

საქართველოს სახელმწიფო აბრალური
უნივერსიტეტი

აგროსაინჟინრო ფაკულტეტის ს/მ ჰიდრომელიორაციის
დეპარტამენტი

უულვერ მამასახლისი

ზოგადი გეოლოგია და ჰიდროგეოლოგია

თ ბ ი ლ ი ს ი

2009

ამ თავისებური მოვლენის ბუნება დიდ ხნის განმავლობაში გამოუცნობი იყო, მაგრამ დღეს მტკიცებით არის დადგენილი, რომ იგი დაკავშირებული არის ვარსკვლავთა კანონზომიერ დაჯგუფებასთან ანუ სისტემასთან (ტერმინი „სისტემა“ სწორედ კანონზომიერობას პგულისხმობს), რომელშიც ას მილიარდამდე (10¹¹) ვარსკვლავი შედის. ჯგუფის განლაგება, რომ შემოეფარგლოთ, ლინზისებურ სხეულს მივიღებთ. ამ ჯგუფს გალაქტიკას უწოდებენ, ხოლო შუა სიბრტყეს, რომელიც მას სიმეტრიულად სახე ექნებოდა, გალაქტიკურ სიბრტყეს ან გალაქტიკის ეკვატორს. ცენტრიდან, რომ ამ სიბრტყეზე პერპენდიკულარი ამართოთ, ეს იქნება გალაქტიკის ღერძი.

მხუც გალაქტიკის ეკუთენის, გალაქტიკაში შედის როგორც ერთი იმ 10¹¹ ვარსკვლავთაგანი. მდებარეობს გალაქტიკურ სიბრტყესთან ახლოს, მაგრამ არა ცენტრში, არამედ 26000 სინათლე წელიწადით მისგან დაშორებული, რადგან მიწაც მსეს ახლავს, ნუნც გალაქტიკის შიგნით ვართ, შიგნიდან ეუმსურთ მას და ამიტო მის კონტურებს, ცხადია, ვერ დაინახავთ, მხოლოდ ეს არის, რომ, თუ „ხვეით“ ან „ქვეით“, ე.ი. გალაქტიკის ღერძის მიმართულებით ვიმზირებით, თვალს ცის გარკვეულ ფართობზე უფრო ცოტა ვარსკვლავებით შეხვდება, გალაქტიკის ეკვატორის გასწვრივ კი ბევრად მეტი, ვერც პირველ შემთხვევაში და ვერ მეორეში ვარსკვლავთა დიდ ნაწილს თვალი ვერ გაარჩევს და ვერც მათ რაოდენობას შეადარებს ერთმანეთს, მაგრამ იმ მიმართულებით, საითაც ვარსკვლავების რიცხვი მეტია, ცა უფრო განათებული, უფრო „რძისფერი“ იქნება ამგვარად, წარმოშობა რეული ხარბიულის სურათი: რძეული ხარბიული ეს არის გალაქტიკის ეკვატორული სოლის ღანდი ცაზე, მიწიერი დამკვირვებლისათვის.

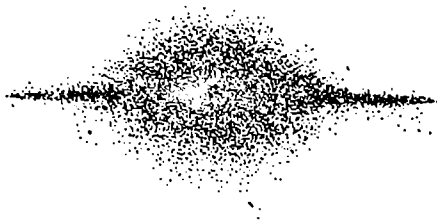
გალაქტიკაში შემავალი ვარსკვლავები უძრავი როდი არიან, ისინი განუწყვეტლით მიმოიქცევიან გალაქტიკის ღერძის გარშემო. მიმოიქცევა, რა თქმა უნდა, მხუც. მისი მოძრაობის სინქარე არის 250 კილომეტრი სეკუნდში, ხოლო სრული მოქცევისათვის მას მაინც 180 მილიონი წელიწადი სჭირდება! ამგვარად, გალაქტიკის შემადგენელი ვარსკვლავები დაკავშირებული არიან ერთმანეთთან

აპრა მდებარეობით მხოლოდ, არამედ მოძრაობითაც – ეს არის დინამიური ერთეული.

გალაქტიკა იმდენად უზარმაზარი რამ არის, შეიძლება კაცს ეფიქრა, რომ ეს არის მთელი სამყარო. და ასეც ფიქრობდნენ ერთხანს! მაგრამ იმავე დროს ცნობილი იყო, რომ არის ცაზე უკიდურესად შორეული ბუნდოვანი ობიექტები, რომელნიც, მართალია, ნათობენ, მაგრამ შიგ (კალკულური ვარსკვლავების გარჩევა არ ხერხდებოდა. მათ ნებულოსებს (ბურობებს) უწოდებენ. უკანასკნელ წელთათეულში აღმოჩნდა, რომ ეს არის გალაქტიკები, ზოგი მეტად, ზოგი ნაკლებად მსგავსი ჩვენისა. მათი დაშორება ჩვენგან. სინათლეწლების მრავალი მილიონით იზომება, ხოლო ასეთი გარე გალაქტიკების რიცხვსაც უკვე მილიონობით ანგარიშობენ. თანაც ირკვევა, რომ ისინი უწყსრიგოდ გაფანტული კი არ არიან სივრცეში, თავს იყრიან ჯგუფებად, რომელთაგან თვითეულში 1000 და მეტი გალაქტიკა შედის.

ჩვენს გალაქტიკას, როგორც ვთქვით, ჩვენ ვერასოდეს დაეინახავთ, რადგან მის შიგნით ვართ მოქცეული. სულ სხვაა გარედან ვუმსურთ. თუ გარეგალაქტიკა ისე მდებარეობს ჩვენს მიმართ, რომ გვერდიდან ვხედავთ, მაშინ მას ისეთივე ფორმა ექნება, როგორც სურ.1-ზე არის წარმოდგენილი, თუ პირიქით, გალაქტიკას „სევიდან“ (ან „კევიდან“) დაკვირვებთ, მას წრიული ფორმა აქვს ასეთ შემთხვევაში ჩანს, რომ გალაქტიკების დიდი ნაწილი სპირალურად არის აგებული, ფიქრობენ, რომ ჩვენი გალაქტიკაც სპირალური უნდა იყოს, არის ისეთი გალაქტიკები, რომელნიც მხოლოდ მცირედ არიან ნაბრტყელებული და რომელთა ფორმა სფერულს უახლოვდება, ალბათ მათი ბრუნვის აკლები სინქარის გამო.

ვარსკვლავები უზარმაზარი არიან, მაგრამ შეუდარებლად უფრო დიდია სივრცე ვარსკვლავებს შუა, ასევე გალაქტიკა იმდენად დიდია ვარსკვლავებს შუა, რომ მათი შედარებაც არ შეიძლება, მაგრამ მრავალფერ და მრავალჯერ უფრო დიდია სივრცე გალაქტიკებს შუა. კოსმოსს ხშირად უზარომაზარ დარბაზს ადარებენ, რომელიც სრულიად ცარიელია და შიგ ერთი-ორი კოლო დაფრინავს, ეს იქნება გალაქტიკები.



სურ. 1. გალაქტიკა

ვარსკვლავთშორის და გალაქტიკათშორის სივრცეში ნივთიერება უფრო გაიშვიათებულია, ვიდრე ხცვლოვნურად მიღებული საუკეთესო ვაკუუმში. მაგრამ ეს მაინც არ არის აბსოლუტური სივრცე. იქ არის უკიდურესად გაიშვიათებული გაზები, კოსმოსური მტვერი და უმცირესი ნაწილაკები და ვარსკვლავთშორისი და გალაქტიკათშორისი სივრცის შეფარდებითი სიდიდე ისეთია, რომ ამ ნივთიერების საერთო მასა ბევრით არ ჩამორჩება თვით ვარსკვლავებისას.

1.1. მზე და მზის სისტემა

მზეც ერთ-ერთი ვარსკვლავი არის, ზომით საშუალო და ზოგი მხრით მილიონჯერ და მეტად უფრო დიდი არიან, ვიდრე მზე. მზე გალაქტიკაში შეის არა ცალკეულით, არამედ როგორც ციური სხეულების პატარა ჯგუფის ცენტრი; ამ ჯგუფს მზის სისტემა ჰქვია. უეჭველია, რომ ანალოგიური თანამგზავრები უამრავ სხვა ვარსკვლავებსაც უნდა ახლდეს. მაგრამ სიშორის გამო ჩვენ მხოლოდ დიდ ვარსკვლავებს ვხედავთ.

მზის სისტემას შეადგენენ, გარდა თვით მზისა. პლანეტების ცთომილების ასტეროიდები. კომეტები, მეტეორები და, რაღა თქმა უნდა ვარსკვლავთშორისი (ამ შემთხვევაში პლანეტაშორისი) ნივთიერება.

მზის რადიუსი უდრის 109 მიწის რადიუსს მისი მოცულობა თითქმის 1.3·10⁶–ჯერ აღემატება მიწისას, მაგრამ მისი მხოლოდ 332000–ჯერ. ეს იმას ნიშნავს, რომ მზის სიმკვრივე თითქმის ოთხჯერ ნაკლებია, ვიდრე მიწისა და უდრის 1,4 (ეს იქნება საშუალო სიმკვრივე თორემ მზის ცენტრში სიმკვრივის სიდიდე 100–ს აღემატება).

სპექტრული ანალიზი იმის დადგენის საშუალებასაც იძლევა თუ რა ქიმიური ელემენტებისაგან შედგება ეს უსარმაზარი მასა. უკვე ცნობილია ის ელემენტი ყველა ისინი მიწაზედაც მოიპოვებიან, მაგრამ მათგან მსუსე განსაკუთრებული ადგილი უჭირავს წყალბადს და ჰელიუმს. პირველი მზის მთელი მასის 54% შეადგენს, მეორე – 45%–ს.

ტემპერატურა მზის 'სუდაპირ'ზე 6000° არის, ხოლო ცენტრში 2000000. გასაგებია, რომ ასეთ პირობებში ეს ვარსკვლავი მთლიანად გაზობრივ მდგომარეობაში იმყოფება, მიუხედავად იმისა, რომ წნევა ცენტრში 10⁹ ატმოსფეროს უდრის და სიმკვრივე როგორც ვთქვით, 100 ერთეულს აღემატება ატომების დისსოცირებული (დაშლილი) არიან. მიმდინარეობს ბირთვული რეაქციები.

ჩვენთვის მიწის მცხოვრებთათვის, მთავარი ის არის, რომ მსუ უამრავ ენერჯიას ასხივებს გარშემო სივრცეში. რამდენად დიდია ეს ენერჯია, იქედან ჩანს, რომ მიწას მისი სრულიად უმნიშვნელო (10⁻¹¹) ნაწილი მოსდის და ეს ნამცეცი კმარა იმისათვის, რომ ამოძრავს მიწაზე პაერი და წყალი. ასაზრდოოს სიცოცხლე პერსენდიკულარულად განათებული მიწის სუდაპირის ყოველ კვადრატულ სანტიმეტრს წუთში დაახლოებით 2 კალორია მოსდის. ე.ი. იმდენი ენერჯია (სითბო), რამდენიც საჭიროა ერთიგრამი წყლის გასათბობად 2 გრადუსით. 1 კვადრატულ მეტრზე 1 წუთში დაკუმული სითბო ერთი ჩაის ჭიქა (200 გრამი) ყინულის წყლის ასადულებლად იკმარება.

წინათ ფიქრობდნენ, რომ მზის მიერ სითბოს (ენერჯიის) გასხივება იმ სითბოს ხარჯზე ხდება, რომელიც ამ მნათობს წარმოშობისას დაჰყოლიაო. ცხადია, ეს მარაგი საკმარის მალე უნდა შემცირებულიყო და მსუც უნდა გაცივებულიყო

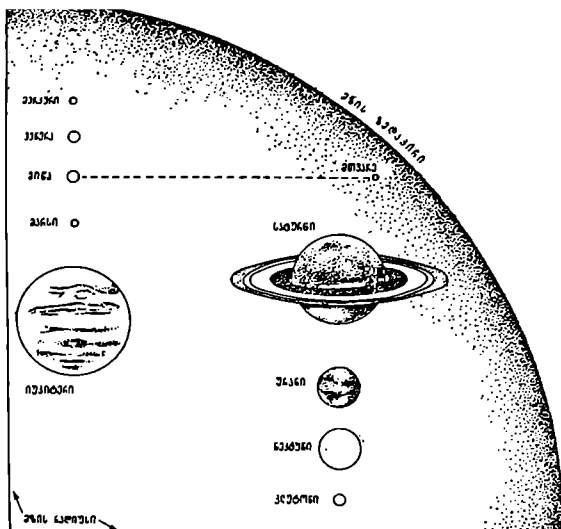
შესაბამისად, მაგრამ გეოლოგიური დაკვირვებმა მოწმობს, რომ უკანასკნელი ერთი მილიარდი წლის მანძილზე მაინც მზის სითბო შესამჩნევად არ შემცირებულა. დღეს ამას სწორედ იმით ხსნიან, რომ მზეში უსარმაზარი ტემპერატურის პირობებში, ბირთვული რეაქციები მიმდინარეობს და უსარმაზარი ენერგია გამოიყოფა. ენერგიას მზე კი არ ხარჯავს მხოლოდ, წარმოშობს კიდევ ამის გამო მისი გაცივება, თუკი ხდება უკიდურესად ნელი უნდა იყოს.

მზის სისტემაში ცხრა პლანეტი შედის მზესთან უახლოესით რომ დავიწყოთ, ეს იქნება მერკური, ვენერა, მიწა, მარსი, იუპიტერი, სატურნი, ურანი, სეპტუნი და პლუტონი.

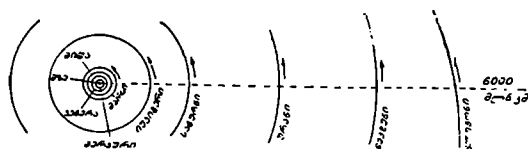
მზე სისტემის ცენტრს წარმოადგენს და ბრუნავს თავის ღერძზე საათის ისრის საწინააღმდეგო მიმართულებით. ერთ შემობრუნებას. 25 დღეღამეს ანდომებს. პლანეტებიც ყველა თავთავის ღერძზე ბრუნავს იმავე მიმართულებით და მიმოქცევა მზის გარშემო. ყველა პლანეტების ორბიტები (მოძრაობის გზა) დაახლოებით ერთ სიბრტყეში მდებარეობენ. ამ მხრივ გამონაკლისს წარმოადგენს მხოლოდ პლუტონი, რომლის ორბიტის სიბრტყე 17°-ით არის დახრილი სხვა პლანეტების ორბიტების მიმართ. ამრიგად აშკარა ხდება მოძრაობის ერთობლივობა. (სურ.2).

მიმოქცევის ორბიტები ყველა შემთხვევაში ელიპსური არის, მაგრამ წრეხაზისაგან მცირედ განსხვავებული: მათი ექსცენტრიციტეტი, ე.ი. დიდი და პატარა ღერძის შეფარდებითი განსხვავება, მცირეა.

რაც უფრო ახლოა პლანეტა მზესთან, მით უფრო მეტია მისი მზის გარშემო მოძრაობის სინქარე. მზესთან მიახლოებისას იზრდება მზისმიერი მიზიდუბის ძალა და პლანეტის მოძრაობის ენერგიაც უფრო დიდი უნდა იყოს, რათა იგი მზეზე არ დაეკვს. (სურ.3)



სურ. 2. მზე და პლანეტები



სურ. 3. მზის სისტემა

პლანეტების მეტ წილს ახლავს თანამგზავრები. მიწას ერთი (მთვარე), იუპიტერს – 12.

მიწის თანამგზავრი, ანუ მთვარე საშუალოდ მიწის 60 რადიუსით არის. მიწას დაშორებული. თვით მთვარის რადიუსი დაახლოებით 1738 კმ უდრის, ე.ი. თითქმის 4-კეცად ნაკლებია მიწისასე. ამის მიხედვით მთვარის მასა 64-კეცად ნაკლები უნდა ყოფილიყო, ვიდრე მიწისა (64 არის 4-ის კუბი); მაგრამ ნამდვილად

იგი 81,5-კეცად ნაკლები არის. ეს იმით აიხსნება, რომ მთვარის საშუალო სიმკვრივე მიწის საშუალო სიმკვრივის 0,6 არის მხოლოდ. მთვარე მიწაზე პატარაა და თან მასზედ მსუბუქი შედგენილობაც აქვს.

