარმართვას.

მუდმივი მზრალობის წყებები შეიძლება იყოს უწყვეტი და ფენებრივი.

ფიზიკური მდგომარეობის მიხედვით მუდმივ მზრალობას ჰყოფენ 3 სახედ:

1. მყარადმზრალი, სადაც ქვიშების, ქვიშნარის, თიხნარის და თიხის შემადგენელი ნაწილაკები შედუღაბებულია ყინულით ერთიან მონოლითურ მასად.
2. პლასტიკურმზრალი – იგივე ქანები ავლენენ პლასტიკურობის თვისებებს, მაგალითად, იკუმშებიან დატვირთვის ქვეშ, რადგან ფორები შევსებულია ყინულით და ნაწილობრივ გაუყინავი წყლით.
3. ფხვიერმზრალი, როდესაც ტენიანობის სიმცირის გამო ქვიშიანი და ხრეშიანი ქანები არ არიან შედუღაბებული ყინულით და ინარჩუნებენ სიფხვიერეს.

ყინული მზრალ ქანებში ცემენტის როლს ასრულებს. ფორებში არსებული ყინულის წონის შეფარდებას აბსოლუტურად მშრალი ქანის წონასთან **ყინულოვნება** ეწოდება. მზრალი ქანები ყინულთან ერთად შეიცავენ გაუყინავ წყალსაც. ყინულისა და წყლის საერთო რაოდენობა შეფარდებული აბსოლუტურად მშრალ ქანთან შეადგენს მუდმივადმზრალი ქანის საერთო ტენიანობას (პროცენტებში).

მუდმივადმზრალი ქანების გავრცელების ადგილებში გამოვლინებულია მზრალობსზედა, მზრალობშორისი და მზრალობქვედა მიწისქვეშა წყლების ჰორიზონტები.

მზრალობზედა წყლები დაკავშირებულია მოქმედ ფენასთან და წარმოადგენენ ტიპიურ უდაწნევო გრუნტის წყლებს. ისინი ზამთარში მთლიანად ან ნაწილობრივ იყინებიან.

მზრალობშორისი წყლები მეტწილად წნევიანია და მუდმივი მზრალობის გამლხვალ შუაშრეებთან არიან დაკავშირებულნი.

მზრალობქვედა მიწისქვეშა წყლები მოძრაობენ მუდმივი მზრალობის ქვეშ. ყველა ზემოთჩამოთვლილი წყლები ურთიერთკავშირშია, აქვთ რთული რეჟიმი და არსებით გავლენას ახდენენ ნაგებობების მდგრადობაზე.

მუდმივი მზრალობის ქანების გავრცელების არეებში შეიმჩნევა სხვადასხვაგვარი ფიზიკურ-გეოლოგიური მოვლენები, რომლებმაც შეიძლება საშიშროება შეუქმნათ მშენებარე თუ ექსპლუატაციაში მყოფ ნაგებობებს. ამ თვალსაზრისით საყურადღებოა თერმოკარსტი, მინაყინები, ბურცვის გორაკები და სოლიფლუქცია.

თერმოკარსტი. განამარხებული ყინულების ან ყინულოვანი ფხვიერი ქანების გავრცელების ადგილებში შეიმჩნევა ზედაპირული კარსტული ფორმების მსგავსი ჩაღრმავებები და ჩაქცევები. მათი წარმოშობა დაკავშირებულია მიწისქვეშა ყინულის აქა-იქ დნობასთან, ამ მოვლენას თერმოკარსტი ეწოდება. მისი განვითარება დაკავშირებულია კლიმატური პირობების ცვალებადობასთან და ადამიანის სამეურნეო საქმიანობასთან: ტყის გაჩეხვა, ყამირის ათვისება, მელიორაციული ღონისძიებები და სხვ.

მინაყინები. მიწისქვეშა წყლების ზედაპირზე გამოსვლის ადგილებში, აგრეთვე ტბიური, მდინარეული და მიწისქვეშა წყლების გაყინვის შედეგად ზედაპირზე წნევით ამოსვლის ადგილებში წარმოიქმნება ყინულოვანი ნადენები – მინაყინები. მათი ფორმა დამოკიდებულია ადგილმდებარეობის მორფოლოგიაზე და შეიძლება მრავალფეროვანი იყოს. უმეტესად მათ აქვთ ნადენი ფორმების, ნაკადების განფენების და ყინულის ბორცვების სახე.

მშენებლობისას განსაკუთრებით საშიშია გრუნტის წყლების მინაყინები. წყალი შედის შენობების სარდაფებში, მიწისქვეშა არხებში და ანგრევს მათ. გარდა ამისა მინაყინები ხშირად არღვევს სატრანსპორტო კომუნიკაციებს, ავსებს ხიდის გასასვლელებს და მწყობრიდან გამოჰყავს ზედაპირული სადრენაჟო ნაგებობები.

მინაყინებს ებრძვიან ე.წ. გაყინვის სარტყლებით: გზიდან ან ნაგებობიდან მოშორებით იმ ადგილებში, საიდანაც მოსალოდნელია მინაყინის ფორმირება, ამოიღებენ მცირე სიღრმის ფართო არხს, რომლის ქვეშ გრუნტი სწრაფად იყინება და წარმოიშობა ბარიერი, რომელიც გზას უღობავს

წყალს და წარმოქმნის მინაყინს არხის ზემოთ. მინაყინების საწინააღმდეგოდ გამოიყენება ხელოვნური ნაგებობებიც.

ბურცვის გორაკები. ქანებში მიწისქვეშა წყლების შემოჭრა და მისი შემდგომი გაყინვა იწვევს ზედაპირზე ამობურცვის თავისებური ფორმების წარმოქმნას, რომელთაც ბურცვის გორაკები ეწოდება. ისინი შეიძლება იყოს სეზონური და მრავალწლიანი. სეზონური გვხვდება დანაწევრებული რელიეფის პირობებში: ფერდობების ძირას, პატარა მდინარეების ხეობებში, ხევებში და სხვ.

ბურცვის გორაკები ხშირად აზიანებენ შენობებს, მათი დეფორმაცია შეიძლება მოხდეს როგორც გაყინვის შედეგად ნიადაგის ბურცვისას, ასევე მისი გალხობისას. მიწისქვეშა წყლების მოქმედებით წარმოშობილ ბურცვის გორაკებს, რომელთაც გუმბათისებური მოყვანილობა აქვთ, ეწოდებათ **ჰიდროლაკოლითები,** მათი დიამეტრი რამდენიმე ათეულ და ზოგჯერ ასეულ მეტრს აღწევს.

სოლიფლუქცია ეწოდება ფერდობის გასწვრივ წყალგაჯერებული ფხვიერი ნალექების გადაადგილებას, რომელიც გამოწვეულია სიმძიმის ძალით და ამ ნალექების პერიოდული გაყინვა-გალხობით. სოლიფლუქციის წარმოშობის ძირითადი მიზეზი ფხვიერი ქანების ნაჯერი გატენიანებაა, რაც განაპირობებს მათ დენად კონსისტენციას. ხშირად გადაადგილება ხდება მცირე ზომის ხევებში და წარმოიქმნება ე.წ. **მიწის ნაკადები**.

მიუხედავად დამცავი საინჟინრო ღონისძიებების ჩატარებისა, მუდმივი მზრალობის რაიონებში მშენებლობის დროს ხშირია გართულებანი, რომლებიც გამოიხატება შენიობებისა და ნაგებობების დეფორმაციაში მათი არათანაბარი ჯდომის გამო. წარმატებული და უავარიო მშენებლობა ბევრად არის დამოკიდებული საინჟინრო გეოლოგიური პირობების საფუძვლიან შესწავლაზე.

11.10. ქანების დეფორმაციები მიწისქვეშა სამუშაოების დროს

ქანები დედამიწის ქერქში მუდმივად დაძაბულ მდგომარეობაში იმყოფებიან, რასაც ძირითადად მათი წონა განაპირობებს. ეს დაძაბულობა ემორჩილება ჰიდროსტატიკურ კა-

ნონს, ე.ი. დამოკიდებულია ქანების განლაგების სიღრმეზე და მათ მოცულობით წონაზე. ქანების ბუნებრივად დაძაბულ მდგომარეობაზე არსებით გავლენას ახდენს ტექტონიკური ფაქტორიც. მიწის ქერქის როგორც ნაოჭა, აგრეთვე წყვეტითი დეფორმაციები ხელს უწყობს ჰიდროსტატიკური წნევის გაზრდას.

ბუნებრივად დაძაბულ პირობებში მყოფ ქანებში სამთო გამონამუშევრის გაყვანა, ე.ი. მიწის წიაღიდან ქანის გარკვეული მოცულობის ამოღება, იწვევს წონასწორული, ჰიდროსტატიკური პირობების დარღვევას და მასივში წნევის განაწილების მკვეთრ შეცვლას. ამიტომ მათში წარმოიქმნება სხვადასხვა ხასიათის დეფორმაციები – ზოგ უბნებში ადგილი აქვს ქანების შეკუმშვას, ზოგგან კი - გაფართოებასა და ძვრას.

გვირაბის სიახლოვეს შეიმჩნევა დაძაბულობის კონცენტრაცია, რომელიც **სამთო წნევის** სახელწოდებითაა ცნობილი. იცვლება ქანების ფიზიკური მდგომარეობა, ისინი ნაპრალდებიან, იმსხვრევიან, ფხვიერდებიან და ხშირად იბურცებიან.

ამ მოვლენის შესასუსტებლად სამთო გამონამუშევრებში იყენებენ სამაგრს. ამრიგად, წარმოიქმნება ორკომპონენტიანი ანუ ბინარული სისტემა: გეოლოგიური გარემო და სამთო გამონამუშევარი სამაგრითურთ, რომლის ერთობლივი მუშაობა უზრუნველყოფს სამთო სამუშაოების ნორმალურად წარმართვას.

წნევას, რომელსაც გამონამუშევრის გარემომცველი ქანები გადასცემენ სამაგრს და კედლებს – **სამთო წნევა** ეწოდება.

წნევების გადანაწილების გამო, ქანები გადაადგილდებიან გამომუშავებული სივრცისაკენ, რის გამოც, გვირაბის სამაგრზე აღინიშნება წნევის ინტენსიური განვითარება, იგი დეფორმაციას განიცდის, გამოდის მწყობრიდან და საჭიროებს გადამაგრებას ან შეცვლას

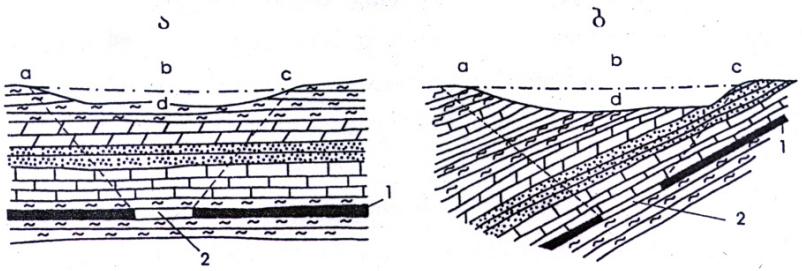
ამრიგად, სამთო წნევად შეიძლება მივიღოთ დაწოლის ის სიდიდე, რომელსაც გვირაბში ქანი ანვითარებს სამაგრის ერთეულ ფართობზე. სამთო წნევის სიდიდე დამოკიდებულია: უბნის გეოლოგიურ აგებულებაზე, ქანების თვისე-

ბებზე, გამონამუშევრის განლაგების სიღრმეზე, განივკვეთზე, კონსტრუქციაზე და სამაგრის ხასიათზე.