მთვარე ბრუნავს თავის ღერძზე და მიმოქცევა მიწის გარშემო. ორივე ამ მოძრაობის პერიოდი ერთი და იგივეა 27 დღელამე, 7 საათი, 43 წუთი და 11,3 წამში. ამით აიხსნება, რომ მიწისკენ მთვარის ერთი და იგივე მხარე იყურება ყოველთვის თანამგზავრის მეორე მხარე მეცნიერებისთვის უცნობი იყო, სანამ მისი ფოტოსურათები საბჭოურმა რაკეტებმა არ მოგვაწოდეს.

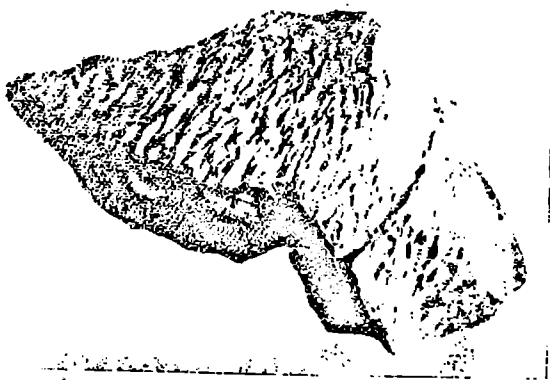
როგორც აღვნიშნეთ, მიწის და მთვარის ორბიტები დაახლოებით ერთ სიბრტყეში მდებარეობენ. თუ მოხდა, რომ მთვარე მიწისა და მსეს შუა მოექცევა, იგი დაჟვარავს მთლიანად ან ნაწილობრივ მოხდება მისი დაბნელება, სრული ან ნაწილობრივი. თუ პირიქით, მიწა მოექცა მსესა და მთვარის შუა, მიწის ჩრდილი მთვარეზე დაეცემა და მთვარის დაბნელებას გამოიწვევს. სრულს ან ნაწილობრივს, ამიტომ აქვია ხსენებულ სიბრტყეს ე კ ლ ი პ ტ ი კ ა. გასაგებია, რომ მთვარის დაბნელება მხოლოდ სრული მთვარის პირობებში შეიძლება მოხდეს, ხოლო მისია ახალი მთვარის პერიოდში, რადგან პირველ შემთხვევაში მიწა მდებარეობს მსესა და მთვარეს შუა, ხოლო მეორე შემთხვევაში მთვარე არის მოქცეული მიწასა და მსეს შუა.

პლანეტების გვერდით მისი სისტემაში აღსანიშნავია ბევრად უფრო პატარამ სხეულები, რომელთაც ასტეროიდებს ან პლანეტოიდებს უწოდებენ, ისინიც მისი გარშემო შემოიქცევიან პლანეტებივით, მაგრამ მათი ორბიტები უფრო წაგრძელებული არიან, მეორე მხრივ, პლანეტებისაგან მათ უწესო, კუთხედი ფორმაც განასხევეებს, რაც სწორედ მათ სიპატარავესთან არის დაკავშირებული. დღეისათვის 1600-ზე მეტი ასტეროიდი არის ცნობილი, ძირითადად მარსსა და იუპიტერს შუა ფიქრობენ, რომ მათი საერთო რიცხვი შეიძლება 30 000-მდე აღწევდეს ქველაზე დიდი ასტეროიდის, ცერერის დიამეტრი 770 კმ-ს არ აღემატება.

ყოველთვის განსაკუთრებულ ყურადღებას იპყრობდნენ უცნაური კომეტები ანუ კუდიანი ვარსკვლავები. მათი მოულოდნელი გამოჩენა უჩვეულო ამბების, კარგის თუ ცუდის, მომასწავებლად ითვლებოდა

ცრუმორწმუნეებში. კომეტი შედგება თ ა ე ი ს გ ა ნ და ერთი ან რამდენიმე კ უ დ ი ს გ ა ნ. მეტად თუ ნაკლებად მანათობელი თავი შეიცავს მყარ ბ ი რ თ ე ს, ზომით არა უმეტეს რამდენიმე კილომეტრისა და კ ო მ ა ს, ე.ი. გაზის, მტერის ან გაზამტერის საბურველს მის გარშემო მტვერ გაზას კუდი კომეტს მხის მიახლოებისას უჩნდება და მისი სიგრძე შეიძლება არაერთ მილიონ კილომეტრს აღწევდეს.

ზოგი კომეტი პერიოდულია, როგორც, მაგალითად გ ა ლ დ ე ი ს კ ო მ ე ტ რომელიც ყოველი 76 წლის შემდეგ უბრუნდება მზეს, მაგრამ არის ისეთი კომეტებიც, რომლებიც გაივლიან კი მზის სისტემაში, მაგრამ უკან აღარ ბრუნდებიან. ასე, რომ გაურკვეველი არის, წარმოშობით მზის სისტემას ეკუთვნიან კომეტე. თუ უცხო სტუმრები არიან, რომელთაგან ზოგი მზეს დაუჭურია.(სურ.4)



სურ. 4. მეტეორიტი.

უკეთ არიან ცნობილი შეუდარებლად უფრო პატარა მ ე ტ ე ო რ ი ტ ე ბ ი, როგორც ჩანს, პლანეტაშორის სივრცეში უამრავი ასეთი სხეული მოძრაობს, სად გაფანტული და სად გუნდურად მოძრაობს კოსმოსური სინკართ. თუ მიწას მოუახლოვდა და ატმოსფეროში შემოიჭრა, პაყრი მის მოძრაობას წინააღმდეგობას

გაუწევს. ძლიერი ხახუნი გამოიწვევს სხეულის გახურებას ისე რომ იგი ნათებას იწყებს. ესაა, ის, რასაც ხალხი მოწვევტილ ვარსკვლავს უწოდებს. ხშირად ამ მეტეორის გამოიწვევი მეტეოროიდი პაერშივე მიიღევა და მისგან, ასე ეთქვათ, აღარაფერი დარჩება. მაგრამ სოვი უფრო დიდი მათგანი პაერს გაიუღის და მიწაზე ეცემა. ამას ეტყვიან მეტეოროიტს.

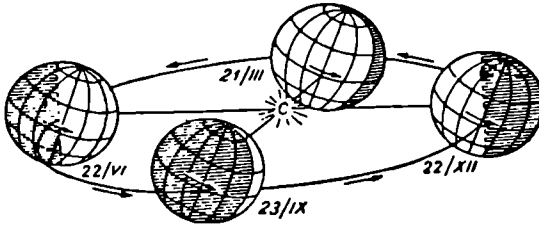
მიწა, როგორც პლანეტა. მზისგან მეტნაკლები დაშორების მიხედვით პლანეტები სამ ჯგუფად იყოფიან, შავი პლანეტები იუპიტერი და სატურნი, და გარე პლანეტები - დანარჩენი პლანეტების სიდიდე შუა პლანეტებიდან ორივე ბოლოსკენ მცირდება.

მიწა, როგორც ერთ-ერთი შავი პლანეტი, 149,5 მილიონი კილომეტრით არის მზეს დაშორებული (საშუალოდ) ღერძზე მისი ბრუნვის პერიოდი არის ერთი დღეღამე (საშუალოდ 23 საათი, 56 წუთი და 4,0905 წამი). ხოლო მზის გარშემო მიმოქცევის 365,256 ტღღე-ღამე (აგრეთვე საშუალო).

მიწის ორბიტიც, რა თქმა უნდა, ელიპსური არის და მზე ამ ელიპსის ერთ ფოკუსში იმყოფება. ამიტომ გასაგებია, რომ ამ ფოკუსის მახლობელ ორბიტის ნაკვეთსე არის ერთი წერტილი, რომელიც ორბიტის ყველა წერტილზე უფრო ახლოს მდებარეობს მზესთან (პერიჰელიუმი), ხოლო მეორე ფოკუსის მხარესე იქნება მზისგან ყველაზე დაშორებული წერტილი აფჰელიუმი. პერიჰელიუმში ყოფნისას, რაც იანვრის 2-ს ხდება, მიწა 4 800 000 კილომეტრით უფრო ახლოა მზესთან, ვიდრე აფჰელიუმში ყოფნისას ივლისში. ამის გამო მზის რადიაცია იანვარში 7%-ით უფრო ინტენსიურია და იანვარი წლის უთბილესი დრო უნდა ყოფლიყო. ასევე ივლისი - უცივესი.

ასეც იქნებოდა მიწის ღერძი რომ ორბიტის სიბრძვისადმი პერპენდიკულარული ყოფლიყო. მიწის მზისკენ მიქცეული მბრუნავი სედაპირი მთელი წლის განმავლობაში პოლუსიდან პოლუსამდე იქნებოდა განათებული, ეკვატორზე შვეული სხივებით, ხოლო პოლუსებზე - შემხებით; გამოიყოფოდა მკაფიო და ძლიერ ცივი - პოლარული; მთელი წლის მანძილზე მეტეოროლოგიური პირობები უცვლელი დარჩებოდა. ერთადერთი ცვლილება იქნებოდა, რომ იანვარში

მიწა მზეს მიუახლოვდებოდა და მცირეოდნად ათბებოდა; ყველგან მიწაზე, ხოლო იელისში ასევე აცვივდებოდა. (სურ.5)



სურ. 5. მიწის ლერძის დახრილობა და წლის დროები

სინამდვილეში ასე არ არის. მიწის ლერძი დახრილია ორბიტის სიბრტყისადმი კუთხის 66 გრადუსით და 33 მინუტით. თანაც მზის გარშემო მოძრაობისას იგი მუდამ ინარჩუნებს თავის მიმართულებას და პოლუსის ვარსკვლავისკენ იყურება. ამის გამო დეკემბერში მიწის სამხრული პოლუსი არის მზისკენ, მარტში კი მიწის მარცხენა მხარე (თუ დამკვირვებელს თავის ჩრდილოეთისკენ აქვს და ორბიტს დაჰყურებს); ასევე იენისში ჩრდილო პოლუსია მზისკენ და სექტემბერში მიწის მარჯვენა მხარე შესაბამისად დეკემბრის 22-ს მზის სხივები შეეუღლად ეცემიან თხარქის ტროპიკს, სამხრული პოლუსი განათებულია და ჩრდილო პოლუსის ირგვლივ კი პოლუსის წრემდე ჩრდილია (ზამთრის არდადეგი); მარტის 22-ს მზის სხივები შეეუღლა ეკვატორს და შემხები ორივე პოლუსს (გაზაფხულის ბუნიობა); იენისის 22-ს შეეუღლი კირჩხიბის ტროპიკს და დამრეცი ჩყრდილო პოლუსს (ზაფხულის არდადეგი); სექტემბრის 23-ს ისევე შეეუღლი ეკვატორს და შემხები ორივე პოლუსს (შემოდგომის ბუნიობა), იმგვარად წარმოდგებიან წლის დრონი ანუ სეზონები, რომელთა მიმდინარეობა ჩრდილო და სამხრულ ნახევარსფეროში ერთმეორის საწინააღმდეგოა პაეათა სხედასხეობა პოლუსებისაკენ და ეკვატორისაკენ ნაკლებად მკვეთრი არის, ვიდრე ეკლიპტიკისადმი მართობული ლერძის შემთხვევაში იქნებოდა.

მეორე მხრივ, მიწის განათების პირობების ასეთ ცვლას მზისგან მიღებული სითბოს რაოდენობის მხრივ უფრო დიდი ეფექტი აქვს, ვიდრე მზესთან ზემოხსენებულ მიახლოებას. ამიტომ არის, რომ ჩრდილო ნახევარსფეროში იანვარი მეზობელ თვეებზე უფრო ცივია, მიუხედავად იმისა, რომ ამ დროს მზესთან უფრო ახლო ვართ. ეს კია, მზე რომ ამ დროს უფრო ახლო არ ყოფილიყო სამთარი რამდენადმე უფრო მკაცრი იქნებოდა. მსგავსი ანალიზი გეინვენებს, რომ სამხრულ ნახევარსფეროში, პირიქით, კონტრასტი სამთარსა და საფხულს შუა უფრო მკვეთრია, რადგან პირველი მზისგან დაშორებას ემთხვევა და მეორე – მასთან მიახლოებას.

როგორ წარმოიშვა მიწა, როგორც მზის სისტემის წევრი, როგორ წარმოიშვა თვით მზის სისტემა, ვარსკვლავები საერთოდ და მათგან შემდგარი გალაქტიკები? იმ დიდ კითხვებზე ამჟამად ერთი რაიმე დამაჯერებელი პასუხი არ არსებობს. ვიცით მხოლოდ, რომ მიწა ორგანიზებული სამყაროს თუმცა პაწია, მაგრამ განუყრელი ნაწილი არის. როგორც გათვისებული ციური სხეულისას, 4,5 მილიარდ წელიწადს ვარაუდობენ მიახლოებით.

მეცხრამეტე საუკუნეში დიდი ნდობით სარგებლობდა მზის სისტემის წარმოშობის კასტლიპლისის კიპოთეზა ანუ, როგორც ჩვეულებრივ ამბობენ, თეორია. ამ თეორიის საფუძვლები პირველად ცნობილმა ფილოსოფოსმა კანტმა (Kant) მონახა მეთრამეტე საუკუნეში. უფრო გვიან, მაგრამ კანტისგან დამოუკიდებლად სგი ფრანგმა მეცნიერმა ლაპლასმა (Laplace) ჩამოაყალიბა. უკანასკნელის მიხედვით მზის სისტემის საწყისს წარმოადგენდა უსარმაზარი ერთობილი მზე, უაღრესად მხურვალე და ამიტომ გასუბრივი. ეს პირველყოფილი მზე (ვარსკვლავი) ბრუნავდა თავისი ღერძის გარშემო და თან ცოვდებოდა და იკუმშებოდა. კუმშვასთან დაკავშირებით ბრუნვის სინქარე თანდათან იზრდებოდა და იზრდებოდა ცენტრსგამრიდი ძალაც. უკანასკნელის გავლენით პოლუსები თანდათან უფრო ნაბრტყელბული და ეკვატორის ზოლი ამობურცული ხდებოდა. ბოლოს დადგა დრო, როდესაც მზეს ეკვატორულ ზოლში ბრტყელი ხარტყელი მოსწყდა, ხატურნის ხარტყლის მსგავსი. შემდეგ ეს ხარტყელი ცალკე

საკეუთებად დაწესდა და ამ ნაკვეთებიდან პლანეტები განვითარდნენ. ამგვარადვე წარმოიშვა პლანეტებისგან თანამგზავრები.

ამიტომ მდებარეობს ექვლა პლანეტი დაახლოებით ერთ სიბრტყეში, ე.წ. ეკლიპტიკის სიბრტყეში; ამიტომ ბრუნავს ექვლა თავის ღერძზე ერთი და იმავე მიმართულებით საათის ისრის წინააღმდეგ და ამიტომვე: მიმოიქცევიან ისინი მზის გარშემოც იმავე მიმართულებით.

ეს გრანდიოზული და თან მარტივი თეორია დიდი ხნის განმავლობაში უჭეკვლად დამსახურებული ნდობით სარგებლობდა, მაგრამ მეოცე საუკუნის დასაწყისიდან მასუდ თანდათან ხელი აიღეს, რადგან საეჭვოდ მიიჩნიეს, რომ მზის ირგვლივი სარტყელიდან პლანეტების წარმოშობა შეიძლებოდა; რადგან მზისა და სოკი პლანეტის ნივთიერი შემადგენლობა შემადგენლობა (ოდელობით) ძლიერ განსხვავდება ერთმანეთისაგან და, რაც მთავარია, რადგან მზის ბრუნვის სინქარე პლანეტებთან შედარებით ბევრად ნაკლები არის, ვიდრე თეორია მოითხოვს. ეს კია, რომ სხვა უფრო მისაღები თეორია ჯერჯერობით არაფერი სანს.