მაღალი სამთო წნევები აღინიშნება რთულ გეოლოგიურ და ტექტონიკურ პირობებში, სადაც არის ინტენსიური დანაოჭება და წყვეტითი აშლილობები, ხოლო ქანებს ახასიათებს დაბალი ფიზიკურ-მექანიკური თვისებები. ამ მხრივ გამოირჩევიან თიხები და თიხოვანი ქანები, რომლებიც განიცდიან პლასტიკურ დეფორმაციებს, იბურცებიან და სერიოზულ სიძნელეებს ქმნიან მიწისქვეშა მშენებლობისა და სასარგებლო წიაღისეულის დამუშავების დროს.

ზედაპირის ძვრას სამთო საქმეში უწოდებენ იმ ქანების დეფორმაციას, რომლებიც უშუალოდ სამთო გამონამუშევრების ზევით არიან განლაგებულნი. დედამიწის ზედაპირზე წარმოქმნილ ჩაქცევებსა და გაღუნვებს ეწოდება **ძვრის ანუ ჯდომის მულდა.**

ზედაპირის ძვრის სიდიდე დამოკიდებულია წიაღიდან ამოღებული ქანის მასის მოცულობაზე და მასივის სიმტკიცეზე.



ა – შრეების თარაზული განლაგებისას;
ბ - შრეების დახრილი განლაგებისას;
abc - მიწის ზედაპირის საწყისი მდებარეობა;
adc - ჯდომის მულდის ზედაპირი;
1 - ქვანახშირის ფენა;
2 - გამომუშავებული სივრცე.

ნახ. №33. ზედაპირული ძვრები მიწისქვეშა გამონამუშევრების გავლენით

ზედაპირის ძვრა იწყება გვირაბის თაღში შრეების დეფორმაციით და დანაპრალიანებით, რასაც თანდათან მოჰყვება ზევით მდებარე შრეების გადაადგილება. მტკიცე ქანებში გაყვანილ მცირე მოცულობის გვირაბში ეს პროცესი ხანგრძლივია, სუსტ ქანებში მასივის დეფორმაცია უფრო სწრაფად აღწევს ზედაპირამდე, სადაც შეიმჩნევა ნაპრალები, ჩაქცევები და ზედაპირის არათანაბარი ჩაღუნვა.

თუ პლასტიკური ქანები მტკიცე ქანების ქვეშ მდებარეობს, ჯდომის მულდის წარმოქმნისას ზედაპირის შეცვლა უფრო მკვეთრია, ვიდრე მაშინ, როდესაც ისინი განლაგებულნი არიან მტკიცე ქანებზე.

ჯდომის მულდის სიდიდე დამოკიდებულია გამონამუშევრის განლაგების სიღრმეზე. რადგან ძვრა ვრცელდება არა მარტო ვერტიკალურად, არამედ ჰორიზონტისადმი გარკვეული კუთხითაც, რომელსაც **ძვრის კუთხე** ეწოდება. ჯდომის მულდის ფართობი გაცილებით მეტია გამომუშავებული სივრცის ფართობზე. ძვრის კუთხის სიდიდე დამოკიდებულია ქანების ფიზიკურ-მექანიკურ თვისებებზე. შრეების ჰორიზონტალური მდებარეობის დროს, მტკიცე ქანებში მისი სიდიდე საკმაოდ მაღალია (80-85^0), სუსტ ქანებში კი მკვეთრად კლებულობს (60^0).

ქანის მასივის ძვრის ხანგრძლივობა, გარდა მიწისქვეშა გამონამუშევრების სიღრმისა, დამოკიდებულია ქანების ფიზიკურ-მექანიკურ თვისებებზე. ჯდომის მულდის ფორმირება შეიძლება გრძელდებოდეს თვეებისა და წლების განმავლობაში.

ჯდომის პროცესს მნიშვნელოვნად აჩქარებს პლასტიკური ქანების არსებობა ან ქანების დანაპრალიანება.

მიწისქეშა გამომუშავებული სივრცის სიახლოვეს წარმოქმნილი ქანების დეფორმაციები ხშირად იწვევენ ზემდებარე შრეების დაძვრა-გადაადგილებას, რაც დედამიწის ზედაპირზე გამოვლინდება შენობა-ნაგებობების დაზიანებაში და ნგრევაში.

იმ ადგილებში, სადაც არის ზედაპირის ძვრის წარმოქმნის საშიშროება, საჭიროა გათვალისწინებულ იქნას სამეურნეო ნაგებობათა და საცხოვრებელი სახლების შესაძლო დეფორმაციათა ხასიათი. ჯდომის მულდის ცენტრალურ ნაწილში, ნაგებობათა დაჯდომა მეტწილად თანაბრად ხდება,

ამ მხრივ უფრო საშიშია მულდის პერიფერიული ნაწილები, სადაც ზედაპირის არათანაბარი გადაადგილების გამო, შენობები მნიშვნელოვნად ზიანდება.

ეს საკითხები სამთო წარმოებაში მომუშავე ინჟინერ გეოლოგების ამოცანებში შედის, მათ მარკშეიდერებთან ერთად უნდა გაითვალისწინონ გეოლოგიური ჭრილის ყველა თავისებურება და განსაზღვრონ ზედაპირის შესაძლო დეფორმაციათა ინტენსიურობა და სიდიდე.

ზედაპირის ძვრის პროგნოზისათვის საჭიროა მასივის გეოლოგიური პირობების ცოდნა და სწორი გაანგარიშებების შესრულება.

11.11. სამშენებლო სამუშაოებთან დაკავშირებული საინჟინრო გეოლოგია

სამშენებლო სამუშაოები გარკვეულ ზემოქმედებას ახდენს გარემოზე და ცვლის ქანების ფიზიკურ მდგომარეობასა და თვისებებს. თვითოეულ ნაგებობას თავისი სპეციფიკა ახასიათებს, რის მიხედვითაც ნაგებობები იყოფა 5 კლასად:

პირველი კლასის ნაგებობებში შედიან – ჰიდროტექნიკური, სახელმწიფოებრივი მნიშვნელობის შენობები, სამრეწველო და სატრანსპორტო ობიექტები, რომელთა საექსპლუატაციო ვადა განისაზღვრება 60 და მეტი წლით.

მეორე კლასის ნაგებობებში შედიან – კაპიტალური საცხოვრებელი შენობები, ელევატორები, სამედიცინო და სასწავლო სამეცნიერო დაწესებულებები, რომელთა საექსპლუატაციო ვადა 40 წელი და მეტია.

მესამე კლასის ნაგებობებში შედიან – მასობრივი მშენებლობისას გამოსაყენებელი გამარტივებული ტიპის ნაგებობები, რომელთა საექსპლუატაციო ვადა 40 წელზე ნაკლებია.

მეოთხე კლასის ნაგებობებში შედიან – დროებითი ნაგებობები, საცხოვრებელი სახლები, საწყობები და დროებითი სათავსები, რომელთა საექსპლუატაციო ვადა 5-10 წელია.

კლასგარეშე ნაგებობებს განეკუთვნება ისტორიული მნიშვნელობის მონუმენტური ნაგებობები ან ისეთი ობიექტები, რომლებიც დიდ დროზეა (100 წელი და მეტი) გათვლილი.

ზემოთაღნიშნული კლასიფიკაციის მიხედვით, განისაზღვრება საინჟინრო გეოლოგიური კვლევების დეტალურობა და მოცულობები.

საინჟინრო მშენებლობებისათვის პირველ სტადიას წარმოადგენს პროექტი, რომლის შესადგენად საჭიროა საკვლევი ტერიტორიის სოციალურ-ეკონომიკური, ტოპოგრაფიული, გეოდეზიური, საინჟინრო გეოლოგიური, ჰიდროგეოლოგიური, ეკოლოგიური შესწავლა და ამ ინფორმაციის საფუძველზე მშენებლობასთან დაკავშირებული ყველა საკითხის შეფასება.

საერთაშორისო სტანდარტების შესაბამისად პროექტის შედგენისა და რეალიზაციისათვის მიღებულია 2 ეტაპი: მშენებლობის წინა და თანმხვედრი.

მშენებლობის წინა ეტაპზე ტარდება პროექტის შედგენისათვის აუცილებელი სამუშაოების კომპლექსი, განისაზღვრება მშენებლობის სტრატეგია, მატერიალური და ორგანიზაციული საკითხების დასაბუთება.

მშენებლობის თანმხვედრ ეტაპზე მშენებლობის პროცესში ხდება ტექნიკური დეტალების დაზუსტება.

ორივე ეტაპზე გათვალისწინებულია საინჟინრო გეოლოგიური კვლევების მოცულობები, რომელთა ძირითადი ნაწილის შესრულება ხდება მშენებლობის წინა ეტაპზე. მშენებლობის თანმხვედრ საინჟინრო გეოლოგიურ სამუშაოებში შედის დამატებითი მოცულობების შესრულება და პროგნოზული მონაცემების შემოწმება.

საინჟინრო გეოლოგიური კვლევების ხასიათი, მოცულობა და თანმიმდევრობა დამოკიდებულია ასაგები ობიექტის გაბარიტებზე, ფორმაზე და გეოლოგიური პირობების სირთულეზე.

საქალაქო და სამრეწველო ობიექტების მშენებლობისას, საინჟინრო გეოლოგიური კვლევების საფუძველზე ხდება ასაგები შენობის შესაძლო ჯდომის პროგნოზირება.

შენობისათვის განსაკუთრებით საშიშია არათანაბარი ჯდომა, რაც გამოწვეულია არაერთგვაროვანი გეოლოგიური პირობებით, საძირკვლის ქანების განსხვავებული ფიზიკურ-მექანიკური თვისებებით, საძირკვლის ფუძეზე არათანაბარი დატვირთვით, კონსტრუქციულად სხვადასხვა ტიპის საძირ-

კვლების გამოყენებით და შესაძლოა, მეზობლად არსებული შენობების გავლენით.

შენობის საძირკვლების საინჟინრო გეოლოგიური და ჰიდროგეოლოგიური გამოკვლევების დროს, საძიებო სამუშაოები მოიცავს როგორც საინჟინრო გეოლოგიური თვალსაზრისით არამდგრად, ასევე მდგრად ქანებსაც. ლაბორატორიის საშუალებით განისაზღვრება ყველა სახესხვაობის ქანის საინჟინრო გეოლოგიური და წყლოვანი თვისებები.

საინჟინრო გეოლოგიური კვლევები ტარდება შენობების მთლიანი ან ნაწილობრივი რეკონსტრუქციის (სართულების დაშენები და სხვა ხასიათის ცვლილებები) დროსაც.