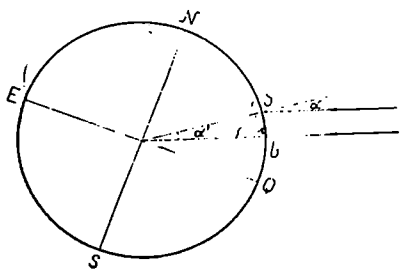
1.2. მიწის საერთო რაგვარობა

მიწის ფორმა და სიდიდე. მთელი მზის სისტემა სამყაროსა და ცალკეულ გალაქტიკებთან შედარებით მტერის მარცვლადაც არ ითქმის. ასევე პაწია არის მიწა მზის სისტემის გვერდით. მაგრამ სულ სხვა იქნება, თუ იმავე მიწას ადამიანის თვალთ შეეხედავთ. ახლა იგი უსომოდ დიდი გახდება. ათასწლეულების მანძილზე ცივილიზაცია ვითარდებოდა, ადამიანი საკვირველ წარმატებებს აღწევდა, მაგრამ მიწის სულ მცირე ნაწილს იცნობდა მხოლოდ და ის მცირეც თითქმის უსასღვროდ ეწეებოდა. იმის მიხედვით, რაც ესაზა, მიწა ადამიანის წარმოუდგინა როგორც თვალუწედეული ვაკე, აქა-იქ მტათ თუ ნაკლებად მაღალი მთებით მოფენილი და ზღვებით გარემოცული.

მით უფრო საგულდისხმოა, რომ ძველი ბერძნების მეცნიერება (ანუ ფილოსოფოსები, როგორც მაშინ ამბობდნენ) უკვე მე-5 საუკუნეში ჩვენ

წელთაღრიცხვამდე მივიდნენ დასკვნამდე, რომ მიწის ფორმა სფერული არის. გარდა სოკი მიწიერი დაკვირვებისა (მაგალითად, ზღვაზე გემის დაშორებისას ჯერ მისი ქვედა ნაწილის მიფარება და შემდეგ ზედანი) ითეაღისწინებდნენ მზისა და მთვარის ანალოგიის, ხოლო არისტოტელმა (მე-4 საუკუნე ნუნ წელთაღრიცხვამდე) გამოიყენა ისეთი საბუთიც, როგორც არის მთვარეზე მიწის ღანდის ყოველთვის რკალური კონტური მთვარის დაბნელებისას: აღნიშნავედა, რომ ყველა მდებარეობაში წრიული ღანდის მოცემა მხოლოდ სფერულ სხეულს შეუძლიაო.

დღეს მიწის სიმრავლე ადამიანს უშუალოდ შეუძლია დაინახოს ხელოვნური თანამგზავრიდან, მაგრამ იმ დროს ასეთი წარმოდგენა სრულიად დაუჯერებელი ჩანდა. მით უფრო საკვირველია, რომ ამ იდეამ შესაძლებელი გახადა მიწის სიდიდის გასომეგა ჯერ კიდევ მაშინ, როდესაც ბერძენ-რომაელებისათვის მხოლოდ ხმელთაშუა ზღვის ირგვლივ მდებარე ქვეყნები იყვნენ ცნობილი. საქმე ის არის, რომ სფერო ერთი იმ იშვიათ გეომეტრიულ ფიგურათაგანი არის, რომელთა ყოველი, რაგინდ პატარა, ნაწილაკი სრულიად ხაკმაო არის, რათა მთელი აღვადგინოთ. რაც უფრო პატარაა სფერო. მით უფრო მეტია მისი ზედაპირის სიმრუდე და პირიქით, რაც უფრო დიდია სფერო, მით უფრო გაშლილი იქნება მისი ზედაპირი, მით უფრო მცირე მისი სიმრუდე. სიმრუდე კიდევ სათანადო დიდი წრის რადიუსით ისომება, სფეროს დიდი წრის ყოველი რკალის რადიუსი, რაგინდ მცირე იყო რკალი, სფეროს რადიუსს და, მაშასადამე, თვით სფეროს სიდიდესაც მოგვეყმის. (სურ. 6).



სურ. 6. მიწის რადიუსის გასომეგა ერატოსთენის მიერ.

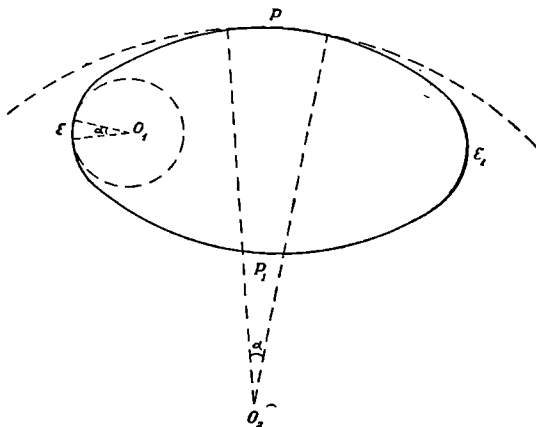
სწორედ ეს ხერხი გამოიყენა უკვე მე-3 საუკუნეში ნუნ წელთაღრიცხვამდე ბერძენმა მეცნიერმა ერატოსთენმა მან იცოდა, რომ ეგვიპტის ქალაქები

ალექსანდრია და სიენი (დღეს ასუანი) ერთ მერიდიანზე მდებარეობენ. მაშასადამე, მანძილი მათ შუა დიდი წრის რკალს წარმოადგენს. ეს მანძილი სამხედრო შარას ემთხვეოდა და კარგად იყო გაზომილი. გასასომავი რჩებოდა რკალის შესატყვისის ცენტრული კუთხე. ეს ამოცანა ე რ ა ტ ო ს თ ე ნ ი მ ა უადრესად მარტივად და გონებაშეხვედრად გადასჭრა. მან იცოდა, რომ ზაფხულის არდადეგის დროს (იენისის 22) სიენში მისი სხივები შეეუღლებიან არიან. იმავე დღეს ალექსანდრიაში სხივები დახრილი არიან და შეეუღლებიან კქმინან კუთხეს α . ადვილი დასანახავია, რომ ორივე შეეუღლები მიწის ცენტრში კეკეთს ერთმანეთს და ამგვარად გამოისახება ალექსანდრია-სიენის რკალის ცენტრული კუთხე α' , რადგან შორეული მზის სხივები ერთმანეთის პარალელურად უნდა მივიჩნიოთ, კუთხეები α და α' ტოლი იქნებიან როგორც შესატყვისი კუთხეები.

ე რ ა ტ ო ს თ ე ნ ი მ ა გასომა კუთხე α და ამგვარად შეიტყო ცენტრული კუთხის და, რაც იგივეა, სათანადო რკალის სომა (გრადუსობით) შემდეგ ის და დარწმუნდა, რომ რკალი ალექსანდრია-სიენი α -ზე გაეყო და მიიღებდა ერთგრადუსიანი რკალის სიგრძეს. ეს რიცხვი გამრავლებული 360-ზე იქნება მთელი მერიდიანის წრეხაზის სიგრძე, ხოლო, რადგან წრეხაზის სიგრძე უდრის $2\pi R$ -ს, ადვილი საპოვნია რადიუსის სიგრძეც, აღსანიშნავია, რომ ე რ ა ტ ო ს თ ე ნ ი ს მიერ მიღებული რიცხვები მხოლოდ მცირეოდნად განსხვავდებიან თანამედროვე სუსტი გაზომვების შედეგისაგან.

საფრანგეთის მეცნიერებათა აკადემიამ სამი ექსპედიცია გამოაქო. ერთს უნდა გაეზომა მერიდიანის ერთგრადუსიანი რკალის სიგრძე სამხრულ ამერიკაში ეკვატორთან, მეორეს თვით საფრანგეთში საშუალო განედების პირობებში და მესამე ჩრდილო განედებში, ღლაპლანდში.

ჩატარებულმა გაზომვებმა სავსებით დაადასტურეს ნ ი უ ტ ო ნ ი ს შეხედულება. ეს, ცხადია, იმას არ ნიშნავს, რომ მიწის სფერულობა უარყოფილ იქნა. მიწა სფერო არის, მაგრამ ამ სფეროს ბრუნვის გამო დეფორმაცია განუცდია. დეფორმაციის სიდიდე სიმძიმისა და ცენტრსგამრიდი ძილების წონასწორობის გამომხატველი. მიწის ბრუნვა რომ აჩქარდეს, პოლუსების ჩაბრტყელება და ეკვატორის გამობურცვა მოიმატებს, ბრუნვის შენელება საწინააღმდეგო ეფექტს გამოიწვევს. (სურ.7)



სურ. 7. სიმრუდე.

მიწის ელიპსოიდური დეფორმაციის ერთერთი შედეგი არის, რომ მიწის სფეროს ცენტრი, ამ სიტყვის გეომეტრიული გაგებით, არა აქვს ის, რასაც მიწის ცენტრს ეუწოდებთ, არის მხოლოდ ელიპსური მერიდიანის ორი ღერძის გადაკვეთის წერტილი, ან, სხვა სიტყვებით, ბრუნვის ღერძისა და ეკვატორის დიამეტრის გადაკვეთის წერტილი. ეს წერტილი იქნება მიწის სიმძიმის ცენტრი, თუ მივიჩნევთ, რომ მასების განლაგებაში შიგნეთში ამ წერტილის მიმართ სიმეტრიულია. ყოველ შემთხვევაში ასე იქნება წონასწორობის პირობებში.

მიღებულია, რომ მიწის ცენტრისა და სედაპირის რომელიმე წერტილის შუამართებელ ხაზს რ ა დ ი უ ს ი ეუწოდოთ. ცხადია, ეს რადიუსები თანასწორი არ იქნებიან, პოლუსური რადიური R_p უდრის 6356,912 კმ, ხოლო ეკვატორული R_e 6378,388 კმ-ს სხვაობა ეკვატორული რადიუსის სასარგებლოდ იქნება 21,476 კმ. აქედან ჩანს, რომ მიწის ნაბრტყელება, ანუ ექსცენტრიციტეტი. თუ მას

განეხასღერავთ როგორც $\frac{R_e - R_p}{R_e}$, უდრის 1 : 297-ს 30 სანტიმეტრიანი რადიუსის

მქონე გლობუსზე ეს ჩაბრტყელება დაახლოებით მილიმეტრი იქნება, ე.ი. პრაქტიკულად შეუმჩნეველი დარჩება.

ამგვარად, გაგებულ მიწის ელიპსოიდი ო რ დ ე რ ძ ი ა ნ ი ე ლ ი პ ს ო ი დ ი არის. მისი ღერძი იქნება ბრუნვის ღერძი, ხოლო მეორე – ეკვატორის დიამეტრი. თვით ეკვატორი წრიული იგულისხმება. ეს არის საერთოდ მიღებული შეხედულება, მაგრამ ზოგი მკვლევარი გამოსთქვამს აზრს, რომ არც ეკვატორი არის წრეხაზი, ისიც ელიპსია. ასეთ შემთხვევაში ი ს ა მ ღ ე რ ძ ი ა ნ ე ლ ი პ ს ო ი დ ს მივიღებთ. ერთი ღერძი იქნება ბრუნვის ღერძი, მეორე – ეკვატორული ელიპსის დიდი ღერძი და მესამე – მისივე მცირე ღერძი.

რაკი ვიცით მიწის რადიუსის სიდიდე, ძნელი არ არის მიწის ზედაპირის ფართობისა და მისი მოცულობის გამოთვლა. ამის საშუალებას გვაძლევს ფორმულები $4\pi R^2$ და $\frac{4}{3}\pi R^3$. მაგრამ სინამდვილეში ხომ მიწა ელიპსოიდი და მის უამრავ „რადიუსებს“ სხვადასხვა სიდიდე აქვს. ამიტომ გამოიანგარიშება გაცილებით უფრო რთული საქმეა. ზემოხსენებული მარტივი ფორმულების გამოყენება მაინც შეიძლება, თუ მიწის ს ა შ უ ა ლ ო რ ა დ ი უ ს ს ავიღებთ, ოღონდ ეს იქნება არა მიწის დიდი და მცირე რადიუსის არითმეტიკული საშუალო, არამედ მიწის ელიპსოიდის თანატოლ სფეროს რადიუსი. თანამედროვე გაზომვების მიხედვით მიწის საშუალო რადიუსი უდრის 6372 კმ, მიწის ზედაპირის ფართობი არის $5101,10^5$ კმ², ხოლო მოცულობა – $1083,10^9$ კმ³.

გრაეიტაცია. მიწა, როგორც ყოველი ნივთიერი სხეული, მიზიდების ცენტრი არის. ყოველი მოედენა, მიწის ზედაპირზე თუ მის ქვეშ, მიწისმიერი მიზიდების გარემოში ანუ, სხვა სიტყვებით, მიწის გრაეიტაციული¹ ველში მიმდინარეობს. ყველა გეოლოგიური პროცესიც, რომლებზედაც შემდეგ გვექნება ლაპარაკი, სიმძიმის ძილით წარიმართება. კლდიდან მოწყვეტილი ქვის დაგორება, ზეაეები და მეწყერები, ჰაერის მოძრაობა და ქარი, წყლის დინება მიწის ზედაპირზე თუ მიწისქვეშ, მყინვარების დინება. წყლის მოძრაობა ზღვაში და სხვა მრავალი ყველა სიმძიმის კონტროლს ექვემდებარება. თითოეულსე სათანადო ადგილას გვექნება ლაპარაკი, ახლა კი ზოგიერთ საერთო ხასიათის საკითხს უნდა მივაქციოთ ყურადღება.

ზემოთ უკვე აღვნიშნეთ, რომ პლანეტების, და მათ რიცხვში მიწის, სფერული ფორმა გრავიტაციის შედეგი არის. იმავე გრავიტაციას უნდა ეუმაღლოდეთ, რომ მიწას გასუბრივი ატმოსფერო აქვს მართლაც, გასის ყოველი ნაწილაკი (მოლეკული, იონი) სხვადასხვა მიმართულებით მოძრაობს. მოძრაობს მიწის საწინააღმდეგო მიმართულებითაც და ასეთ პირობებში ჰაერი თანდათან უნდა გაფართოებულიყო და გაფანტულიყო. გრავიტაცია ამას უწინააღმდეგება. თითოეულ ნაწილაკს მიწა თავის ცენტრისკენ იზიდავს და გაცილების საშუალებას არ აძლევს. იმის მსგავსი ხდება, რაც ზევეთ გასროლილი ქვის შემთხვევაში: საწინააღმდეგოდ წამართული გრავიტაცია ქვის სინქარეს თანდათან ამცირებს, ბოლოს ქვა შენერდება და უკან წამოვა მიწისკენ.

ასევეა ჰაერის ნაწილაკებიც. ისინი დიდი სინქართ მოძრაობენ, თან ერთმანეთს ეჯახებიან და მიმართულებას იცვლიან ყოველ წამს (უკეთ რომ ვთქვათ, მრავალჯერ ყოველ წამში). ამის გამო შორს ვერ წაველენ. მაგრამ რომელიმე ნააპირა ნაწილაკი, რომელიც მიწის საწინააღმდეგო მიმართულებით მოძრაობს, შეიძლება სხვა ნაწილაკს აღარ შეხედეს და დაუბრკოლებლივ გასცილდეს მიწას სამუდამოდ. ამას აადვილებს ის გარემოებაც, რომ ატმოსფეროს ზედა ნაწილში ჰაერი ძლიერ გაიშვითაებულია და დაჯახების ალბათობა თანდათან უფრო მცირეა. თუ ასე არ მომხდარა და ატმოსფერო არ გაფანტულა, მხოლოდ იმიტომ, რომ გასის ნაწილაკსაც გრავიტაცია აბრუნებს უკან ისევე, როგორც ზევეთკენ გასროლილ ქვას.

მაგრამ ამისთვის საჭიროა, რომ ნაწილაკსე მოქმედი სიმძიმის ძალა მეტი იყოს, ვიდრე ნაწილაკის მოძრაობის ენერგია (კინეტიკური ენერგია) თუ ნაწილაკის სინქარე იმდენად დიდია, რომ მისი მოძრაობის ენერგია სიმძიმისას აღემატება, მიწის მიზიდება მან უკან ევლარ დააბრუნებს. იმ სინქარეს, რომელიც ამისათვის კმარა, გასის ხტომის სინქარე აქვია. მიწის ზედაპირზე გასის ხტომის სინქარე უდრის 11 კმ/სეკ. ამისათვის, რომ რაკეტი მიწას გასცილდეს, მისი სინქარე ამდენი ან ამაზე მეტი უნდა იყოს.

გასის ნაწილაკების სინქარე სხვადასხვაა. კერძოდ, რაც უფრო მაღალია ტემპერატურა, მით უფრო მეტია სინქარე და უფრო მოსალოდნელია გასის გაბნევა.

მეორე მხრით, სინქარე დამოკიდებულია ნაწილაკის მასასედაც. დაჯახებათა შედეგად მსუბუქი ნაწილაკები უფრო ჩქარა მოძრაობენ, ვიდრე მძიმეები, ამიტომ მძიმე ნაწილაკები უფრო მტკიცედ არიან მიწასთან დაკავშირებული.

აეროლოგებმა* შენიშნეს, რომ ატმოსფეროს ზედა ფენებში გაზი ჰელიუმი ბევრად ნაკლები არის, ვიდრე მოსალოდნელი იყო. ამას იმიტომ ხსნიან, რომ ჰელიუმი ძლიერ მსუბუქი გაზია, დოდო სინქარე აქვს და მიწას უსხლტება, იფანტება. მაშასადამე, მიწის გრავიტაცია კიდევ არ კმარა, რომ ატმოსფეროს გაფანტვა საეხებით აღკვეთოს.

სხვადასხვა პლანეტის შემთხვევაში გრავიტაციაც, თქმა არ უნდა, სხვადასხვაა. იგი დიდია დიდი პლანეტისათვის, რომელსაც დოდო მასა აქვს, და პატარაა პატარისათვის. მაგალითად, მთვარის მასა იმდენად პატარაა, რომ მისი მიზიდება გასს ეერ დააბამდა ამიტომ არის, რომ მთვარის გარშემო ატმოსფერო არ არის ან თითქმის: ეერ დაუტყურია მთვარეს და გაფანტულა.

გრავიტაციამ შესაძლებელი გახადა მიწის მასის და სიმკვრივის გაზომვა. ნ ი უ ტ ო ნ ი ს კანონის თანახმად, რომელიმე სხეულის წონა მიწის ზედაპირზე p პროპორციულია სხეულის მასის m, გამრავლებულის მიწის მასაზე M და მიწის

რადიუსის კვადრატზე გაყოფილს:
$$p = k \frac{m M}{R^2}$$
 ამ ფორმულაში k არის

პ რ ო პ ო რ ც ი უ ლ ო ბ ი ს კ ო ე ყ ი ც ი ე ნ ტ ი, ე.ი. უდრის ძალას, რომლითაც წერტილში მოთავსებული ერთი გრამ-მასა მიიზიდავს მეორე ასეთსავე გრამ-მასას ერთი სანტიმეტრის მანძილზე. ასეთ შემთხვევაში m=1, M=1 და R=1 ფორმულა მიიღებს სახეს p=k. ეს სიდიდე უკვე XVIII საუკუნეში გაზომა ინგლისელმა ფიზიკოსმა კ ა ე ე ნ დ ი შ მ ა. შემდეგში დაზუსტებული იგი უდრის $9,67 \cdot 10^{-8}$ CGS სისტემაში.

ზოგნი ფიქრობდნენ, რომ, რადგან შიგნეთში ზედა ფენების დაწოლის გამო უსარმასარი წნევა ეითარდებ, ნიეთიერება იქ ძლიერ შეკუმშული იქნება და ამიტომ არის ცენტრისკენ სიმკვრივე უფრო და უფრო დიდო.

სხეების აზრით მ ა რ ტ ო წნევა ასეთ სიმკვრივეს ეერ ახსნის. სინამდვილე ის უნდა იყოს, რომ მიწის შიგნეთის ნიეთიერი შემადგენლობა სხვა არის, ვიდრე ქერქის:

იქ უფრო მძიმე ელემენტებია. კერძოდ, მიწის გულში ძირითადად სიკელ-რკინისაგან უნდა შედგებოდესო. ასეთ წარმოდგენას თითქოს ადასტურებს, ერთი მხრით, ის გარემოება, რომ ფუქე და ულტრაფუქე ქანებს, რომელნიც ძირითადად ქერქსქვეშედან უნდა იყენენ მოსულნი, სიმკვრივე 2,7-ზე მეტი აქვთ, და მეორე მხრით ის, რომ მეტეორიტების მთავარი ნაწილის შემადგენელი სწორედ ნიკელნარევი მკინა არის; მეტეორიტებს ხომ რაღაც პლანეტის თუ პლანეტების ნამსხვერველად სთვლიან და გულისხმობენ, რომ მიწაც იმ პლანეტების მსგავსად უნდა იყოს აგებული.

მიწის ფორმა ხომ გრავიტაციის შედეგი არის და იგივე გრავიტაცია განსაზღვრავს ნივთიერების განაწილებას მიწას შიგნით. ეს ნივთიერება მიწის ცენტრისკენ მიიზიდება და, რაც უფრო მკვრივია იგი, - მით მეტი ძალით. ამის გამო უფრო მკვრივი ნივთიერება მეტად მიუახლოვდება ცენტრს და ნაკლებ მკვრივს ზევითკენ გამოადევნის. მიწის გულში უფრო მძიმე მასალა დაბინავდება, შუალედში ნაკლებ მძიმე და კიდევ უფრო მსუბუქი - ქერქში. მიწის შიგნეთი რომ მდნარი იყოს, როგორც წინათ ფიქრობდნენ, ნივთიერების ასეთი განაწილება ადვილად მოხდებოდა და ლარცი წონასწორობა დამყარდებოდა. მყარ მიწაში გ რ ა ვ ი ტ ა ც ი უ ლ ი დ ი ფ ე რ ე ნ ც ი ა ც ი ა, როგორც ამ პროცესს უწოდებენ, შეუდარებლად უფრო ნელი იქნება, მაგრამ მაინც მოხდება. როგორც სემთ ალენიზნეთ, რაღაც დენადობა მყარ ნივთიერებასაც აქვს, განსაკუთრებით მაღალი ტემპერატურის პირობებში, და დიფერენციაცია აქაც იწარმოებს, თუმცა უკიდურესად ნელა. წონასწორობაც სრული ვერ დამყარდება და, რაც მოხდება, იმისათვისაც ასეულ მილიონობიტ წლები იქნება საჭირო.

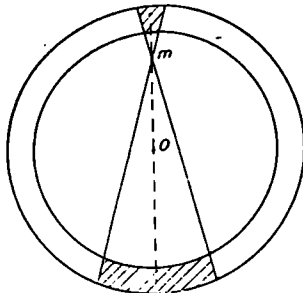
სიმძიმის ინტენსივობა შეიძლება გაიზომოს იმ ანქარებით, რომელსაც ეს ძალა აძლევს სხეულს ვარდნის პროცესში. მიწა რომ სფერული იყოს და უძრავი, ეს ანქარება მიწის ზედაპირზე ყველგან ერთგვარი იქნებოდა. ელიპსოიდური და ისევე უძრავი მიწის შემთხვევაში ანქარება (და, მაშასადამე, სიმძიმის ინტენსივობა) უმცირესი იქნებოდა ეკვატორზე და უდიდესი პოლუსზე, რადგან ეკვატორის წერტილი უფრო დაშორებული იქნება ცენტრს, ვიდრე ყოველი სხვა წერტილი ზედაპირზე და განსაკუთრებით კი პოლუსი. სფერული, მაგრამ ლერძულ მბრუნავი მიწის ზედაპირზე ანქარება უმცირესი იქნება ეკვატორზე და უდიდესი პოლუსზე, რადგან ცენტრსგამრიდი ძალა, რომელიც სიმძიმეს აკლდება,

უდიდესია ეკვატორზე და უმცირესი – პოლუსზე. ეს ორი ფაქტორი – ცენტრიდან დაშორება და ცენტრსგამრიდი ძალა – ერთისა და იმავე მიმართულებით მოქმედებს და მბრუნავი ელიპსოიდური მიწისათვის სიმძიმის ინტენსიუობის ცვლა ეკვატორიდან პოლუსამდე საკმაოდ დიდი არის: სიმძიმის აჩქარება g ეკვატორზედ უდრის 978 cm/sec^2 , ხოლო პოლუსებზე – 985 cm/sec^2 , თბილისში $g=980$.

ამასთან დაკავშირებით ბუნებრივი იქნება მოვსინჯოთ, თუ როგორია სიმძიმის ძალის ინტენსიუობის განაწილება მიწის შიგნით.

პირველი შეხედვით შეიძლებოდა გეგუფიქრა, რომ, რაც უფრო ვუახლოვდებით მიწის ცენტრს, მით უფრო დიდია მიწის დელობის ძალა. ამას თითქოს გეიკარნახებს ნიუტონის კანონი: მანძილი თუ ორკეცად შემცირდა, ძალა ოთხკეცად უნდა გაიზარდოს. მაგრამ არ უნდა დავეიფოყოთ, რომ კანონი გულისხმობს, რომ მთელი მიწის დელობი მასა ერთიანად ცენტრშია თავმოყრილი. ასტრონომიაში ასეთი დაშეება საკლებით გამართლებული არის: მანძილი ციურ სხეულებს შუა იმდენად დიდია, რომ თეით ციური სხეული თამამად შეგვიძლია წერტილად მივიჩნიოთ. ადვილი დასამტკიცებელია, რომ კანონი ძალაში რჩება, თუ მიწის დელობი მასები დაახლოებული არიან, მაგრამ მაინც მთლიანად ერთიმეორის გარეთ მდებარეობენ, მაგრამ როგორი იქნება მდგომარეობა იმ შემთხვევაში, რიდეცაც მიწაშივე მოთავსებული მიკთიერებების მიწის მიერ მიწის დელობასთან გეაქვს საქმე?

წარმოვიდგინოთ მიწის ჭრილი დიდი წრის, ეთქვას, მერიდიანის გასწვრივ (სურ.8). იქოს m სანებური ნიეტიერი ნაწილაკი ამ ჭრილზე მიწის შიგნით. გეატაროთ მიწის ცენტრიდან წრეხაზი ამ ნაწილაკსა და ზედაპირს შუა. მივილებთ სფერულ ფენას, რომელიც ცენტრიდან მთლიანად ნაწილაკ m -ის გარეთ მდებარეობს.



სურ. 8. სიმძიმე მიწის შიგნით.

გავეტაროთ ახლა m -ში ორი ერთმანეთის გამკვეთი სიბრტყე. ნახაზზე ეს მოგვეცემს ორ გამკვეთ ხაზს, ხოლო ზემოთხსენებული ფენა გაიყოფა 4 ნაკვეთად. შევანეროთ ეურადლება 2 დაშტრიხულ ნაკვეთზე, თუ მათ პროპორციულ სისქესაც მივცემთ სახაზის მართობულად, მივიღებთ ორ მასას, რომელიც m -ის იზიდავენ ერთიმეორის საწინააღმდეგო მიმართულებით, ერთი ზევით და მეორე ქვევით (ნახაზზე). ზედა ნაკვეთისმიერი მიზიდება ნაკლები იქნება, რადგან ნაკლებია მისი მოცულობა და მასაც, მაგრამ იმავე დროს ეს მიზიდება მეტი იქნება, რადგან მცირეა ნაკვეთის დაშორება m -დან. გეომეტრიულად ადვილი დასამტკიცებელია, რომ ზედა ნაკვეთის მასა სწორედ იმდენად არის ნაკლები ქვედა ნაკვეთის მასაზე, რამდენადაც ქვედა ნაკვეთის სიმძიმის ცენტრის m -სგან დაშორების კვადრატზე მეტია ზედა ნაკვეთის ცენტრის დაშორების კვადრატზე. ამგვარად, ზევითკენ მიზიდება იმდენადვე მეტია მაძილის სიმცირის გამო, რამდენადაც ნაკლებია მასის მსხვედით: ზევითკენ და ქვევითკენ მიზიდება ერთიმეორის ტოლია და ერთიმეორეს აბათილებს.

ასევე აბათილებს ერთმანეთს დანარჩენი ორი ნაკვეთისმიერი მიზიდება და ადვილი დასანახავია, რომ შემოთავლიშნული გაგებით ნაწილაკს გარეთ დარჩენილი მთელი კონცენტრული ფენის მიერ ნაწილაკის მიზიდება ნულს უდრის. ნაწილაკს მხოლოდ „შიგნით“ დარჩენილი მასა იზიდავს: გრავიტაციული თვალსაზრისით გარე ფენა თითქოს არც არსებობდეს. რაც უფრო ღრმად ჩაიწვეთ მიწაში, მით უფრო ნაკლებია მიზიდები მასა და მიზიდების (ამ შემთხვევაში სიმძიმის) ძალა მიწის ცენტრში, სადაც სიმძიმე თითქოს უსარმაზარი უნდა ეოფილიყო, მისი ინტენსივობა ნულს უდრის. იქ ნივთიერ სხეულს წონა არ ექნება.

ამგეარად, მიწის სიღრმეში გასათვალისწინებელია ორი მოვლენა: სიმძიმის ინტენსივობის ზრდა ცენტრთან მიახლოების გამო და იმავე ინტენსივობის კლება მიმზიდავი მასის კვლების შედეგად. პირველ ხანად ცენტრთან მიახლოების ეფექტი ჭარბობს, გარკვეულ სიღრმემდე სიმძიმის ინტენსივობა იზრდება, მაგრამ მალე მასის კვლების გაელენა გადაამეტებს და იწყება სიმძიმის კლება, სანამ ცენტრში ინტენსივობა ნულს არ გაუტოლდება.

გეოთერმია. ცნობილია, რომ მიწის ზედაპირის და ჰაერის ტემპერატურა ძლიერ ცვალებადი არის. იცვლება დღე-ღამეში, იცვლება წლის განმავლობაში და უფრო დიდ პერიოდებშიც: იგი დღე უფრო მაღალი არის, ვიდრე ღამე, ზამთარში უფრო დაბალი, ვიდრე ზაფხულში. ეს სრულიად ბუნებრივია, თუ მზის სითბოს მივიღებთ მხედველობაში, მაგრამ რა ხდება ამ მხრივ მიწის ზედაპირს ქვეშ, ეს დიდი ხნის განმავლობაში უცნობი იყო.

როდესაც XVII საუკუნეში პარიზის ასტრონომიული ობსერვატორია ააგეს, მიწას ქვეშ სარდაფში თერმომეტრი დაჰკიდეს. გავიდა დრო და ეურადლება მიაქციეს, რომ იგი სულ ერთსადიმავე ტემპერატურას აღნიშნავდა. ეგონათ, იარალი გაფუჭებულია, მაგრამ სხვა თერმომეტრმაც იგივე აჩვენა. დაიწყო გამოკვლევა.]

აღმოჩნდა, რომ, რაც უფრო მეტად ჩაიწვეთ მიწაში, მით უფრო ნაკლები ტემპერატურის ცვალება და გარკვეულ სიღრმეზე ტემპერატურა უცვლელი რჩება დღე და ღამ. მხოლოდ ზაფხულის ტემპერატურა აღემატება ისევე ზამთრისას, მაგრამ ისიც ნაკლებად, ვიდრე ზედაპირზე. კიდევ უფრო ღრმად ეს განსხვავებაც შემცირდება და ბოლოს ტემპერატურა სამთარ-ზაფხულაც უცვლელი გახდება.

ასეა ყველგან მიწაზე. იმ სიღრმეს, სადაც დღეღამეში და წლიურად უცვლელი ტემპერატურა იწყება, მ უ დ მ ი ე ი ტ ე მ პ ე რ ა ტ უ რ ი ს დ ო ნ ე უწოდეს. იგი ნათლად გვიჩვენებს, თუ სადამდე აღწევს მიწაში მზის სითბოს უშუალო გავლენა.

მუდმივი ტემპერატურის დონის მდებარეობის სიღრმე სხვადასხვა არის სხვადასხვა ადგილას, ჰაეისა და მიწის ზედა ფენების სითბოგამტარობის და სითბოტევადობის მიხედვით. ტემპერატურის დღეღამური ცვალება ჩვეულებრივ 1-2 მეტრის სიღრმემდე აღწევს მხოლოდ, წლიური კი 25-30 მეტრამდე (ორივე შემთხვევაში ეს არის ტლამქად მიახლოებული ს ა შ უ ა ლ ო). მუდმივი

ტემპერატურის დონეზე ტემპერატურა იმავე ადგილის ზედაპირის ტემპერატურის წლიურ საშუალოს უდრის.