საძირკვლის ქანების ამტანობის უნარის გამოკვლევისას, გასათვალისწინებელია, რომ შენობის წონის ხანგრძლივი გავლენით ისინი შემკვრივებულია და შეძენილი აქვთ ჭარბი ამტანობის უნარი. ქვიშიანი ქანები ასეთ მდგომარეობას იძენს მშენებლობის დამთავრებიდან ერთი წლის შემდეგ, ქვიშიან-თიხიანი – 1,5-2,0 წლის შემდეგ, თიხები – 2-3 წლის შემდეგ. საძირკვლის ქანების ამტანობის უნარის შემოწმება ხდება უშუალოდ საძირკვლიდან აღებული ნიმუშის მექანიკური თვისებების შედარებით შენობის კონტურის გარეთ აღებულ, იმავე ტიპის ნიმუშთან.

გზების მშენებლობის მიზნით, საინჟინრო გეოლოგიური კვლევები 2 ეტაპად მიმდინარეობს: მშენებლობის წინა – საპროექტო და მშენებლობის პარალელურად.

საპროექტო სტადიაში საინჟინრო გეოლოგიური კვლევების ამოცანაა გზის ტრასის ოპტიმალური ვარიანტის შერჩევა, რომლის მთავარი კრიტერიუმებია:

1) გზის შემაერთებელ პუნქტებს შორის უმოკლესი მანძილი;

2) ტრანსპორტის მოძრაობისათვის მოსახერხებელი გრძივი პროფილი და გეგმა;

3) მშენებლობისათვის აუცილებელი სამშენებლო და მიწის სამუშაოებს მინიმალური მოცულობა.

ტრასის ოპტიმალური ვარიანტის შერჩევისათვის განკუთვნილი საინჟინრო გეოლოგიური კვლევების დროს, მთავარი ყურადღება ექცევა ბუნებრივი გარემოს ძირითად ელემენტებს: რელიეფს, გეოლოგიურ აგებულებას, გეოლოგიური პროცესებისა და მოვლენების გავრცელებას, სამშენებლო

მასალების საბადოების გამოყენების შესაძლებლობებს და ეკოლოგიურ მდგომარეობის დაცვას.

პირველ ეტაპზე თვითოეულ საპროექტო ვარიანტზე ტარდება სამუშაოების კომპლექსი: ტოპოგრაფიული, გეოდეზიური, გრძივი და განივი პროფილირება, საინჟინრო გეოლოგიური აგეგმვა (მისი მასშტაბი და ფართობი დამოკიდებულია გეოლოგიური პირობების სირთულეზე და შესწავლილობის დონეზე). საჭიროების შემთხვევაში ტარდება გეოფიზიკური სამუშაოებიც. ტრასის ერთგვაროვანი უბნებისათვის იგება ტიპიური განივი ჭრილები მიწის ვაკისის კონსტრუქციებით. ჭრილების დაპროექტებისას ყურადღება ექცევა ქანების გამოფიტვის ხარისხს, ნაპრალოვნებასა და მათ დაძაბულ მდგომარეობას.

მიწაყრილების საინჟინრო გეოლოგიური პირობების შეფასებისას, ყურადღება ექცევა ძირითადი ყრილის საფუძვლის ქანების მდგომარეობას. მაღალი (20-25 მ) ყრილების საფუძვლის ქანებზე დატვირთვა 0,4-0,5 მპა-ს აღწევს. ასეთი სიმაღლის ორლიანდაგიანი რკინიგზის ყრილის ფუძის სიგანე 120 მეტრს აღწევს, ხოლო ფერდობის დახრა 1:3; ყრილისათვის ყველა ქანია გამოსადეგი, მაგრამ უპირატესობას ანიჭებენ ღორღს, ხრეშს და კაჭარ-კენჭნარს.

საინჟინრო გეოლოგიური კვლევები გრძელდება გზის ვაკისის მოწყობის დროსაც, რომლებიც ითვალისწინებენ ქანების ფიზიკურ-მექანიკური თვისებების კვლევებს საველე პირობებში, პროგნოზული მონაცემების და გეოლოგიური ჭრილების ელემენტების შემოწმებასა და ა.შ.

განსაკუთრებული ყურადღება ექცევა სახიდე გადასასვლელებს და გვირაბებს, მათ პორტალურ ნაწილებს, ხიდების მისასვლელებსა და ბურჯებს. ასეთი ადგილები შეისწავლება მაღალი დეტალურობით.

ჰიდროტექნიკური ნაგებობები მოითხოვს დიდი მოცულობისა და დეტალურობის საინჟინრო გეოლოგიური კვლევების ჩატარებას. კაშხლის ასაგებად მომზადებული ქვაბული უკვე წარმოადგენს რთულ ნაგებობას, რომელიც მოითხოვს გეოლოგიური პირობების ყოველმხრივ შესწავლას.

განსაკუთრებით მნიშვნელოვანია, ფუძეში ქანების შემკვრივების, კაშხალქვეშა და შემოვლითი ფილტრაციის, ფილტრაციული დეფორმაციების, სუფოზიისა და კარსტის

გააქტიურების, წყალსაცავის ნაპირების გადამუშავების ინტენსიურობისა და მეწყრული პროცესების გააქტიურების პროგნოზირება.

ჰიდროტექნიკური ნაგებობები იყოფა ძირითად (კაშხლები, წყალსაგდებები, სადერივაციო გვირაბები და არხები, წნევიანი მილსადენები, ჰიდროელექტროსადგურის შენობები) და დამხმარე (ზღუდარები, საფარი კედლები, წყალსარინი გვირაბები, არხები და ა.შ.) ნაგებობებად.

ჰიდროტექნიკური პროექტის შედგენის პირველ ეტაპზე მუშავდება მდინარის კომპლექსური გამოყენების სქემა. ტარდება მდინარის ხეობისა და მიმდებარე ტერიტორიის საშუალომასშტაბიანი საინჟინრო გეოლოგიური აგეგმვა. დეტალური საინჟინრო გეოლოგიური მსხვილმასშტაბიანი (1:1000-1:5000) აგეგმვით იფარება წინასწარ შერჩეული უბნები. ჰიდროგეოლოგიური სამუშაოებით შეისწავლება ქანების ფილტრაციული თვისებები და კეთდება ფილტრაციული დეფორმაციების პროგნოზირება კაშხლის აგების ადგილზე და მის საფუძველში.

უფრო დეტალური საინჟინრო გეოლოგიური კვლევები მიმდინარეობს ჰიდროტექნიკური ობიექტის განლაგების ადგილის საბოლოოდ შერჩევის შემდეგ. ეს სამუშაოები ტარდება მსხვილი ჰიდროკვანძების განლაგების ადგილებში, ძირითადად - კაშხლებზე (ნაპრალოვნების შესწავლა, ხოლო სეისმურად აქტიურ რაიონებში – მიკროსეისმური დარაიონება), სადერივაციო არხებზე, გვირაბებზე და წყალსაცავებზე. მომავალი დატბორვის ტერიტორიის ფარგლებში შეისწავლება ქანების ფილტრაციული თვისებები და კეთდება ნაპირების შესაძლო გადამუშავების პროგნოზი.

მშენებლობის პერიოდში საინჟინრო გეოლოგიური კვლევები შედის დასკვნით სტადიაში. ამ დროს გრძელდება უშუალოდ ნაგებობის კონტაქტში მყოფი ქანების შესწავლა, გვირაბებში მიმდინარეობს გეოლოგიური დაკვირვებები, მუშავდება ჰიდროტექნიკური ობიექტების დამცავი საინჟინრო ღონისძიებათა რაციონალური სქემა. განსაკუთრებული ყურადღება ექცევა გარემოსდაცვითი ღონისძიებების დაგეგმვასა და მათ ეტაპობრივ შესრულებას.

მიწისქვეშა მშენებლობები დაკავშირებულია სასარგებლო წიაღისეულის მოპოვებისათვის აუცილებელი სამთო

გამონამუშევრების გაყვანასთან, საექსპლუატაციოდ მომზადებასთან, ასევე სატრანსპორტო და სხვა დანიშნულების გვირაბებისა და მიწისქვეშა სივრცეების შექმნასთან.

მიწისქვეშა მშენებლობების დაპროექტების დროს, საინჟინრო გეოლოგიური კვლევების საშუალებით მოიპოვება ინფორმაცია ქანების სიმტკიცის და დეფორმაციული თვისებების, სამთო მასივის ბუნებრივი დაძაბული მდგომარეობისა და მისი შესაძლო სახეცვლილების შესახებ. გარდა ამისა, კეთდება მიწისქვეშა სამუშაოების შესრულებისას მოსალოდნელი გეოლოგიური პროცესებისა და მოვლენების პროგნოზირება.

მაღალმთიან რეგიონებში და წყლის ქვეშ გვირაბების დაპროექტებისათვის საჭირო საინჟინრო გეოლოგიური კვლევები შეზღუდულია საძიებო გამონამუშევრების გაყვანის სირთულის და შეზღუდულობის გამო.

დიდი ქალაქების ფარგლებში სხვადასხვა დანიშნულების ობიექტების მიწისქვეშა სივრცეებში განთავსება სულ უფრო ფართოდ ინერგება. ამ ტიპის ნაგებობებს მიეკუთვნება: მიწისქვეშა გადასასვლელები, კომუნალური ნაგებობები, საწყობები, მაცივრები, ნავთობისა და გაზის საცავები, სამოქალაქო თავდაცვის ობიექტები, საავტომობილო და სარკინიცზო ხაზები და სადგურები, მეტროს სატრანსპორტო ქსელი და ა.შ.

ქალაქის ფარგლებში მიწისქვეშა მშენებლობების დაპროექტებისას, აუცილებელია გათვალისწინებულ იქნას ის უარყოფითი ზეგავლენა, რომელიც შესაძლებელია, რომ შეიქმნას მიწისქვეშა ნაგებობებისა და მათი ექსპლოატაციის შედეგად. ეს განსაკუთრებით ეხება მიწისქვეშა სატრანსპორტო ქსელებს, რადგან ამ დროს მოსალოდნელია რხევებისა და ვიბრაციის გადაცემა საცხოვრებელი შენობების საძირკვლებზე. ამის გამო, შესაძლებელია, რომ დაიბზაროს და შემცირდეს ნაგებობების მდგრადობა. ამ უარყოფითი ზეგავლენის პრევენციის მიზნით, აუცილებელია საინჟინრო გეოლოგიური კვლევების ჩატარება, რომელთა მასშტაბი დამოკიდებულია გეოლოგიური პირობების სირთულეზე.

მცირე სიღრმეზე განლაგებული მიწისქვეშა ნაგებობების კონსტრუქციები და ფუძე-საძირკვლები, მათ ქვევით მდებარე ქანებს გადასცემენ დატვირთვებს, რომელთა სიდიდე არ

აღმატება მშენებლობის პროცესში ამოღებული ქანების წონით გამოწვეულ დატვირთვებს. ამ შემთხვევაში, განსაკუთრებით ყურადღება ექცევა, თაღურ ნაწილში განლაგებული ქანების საინჟინრო გეოლოგიური და ჰიდროგეოლოგიური თვისებების და პარამეტრების განსაზღვრას.

მეტად სპეციფიკურია **მილსადენებით** ნავთობის, ნავთობპროდუქტების, ბუნებრივი აირის, წყლის, ცემენტის, ფქვილის და ა.შ. ტრანსპორტირება, რადგან მათი გადატანა ხშირ შემთხვევებში ხდება ძალიან დიდ მანძილებზე.

მსოფლიოში პირველი მილსადენი – ლილო-1, რომლის საშუალებითაც ხდებოდა ფქვილის ტრანსპორტირება, განხორციელდა საქართველოში, გასული საუკუნის 60-ან წლებში.

მილსადენები არის რამდენიმე ტიპის: მიწისზედა, ნახევრადმიწისქვეშა და მიწისქვეშა, მათ გასწვრივ განლაგებულია სატუმბი სადგურები, რეზერვუარები, კომპრესორები, შენობა-ნაგებობები, საავარიო მოედნები და ა.შ., რომელთა დაპროექტებისათვის აუცილებელია საინჟინრო გეოლოგიური კვლევების ჩატარება.

მილსადენების ექსპლუატაციის პროცესში წარმოიქმნება მექანიკური, ტემპერატურული და წნევით გამოწვეული დეფორმაციები, რასაც შეიძლება ხელი შეუწყოს ქანების არამდგრადობამ. ამ მიზეზებით შესაძლებელია მილსადენის გადაადგილება და ჰერმეტიზაციის დარღვევა შედუღების ადგილებში.

საინჟინრო გეოლოგიური კვლევების სიზუსტე განსაკუთრებით მნიშვნელოვანია მდინარეთა ხეობების გადაკვეთის უბნებზე. ამ დროს ყურადღება ექცევა ეროზიის პროცესების ინტენსივობას, სეისმურობას, მოხეტიალე დენების არსებობას, გრუნტის წყლების განლაგებას, მზრალი ქანების არსებობას და ა.შ.

საინჟინრო გეოლოგიური კვლევების ინტენსივობა იზრდება მეწყრული, დაკარსტული და სხვა რთული უბნების გადაკვეთისას (დ. ჩხეიძე, 1979).

თავი 12

გარემოს ნოოსფერული განვითარება

ბიოსფეროზე უდიდესი გავლენა აქვს იმ სამეცნიერო-ტექნიკურ გარდაქმნებს, რომლებსაც მუდმივად ახდენს ადამიანი. ეს გარდაქმნები დაკავშირებულია ბიოსფეროს გლობალურ ცვლილებებთან და შორს მიმავალ ეკოლოგიურ შედეგებთან.

ჩვენი პლანეტის რეგიონები განიცდის სხვადასხვა საწარმოო-სამეურნეო დიფერენციაციას. იგი დამოკიდებულია აღდგენადი და აღუდგენადი ბუნებრივი რესურსების მოპოვებასთან, ენერგორესურსების გამოყენებასთან, საწარმოების განლაგებასთან, სატრანსპორტო და სხვა სოციალურ მოთხოვნილებათა დაკმაყოფილებასთან. ამის გამო, სწრაფად ვითარდება ურბანიზაციის პროცესები. მატულობს დიდი ქალაქების რიცხვი, იზრდება მოსახლეობის რაოდენობა და ადამიანთა მიგრაცია. ამ ურთიერთდაკავშირებული პროცესების გამო, იცვლება დედამიწის იერსახე. ადამიანთა ცხოვრების ეკოლოგიური პირობები, ბიოსფეროს გარდაქმნა გავლენას ახდენს ადამიანთა ჯანმრთელობაზე.

ეკოლოგიური მდგომარეობის ცვლილებების მიმართ ადაპტაცია იწვევს ორგანიზმის ფიზიკური და ფსიქოლოგიური რეზერვების ხარჯვას და მის სერიოზულ გარდაქმნებს.

ადამიანის ეკოლოგია სწავლობს ადამიანის გარემოსთან ურთიერთქმედების კანონზომიერებას, ეკოლოგიურად ექსტრემალურ პირობებში მოსახლეობის ჯანმრთელობის შენარჩუნების, განვითარებისა და ფსიქო-ფიზიკური შესაძლებლობების გაუმჯობესების გზებს.

ჩამოყალიბდა ახალი დისციპლინა - **ადამიანის ეკოლოგია**, რომელიც სწავლობს საზოგადოებასა და ბუნებას შორის ურთიერთდამოკიდებულებას.

ადამიანის დღევანდელი პრობლემების გადასაწყვეტად დღის წესრიგში დადგა გარკვეულ კონცეპტუალურ საფუძველზე, ბუნების შემსწავლელი მეცნიერებებისა და ჰუმანიტარული ცოდნის გაერთიანება.

ადამიანის ეკოლოგიის, როგორც მეცნიერული მიმართულების ჩამოყალიბებაში წვლილი შეაქვს როგორც საზო-

გადოებრივ, ასევე, სამედიცინო-ბიოლოგიურ და გეოგრაფიულ მეცნიერებებს.

ადამიანის სოციოლოგიის პრობლემები იყოფა 6 ჯგუფად:

1. სოციალური მმართველობის პრობლემები და გადაწყვეტილებების მიღების შორეული ეკოლოგიური შედეგები.
2. ურბეკოლოგიის პრობლემები, უპირველესად ქალაქის სამედიცინო ეკოლოგიის.
3. ენერგეტიკისა და ტრანსპორტის ეკოლოგიის პრობლემები.
4. ახალ და ცვალებად გარემოში ადამიანის ქმედების ფსიქოლოგიური პრობლემები.
5. სოციალიზაციისა და სოციალური კონტროლის პრობლემები.
6. შრომის რესურსების გადანაწილებისა და სოციალურ-პროფესიული შერჩევის პრობლემები.

გარემოსთან ადამიანის დამოკიდებულების მიხედვით იცვლება მისი ჯანმრთელობის მდგომარეობაც:

1. თუ ადამიანს გარემოს მიმართ აქვს ოპტიმალური დამოკიდებულება, მისი ჯანმრთელობა მიისწრაფის ნორმალურ მდგომარეობისაკენ, ე.ი. ამ შემთხვევაში ადამიანი სრულყოფილად ანხორციელებს თავის ბიოსოციალურ ფუნქციებს და გარემოს იგი აღიქვამს, როგორც ჯანმრთელს, ანუ **კომფორტულს**.

2. თუ ადამიანს გარემოს მიმართ აქვს დისკომფორტი, მას ჯანმრთელობის მხრივ წარმოექმნება ნორმიდან გადახრები, რომელიც გამოიხატება ავადმყოფობებში და ბიოსოციალური ფუნქციების შეუსრულებლობაში; ამ შემთხვევაში ადამიანი გარემოს აღიქვამს როგორც არაჯანმრთელს, ანუ **დისკომფორტულს.**

3. თუ ადამიანს გარემოს მიმართ აქვს არაოპტიმალური დამოკიდებულება და ვერ ამყარებს ურთიერთობას მასთან, რაც გამოიხატება მისი ჯანმრთელობის გაუარესებაში, გარემო მის მიერ აღიქმება როგორც **ექსტრემალური**.

ადამიანის ჩამოყალიბებაში მონაწილეობს ბიოლოგიური და სოციალური ასპექტები. ბიოლოგიური - პირველადია და წარმოადგენს სოციალურის საფუძველს. ადამიანი წარმოადგენს ბუნების შვილს, ხოლო მისი სოციალური ბუნება

ყალიბდება შრომაში. ადამიანის ინდივიდუალური განვითარების სოციალური ფაქტორები ავსებს და არეგულირებს მათი ურთიერთქმედების აბიოტურ და ბიოტურ ფაქტორებს.

ჩვენი პლანეტის ისტორიაში უწყვეტად მიმდინარეობს გრანდიოზული პროცესები, რომელთა საშუალებითაც იცვლება დედამიწის იერსახე. მას შემდეგ, რაც შეიქმნა მოაზროვნე ადამიანი, დაიწყო გარემოს ცვლილების ხარისხობრივად ახალი ეტაპი.

ადამიანი ერთის მხრივ არის ბუნების შვილი, ხოლო მეორეს მხრივ, მისი გარდამქმნელი, რომელიც განსაზღვრავს ბიოსფეროს ევოლუციის მიმართულებას.

ახალი ნედლეულისა და ენერგეტიკის რესურსების ძიებისა და საწარმოო და სამეურნეო საქმიანობის განვითარების პროცესში, ადამიანმა მნიშვნელოვნად გააფართოვა მისი სასიცოცხლო საზღვრები და მასშტაბები არა მარტო პლანეტის ყველა რეგიონში, არამედ კოსმიურ სამყაროშიც. ამის გამო, უკანასკნელ ხანს, კოსმოსის ინტენსიურად ათვისების პირობებში დღის წესრიგში დგება კოსმოპოლიტიკურ სივრცეში ადამიანის ცხოვრების პირობებისა და ჯანმრთელობის მდგომარეობა.

ადამიანის გარემოზე ზემოქმედების მასშტაბები განუხრელად იზრდება. მსოფლიოში ყოველწლიურად მოიპოვებენ მილიარდობით ტონა მადანს, სამშენებლო მასალებსა და ენერგეტიკულ წიაღისეულს, აწარმოებენ დიდი რაოდენობის სინთეტიკურ მასალას, სასუქის სახით მოიხმარება 90 მლნ ტონაზე მეტი მინერალური ნივთიერება და 2 მლნ ტონაზე მეტი შხამქიმიკატი. სამრეწველო საწარმოები ატმოსფეროში ყოველწლიურად გამოაფრქვევს 200 მლნ ტონა ნახშირბადის ნაერთებსა და 50 მლნ ტონაზე მეტ სხვადასხვა ნახშირწყალბადებს, გოგირდის ორჟანგს, აზოტის ნაერთებსა და ნაცარს.

მავნე ქიმიური ნივთიერებებით გარემოს დაბინძურების ძირითად წყაროებს წარმოადგენს:

- ავტომობილების, საჰაერო, წყლისა და სხვა სახის ტრანსპორტი, რომლებიც მუშაობს თხევად, მყარ და გაზის საწვავზე და გარემოს აბინძურებს წვის ტოქსიკური პროდუქტებით;

- თბოელექტროსადგურები და სხვა მძლავრი ენერგეტიკული დანადგარები, რომლებიც ატმოსფეროში გამოაფრქვევს ნახშირბადის ჟანგს, გოგირდის ორჟანგს, აზოტის ჟანგეულებსა და მძიმე ფისოვან პროდუქტებს;

- ქიმიური, მეტალურგიული, ნავთობმომპოვებელი, ნავთობგადამამუშავებელი და სხვა საწარმოები, რომლებიც არასაკმარისად იყენებს უნარჩენო ტექნოლოგიებსა და გაზისა და ჩამდინარე წყლების გამწმენდ ნაგებობებს.

ატმოსფეროზე ამგვარმა მძლავრმა ზემოქმედებამ არ შეიძლება არ გამოიწვიოს უარყოფითი შედეგები, რომლებიც აისახება ყოველ ცოცხალ ორგანიზმზე და უპირველესად ადამიანის ჯანმრთელობაზე.