მუდმივი ტემპერატურის დონეს ქვევით ტემპერატურის სეზონური ცვალება აღარ შეიმჩნევა, ტემპერატურა ყველა სიღრმეზე მუდმივი არის, მაგრამ იგი მით უფრო მაღალი იქნება, რაც უფრო ღრმად წაველთ მიწაში: ტემპერატურა უცვლელია ღრღში, მაგრამ ცვალებადი სიღრმის მიხედვით. დაკვირვებამ გვიჩვენებდა, შახტებში და განსაკუთრებით ბურღილებში ნათელაყო, რომ ტემპერატურის ზრდა სიღრმეში ძლიერ კანონზომიერი არის, მაგრამ ზრდის ტემპი სხვადასხვა ადგილას საკრძოხლად განსხვავდება. მართალია, ხშირად ამბობენ, ყოველი 100 მეტრის სიღრმეზე ტემპერატურას 3°C ემატება, მაგრამ ეს საფუძვლით პირობითი საშუალო არის მხოლოდ. წინამდებარე ცხრილი გვჩვენებს რამდენად დიდია სხვადასხვაობა:

კარნაგონში (აყრიკა) 172მ სიღრმე უნდა გაეიარათ (საშუალო 33 მეტრის ნაკველად), რათა ტემპერატურამ 1 გრადუსი მოიმატოს, ხოლო ორეგონში (ნრდილო ამერიკა) – 7 მ. მხოლოდ კენტიშ-ტაუნი და დონეცის აუზი უახლოვდება „საშუალოს“.

ტემპერატურის ნამატს სიღრმეში სათანადო სიღრმეზე გაყოფილს გ ე ო თ ე რ მ ი უ ლ ი გ რ ა დ ე ე ნ ტ ი ქ ე ი ა. პირიქით, სიღრმე, რომელსედაც ტემპერატურა 1°C-ით იზრდება. გ ე ო თ ე რ მ ი უ ლ ი ს ა ფ ე ხ უ რ ი იქნება. თუ გეოთერმული გრადიენტი არის 3°C 100 მეტრზე, საფუძვლი 33 მეტრი იქნება. ანომალურად მაღალია გრადიენტი ვულკანების მესობლად, რაც მხურვალე მაგმის სიახლოვით აიხსნება.

მიწაში რომ ყველა წერტილი შევეერთოთ, სადაც ერთი და იგივე ტემპერატურა არის, მივიღებთ კანონზომიერ ს ე დ ა პ ი რ ს, რომელსაც გეოიზოთერმის უწოდებენ. გამკვეთ ჭრილში ეს ზედაპირი ხაზით იქნება წარმოდგენილი. ცხადია, რაც უფრო მაღალია ადგილი ტემპერატურა, მით უფრო ღრმად მდებარეობს სათანადო გეოიზოთერმი. მანძილი გეოიზოთერმებს შუა მით უფრო დიდი იქნება, რაც უფრო მეტია ტემპერატურათა სხვაობა და გეოთერმული საფუძვლი.

მიწა რომ ზუსტად სფერული ყოფილიყო და შედგენილობით ერთგვაროვანი, იზოთერმები კონცენტრული სფერული ზედაპირები იქნებოდნენ. სინამდვილეში

გეოისოთერმები კონცენტრული კი არიან, მაგრამ რამდენიმე უსწორმასწორო და არც მათი ერთმანეთისგან დაშორება არის უცვლელი. ამ მხრივ განსაკუთრებული მნიშვნელობა აქვს მიწის რელიეფს: თავისთავად იგულისხმება, რომ დაღები თი რელიეფის შემთხვევაში (ქედი, მწვერვალი...) გეოისოთერმები ამოხსნილი არიან, უარყოფით რელიეფს (დაბლობები, ხეობები...) ჩანსნილი გეოისოტერმები ახლავს (სურ. 14). გეოისოთერმები იმეორებენ რელიეფის ფორმას, ოღონდ ნაკლებად მკვეთრად.

ადვილი დასაინახავია, რომ, თუ ტემპერატურის ამადლება მიწის ცენტრისკენ ბოლომდე ისევე გაგრძელებულიყო, როგორც ზედაპირის ახლოს არის, ცენტრში ტემპერატურა ძლიერ მაღალი იქნებოდა, 200 000°-ს მიუახლოვდებოდა. ერთ დროს ასეც ეგონათ. შემდეგ გამოიჩინა, რომ დიდ სიღრმეებში ტემპერატურის ამადლება თანდათან უფრო ნელა მიმდინარეობს (გეოთერმული გრადიენტი მცირდება) და ასეთი მაღალი ტემპერატურა მიწაში არა გეაქვს. დღეს მიღებული შეხედულების თანახმად, მიწის ცენტრში ტემპერატურა მხოლოდ 4-6 ათასი გრადუსი, ყოველ შემთხვევაში 10 000°-ზე ნაკლები უნდა იყოს.

მიწის სიღრმეში რომ ტემპერატურა ბევრად უფრო მაღალია, ვიდრე ზედაპირზე, ამის მარეჩეხულია ეულკანიზმიც. ეულკანური ღავის ტემპერატურა სოგ შემთხვევაში 1300°-მდე აღწევს. სხვა საკითხია, საერთო ტემპერატურულ დონესთან არის დაკავშირებული ეს მოვლენა, თუ ცალკეულ უბნებთან.

ყოველ შემთხვევაში ის გარემოება, რომ ტემპერატურა მიწის სიღრმეში იზრდება, გეაქვს დავესკენათ, რომ მიწაში შიგნეთიდან ზედაპირისაკენ, მაღალი ტემპერატურიდან დაბალისკენ სითბოს მუდმივი ნაკადი მოძრაობს. ეს ნაკადი გასომილიც არის: მიწის ზედაპირზე ყოველი 100 კვადრატული მეტრი სეკუნდში 1,2 კალორიას ატარებს. მაშასადამე, მიწა სითბოს უსარმაზარ როდენობას ხარჯავს განუწყვეტლივ. მერე საიდან არის სითბო?

აქაც წინათ ფიქრობდნენ, რომ მიწა წარმოშობისას ძლიერ მხურვალე იყო, სითბოს დიდი მარაგი აქონდა. ეს მარაგი შემდეგ იხარჯება და მიწა სათანადოდ ცივდება. გასულ საუკუნეში ფიზიკოსმა ტომსონმა გამოიანგარიშა კიდევ, რომ ეს გაცეება 40 მილიონი წელიწადი უნდა გაგრძელებულიყო დღემდე. მაშინ ეს

დრო საკვირველად დიდი ჩანდა. დღეს გამორკვეულია, რომ მიწა 4-5 მილიარდი წელიწადი არსებობს, მაშასადამე, ამ ხნის განმავლობაში უნდა უხარჯა სითბოც და ჯერაც არ გაცივებულა ბოლომდე. მერე როგორ, სითბოს რომელი მარაგი იქმარებდა ამისთვის?

XX საუკუნის მეცნიერება ამ წინააღმდეგობას იმით ხსნის, რომ მიწაში არის რადიოაქტიური ელემენტები, რომელნიც გან'უწყვეტლევ დაშლას განიცდიან და სითბოს დიდ რაოდენობას წარმოშობენ. მართალია, ჯერჯერობით საკმაოდ ცნობილი არ არის, თუ რამდენია მიწაში რადიოაქტიური ნივთიერება და როგორ არის იგი განაწილებული, მაგრამ ეს კი უდავოა, რომ მიწაც ისევე, როგორც მ'სე, სითბოს კი არ ხარჯავს მხოლოდ, წარმოშობს კიდევც. ცხადია, ულვეი არც რადიოაქტიური სითბო შეიძლება იყოს. რადიოაქტიური ნივთიერება იშლება და, მაშასადამე, იხარჯება. რაც დრო გადის, ამ ნივთიერების რაოდენობა უფრო და უფრო ნაკლებია და კლებულობს მისგან წარმოშობილი რადიოაქტიური სითბოს რაოდენობაც. მიწა მაინც უნდა ცივდებოდეს, მაგრამ ასეთი გაცივება შეუდარებლად უფრო ნელა იქნება. ამ საკითხს დიდი მნიშვნელობა აქვს თეორიული გეოლოგიისთვის.

ყოველ შემთხვევაში მიწის გაცივება სუდაპირიდან ხდება და იმისათვის, რომ შიგნეთის სითბომ სუდაპირამდე მთაღწიოს, საჭიროა სითბოს დინება შიგნიდან გარეთ (ქვევიდან სევით). ასეთი დინება შესაძლებელია, პირველ რიგში, სითბოგამტარობის გზით, მაგრამ მიწის შემადგენელი ნივთიერების სითბოგამტარობა ძლიერ ხისტია, გეოფიზიკოსების გამოანგარიშებით, იმისათვის, რომ მიწის ცენტრში მომხდარი ტემპერატურული ცვლილება სიტბოგამტარობის საშუალებით სუდაპირამდე გადაიცეს, საჭიროა 200-ოდე მილიონი წელიწადი. ეს კია, რომ სითბოს გადაცემა მიწის შიგნეთში შესაძლებელი არის სხვა გზითაც.

მიწის მაგნეტიზმი. უკვე ძველ დროში ცნობილი იყო, რომ ბუნებაში არის რკინის მადნები (უმთავრესად ჟანგები), რომლებიც რკინის საგნებს იზიდავენ. რადგან ასეთი ქანი ცნობილი იყო კერძოდ მცირე აზიის ქალაქ აგნეზიასთან, მას იმთავითვე მაგნეტი, ანუ მ ა გ ნ ი ტ ი დაერქვა.

ბევრად უფრო გვიან, XII-XIII საუკუნეში ევროპის მეზღვეეებმა ყურადღება მიაქციეს, რომ თავისუფლად მოძრავი მაგნიტური ისარი ყოველთვის გარკვეულ ორიენტაციას იჩენს: მისი ერთი ბოლო ჩრდილოეთისაკენ არი მიმართული და მეორე სამხრეთისაკენ. ამის საფუძველზე აგებული იქნა კოჰეზიონული მაგნიტური უმნიშვნელოვანესი როლი შეასრულა მეზღვეეობის განვითარებაში. საგულისხმოა, რომ წინელები კოჰეზიონული ბევრად უფრო ადრე იცნობდნენ.

მაგნიტის იმ ბოლოს, რომელიც ჩრდილოეთისაკენ იუზრება, ჩრდილო პოლუსი ეწოდება, ხოლო მეორეს – სამხრული. გამოირკვა, რომ ყოველ მაგნიტს, რაგინდ პატარას, ორივე პოლუსი აქვს და ერთი უმეოროდ შეუძლებელი არის.

ერთი მაგნიტის ჩრდილო პოლუსი მეორის სამხრულს იზიდავს, ხოლო ჩრდილოს უკუაგდებს. პოლუსებს შუა მაგნიტს შიგნით გამართულია მაგნიტური ძალები და იგივე ძალები მიემართებიან პოლუსიდან პოლუსამდე მაგნიტს გარეთ, საწინააღმდეგო მიმართულებით და თანდათან უფრო სუსტი. ეს არის მაგნიტური ძალების ექვსი. ამით აიხსნება, რომ მონრდილი მაგნიტის ახლოს მოთაყვებული მაგნიტური ისარი სრულიად გარკვეულ ორიენტაციას მიიღებს: მისი ჩრდილო პოლუსი მაგნიტის სამხრული პოლუსისაკენ იქნება მიმართული და სამხრული – ჩრდილოსაკენ.

ამის შესაბამისად ინგლისელი მეცნიერი გილბერტი უკვე 1600 წელს მიეიდა დასკვნამდე, რომ მიწაც უსარმაზარ მაგნიტს წარმოადგენს, თავის გარშემო მაგნიტური ეული წარმოუშეია და ასე განსაზღვრავს მაგნიტური ისრის მდებარეობას. როგორც ყოველ მაგნიტს, მიწასაც ორი მაგნიტური პოლუსი აქვს. ერთი გეოგრაფიული ჩრდილო პოლუსის ახლოს მდებარეობს (11-ოდე გრადუსით მისგან დაშორებით) ჩრდილო-აღმოსავლური კანადის ჩრდილოეთით, ხოლო მეორე – სამხრული პოლუსისკენ ტასმანიის სამხრეთით. უნდა აღინიშნოს კი, რომ ეს ორი პოლუსი ერთმანეთის ანტიპოდი არ არის, მათი შემეერთებელი სწორი ხაზი მიწის ცენტრში არ გაივლის. ადვილი დასანახავია, რომ მიწის ჩრდილო მაგნიტური პოლუსი, მიუხედავად ასეთი სახელისა, სამხრული მაგნიტისმის მატარებელია, რადგან მაგნიტური ისრი ჩრდილო პოლუსს იზიდავს. ასევე სამხრული მაგნიტური პოლუსი ჩრდილო მაგნიტისმის უბანი არის.

მაგნეტური ისრის გასწვრივ რომ ვერტიკალური სიბრტყე გაგატიართო, ეს იქნება სათანადო წერტილის მ ა გ ნ ე ტ უ რ ი მ ე რ ი დ ი ა ნ ი. მაგნეტური პოლუსები რომ გეოგრაფიულ პოლუსებს ემთხვეოდეს და მიწის შედგენილობაც მაგნეტურად ერთგვაროვანი იყოს, მაგნეტური მერიდიანები გეოგრაფიულებს დაემთხვეოდნენ, სინამდვილეში ასე არ არის: მაგნეტური მერიდიანი გეოგრაფიულს ჰკეპოს და მეტ ნაკლებად გადახრილია აქეთ თუ იქით. გადახრის კუთხეს დ ე კ ლ ი ნ ა ც ი ა ს უწოდებენ. თუ ისრის ჩრდილო პოლუსი აღმოსავლეთისკენ არის გადახრილი, დეკლინაცია დადებითი იქნება, წინააღმდეგ შემთხვევაში – უარყოფითი. კუთხის სიდიდე იცვლება 0°-დან 180°-მდე. თავისთავად ცხადია, რომ მაგნეტური მერიდიანები მაგნეტურ პოლუსებში იყრიან თავს ისევე, როგორც გეოგრაფიული მერიდიანები გეოგრაფიულ პოლუსებში.

მაგნეტური ისარი მაგნეტურ მერიდიანში პორიზონტული არ არის. ჩრდილო მაგნეტურ ნახევარსფეროში ისრის ჩრდილო პოლუსი არის დახრილი ქვეითკენ, ხოლო სამხრულ ნახევარსფეროში – სამხრული. ამას უწოდებენ ი ნ კ ლ ი ნ ა ც ი ა ს. მაგნეტურ პოლუსებზე ინკლინაციის კუთხე 90° იქნება. პოლუსებიდან დაშორებისას ინკლინაცია მცირდება და გარკვეულ ხასზე ორ პოლუსს შუა კუთხე ნულს უდრის, ისარი პორიზონტულია. ეს იქნება მ ა გ ნ ე ტ უ რ ი ე კ ვ ა ტ ო რ ი.

მაგნეტური მერიდიანების ქსელი მიწის ზედაპირზე, თუ მიწის აგებულება კონცენტრიულად ერთგვაროვანი, ე.ი. ერთგვაროვანი სფერული ფენებისგან შემდგარი ყოფილიყო. თუორიულად შეიძლებოდა მოხასულაციო როგორც წრეხაზისაგან შემდგარი, მსგავსად გეოგრაფიული მერიდიანების ქსელისა. ეს იქნებოდა სფერული მაგნეტის „ნორმული“ ქსელი. სინამდვილეში მიწა ერთგვაროვანი არ არის და არც მაგნეტური მერიდიანები წარმოადგენენ წესიერ წრეხაზებს.