დღის წესრიგში დადგა საზოგადოებასა და ბუნებას შორის ახალი წონასწორობის დამყარების აუცილებლობა. ამ შემთხვევაში, აქტიური როლი შეიძლება ითამაშოს გარემოს მიმართ ადამიანის შეგნებულმა სოციალურმა მიდგომამ.

მთავარია ადამიანის მომავალი თაობის ჯანმრთელობის მაღალი დონის შენარჩუნება. აქედან გამომდინარე, სამედიცინო დემოგრაფიის მთავარ ამოცანას წარმოადგენს სამედიცინო-დემოგრაფიული პროცესების პროგნოზირება.

ეს მიმართულება განუყოფელია ადამიანის ეკოლოგიისაგან, რომელიც წარმოადგენს შედარებით ახალსა და სწრაფად განვითარებად მეცნიერების დარგს.

თუ გავაანალიზებთ ადამიანის განვითარების ისტორიას, დავრწმუნდებით, რომ მისი ზემოქმედება ბიოსფეროზე იყო დამანგრეველი და მხოლოდ XX საუკუნის მეორე ნახევრიდან, ეკოლოგიური კრიზისისა და ბუნებრივი რესურსების ამოწურვის საშიშროების დადგომის შემდეგ, ადამიანი იძულებული გახდა ეფიქრა მოსალოდნელ შედეგებზე.

საწყის პერიოდში, ადამიანის ბიოსფეროზე ზემოქმედება ნაკლებად განსხვავდებოდა მასთან ბიოლოგიურად ახლოს მყოფი სახეობების ზემოქმედებისაგან. მაგრამ შემდგომში, როდესაც იგი გაერკვა ბუნების კანონზომიერებებში, მისი გავლენა გარემოზე მკვეთრად გაძლიერდა. ადამიანი ბუნებას იყენებდა თავისი სასიცოცხლო პირობების შესანარჩუნებლად და თან გარდაქმნიდა მას.

ყოველგვარი მოსალოდნელი ეკოლოგიური ცვლილებების გაანალიზების გარეშე ადამიანის ზეგავლენა ბუნებაზე

გამოიხატა: ტყეების უმოწყალოდ გაჩეხვაში, ცხოველების გამოყენებაში დამხმარედ და ამავე დროს გარკვეული სახეობების განადგურებაში, წყლის, ატმოსფეროსა და წიაღის რესურსების არარაციონალურ ათვისებაში და ა.შ.

ადამიანი მხოლოდ XX საუკუნის მეორე ნახევრიდან მიხვდა, რომ ბუნებაზე ამგვარი ზემოქმედების გაგრძელების შემთხვევაში იგი ბუნებრივ გარემოს მიიყვანდა კატასტროფამდე და დაიწყო ფიქრი მცენარეების, შემდეგ ცხოველების, ატმოსფეროს, წყლის, წიაღისეულის დაცვაზე და რაციონალურ გამოყენებაზე.

12.1. ეკოლოგიური კრიზისი

გარემოს დაბინძურებასთან დაკავშირებული პრობლემები და ბუნებრივი რესურსების მარაგების შემცირება ეხება არა მარტო ცალკეული სახელმწიფოების ინტერესებს, არამედ მთელ მსოფლიოს.

საწარმოო ნარჩენების, მავნე გამონაფრქვევების პრობლემები, გარემოს დეგრადაცია და ეკოლოგიური პირობების გაუარესება პლანეტის მოსახლეობის ზრდის ფონზე წარმოადგენს გლობალური ხასიათის პრობლემებს, რადგან ბუნება ერთიანი და განუყოფელია და მისთვის არ არსებობს პოლიტიკური და ნაციონალური საზღვრები.

მსოფლიოს მთავარ გლობალურ პრობლემას წარმოადგენს პლანეტის მოსახლეობის დემოგრაფიული ზრდა, რადგან მოსახლეობის რაოდენობაზე და მათ ტერიტორიულ განაწილებაზეა დამოკიდებული ისეთი პარამეტრები, როგორიცაა მოსახლეობის რესურსებით მომარაგება, ბიოსფეროს მდგომარეობა, მსოფლიოს სოციალური და პოლიტიკური გარემო.

ბოლო სამი ათეული წლის განმავლობაში პლანეტის მოსახლეობა ორჯერ გაიზარდა. მეცნიერთა პროგნოზით 2200 წლისათვის პლანეტის მოსახლეობა მიაღწევს 20 მილიარდ კაცს. მატება ძირითადად მოდის განვითარებად და უღარიბეს ქვეყნებზე.

ამგვარი ტენდენცია მკვეთრად აუარესებს ეკოლოგიურ მდგომარეობას, რადგან სახეზეა პირდაპირი დამოკიდებულება მოსახლეობის ზრდის ინტენსივობასა და ბუნებაზე

ანთროპოგენურ დატვირთვას შორის. მეცნიერების პროგნოზით 2030 წლისათვის განვითარებადი ქვეყნები უფრო მეტად დააბინძურებენ ატმოსფეროს, ვიდრე იაპონია, დასავლეთი ევროპა და აშშ ერთად აღებული [5,23].

ამგვარად, მოხმარების კულტურული ფასეულობები, საბაზრო ეკონომიკა და კერძო ბიზნესი მწვავე წინააღმდეგობაში შევიდა მსოფლიო თანამეგობრობის ეკოლოგიურ ღირებულებებთან.

ეკოლოგიაში შემოვიდა ტერმინი - „ატმოსფეროს ტრანსსაზღვრული დაბინძურება", რომელიც მდგომარეობს ერთ ქვეყანაში წარმოშობილი დაბინძურების დიდ მანძილებზე გადატანაში. ამგვარ დაბინძურებაზე მოდის მავნე გამონაბოლქვის 20-დან 40%-დე. მაგალითად, ნორვეგია თავის ტერიტორიაზე აწარმოებს საკუთარი აეროტექნოგენური დაბინძურების მქონე ნივთიერებების მხოლოდ 20%-ს, დანარჩენ 80%-ს ღებულობს მეზობელი ქვეყნებიდან.

შემოვიდა ხმარებაში ახალი ტერმინი „ეკოლოგიური აგრესორი". მაგალითად, რუსეთი ეკოლოგიური აგრესორია ყაზახეთის, ფინეთის, უკრაინის, ნორვეგიის, ბელორუსიის, შვეციის, თურქეთისა და ამიერკავკასიის მიმართ, საიდანაც ამ ქვეყნებში შედის გოგირდისა და აზოტის ნაერთები. რუსეთის მიმართ ეკოლოგიური აგრესორია უკრაინა, გერმანია, პოლონეთი, ჩეხეთი, სლოვაკეთი, დიდი ბრიტანეთი და ბელორუსია, საიდანაც იგი ასევე ღებულობს გოგირდისა და აზოტის ნაერთებს [29].

ე.ი. ქვეყნები ერთდროულად გამოდის როგორც ეკოლოგიური „აგრესორის", ასევე ეკოლოგიური „მსხვერპლის" როლში. შედეგი კი ყველასათვის ერთია - ბინძურდება ბუნება, იწამლება ცოცხალი ორგანიზმები და მათ შორის ადამიანიც.

ნეგატიურ ეკოლოგიურ შედეგებზე საზოგადოების რეაქცია როგორც წესი იგვიანებს, ვიდრე მისი შედეგები არ მოახდენს გავლენას ადამიანის ჯანმრთელობაზე.

კონფლიქტები თავს იჩენს წყლისა და მიწის რესურსების გამოყენების დროს. არანაკლებ მწვავედ დგება საკითხი, როდესაც საქმე ეხება ადამიანის ჯანმრთელობას, რომელიც გამოწვეულია სასმელი წყლის დაბინძურებით, ჰაერში არსებული მავნე ნივთიერებებით, სინთეტიკური და ტოქ-

სიკური ნედლეულის გამოყენების გამო. დადგენილია პირდაპირი კავშირი ქალაქების საჰაერო აუზის დაბინძურებასა და ადამიანების ზედა სასუნთქი გზების ქრონიკულ დაავადებათა შორის.

განსაკუთრებით ხშირია კონფლიქტები ქალაქების წყალმომარაგების დაბალი სანიტარული მდგომარეობის გამო.

ეკოლოგიური კონფლიქტები დამახასიათებელია აგრეთვე დიდი ქალაქების ურბანიზაციის პროცესში სასოფლო-სამეურნეო მიწებზე ქალაქის დასახლებების მშენებლობის გამო.

ქალაქებში, სადაც კონცენტრირებულია მოსახლეობის საქმიანობის სხვადასხვა მიმართულები, წარმოიქმნება სიტუაციები, როდესაც ერთი სახის მოქმედებები ნეგატიურად აისახება მეორეზე და პირიქით.

ეკოლოგიური პროექტების განხორციელების პროცესში მწვავდება ურთიერთობები ბუნებითმოსარგებლეთა და ბუნებისდამცველთა შორის, რასაც ხშირად მოჰყვება სასამართლო გარჩევები.

ბუნებრივი გარემოს გაჭუჭყიანება გამოწვეულია სტიქიური ან ანთროპოგენური ფაქტორების მოქმედებით. სტიქიურს მიეკუთვნება ვულკანური და კოსმოსური მტვერი, წყალდიდობა, მიწისძვრები და ა.შ., ანთროპოგენურს – ნარჩენები, რომლებიც იწვევს ქიმიურ, გაზურ, რადიაციულ, მექანიკურ და სხვა სახის დაბინძურებას.

ეკოლოგიური ბალანსის დარღვევის გამო, აუცილებელია გარემოს დაცვა. პირველად წარმოიქმნა კონსერვატიული დაცვის ფორმა - ლანდშაფტის, ბუნებრივი ეკოლოგიური სისტემების, ბუნების ძეგლების დაცვა.

ბუნებრივი რესურსების ინტენსიურად გამოყენების ზრდამ მოითხოვა ბუნების დაცვის ახალი ფორმა – ბუნებრივი რესურსების რაციონალურად გამოყენების ორგანიზაცია, რომელიც მიმართულია ბუნებრივი რესურსების გამოყენების შერწყმაზე გარემოს დაცვასთან.

ბუნებრივსა და გარემომცველ გარემოს აქვს სამი განსხვავებული ნიშანი:

1. გარემომცველი გარემო ბუნებრივ გარემოსაგან განსხვავებით ორგანულად აერთიანებს ბუნებრივი გარემოს ელემენტებს ადამიანური საქმიანობის ობიექტებთან.

2. ბუნებრივი გარემოს ხარისხობრივ მდგომარეობას თვით ბუნება უზრუნველყოფს ნივთიერებათა ცვლის ჩამოყალიბებული ევოლუციური პროცესის შედეგად.
3. გარემომცველ გარემოში დაცვის ცენტრალურ რგოლს წარმოადგენს ადამიანი, მისი ჯანმრთელობა და ეკოლოგიური კეთილდღეობა.

მიუხედავად ასეთი განსხვავებისა, გარემომცველი გარემო არ არის გამოცალკევებული. ტექნოსფერო განვითარების საკუთარი კანონებით რჩება ბიოსფეროს ნაწილად და ემორჩილება მის კანონებს.

ეკოლოგიური კრიზისის ძირითად წყაროს წარმოადგენს არარაციონალური ბუნებითსარგებლობა, რომელიც განპირობებულია: ა) წარმოების ისეთი საშუალებების შექმნით და გამოყენებით, რომლებიც საშიშია ბუნებრივი გარემოსათვის, ეკოსისტემებისათვის და ბ) მოქმედებათა განხორციელებით, რომელიც არღვევს ეკობალანსს.

თუ არარაციონალური ბუნებათსარგებლობა შეიძლება აღმოფხვრილ იქნას სამართალგამოყენებითი ღონისძიებებით, ბუნებათსარგებლობის უწყებრივი სისტემის პირობებში კანონიერების დაცვის შესრულების დროსაც არ არის გამორიცხული ბუნების ობიექტებზე ზიანის მიყენება. მაგალითად, მიწათმოქმედების ინტენსიფიკაცია უარყოფითად მოქმედებს მეზობლად არსებულ ტყის მასივებზე და ცხოველთა სამყაროზე. ე.ი. აუცილებელია ბუნებათსარგებლობის სამართლებრივი რეგულირების რადიკალურად გარდაქმნა.

ბუნებათსარგებლობისა და ბუნების დაცვის შესახებ კანონმდებლობათა გარდაქმნა ეკოლოგიურ კანონმდებლობად გულისხმობს გადასვლას ბუნებათრესურსებრივი სამართლებრივი რეგულირებიდან - ეკოლოგიურზე, ე.ი. ეკონომიკური ინტერესების უპირატესობის შეცვლას ეკოლოგიური ინტერესებით ბუნებათსარგებლობის სფეროში [37].

ეკოლოგიური კრიზისის რეალური მდგომარეობა შეიქმნა საქართველოშიც, რომელიც დაკავშირებულია ბაქო-ჯეიხანის ნავთობსადენის გაყვანასთან. მიუხედავად საქართველოს წამყვანი მეცნიერების პროგნოზებისა და პროტესტებისა, ნავთობსადენის ტრასა გადის სეისმური, გეოლოგიური, გეოტექტონიკური, გეომორფოლოგიური, ჰიდროგეოლო-

გიური და საინჟინრო გეოლოგიური თვალსაზრისით რთულ რეგიონში - ბორჯომის ხეობაში.

ბორჯომის ხეობა მთაგორიანი მხარეა, სადაც ხშირია წაყლდიდობა, მეწყრები, ღვარცოფები, ქვათაცვენა და სხვა არასასურველი საინჟინრო გეოლოგიური მოვლენები. ცნობილია, რომ ნავთობსადენის ტრასა კვეთს სოფ. დგვარის მოქმედ მეწყერს, სადაც საცხოვრებელი ნაგებობები დეფორმირებულია და თანდათან ირღვევა.

წყალდიდობების პერიოდში მოსალოდნელია საინჟინრო გეოლოგიური პროცესების გააქტიურება და ნავთობსადენის დეფორმაცია, რაც უცილობლად გამოიწვევს ნავთობის დაღვრას. ამ შემთხვევებისათვის გათვალისწინებული მოედნები და ნავთობდამჭერი ნაგებობები ვერ უზრუნველყოფს ნავთობის იზოლიაციას, რადგან იგი ნავთობსადენში იმყოფება დიდი წნევის ქვეშ, ხოლო ჰერმეტიზაციის დარღვევის შემთხვევაში მოსალოდნელია ათობით ათასი ტონა ნავთობის დაღვრა.

ნავთობსადენი დამოკლეს მახვილივითაა, რომელიც არ ვიცით თუ როდის, მაგრამ ეჭვგარეშეა, რომ ჰერმეტიზაციის დარღვევის შემთხვევაში დააბინძურებს მინერალური წყლის საბადოს.

ბორჯომის მინერალური წყლის საბადო ინფილტრაციული წარმოშობისაა. ეს ნიშნავს, რომ მინერალური წყლის ფორმირება მიმდინარეობს მიწის წიაღში ზედაპირული წყლის ჩაჟონვისა და სიღრმიდან ამოსული მაღალმინერალიზებული წყლების, ბუნებრივ „ლაბორატორიაში” შერევის შედეგად.

ბორჯომის მინერალური წყლის საბადოში ზედაპირული წყლების ინფილტრაცია ხდება მდ. მტკვრის ხეობის გასწვრივ ფართობლივად და მდინარის კალაპოტის საშუალებით.

ნავთობსადენის ჰერმეტიზაციის დარღვევის შემთხვევაში მდ. მტკვრის სწრაფ შენაკადებს, რომლებსაც კვეთს ნავთობსადენი რამდენიმე წუთში შეუძლიათ დაღვრილი ნავთობის ტრანსპორტირება მდ. მტკვარის კალაპოტში, საიდანაც იგი ნაპრალების საშუალებით მოხვდება მიწის წიაღში. ამგვარად, რამდენიმე წუთში შესაძლებელია დაბინძურდეს მსოფლიო მნიშვნელობის უნიკალური ბორჯომის მინერა-

ლური წყლის საბადო, რომლის რეაბილიტაციას დასჭირდება ათეული საუკუნეები. ცნობილია, რომ ბუნება არავის აპატიებს შეცდომებს, დღესავით ნათელია ის ეკოლოგიური კრიზისი, რომელიც შეიძლება თავს დაგვატყდეს უახლოეს მომავალში.

ვიდრე არ არის გვიან, საჭიროა ნავთობსადენის საქართველოში გამავალი ტრასის სასწრაფო ეკოლოგიური ექსპერტიზა და მისი გადატანა ბორჯომის რაიონიდან ახალციხისა და ვალეს გავლით. ამგვარი პროექტი არსებობს, მაგრამ მის განხორციელებას ხელს უშლის ბრიტიშ პეტროლიუმის ხელმძღვანელობა.

პოლიტიკური ინტერესებიდან გამომდინარე, მათ არასწორ ქმედებებს თავის დროზე მხარი დაუჭირეს საქართველოს თანამდებობის პირებმა პრეზიდენტ შევარდნაძის ხელშეწყობით. მოსალოდნელმა ეკოლოგიურმა კრიზისმა შესაძლებელია გამოიწვიოს ბევრად მეტი ზარალი, ვიდრე ნავთობსადენის ტრანზიტის საშუალებით მოსალოდნელმა საბიუჯეტო შემოსავლებმა.

საქართველოს საზოგადოებამ ყურადღება უნდა მიაქციოს ამ პრობლემას, რათა თავიდან ავიცილოთ ეკოლოგიური კატასტროფა და გადავარჩინოთ დაბინძურებისაგან მსოფლიო მნიშვნელობის, უნიკალური ბორჯომის მინერალური წყლის საბადო.

დღეს კაცობრიობის მნიშვნელოვანი ძალები და ეკონომიკური რესურსები იხარჯება მათ მიერვე შექმნილი ეკოლოგიური სიძნელეების გადასალახავად. ეკოლოგიური პრობლემები კვლავ რჩება იმ არახელსაყრელი სოციალურ-ეკონომიკური პირობების „მძევლებად", რომლებიც არსებობს მსოფლიოს სხვადასხვა რეგიონებში.

საერთაშორისო ეკოლოგიურ-ეკონომიკურ ურთიერთობებში წარმოშობილი პრობლემები გამოწვეულია შემდეგი ძირითადი მიზეზებით:

1. გარემოს დაბინძურებით გამოწვეული ზარალის ეკონომიკური და სოციალური შეფასების არაადეკვატურობით, რომელიც როგორც წესი შემცირებულია; ზარალის არასწორი, შემცირებული შეფასება განსაკუთრებით გრძელვადიან პერიოდში მოსახლეობასა და შიდა ეროვნულ ეკონომიკას უბრუნდება ამ ზარალის არასაკმარისი კომპენსაციით.

2. ბუნების მიერ ხანგრძლივი დროის მანძილზე შესრულებული „შრომის" არასწორი შეფასებით, რომლის შედეგადაც ფორმირდებოდა სასარგებლო წიაღისეული და სხვა ბუნებრივი რესურსები.

თავიდანვე ადამიანი ბუნებრივ რესურსებს უყურებდა როგორც ბუნებისაგან ნაჩუქარ მატერიალურ დოვლათს. იგი თავის საკუთარ შრომას აფასებს ძალიან მაღლა, მაგრამ ბუნების მიერ შესრულებული „შრომა" მის მიერ არ იქნა შეფასებული ეკონომიკური კატეგორიებით. შეფასდა მხოლოდ ის ბუნებრივი რესურსები, რომლებიც ჩართული იყო სამეურნეო ბრუნვაში.

უკანასკნელ ხანს რიგ ქვეყნებში შემოღებულ იქნა ბუნებრივი რესურსების გადასახადი, რომლის საშუალებით თითქოსდა შეაფასეს „ბუნების შრომა", მაგრამ ეს არ ცვლის ეკონომიკის განვითარებაში დღეს არსებულ ბუნების შეუფასებელ პრინციპულ პრიორიტეტებს.

სინამდვილეში არაგანახლებადი ბუნებრივი რესურსები უნდა წარმოადგენდეს ნებისმიერ მოხმარებულ პროდუქტებს შორის ყველაზე ძვირფას კომპონენტს.

3. საერთაშორისო ეკოლოგიურ-ეკონომიკური პრობლემებით, რომლებიც დაკავშირებულია ცალკეული ქვეყნების განვითარების დისპროპორციულობაში. იგი გამოიხატება მეცნიერებისა და ტექნიკის განვითარების სხვადასხვა დონეებში, ენერგიის გამოყენებაში და საშუალო შემოსავლების სიდიდეზე ერთ სულ მოსახლეზე, ქვეყნების ფინანსურ შესაძლებლობებზე, რომელთა საშუალებით მათ შეუძლიათ თავიანთ მოქალაქეებზე გასცენ ნეგატიური ეკოლოგიური შედეგების კომპენსაცია.

4. შეხედულებების არაერთგვაროვანი იურიდიული შეფასებით, რომლებიც გამოიყენება საერთაშორისო ეკოლოგიურ-ეკონომიკურ ურთიერთობებში და ქვეყნებს შორის ეკოლოგიურ კანონმდებლობაში არსებულ განსხვავებებში. ეს დამოკიდებულია ამ ქვეყნების კულტურის, ეროვნული ფსიქოლოგიის და ტრადიციების დონეზე.

სხვადასხვა ქვეყნებს აქვთ ეკოლოგიის, როგორც მეცნიერების და პრაქტიკული მოღვაწეობის განვითარების სხვადასხვა ისტორია. ყველა ამ პრობლემების გადაწყვეტა შეუძლებელია ერთი ქვეყანის ფარგლებში, რამდენადაც პრო-

გრესიული და მდიდარი არ იყოს იგი. საჭიროა მსოფლიოს ყველა მეცნიერის, სპეციალისტის, პოლიტიკოსის და საზოგადოების ფართო ფენების ერთობლივი ძალისხმევა.