მიწის მაგნეტური ველი (მაგნეტური ძალების მიმართულება) მარტო ადგილის მიხედვით როდი იცვლება, იგი ცვალებადია დროშიც. არის დახრის (ინკლინაციის) და გადახრის (დეკლინაციის) ცვლა, რომელიც ნელა და ხანგრძლივი დროის მანძილზე მიმდინარეობს. ამასუდ იტყვიან ს ა უ ე უ ნ ე ბ რ ი ვ ი ვ ა რ ი ა ც ი ა ა ო. არის ხანმოკლე და მჭარი ცვლაც, კერძოდ, მ ა გ ნ ე ტ უ რ ი ქ ა რ ი შ ხ ლ ე ბ ი.

საუკუნებრივი ვარიაციების მიზეზს თვით მიწაში ჰგულისხმობენ. ხოლო მეტნაკლებად უკარ რხევათა მიზეზს მიწას გარეთ ეძებენ. მაგალითად, იონოსფეროში (იხ. თავი „ატმოსფერო“) მიმდინარე და მზის მიერ გამოწვეულ პროცესებში. სოგჯერ იგივე ითქმის დანალექ ქანებზედაც, მხოლოდ აქ უკვე ქანის გაცივება როდია მოვლენის მიზეზი. ეთქვათ, ტბაში ან ზღვაში წმინდად მსხვერუელი მასალა ილექება. შეიძლება ეს ნამსხვერეები (მინერალების ან ქანების) დამაგნეტებულ იყვნენ. წყალში მოძრაობისას ისინი მიწის მაგნეტური ველის ორიენტაციას გაიზიარებენ, ე.ი. ისე შებრუნდებიან, რომ მათი მაგნეტური ელემენტები მიწისას დაემთხვევიან.

გეოსფეროები. აქამდე მიწას გეულისხმობდით როგორც ერთიან სხეულს. უფრო ახლო გაცნობა გვიჩვენებს, რომ იგი რამდენიმე განსხვავებული ფენისაგან შედგება. ეს ფენები კონცენტრიულად არიან განლაგებული მიწის ცენტრის გარშემო და თანამიმდევრობით აფარავენ ერთიმეორეს. მათ გეოსფეროებს უწოდებენ.

თუ გარედან დავიწყებთ, პირველი იქნება გასუბრივი ფენა – ა ტ მ ო ს ფ ე რ ო, რომელიც მთელ მიწას აფარავს.

მას ქვეშ მოთავსებულია თხევადი პ ი დ რ ო ს ფ ე რ ო. ეს არის ოკეანეებში და მოტან დაკავშირებულ ზღვებში მოთავსებული წყალი. ატმოსფერო უწყვეტია მტელი მიწის გარშემო, ჰიდროსფეროს გამწეობა კი დარღვეულია კონტინენტებისა და კუნძულების ამოსევებით.

შემდეგი მიწის გულისაკენ უკვე მყარი მიწა იქნება. მის გარე ფენას ხშირად ლ ი თ ო ს ფ ე რ ო ს უწოდებენ. მაგრამ ამავე ტერმინს სოგჯერ სხვა გაგებითაც ხმარობენ. ამიტომ უმჯობესია სახელწოდება მიწის ქერქი, თუმცა ამ გამოთქმებსაც სხვადასხვა მნიშვნელობას აკუთვნებენ. წინათ ფიქრობდნენ, რომ მ ი წ ი ს ქ ე რ ქ ი მყარი ნივთიერების მეტად თუ ნაკლებად თხელ ფენას წარმოადგენს, ხოლო ქვევით მას მდნარი ფენა მოჰყვება. ამრიგად, ქერქის რაგეარობა და საზღვრები მკაფიოდ გარკვეული ჩანდა. დღეს ცნობილია, რომ ქერქს ქვეშაც ნივთიერება მყარია ან, ყოველ შემთხვევაში, მყარის მსგავსი. ამიტომ განსხვავებას ქერქსა და ქერქსქვეშეთს შორის ძირითადად მათ ქიმიურ შემადგენლობაში გულისხმობენ და არა ნივთიერების ფიზიკურ მდგომარეობაში (მყარი და თხევადი). ამჟამად, ძლიერ

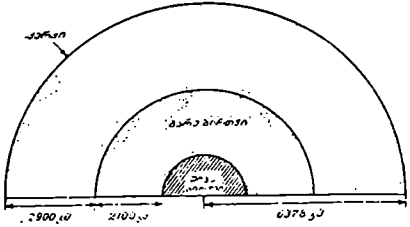
გაერცელებული შეხედულების თანახმად, ქერქის სისქე ოკეანებს ქვეშ 6 კმ არის საკმარისი ხლოებითი, ხლო კონტინენტებს ქვეშ - 30-40 კმ, თუმცა ზოგან შეიძლება 70 კმ-მდეც აღწეულს.

თხელ ზონას მიწის ზედაპირზე, სადაც ატმოსფერო, ჰიდროსფერო და ლითოსფერო ერთმანეთს ხედებიან, ხშირად ცალკე გამოყოფენ ბ ი ო ს ფ ე რ ო სსახელით. ამ გეოსფეროში არის მოთავსებული ცოცხალი ბუნება და, თუმცა მისი ხაზღვრები ყოველთვის მკაფიო არ ჩანს, ასეთი ერთეულის გამოყოფა საესებით გამართლებულია იმ მნიშვნელოვანი როლით, რომელსაც ცოცხალი ორგანიზმები მიწის გეოლოგიურ ყოფაში ასრულებენ.

თუ რა მდგომარეობაში არის და რისგან შედგება მიწა ქერქს ქვეშ, ბევრად უფრო ნაკლებად არის ცნობილი. მაიც ბოლო ათწლეულებში დაგროვილი მასალის მიხედვით იქაც რამდენიმე გეოსფეროს არსევენ. ჩვენ აქ მხოლოდ უმთავრესებს აღვნიშნავთ.

ქერქს ქვეშ 2900 კმ სიღრმემდე იქნება სქელი ფენა, რომელსაც მ ა ნ ტ ი ა ს, სამოსს უწოდებენ. სამოსის როდს იგი მომყოლი გეოსფეროს, ანუ მიწის ბირთვის (გულის) მიმართ ასრულებს. ფიქრობენ, რომ მანტია მკარ მდგომარეობაში არის ქერქისეულის მეტად თუ ნაკლებად მსგავსი სილიკანტებისაგან შედგება (ზოგი მკვლევარი მას ან მის ნაწილს სწორედ ლითოსფეროს უწოდებს).

ბ ი რ თ ე ი თხეუადი იგულისხმება ან მოლიანად, ან გარენაწილში მხოლოდ. უკანასკნელ შემთხევაში არსევენ გარებირთეს და შიგაბირთეს. არსევენ რამდენიმე ფენას მანტიაშიც. (სურ.9).



სურ. 9. გეოსფეროები.

ამრიგად, გეოსფეროების რიცხვი ათიოდება. ყველა ღრუ სფეროს წარმოადგენს, რადგან შიგ სხვა სფერო არის მოთავსებული. მხოლოდ შიგა ბირთვი

არის საესე, მთლიანი. ჩვენთვის აქ ტავარი მნიშვნელობა ექნება ატმოსფეროს, ჰიდროსფეროს და ლითოსფეროს (მიწის ქერქს). უკანასკნელი ორის შესახებ არაერთხელ მოგვიხდება ლაპარაკი შემდეგში. ამიტომ აქ შეიძლება დაეკმაყოფილდეთ ზოგი ცნობით ატმოსფეროს შესახებ.

ატმოსფერო. ატმოსფერო ეწოდება სქელ გაზებრივ სამოსს, რომელიც მთლიანად აფარავს ჩვენს პლანეტას და გარეთკენ თანდათანობით გადადის კოსმიურ სივრცეში. ეს არის ყველაზე გარე გეოსფერო. მისი ქვედა საზღვარი უკუყვლად მკაფიო არის, თუმცა ჰაერი საკმაოდ ღრმად ატანს პორიან მიწაშიც და მიწიური მტკერიც ხშირად აიტაცება ჰაერის ქვედა ფენაში. ასევე მჭიდროა ურთიერთობა წყალთან, რომელშიც ატმოსფეროს გაზები უხეად არიან გახსნილი და რომლის ორთქლი ისევე უხეად ერთვის ატმოსფეროს.

სხვა არის ზედა საზღვარი. იქ ატმოსფეროს გაზები იმდენად გაიშვიათებული არიან, რომ ძნელი გასარკვევია ხად გათავდა ატმოსფერო და სად დაიწყო უკვე პლანეტაშორისი სივრცე. ყოველ შემთხვევაში, 110 - 1300 კილომეტრს სევით ჰაერის კვალი აღარ შემინწევა.

ატმოსფერო განსხვავდება მას ქვეშ მდებარე გეოსფეროებისაგან თავისი შ ე მ ა დ გ ე ნ ლ ო ბ ი თ ა ც. მიწის ზედაპირთან ეს არის აზოტი, რომელზედაც მოცულობით 78,08% მოდის, და ჯანგბადი 20,95%, მოცულობით (აქედან 0.000 001% ოსონია), ამათ გვერდით უნდა აღინიშნოს არგონი - 0.93%; ნახშირუანგა გაზი 0.03% და წყალბადი, პელიუმი, ნეონი, კრიპტონი, ქსენონი, რომელთა საერთო რაოდენობა 0.01%-ს აღემატება. კიდევ უფრო მცირე რაოდენობით აღნიშნავენ ზოგ სხვა ელემენტებსაც. რაც შეეხება წყალს, მისი რაოდენობა ატმოსფეროს ქვედა ფენაშიმნიშვნელოვანია, მაგრამ ძლიერ ცვალებადი. მერყეობს ნულსა და 4% შუა. ჰაერის ქვედა ფენაში წყალი გვიხდება ორთქლის, წვეთების და ყინულის კრისტალების სახით. როგორც იშვიათ მოეკუნას, წყალს (ღრუბლებს) აღნიშნავენ ჰაერის შედარებით მაღალ ფენებშიც. დასასრულ, ატმოსფეროში უნდა მოვიხსენიოთ წყრილი მტკერიც, როგორც მიწიერი, ისე კოსმიური.

ატმოსფეროს გაზები, გრაეიტაციის კანონის თანახმად, მიწისკენ მიიზიდებიან, ზედა ფენები ქვედას აწეებიან მთელი თავისი წონით და ამგვარად

წარმოიშობა ატმოსფერული წნევა, რომელიც ეწევა მიმართულებით გადაიცემა. ზღვის დონეზე ატმოსფერული წნევა უდრის საშუალოდ 1033 გრამს ერთ კვადრატულ სანტიმეტრზე, ანუ 1,033 ბარს. ადვილი დასაინახებია, რომ ეს არის კვადრატულ სანტიმეტრზე დაკრძობილი და მთელი ატმოსფეროს სიმაღლე ჰაერის სვეტის წონდა. ამიტომ, თუ მიწის ზედაპირის მთელ ფართობს გაეთვალისწინებთ, შეგვიძლია მთელი ატმოსფეროს წონა და მასა გამოვიანგარიშოთ. ამგვარად, ირკვევა, რომ ატმოსფეროს მასა, მიუხედავად დიდი მოცულობისა, მიწის მასის ერთ მეტილიონედს შეადგენს მხოლოდ.

წნევა, ცხადია, მაქსიმალური იქნება ატმოსფეროს ძირში, ზრვითკენ კი თანდათან კლებულობს. ამის გამო ატმოსფეროს ძირში ჰეორი შეკუმშულია და უდიდესი სიმკვრივე აქვს. ზეითკენ წნევა სწრაფად კლებულობს, ჰაერი ფართოვდება და ძლიერ გაიშვიათებული არის. ამიტომია, რომ ატმოსფეროს მასა თითქმის მთლიანად ქვედა ფენებში არის თავმოყრილი.

ატმოსფეროს დამახასიათებელია მისი ფენობრივი დანაწილება ვერტიკალური მიმართულებით, ძირითადად სამი ფენას არსევენ: ტროპოსფეროს, სტრატოსფეროს და იონოსფეროს, მათ შუა გამოიყოფა გარდამავალი ფენებიც.

ქვევიდან პირველი იქნება ტროპოსფერო. მისი სიმაღლე (სისქე) ეკვატორთან 16-18 კმ-მდე აღწევს, საშუალო განედებზე 10-12 კილომეტრია და პოლუსებისკენ 7-10 კმ. ტროპოსფერო არის ატმოსფეროს ის ნაწილი, რომელიც უშუალოდ ეხება მიწის ზედაპირს და მოქმედებს მასზე. თანაც მაღალი წნევის გამო აქ არის თავმოყრილი ატმოსფეროს მასის დიდი ნაწილი, დაახლოებით 79%. ტროპოსფეროსთანვე არის დაკავშირებული წყლის ორთქლის და ღრუბლების გაფრცელება. მას ზევით საწვიმარი ღრუბლები ხომ არ არის და ღრუბლები საერთოდაც იშვიათი მოვლენაა. ტროპოსფეროს ზედა საზღვარი ცვალებადია არა მარტი გეოგრაფიული მდებარეობის, არამედ დროის მიხედვითაც.

სტრატოსფერო ტროპოსფეროდან ზევით 80 კილომეტრამდე გრძელდება. მისი მოცულობა ბევრად მეტია, ვიდრე ტროპოსფეროსი, მაგრამ მასა ოთხჯერ ნაკლები და შეადგენს ატმოსფეროს მთელი მასის 20%-ს. ტროპოსფეროდან სტრატოსფეროში გარდამავალ თხელ ფენას ჩვეულებრივ ცაფქმ გამოიყოფენ ტროპოპაუზის სახელით. ძლიერ მნიშვნელოვანია

სტრატოსფეროსთვის ოზონის კონცენტრაცია. ამ გაზი კვალი ტროპოსფეროშიც არის, მაგრამ სტრატოსფეროში მისი რაოდენობა შესამჩნევად იზრდება და 22–25 კილომეტრის სიღრმეზე გამოიყოფა „ოზონის ფენა“, სადაც ამ გაზის ოდენობა 0,000 004%-მდე აღწევს. სტრატოსფეროს ოზონს დიდი მნიშვნელობა აქვს იმ მხრივ, რომ იგი ნთქავს მზის ულტრაიისფერ სხივებს, რომელთა მოქმედება ცოცხალ ნივთიერებაზე ძლიერ საზიანო იქნებოდა: თვით ოზონიც სწორედ ულტრაიისფერი სხივების მეოხებით წარმოიშობა: ჯერ ჟანგბადის მოლეკულები ატომებად იყოფა და შემდეგ ერთი ატომი უერთდება დაუშლელ მოლეკულას და წარმოშობს ოზონს (O₃).

სტრატოსფეროს ზევით ატმოსფეროს კიდემდე იონოსფერო იქნება. მისი მოცულობა მრავალჯერ მეტია, ვიდრე პირველი ორი ფენისა, მაგრამ მასა ატმოსფეროს მასის 0,5%-ს შეადგენს მხოლოდ. იონოსფეროსთვის დამახასიათებელია, რომ იქ მზის მოკლევალდიანი სხივების გაელენით გაზების მოლეკულები დაშლილან ატომებად და იონიზაცია განუცდიათ.

ატმოსფერო მთლიანად მიწასთან ერთად ბრუნავს მიწის ღერძზე. ამის გამო მისი ზედაპირი წარმოადგენს ელიპსოიდს, რომლის ექსცენტრიციტეტი ბევრად მეტია, ვიდრე მყარი მიწისა.

ძლიერ თაყისებურია ტემპერატურის ცვლა ატმოსფეროში. იონოსფერო და სტრატოსფეროც ინტენსიურად ნთქავს ულტრაიისფერ სხივებს. დანარჩენი სპექტრისთვის ჰაერი გამჭვირვალე არის და სინათლე და სითბო ამგვარად მიწის ზედაპირამდე ატანს და ათბობს მიწას. ტროპოსფერო მზის ენერგიის 15% ნთქავს მხოლოდ, მიწა კი – 43%-ს. ამის გამო უშუალოდ მზისგანუპირატესად მიწა თბება, ხოლო ჰაერის გათბობა ძირითადად მიწიდან ხდება. მიწის ზედაპირთან გამთბარი ჰაერი, როგორც უფრო მსუბუქი, ზევით მიდის. რადგან ზევითკენ წნევა ნაკლები არის, ამას მოჰყვება ჰაერის გაფართოება, ხოლო გაფართოება იწვევს ენერგიის (სითბოს) ხარჯვას და გაცივებას. ამით აიხსნება, რომ ტროპოსფეროში ტემპერატურა სიმაღლის მატებასთან ერთად კლებულობს, თუ გამოერიცხავთ სხედასხევა დამატებით ფაქტორებს, რომელნიც სურათს ართულებენ, შეიძლება ითქვას, რომ ყოველ 100 მეტრით მაღლა აწევას

ტროპოსფეროში თან ახლავს ტემპერატურის დაცემა 0,5⁰-0,6⁰-ით: ამიტომ არის, რომ ისე გრილა მადლა მწვერვალებზე. ერთგვარი მიახლოებით შესაძლებელია მისი სიმაღლე თერმომეტრით გაეზომოს.

ტემპერატურის ასეთი დაცემა გრძელდება ტროპოპაუზამდე, სადაც მიიღება მინიმუმ - 45⁰-დან - 80⁰-მდე იმის მიხედვით პოლუსსა და იგი გაზომილი, თუ ეკვატორზე. ტროპოპაუზაში და სტრატოსფეროში ძირში ერთხანს მდგომარეობა უცვლელია, მაგრამ სხეით იწყება ტემპერატურის აწევა (30 კმ-დან). 40 კილომეტრის სიმაღლეზე ტემპერატურა +30⁰ არის და 60 კმ-ზე +75⁰. აქედან ისევე კლება მიმდინარეობს და 80-90 კმ-ზე ტემპერატურა არის 75⁰. შემდეგ ისევე აწევია და იონოსფეროს სედა ფენებში +4000⁰-ია.

განსაკუთრებით საყურადღებოა ატმოსფეროს როლი მიწის სითბოს ეკონომიაში. როგორც დაეინახეთ, ტროპოსფერო გამეოჯირვება მისი სხეებისათვის და მისი სითბო-სინათლეს კარგად ატარებს მიწისკენ. მიწათბობა და თავის მხრივ აშუქებს სითბოს გარეთ. მაგრამ ეს არის ინფრაწითელი სხივები. ტროპოსფერო ამ სხივებს აღარ ატარებს და ნთქავს უმთავრესად ღრუბლების მეშვეობით. ასე რომ, მზიდან მიწისკენ სითბო თავისუფლად მოდის და უკან კი - ვეღარ. ეს არის ე.წ. ს ა თ ბ უ რ ი ს ე უ ე ქ ტ ი. ატმოსფერო რომ არა, სითბოს რეჟიმი მიწაზე სულ სხეა იქნებოდა.

გასაკებია, რომ ატმოსფეროში არის ერთ-ერთი მთავარი ფაქტორი, რომელიც აპირთებს მიწაზე ჰავათა რაგვარობას და მათ გეოგრაფიულ განაწილებას. ამ მხრივ დიდი მნიშვნელობა აქვს ატმოსფეროს ჰაერის მასების მოძრაობასაც და, კერძოდ, ქ ა რ ე ბ ს. ქარის მოქმედებაზე სპეციალურად მოგვიხდება ღაპარაკი.

ატმოსფეროს გადაამწყვეტი მნიშვნელობა აქვს აგრეთვე იმ მოვლენათა მიმდინარეობისთვის მიწის სედაპირზე, რომელთაც ფ ი ტ ვ ა ს უწოდებენ (იხ. ქვემოთ).

ატმოსფეროს მნიშვნელობა მიწაზე ს ი ც ო ც ხ ლ ი ს განვითარებისათვის თავისთავად ცხადია, მაგრამ საგულსისხმოა, რომ სოფი მკვლევარის შეხედულებით თვით ატმოსფეროს გაზების წარმოშობა ნაწილობრივ მაინც ცოცხალი ნივთიერების აქტიუობის შედეგად არის. კერძოდ, ასე შეიძლება წარმოშობილიყო ჰაერის უანგბადი, როგორც მცენარეების მიერ CO₂-ის ასიმილაციის ნაშთი.

ატმოსფერო რამდენიმე სასარგებლო ნედლეულის წყაროც არის. მისგან მოიპოვება აზოტი, ჟანგბადი, არგონი, ნეონი, ჰელიუმი.

მეცნიერებას, რომლის ამოცანა არის ატმოსფეროს შესწავლა, ეწოდება აეროლოგია.

2.1. მიწის ქერქის საერთო რაგეარობა

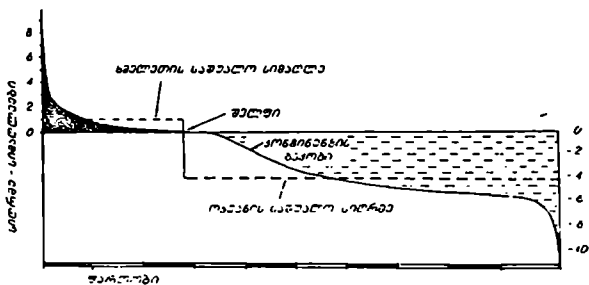
მიწის ქერქის რელიეფი. როდესაც მიწის, როგორც პლანეტის, ფორმაზე ვლაპარაკობთ, ქერქის სედაპირის უსწორმასწორობას, ანუ რ ე ლ ი ე ფ ს მხედველობაში არც კი ვლუბულობთ, რადგან ამ თვალსაზრისით ეს უსწორმასწორობა სრულიად უმნიშვნელო რამ არის.

სულ სხვაა უფრო სპეციალური, თეით ქერქის ფორმის თვალსაზრისით. მიწის ქერქი რომ სწორი ყოფილიყო, მსოფლიო ოკეანე მთელ მიწას დაფარავდა და მისი სიღრმეც ზოგადად ერთგვარი იქნებოდა, თუმცა პოლუსებისაკენ ნაკლები, – ერთობილ ჰიდროსფეროს მივიღებდით. ამის ნაცვლად ეხედავთ „უზარმაზარ“ მთებს, ვაკე-დაბლობებს და ზღვებით დაფარულ სიღრმეებს. ყველაზე მაღალი მწვერვალი. სახელდობრ, ჯომოლუნგმა (წინათ ევერესტი) ჰიმალაიის ქედზე 8,848 კმ აღწევს, ხოლო ყველაზე დაბალი ადგილი ოკეანეში ცნობილია მარიანის კუნძულების გვერდით. იქ გასომილია 11,521 კმ სიღრმე. ამგვარად მიწის ქერქის სედაპირის უმაღლესი და უდაბლესი წერტილების სიმაღლეთა სხვაობა 20,37 კმ შეადგენს. თითქო დიდი რიცხვია, მაგრამ ეს არის მიწის რადიუსის 1/312 მხოლოდ.

გაცილებით უფრო საყურადღებოა სხვა გარემოება. დეტალურმა შესწავლამ გამოარკვია, რომ კონტინენტების სედაპირის სიმაღლე და ოკეანეების სიღრმე შემთხვევითად როდი იცვლება. ყოველ კონტინენტს აქვს გარკვეული საშუალო სიმაღლე, რომელსაც მისი ფართობის მთავარი ნაწილი უკავია. მთებს მხოლოდ დაქვემდებარებული წილი რჩებათ და თან მით უფრო მცირე, რაც უფრო მაღალია მთები. ასევეა ოკეანეებიც; მათი ფართობის დიდი ნაწილი საშუალო სიღრმეს უჭირავს და დიდი სიღრმეები ვიწრო სოლუბად არიან განლაგებული როგორც მთები კონტინენტებზე. ეს კარგად ნანს ბ ა თ ი მ ე ტ რ ი უ ლ გეოგრაფიულ რუკებზე.

ყველაზე დიდი და მაღალი კონტინენტი არის აზია, ყველაზე პატარა – ავსტრალია და ყველაზე დაბალი – ევროპა. მართალია სიმაღლე (როგორც საშუალო, ისე მაქსიმალური) ანტარქტისზედაც დიდი ნანს, მაგრამ ეს იმით აიხსნება, რომ ხმელეთს იქ ყინულის სქელი ფენა ემატება.

რაკი ცალკეული კონტინენტების საშუალო სიმაღლე სხვადასხვა არის, ბუნებრივია კითხვა, როგორი იქნება ყველა კონტინენტების, ერთად აღებული საშუალო სიმაღლე? ეს სიმაღლე აღმოჩნდა 840 მ. ასევე მსოფლიო ოკეანის საშუალო სიღრმე არის დაახლოებით 3800 მ. უკანასკნელად გერმანელმა მეცნიერმა კოხნამ დაამუშავა დიდი მასალა, იმ დროისათვის ცნობილი, და ააგო მრუდე (სურ. 10), რომელზედაც ნაჩვენებია ქერქის ზედაპირის სიღრმე-სიმაღლეები და მათი გაერცვლების ფართობები. მრუდე თვალსაჩინოდ გამოხატავს, რომ კონტინენტების და ოკეანის ფსკერის ზედაპირი წარმოადგენს არა სიმაღლეთა შემთხვევითს ცვალებას, არამედ გარკვეულ სტრუქტურას, რომლის თავისებურებას გადაამწყვტი მნიშვნელობა აქვს ქერქის წარმოშობა-განვითარების თვალსაზრისით.



სურ. 10. მიწის ზედაპირის ჰიფსოგრაფიული მრუდი.

კონტინენტური ზეგნების და ოკეანური აუზების რელიეფის ასეთი ბუნება სავსებით დაადასტურა XX საუკუნის გეოფიზიკამ. როგორც შემდეგ დავინახავთ, დღეს გამორკვეულია, რომ კონტინენტები და ოკეანეების ფსკერი ნივთიერი შედგენილობითაც მკვეთრად განსხვავდებიან ერთმანეთისაგან და, მაშასადამე, ეს განეტურად განსხვავებული წარმონაქმნები არის. იმ გარემოებას, რომ ოკეანეში წყალი არის მოთავსებული, ამ მხრივ (ოკეანური და კონტინენტური რელიეფის გასარჩევად) არავითარი მნიშვნელობა არა აქვს. კონტინენტის კედლები ხშირად ზღვის დონეზე დაბალია და ზღვით დაფარული, მაგრამ ის მაინც კონტინენტად

რნება და ზღვასაც კონტინენტურს უწოდებენ. ასეთებია, მაგალითად, ჩრდილო და ბარენცის ზღვები ევროპაში. კონტინენტის საზღვარი არის არა იქ, სადაც წყალი იწყება, არამედ იქ, სადაც ოკეანისაკენ დაქანებული ბექობი ვითარდება.

ა) მიწის ქერქის ნივთიერი შემადგენლობა. მიწის მასის გარკვევას ბუნებრივად უნდა მოჰყოლოდა მიწის ნივთიერი შემადგენლობის საკითხი. უშუალო დაკვირვებები ამ მხრივ მეცნიერებას მხოლოდ ატმოსფეროს, ჰიდროსფეროს და ლითოსფეროს შესახებ აქვს. ამ გზით დადგენილია, რომ მიწა შეიცავს ყველა იმ ელემენტებს, რომლებიც აღნუსხული არის მ ე ნ დ ე ლ ე ე ვ ი ს ცნობილ ცხრილში. ერთი მხრივ აქ მოულოდნელიც არაფერი არის, რადგან ქიმიის სწორედ მიწის მასალას ემყარება, მაგრამ ისიც შეიძლება, რომ პერიოდული სისტემის ყველა ელემენტი მიწაზე არ ეოფილიყო წარმოდგენილი.

ყველა ელემენტი კი არის მიწაზე, მაგრამ დიდი შეცდომა იქნებოდა ვეფიქრა, რომ მათი მონაწილეობა მიწის შემადგენლობაში თანასწორია. მიწის ქიმიურ შემადგენლობას, მიწაში მიმდინარე ქიმიურ პროცესებს და ელემენტების მიგრაციას საეციალური მეცნიერება, გ ე ო ქ ი მ ი ა იკვლევს. მდიდარი მასალის საფუძველზე დადგენილია, რომ შემთხვევითი გეოსფეროების შედგენილობაში მთავარი როლი სულ 10 ელემენტს მიეკუთვნება (ცხრილი 1).

ცხრილი 1

ყველაზე გავრცელებული ელემენტები

ელემენტი	რაოდენობა მარტო ქერქში %	ატმოსფეროში, ჰიდროსფეროში და ქერქში ერთად %
O	46,71	50,02
Si	27,69	25,70
Al	8,07	7,30
Fe	5,05	4,18
Ca	3,65	3,22
Na	2,75	2,36
K	2,58	2,28
Mg	3,08	2,08
Ti	0,62	0,40
H	0,14	0,95

ერთად აღებული ეს 10 ელემენტი შეადგენს ქერქის მთელი მასის 99,34%. დანარჩენ ელემენტებსე მხოლოდ 0,66% მოდის. განსაკუთრებით აღსანიშნაეი არიან: ჟანგბადი, რომელც უამრავ ქიმიურ ნაერთში მონაწილეობს და მთელი მასის თითქმის ნახევარს შეადგენს; სილიციუმი - კაჟის და სილიკატების მთავარი მასადა; თიხის ელემენტი ალუმინიუმი.

ამ ათეულს გარეთ დარჩენილი ელემენტები მეტ წილად პროცენტის მემილიონედებით არიან წარმოდგენილი, მაგრამ ეს არ ნიშნავს, რომ მათი მნიშვნელობა მიწის ყოფაში და ადამიანის პრაქტიკაში მცირე იყოს. მოვიგონოთ ნახშირბადი, აზოტი, ფოსფორი და სხეა, რომელთა გარეშე სიცოცხლე შეუძლებელი იქნებოდა.

შეფარდებითს რაოდენობას, რომლითაც ესა თუ ის ელემენტი მიწის ქერქში გეხედება, გეოქიმიკოსები ელ არ ქს უწოდებენ. კლარკი ელემენტის გავრცელებას გამოხატაჟს, მაგრამ მხოლოდ საშუალოს. სინამდვილეში ზოგან რომელიმე, წყეულებრიე მეტ-ნაკლებად იშეიათი, ელემენტის კონცენტრაცია მომხდარა და იგი უხვად არის წარმოდგენილი ამა თუ იმ ნაერთის სახით, ასეთ შემთხეეებში სათანადო ელემენტის მა და ნი გეეკნება და ამ მადნის სა ბ ა დ ო. ელემენტების ეს ბუნებრიეი კონცენტრაცია შესაძლებელს ხდის ადამიანის მიერ მათ მოპოეებას, თორემ კლარკების მიხედვით რომ ყოფილიეენენ ყეელგან განაწილებული, პრაქტიკულად მიუწედომელი იქნებოდნენ. უთქვამთ ხოლმე, რომ ზღვის წყალში ოქრო იმდენი არის, რომ მისი გამოყოფა რომ მოხერხებულიყო. მთელ მიწაზე პირგადასაკრავად იქმარებდაო. საბადოების წარმოშობა და განლაგება გარკეეულ კანონსომიერებებს ექეემდებარება და გეოლოგის ერთ-ერთი მთავარი ამოცანა სწორედ ის არის, რომ ამ კანონსომიერებათა შესწავლის საშუალებით მადანთა ძებნა მართებულ გზაზე დააეენოს.

ქიმიური ელემენტები მიწის ქერქში თავისუფალი (ხალასი) სახით იშეიათად გეხედება. ასეთი არიან, მაგალითად, ნახშირბადი (გრაფიტის ან აღმასის სახით), გოგირდი და სხე. და თეითბადი მძიმე მეტალები (სპილენძი, ეერცხლი, ოქრო, პლატინი და სხ.). როგორც წეის კი, ელემენტების მეტად თუ ნაკლებად რთულ ნაერთებთან გეაქვს საქმე. ერთნი და მეორენი სეეციალური მეცნიერების, მი ნ ე რ ა ლ ო გ ი ს ობიექტებს წარმოადგენენ.

მინერალები. ამგვარად, მიწის ქერქი შედგება სხვადასხვა ხალასი (იშვიათად) ქიმიური ელემენტებისა და მათი ბუნებრივი ნაერთებისგან. ერთთა(ც და მეორეთა(ც მიწის უწოდებენ (ორგანიული ნაერთების გამოკლებით). სხვადასხვა მინერალი ძლიერ ბეჭი არის (ცნობილია 2000-ზე მეტი). ისინი ქერქში ჩვეულებრივ პაწია სხეულების სახით გეხედებიან, ათასგვარად ერთმანეთში არეული. მინერალოგის პირველი ამოცანაა სწორედ მათი გარჩევა-გამოცნობა არის.