12.2. გარემოსა და ბუნებრივი რესურსების დაცვის აუცილებლობა

თანამედროვე კაცობრიობის ამოცანაა შეინარჩუნოს არსებული ეკოსისტემები და რაციონალურად გამოიყენოს ბუნებრივი რესურსები.

ბუნებრივ რესურსები - ბუნებრივი ელემენტებია, რომლებსაც იყენებენ საწარმოო ძალთა განვითარების მოცემულ ეტაპზე ადამიანის საზოგადოების მატერიალურ მოთხოვნილებათა დასაკმაყოფილებლად.

ბუნებრივი რესურსების ძირითადი სახეობებია: წიაღისეული, კლიმატური, წყლის, ნიადაგის, მცენარეული და ფაუნისტური რესურსები. XX საუკუნის მეორე ნახევრიდან მათ მიემატათ ატომური და პლანეტარული კოსმოსური რესურსებიც (ბირთვული, გეოთერმული, ზღვის მიმოქცევისა და სხვა ენერგიის წყაროები.

უაღრესად მნიშვნელოვანია მინერალური ნედლეულის მოპოვებისა და რაციონალური გამოყენების პრობლემა, რომელთანაც ადამიანს შეხება აქვს მისი განვითარების ადრეული ეტაპებიდან.

სასარგებლო წიაღისეულის ათვისება წარმოადგენს საწარმოო ძალებისა და საზოგადოების მატერიალური კულტურის განვითარების აუცილებელ პირობას. საზოგადოების განვითარებასთან ერთად იზრდება მოთხოვნილება მინერალური ნედლეულის რესურსებზეც. ამის გამო, ადამიანი სულ უფრო ინტენსიურად სწავლობს დედამიწის ზედაპირსა და წიაღს. შესწავლის პროცესში იქმნება აუცილებლობა დედამიწის გარკვეულ უბნებზე მოეწყოს სამთო გამონამუშევრები, რომლებიც ადრე დაკავებული იყო სასოფლო-სამეურნეო კულტურებითა და ტყის მასივებით.

ამ საკითხთან დაკავშირებით წარმოიშვა აუცილებლობა, შეფასდეს გარემოზე სასარგებლო წიაღისეულის საბადოების დამუშავების ზემოქმედების შედეგები.

ამგვარი სახის ზემოქმედება შესაძლებელია იყოს:

1. არსებული რელიეფის ფორმების შეცვლა და ზედაპირის ახალი ფორმების წარმოქმნა.
2. დედამიწის წიაღში არსებული ელემენტებისა და შენაერთების ზედაპირზე ამოტანა და ამის გამო, დედამიწის ზედაპირზე არსებული ნივთიერებების გეოქიმიური ბალანსის დარღვევა.
3. ქანების ახალი მასების წარმოქმნა, რომლებიც თავიანთი თვისებებით განსხვავდება ქანებისაგან, რომლებიც ადრე მდებარეობდა დედამიწის წიაღში.
4. მიწისქვეშა წყლების დონეების, წნევებისა და შემადგენლობის ცვლილებები და როგორც შედეგი - ზედაპირული წყლების ნაკადის მოძრაობის პირობების ცვლილებები.

ეს არ ნიშნავს იმას, რომ ნებისმიერი საბადოს ექსპლუატაცია უცილობლად გამოიწვევს ზემოთაღნიშნულ ცვლილებებს, მაგრამ თხევადი წიაღისეულის - ნავთობის, მტკნარი, მინერალური და თერმული წყლების ექსპლუატაციის დროს მოსალოდნელია დედამიწის ზედაპირის მნიშვნელოვანი ცვლილებები.

რელიეფის ძირეულ ცვლილებებს იწვევს მყარი წიაღისეულის მოპოვება. ერთ შემთხვევაში ქანების ამოღება იწვევს რელიეფის უარყოფითი ფორმების წარმოქმნას, სხვა შემთხვევაში - დადებითი ფორმების ან დელტების შექმნას, რომლებიც წარმოადგენს ფუჭი ქანების დანაგროვებს.

ადამიანის ზემოქმედების პროცესში დედამიწის ქერქის ზედა ნაწილთან წარმოიქმნება რიგი წინააღმდეგობები, რომლებიც დაკავშირებულია წიაღისეულის ათვისებასთან. მაგალითად, მინერალური ნედლეულის მოპოვება ამცირებს მიწების ნაყოფიერებასა და არღვევს მის მთლიანობას.

ენერგეტიკული რესურსების გამოყენება, რომელიც ცვლის დედამიწის ზედაპირის თბურ ბალანსს, წინააღმდეგობაშია დაბალანსებულ ეკოლოგიურ სისტემებთან.

აქედან გამომდინარე, წიაღის წარმატებითი ათვისება გულისხმობს საკითხის კომპლექსურ გადაწყვეტას.

თუ გავაანალიზებთ ადამიანის დედამიწის ქერქზე ზემოქმედების შედეგებს, ისინი შეიძლება დავაჯგუფოთ შემდეგნაირად:
1. სასარგებლო წიაღისეულის საბადოების, პირველ რიგში, მდიდარი და დიდი საბადოების გამოლევა და ამასთან ერთ-

ად ელემენტების კონცენტრაციების გაბნევა დედამიწის ზედაპირზე.
2. დედამიწის რელიეფის შეცვლა, თანამედროვე გეოლოგიური მოვლენების (მეწყრების, ღვარცოფების, ეროზიული და აბრაზიული პროცესების და სხვ.) წარმოშობა და განვითარების სიჩქარეების ზრდა.
3. დედამიწის ქერქის ზედა ნაწილში და მის ზედაპირზე ნივთიერებების ბალანსის ცვლილებები, ატმოსფეროს, ნიადაგისა და ბუნებრივი წყლების დაბინძურების პროცესების დაჩქარება.
4. მიწისქვეშა ჰიდროსფეროს ცვლილებები.
5. დედამიწის ქერქის ზედა ნაწილში გეოსტატიკური ველის დარღვევა.
6. დედამიწის ზედაპირის წყლის თბური ბალანსის ცვლილებები.
7. ქანების თვისებების, საინჟინრო ნაგებობების მშენებლობისა და ექსპლუატაციის პირობების ცვლილებები.
8. დედამიწის ქერქში სხვადასხვა ფიზიკური ველის (მოხეტიალე დენების, სეისმური, აკუსტიკური, რადიოტალღური და სხვ.) წარმოქმნა.

თუმცა დედამიწის ქერქზე ადამიანის ზემოქმედების მრავალფეროვნება და შესაბამისად მისი რეაქცია ამ ზემოქმედებაზე წარმოადგენს პრობლემის მხოლოდ ერთ მხარეს. მეორე მხარე მდგომარეობს იმაში, რომ ზემოქმედების ეს სახეები და შედეგები ურთიერთდაკავშირებულნი არიან.

ადამიანი დედამიწის ქერქის ზედა ნაწილზე ზემოქმედებას ახდენს ტექნიკის საშუალებით, აქედან გამომდინარე, ფუნქციონალური დანიშნულების მიხედვით გამოიყოფა გეოტექნიკური სისტემის 6 ტიპი:
1) რომლებიც იყენებენ არაგანახლებად მინერალურ-სანედლეულო რესურსებს: მყარ სასარგებლო წიაღისეულს, ნავთობსა და გაზს, სამრეწველო ხსნარებს;
2) რომლებიც იყენებენ ბუნებრივ განახლებად რესურსებს, რომელთა განახლება ხდება ბიოგენური ნივთიერებების ბუნებრივი წრებრუნვის შედეგად ნიადაგის ნაყოფიერების, წყალსატევების, მზის სხივების ზემოქმედების ქვეშ არსებული ზონების, სასოფლო-სამეურნეო წარმოების, თევზების

მოპოვებისა და გადამუშავებისა და ტყის მეურნეობების შენარჩუნების ან გაუმჯობესების საფუძველზე;
3) რომლებიც იყენებენ ხმელეთის წყლის რესურსებს მიწისქვეშა მტკნარი წყლების ჩათვლით, რომელთა განახლება ხდება წყლის ბუნებრივი წრებრუნვის ციკლების საშუალებით;
4) რომლებიც გადაამუშავებენ გეოტექსისტემის 1 და 2 ტიპების საშუალებით მიღებულ პირველად პროდუქციას;
5) რომლებიც ახდენენ სანედლეულო მასალის, პროდუქტებისა და მათი გადამუშავების, ენერგეტიკული ნედლეულის ან ენერგიისა და ინფორმაციის ტრანსპორტირებას;
6) რომლებიც ახდენენ გეოტექნიკური სისტემის ყველა ზემოთჩამოთვლილი ტიპების დაცვას არაკეთილსასურველი ბუნებრივი ზემოქმედებისაგან.

გეოტექნიკური სისტემის პირველი სამი ტიპი წარმოადგენს მომპოვებელს: მათ საშუალებით ხდება სხვადასხვა ბუნებრივი რესურსების, მათ შორის ენერგიის მოპოვება. მეოთხე ტიპი აერთიანებს მრავალ გადამამუშავებელ წარმოებას, რომლებიც ნედლეულის სახით გამოიყენებენ გეოტექსისტემების 1-3 ტიპის პროდუქციას. მეხუთე და მეექვსე ტიპები მიეკუთვნება მომსახურე გეოტექსისტემებს, მათგან, მეექვსე ტიპის სისტემები მიმართულია დამანგრეველი პროცესების წინააღმდეგ ბრძოლისათვის.

ამრიგად, გეოტექნიკური სისტემის ფუნქციონალური დანიშნულება განსაზღვრავს მათში მიმდინარე ტექნოლოგიურ პროცესებს. აქედან გამომდინარე, განისაზღვრება ტექნოლოგიური ზემოქმედების მიმართულება სისტემის გეოლოგიურ გარემოზე და გეოლოგიური გარემოს საპასუხო რეაქციების ხასიათი ამ ზემოქმედებაზე, მისი ხარისხობრივი მდგომარეობის ცვლილება.

რეგიონალური გეოტექნიკური სისტემები უკვე მოქმედებაშია დიდი ხნის განმავლობაში. მათ მიეკუთვნებათ: მსხვილი წყალსამეურნეო სისტემები, საწარმოო-ტერიტორიული აგლომერაციები და ურბანიზებული ტერიტორიები, ტრანსკონტინენტალური მილსადენები, ელექტროგადაცემის ხაზები და ა.შ., რომელთა ზემოქმედება ვრცელდება დიდ ფართობებზე და ხაზობრივ ზონებზე.

ლოკალური გეოტექნიკური სისტემები წარმოადგენს რეგიონალური სისტემების შემადგენელ ელემენტებს, ცალკეულ ნაგებობებსა და კომპლექსებს, რომლებიც დამოუკიდებლად ზემოქმედებენ გეოლოგიურ გარემოზე და ცალკეულ კომპონენტებზე.

გეოტექნიკური სისტემები გარემოზე ზემოქმედების სიღრმის მიხედვით იყოფა ზედაპირულ, ზედაპირთან ახლოს და სიღრმულ სისტემებად.

ზედაპირულს მიეკუთვნებათ სისტემები, რომელთა ტექნოლოგიური პროცესები ეხება მხოლოდ დედამიწის ზედაპირს და არ ვრცელდება აერაციის ზონის ქვევით.

ზედაპირთან ახლო სისტემებში ტექნოლოგიური პროცესები ვრცელდება გრუნტის წყლის ჰორიზონტის და მასთან დაკავშირებული არტეზიული ჰორიზონტების ფარგლებში.

სიღრმულ სისტემებში ტექნოლოგიური პროცესები ვრცელდება გაძნელებული წყალცვლის ზონაში.

პრაქტიკულად აქტიური ტექნოლოგიური ზეგავლენა გამოიხატება ნავთობისა და გაზის საბადოებზე 6-8 კმ-ის, ღია სამთო გამონამუშევრების - 500-650 მეტრის, ხოლო მაღაროების - 1 კმ-ზე მეტ სიღრმეზე.

სამწუხაროდ, დღესაც არსებობს ღრმა წინააღმდეგობა ბუნების დამცველებსა და ინდუსტრიალური ცივილიზაციის მომხრეთა შორის. საზოგადოების გარკვეული ნაწილი, ზოგიერთი სახელმწიფო მოღვაწე და ბიზნესმენი ცდილობს დაარწმუნოს საზოგადოება, რომ მთავარია მოგების მიღება, თუნდაც ბუნების დაბინძურების ხარჯზე, რასაც უცილობლად მივყევართ ეკოლოგიურ კრიზისამდე.

ორგანიზმების დაცვა, რომლებიც იმყოფებიან გადაშენების პირას, წარმოადგენს უპირველეს ამოცანას, რადგან დიდი რაოდენობა ცხოველებისა და მცენარეების გადაშენდა ადამიანის სამეურნეო საქმიანობის გამო.

ადამიანის ბუნებაზე ზემოქმედების კიდევ ერთ სახიფათო შედეგს წარმოადგენს დედამიწაზე მობინადრე სხვადასხვა ორგანიზმების სახეობების შემცირება. ბოლო ასწლეულის განმავლობაში მთლიანად დაიკარგა მცენარეების 25 ათასი, გარეული ცხოველების 1 ათასზე მეტი სახეობა და ასეულობით შინაური ცხოველების უნიკალური ჯიშები.

ადამიანი სოფლის მეურნეობაში იყენებს შეზღუდული რაოდენობის მცენარეებსა და ცხოველებს, რომელთა უმეტესობა თავის გაკულტურებასა და მოშინაურებას იწყებს ნეოლითის პერიოდიდან. სოფლის მეურნეობის პროდუქციის დიდ ნაწილს უზრუნველყოფს ცხოველთა და მცენარეთა 20-დე სახეობა. დანარჩენი თითქმის გამოუყენებელია. მაგალითად, ანტილოპები, რომლებიც კარგად არიან შეგუებულნი აფრიკის კლიმატს გადაშენების პირასაა, სამაგიეროდ, ევროპელები ჯიუტად ცდილობდნენ ძროხისა და ხარის მოშენებას აფრიკაში, სადაც ტროპიკული კლიმატის პირობებში ეს შეუძლებელი შეიქნა. ეკოლოგებმა კარგად იციან გარემოს სხვადასხვაობის მნიშვნელობა, რომელიც წარმოადგენს ჰომეოსტაზის პირველ გარანტიას. პირვანდელი სახით ბიოცენოზების შენარჩუნება საშუალებას იძლევა ადამიანის ზეგავლენის ნიველირებაში ცოცხალი ორგანიზმების მიმართ.

გარემოს დაცვა, არსებული ეკოსისტემების შენარჩუნება და ახალი ეკოსისტემების შექმნა წარმოადგენს კაცობრიობის ერთ-ერთ ძირითად პრობლემას, რადგან იგი ადამიანების ფიზიკური ჯანმრთელობისა და მორალური კმაყოფილების შენარჩუნების ერთ-ერთი საშუალებაა.

გარემოს მიმართ დღეს არსებული კრიზისული მდგომარეობა შექმნილია არა ტექნიკის განვითარების, არამედ, მისი არასწორი გამოყენების გამო. შეიარაღებული ძალების ზრდა, მისი მოდერნიზაცია და მასობრივი განადგურების იარაღის შექმნა ნაკარნახევია პოლიტიკური მოსაზრებებით. ეს ენერგია და სამეცნიერო პოტენციალი უნდა გამოყენებულ იქნას არა ბუნების დაბინძურებისა და მოსპობის, არამედ, ბუნებისა და ადამიანების ჯანმრთელობის დაცვის მიზნით. მაგალითად, პლუტონიუმი შეიძლება გამოყენებულ იქნას გულის სტიმულიატორის დასამზადებლად და ასევე, ატომური იარაღის შესაქმნელად.

ლიტერატურა:

1. ანანიევი ვ., კორობკინი ვ. საინჟინრო გეოლოგია. მოსკოვი, 1973.
2. Белов С.В. Охрана окружающей среды. Москва, 1991.
3. ბოგოლიუბოვი ი. სელები და მათი გავრცელება სსრკ-ში. „ჰიდრომეტეოიზდატი“. 1957.
4. ბონდარიკი გ.. საინჟინრო გეოლოგიური კვლევების მეთოდიკა. მოსკოვი, „ნედრა”, 1986.
5. ბონდირევი ი, სულხანიშვილი გ. და სხვ. ატმოსფერული ჰაერის დაცვა სამრეწველო გაჭუჭყიანებისაგან საქართველოს პირობებში. სერია „გარემოს დაცვა”, გამოშვება 3, 1989.
6. ბონდირევი ი., გ. გვრიტიშვილი გ., დ. ვაწაძე დ. და სხვ. საქართველოს წყლის რესურსების გაჭუჭყიანება და მასთან ბრძოლა. სერია „გარემოს დაცვა”, გამოშვება 5, 1989.
7. Бондырев И. В. Палеоэкология прародины человека. Инст. геогр. АН, «Полиграф», 2003.
8. Бочкарева Т.В. Экологический «джин» урбанизации. «Мысль», Москва, 1988.
9. გაზიზოვი მ. კარსტები. „ნაუკა”, 1971.
10. Дуганов Г.В. Охрана окружающей природной среды. Москва, 1998.
11. ელიავა ი,, ნახუცრიშვილი გ„ ქაჯაია გ. ეკოლოგიის საფუძვლები. თბილისი, 1992.
12. ერისთავი ვ., დანელია ა., ალასანია რ. და სხვ. გარემოს გაჭუჭყიანების წყაროები და მათი ლიკვიდაციის ტექნიკური ღონისძიებები. „განათლება”, თბილისი, 1983.
13. Ковда В.А. Проблемы защиты почвенного покрова и биосферы. Москва, 1989.
14. კოლომენსკი ნ., კომაროვი ი. საინჟინრო გეოლოგია. მოსკოვი, 1964.
15. Кузнецов Г.А. Экология и будущее. Москва, 1988.
16. ლომთაძე ვ., საინჟინრო გეოლოგია. საინჟინრო გეოდინამიკა, „ნედრა”. 1977.
17. ლომთაძე ვ. საინჟინრო გეოლოგია. „განათლება”, 1985.

18. ლომთაძე ვ. საინჟინრო პეტროლოგია. „განათლება", 1987.
19. ლომთაძე ვ. ქანების ფიზიკურ-მექანიკური თვისებების ლაბორატორიული კვლევის მეთოდები. განათლება. 1989.
20. მედვედევი ს. საინჟინრო სეისმოლოგია. გოსსტროიიზდატი. 1962.
21. მიქაძე ი. ნავთობი და გაზი (კავკასია). „ცოტნე", 2002.
22. მიქაძე ი. ეკოლოგია. თბილისი, „უნივერსალი", 2005.
23. მიქაძე ი. ეკონომიკური გეოგრაფია. თბილისი, „უნივერსალი", 2009.
24. მიქაძე ი. ჰიდროგეოლოგია. თბილისი, „უნივერსალი", 2010.
25. მიქაძე ი. საინჟინრო გეოლოგია. თბილისი, „უნივერსალი", 2010.
26. მიქაძე ი. საქართველოს ჰიდროსფერო და მისი რესურსები, თბილისი, „მერიდიანი", 2016.
27. პანიუკოვი პ. საინჟინრო გეოლოგიის მოკლე კურსი, მოსკოვი, „უგლეტექიზდატი". 1956.
28. პეშკოვსკი ლ., პერესკოკოვა ტ. საინჟინრო გეოლოგია. მოსკოვი, 1971.
29. Попов В.А., Геранин В.И. Экология урбанизированных территории. Изд-во Казанского Университета, 1987.
30. Пузаченко Г.А. Экосистемы в критическом состоянии. Москва, 1989.
31. Рамад, Франсуа. Основы прикладной экологии. «Гидрометеоиздат», Ленинград, 1981.
32. Рогожина Н.В. В поисках ответа на экологический вызов. МЭ и МО, 1999, №9.
33. სერგეევი ე. საინჟინრო გეოლოგია. მოსკოვი. მგუ. 1982.
34. Справочное руководство – «Охрана окружающей среды», Москва, 1978, стр. 193-194.
35. სხირტლაძე ნ. პეტროგრაფია მინერალოგიის საფუძვლებით. „განათლება". 1979.
36. Тищенко Н.Ф. Охрана атмосферного воздуха, Москва, 1991.
37. ტოლსტოი მ., მალიგინი ვ. ჰიდროგეოლოგიისა და საინჟინრო გეოლოგიის საფუძვლები. მოსკოვი, „ნედრა", 1976.

38. ქართული საბჭოთა ენციკლოპედია, ტ.2 (გვ. 161-162, 479, 572), ტ.4 (გვ. 1979), ტ.5 (გვ. 684-694), ტ.6 (გვ. 98-99, 656-657), ტ.8 (გვ. 313).
39. ქუცნაშვილი ო. საინჟინრო გეოლოგიური კვლევების საფუძვლები. თბილისი, ტექნიკური უნივერსიტეტი, 1997.
40. ჩხეიძე დ. საინჟინრო გეოლოგია. „განათლება". 1979.
41. წერეთელი ე. და სხვ. საქართველოში გეოდინამიკური მოვლენების საშიშროების მასშტაბები XXI საუკუნეში და ქვეყნის მდგრადი განვითარების პრობლემები. „მეცნიერება", 2004.
42. ჭოხონელიძე გ. ლაბორატორიული პრაქტიკუმი საინჟინრო გეოლოგიაში. სპი. 1961.
43. ჭოხონელიძე გ. საქართველოს ლიოსისებური გრუნტები, მონოგრაფია. 1976.
44. Хефлинг, Гельмут. Тревога в 2000 г, Москва, 1990.
45. Ярошенко М.Ф. Природа и человечество. Изд-во «Штиинца», Кишинев, 1978.
46. Gutmanis I. Enviromental Implications of Economic growth in the US, 1970 to 2000-An Input-Output Analysis. Transactions on Systems, MAN, and Cybernetics, 1973, VDC 3, #6.

.

კორექტორი: ანგელინა მიქაძე

გამომცემლობა „მერიდიანი”
ალ.ყაზბეგის გამზ. #47
E-mail: meridiani777@gmail.com,
ტელ. 239-15-22