გასაკებია, რომ ასეთ პირობებში მინერალის გამოსაცნობად ხშირად ფიზიკურ ნიშნებს მიმართავენ. ერთი ასეთთაგანი იქნება სიმკვრივე (სიმძიმე). საკმაო მძიმე ბარიტი ($BaSO_4$) ხელში აეილოთ და იმ წამსვე გაფარნვეთ მას გარეგნულად ძლიერ მსგავსი კალციტისაგან ($CaCO_3$). ასევე სიმძიმით შეიძლება მეტალური მადნეულის გამოცნობა.

უფრო მნიშვნელოვანია სიმაგრე. მას ამოწმებენ უბრალო წესით: უფრო მაგარი მინერალი, თუ მისი წვეტი ნაკლებ მაგარს დაეაჭირეთ და გაუხსოთ, კაწრავს მას. მაგ., კვარცი გაკაწრავს კალციტს, პირქით კი არა. ამ საფუძველზე შემუშავებული არის სიმაგრეთა სპეციალური სკალა, რომლის გამოყენებას ძლიერ აადვილებს ის გარემოება, რომ სკალის სტანდარტები ძნელი საშოვი არ არის. სიმაგრის აღმაქალი რიგით ეს იქნება.

1. ტალკი	6. ორთოქლაზი
2. თაბაშირი	7. კვარცი
3. კალციტი	8. ტოპაზი
4. ფლუორიტი	9. კორუნდი
5. აპატიტი	10. აღმასი

შეიძლება გამოვიყენოთ უფრო მისაწედომი საშუალებებიც, მაგ., ადამიანის ფრჩხილი, რომლის სიმაგრე 2,5 არის, კაწრავს თაბაშირს და მით უმეტეს ტალკს. ჯიბის დანა, რომლის სიმაგრე დაახლოებით 5,5 არის, კაწრავს აპატიტს და სხვა ნაკლებ მაგარს. რა თქმა უნდა, ამ გზით მინერალის რომელის მიახლოებითი მიკვლევა შეიძლება მხოლოდ, რადგან ერთი და იგივე სიმაგრე მრავალ სხვადასხვა მინერალს აქვს.

იყენებენ მინერალის შტრიხს: მინერალი რომ მოუძინავე ფაიანსის ნატეხებს გაეუსეათ წვეტით, ნატეხსე ხაზი დარსება, თითქოს ფანქარი გაგვეელოს. ამ ხაზს ხშირად მინერალისათვის დამახასიათებელი ფერიც აქვს.

გეოლოგიური რუკა. იმისათვის, რომ დაკვირვებები მიწის ქერქის გეოლოგიური აგებულების შესახებ თეაღსანიზოდ გამოსახონ და თან ამ აგებულების ელემენტების განლაგება სივრცეში ზუსტად წარმოდგინონ, ხაზავენ გეოლოგიურ რუკას. ასეთი რუკა ორი ნაწილისგან შედგება: ა) ტოპოგრაფიული რუკა, ანუ როგორც იტყვიან, ტოპოგრაფიული საფუძველი, და ბ) სედ დართული საკუთრივე გეოლოგიური მონაცემები.

საფუძველი; რა თქმა უნდა, სხედასხეა მაშტაბის იქნება საჭიროებისამებრ. გარდა ამისა, იგი შეიძლება იყოს ორ-ან სამგანზომილებიანი. პირველ შემთხვევაში წარმოდგენილია მხოლოდ მანძილები და მიმართულება, მეორე შემთხვევაში ამას ემატება სიმაღლეებიც, ისოჰიფსებით და ისობათებით გამოხატული. შეფერვას ამისათვის (სიმაღლეების გამოსახატავად) არ ხმარობენ, რადგან ფერებს გეოლოგიური ნაწილისათვის იყენებენ.

ცნობილია, რომ სფერული მიწის სედაპირის რუკასე, ე.ი. სიბრტყესე ზუსტად გამოხაზეა შეუძლებელი არის: სფერული სედაპირი სიბრტყეს ვერაეთარი ხერხით ვერ დაემთხვევა. რუკასე მანძილები ან მიმართულებები, ან ორივე ერთად ეოველთეის მეტად თუ ნაკლებად დამახინჯებული არის და თან მით უფრო მეტად, რაც უფრო დიდია წარმოდგენილი ფართობი. სრული სიზუსტე რომ მოგვესურებია, რუკა გლობუსსე უნდა მოგვეხაზა.

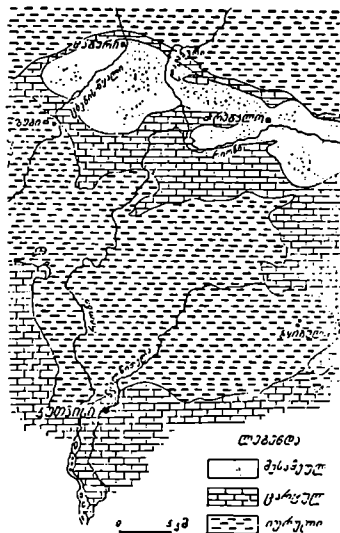
ბრტყელ რუკასე მიწის სედაპირის სხედასხეგავარი პროექციის მეშვეობით გამოხაზევენ. ერთ-ერთი ძველთაგანი არის ცილინდრული პროექცია. ცილინდრის ღერძი მიწის ღერძს ემთხვევა, ხოლო ცილინდრის ფუძე ეკვატორს უდრის. განედები და მერიდიანები ცილინდრის სედაპირს ერთმანეთის მართობული სწორი ხაზების სახით გადაეკეთას. მივიღებთ სწორკუთხედ ბადეს, რომელიც მით უფრო მჭიდრო იქნება, რაც უფრო მცირეა კოორდინატებს შუა (მერიდიანებსა და განედებს შუა) მანძილი. მიწის სედაპირის თითოეული წერტილის პროექცია ცილინდრის სედაპირსე იქნება იქ, სადაც სათანადო მერიდიანი და

განუდი იმ ზედაპირს გადააკეცეთ. თუ ცილინდრულ ზედაპირს სიგრძივ გავეკეთთ და გაეშლით, მივიღებთ ბრტყელ რუკას. ამ შემთხვევაში დამახინჯება ეკვატორულ ზოლში მინიმალური არის, მაგრამ პოლუსებისკენ იგი შეუსაბამოდ დიდია. თვით პოლუსი ხომ წერტილია და ამ პროექციით იგი ეკვატორის სიგრძე ხაზით იქნება წარმოდგენილი. პირიქით, მანძილი განედებს შუა ნულამდე მცირდება. მაინც ასეთ პროექციას დიდი უპირატესობაც აქვს, კერძოდ მესღვევეთათვის, რადგან მიმართულებები სრულიად ზუსტად არის გადმოცემული. დამახინჯება მხოლოდ მანძილებს შეეხება.

გარდა ცილინდრულისა, არის კონუსური და სხვა პროექციები. საერთოდ, ამა თუ იმ ზედაპირის რუკასე წარმოდგენის თეორიულ საკითხებს იკვლევს სპეციალური მეცნიერება კარტოგრაფია.

როდესაც საფუძველი შერჩეულია, გეოლოგი რუკასე დაიტანს გეოლოგიურ ცნობებს. ძირითადად ეს იქნება სხვადასხვა ფორმაციების გაერთელება ზედაპირზე, ეროპტიული ქანების ნაწენები, ნაოჭები, წყვეტები და სხვ. (სურ. 11). ფორმაციებს სათანადოდ შერჩეული ფერებით წარმოდგენენ ან სხვადასხვა ნიშნებით, როგორცაა დაწერტვა, დაშტრიხვა და სხვ.

ცხადია, ყოველი ფერით შეგვიძლია, რომელიც მოგვესურება, ფორმაცია აღვნიშნოთ, მაგრამ რუკის წაკითხვის გასაადვილებლად დიდი უპირატესობა ექნება, რომ ერთისა და იმავე ფორმაციისთვის ყველა ერთსა და იმავე ფერს იყენებდეს. მაშინ შეჩვეული თვალი დეკანდის გაცნობამდეც, პირველივე შეხედვით სწორ შთაბეჭდილებას მიიღებდა. ამიტომ იყო, რომ საერთაშორისო გეოლოგიურმა კონგრესმა თავის პირველსავე სესიაზე მიიღო რეკომენდაცია იმის შესახებ, თუ რა ფერი რის აღსანიშნავად უნდა იხმარებოდეს. ამის მიხედვით იურულ სისტემას აღნიშნავენ ღურჯი ფერით, ცარცულს-მწვანით, მესამეულს-ყვითლით, გრანიტს – ვარდისფრით და ა.შ. თანაც, რაც უფრო მუქია აღებული ფერი, მით უფრო ძველი უნდა იყოს შესატყვისი ნალექები. არ იქნება, მაგალითად, რომ ქვედა ცარცული ღია მწვანით წარმოედგინოთ და ზედა – მუქით.



სურ. 11. გეოლოგიური რუკა.

რუკა, გეოგრაფიული თუ გეოლოგიური, ძვირფასი საშუალება არის ნატარებული კელევის შედეგების ასანუსხავად და მკითხველისათვის გასაზიარებლად. მაგრამ მისი მნიშვნელობა ამით როდი ამოიწურება, რუკა იმავე დროს ფასდაუდებელი კელევის იარაღიც არის. დიდი ობიექტების, მაგ., კავკასიონის, ურუკოდ ადამიანს დანახვაც კი არ შეუძლია, როგორც ერთობილის. მით უმეტეს უნდა ითქვას ეს კონტინენტების შესახებ. უეჭველია, ამა თუ იმ კონტინენტის კონტურებს და რელიეფს თვით მისი ამგებმავეები მხოლოდ რუკის დამთავრების შემდეგ დაინახავენ. შედგენილი რუკა თვით მის შემდგენელს ბევრს რასმე მოულოდნელს ეუბნება.

**ჰიდროგეოლოგია, მისი ამოცანები და კვლევის
მეთოდები**

ჰიდროგეოლოგია არის მეცნიერება მიწისქვეშა წყლების შესახებ. იგი გეოლოგიის ერთ-ერთი მნიშვნელოვანი დარგია.

მიწისქვეშა წყლები უპირატესად სასარგებლო ნამარხის წარმოადგენს. მტკნარ მიწისქვეშა წყლებს იყენებენ წყალმომარაგების მიზნით, მინერალურ და თერმულ წყლებს – სამკურნალოდ; ზოგიერთი მინერალური წყლიდან და მარილხსნარიდან მოიპოვებენ იოდს, ბრომს, რადიუმს, ლითიუმს და სხვა. თერმულ წყლებს იყენებენ გათბობისა და ენერგეტიკული მიზნებისათვის. მიწისქვეშა წყლებს იყენებენ როგორც ინდიკატორს ზოგიერთი სასარგებლო ნამარხის საბადოების ძებნისას და სხვ. მაგრამ სხვა შემთხვევებში მიწისქვეშა წყალი გვეუბნება როგორც არახელსაყრელი ფაქტორი – იგი ართულებს მშენებლობის პირობებს, აბრკოლებს სასარგებლო ნამარხთა საბადოების დამუშავებას.

ჰიდროგეოლოგია ხელს უწყობს მიწისქვეშა წყლებისა და მინერალურ-ნედლეულის რესურსების მთლიან და რაციონალურ გამოყენებას სოციალისტური სახალხო მეურნეობის ინტერესებისათვის. მის წინაშე მრავალი თეორიული და პრაქტიკული ამოცანა დგას. ამჟამად იგი ჩამოყალიბდა რთულ კომპლექსურ მეცნიერებად, რომელიც მოიცავს შემდეგ დამოუკიდებელ სამეცნიერო-მეთოდურ კურსებს: 1) ზოგადი ჰიდროგეოლოგია, 2) მიწისქვეშა წყლების დინამიკა, 3) ჰიდროგეოქიმია, 4) ჰიდროგეოლოგიური კვლევების მეთოდიკა. 5) სასარგებლო ნამარხთა საბადოების ჰიდროგეოლოგია; 6) სწავლება მინერალური წყლების შესახებ, 7) რადიოჰიდროგეოლოგია 8) რეგიონული ჰიდროგეოლოგია.

ზოგადი ჰიდროგეოლოგია, რომელსაც სახელმძღვანელო მოიცავს, შეისწავლის მიწისქვეშა წყლების წარმოშობას, ფორმირებას, განლაგების პირობებს, მოძრაობას, ფიზიკურ-ქიმიურ თვისებებს. ბალანსს, რეჟიმს, ურთიერთობას შემცველ ქანებთან და მათ როლს გეოლოგიურ პროცესებში.

მიწისქვეშა წყლების დინამიკა შეისწავლის მიწისქვეშა წყლების მოძრაობის კანონზომიერებებს ბუნებრივი და ხელოვნური ფაქტორების სეგაუდენით და ამუშავებს ამ მოძრაობის მართვის მეთოდებს ადამიანისათვის საჭირო მიმართულებით.

ჰიდროგეოქიმია შეისწავლის მიწისქვეშა წყლების აგებულებას, სტრუქტურას. მათი შედგენილობის ფორმირების და ცვლილების პროცესებს. ქიმიური ელემენტების მიგრაციის პირობებს და ფორმას სხვადასხვა გენეტიკური ტიპის წყლებში და მათ გამდიდრებას სხვადასხვა ელემენტებით ქანებთან ურთიერთობისას ხანგრძლივი დროის განმავლობაში.

ჰიდროგეოლოგიური კვლევების მეთოდიკა არის სწავლება მეთოდებისა და ხერხების შესახებ ჰიდროგეოლოგიური პირობების გამოსაყვლინებლად, მიწისქვეშა წყლების მარაგის, ხარისხის, რეჟიმისა და მოძრაობის თავისებურებათა დასადგენად სხვადასხვა სახალხო-სამკურნეო ამოცანების გადაწყვეტის მიზნით (სხვადასხვა სახის მშენებლობა, წყალმომარაგება. მიწის მასივების ირიგაცია და დაშრობა სამკურნალო და სამრეწველო წყლების ძიება, ნათობისა და გაზის საბადოების, მყარი სასარგებლო ნამარხთა საბადოების მიწისქვეშა წყლების შესწავლა და სხე.

სასარგებლო ნამარხთა საბადოების ჰიდროგეოლოგია შეისწავლის მიწისქვეშა წყლებს საბადოების ათვისებისა და დამუშავების, მათი გეოლოგიურ-სამრეწველო შეფასების მიზნით.

მოძღვრება მინერალური წყლების შესახებ განიხილავს მინერალური წყლების იონურ-მარილოვანი და გა'სური შედგენილობის, ფორმირებას, მათი ძირითადი გენეტიკური ტიპების წარმოშობის საკითხებს, ვითარდება წარმოდგენები მინერალური წყლების საბადოებზე, მარაგსა და მათი პრაქტიკული გამოყენების პირობებსე.

რადიოჰიდროგეოლოგია შეისწავლის მიწისქვეშა წყლებში რადიოაქტიური ელემენტების ფორმირების, გაურცელებისა და მიგრაციის კანონზომიერებებს: ასაბუთებს მათი ძებნისა და დამუშავების ყველაზე რაციონალურ მეთოდებს.

რეგიონული ჰიდროგეოლოგია შეისწავლის კონკრეტული რაიონების მიწისქვეშა წყლების განლაგების, გაურცელებისა და ფორმირების პირობების

კანონზომიერებებს სახალხო მეურნეობაში მიწისქვეშა წყლების გამოყენების პერსპექტივების დასადგენად.

ჰიდროგეოლოგია ბევრი მოსახლერე მეცნიერების მონაცემებს ეყრდნობა, ეკრძოლვ: კლიმატოლოგიის, მეტეოროლოგიის, ჰიდრაგლიკის, გეოფიზიკის, გეოქიმიის, გეომორფოლოგიის, ლითოლოგიის, ნიადაგთმცოდნეობის, ტექტონიკის, ვულკანოლოგიის, ფიზიკის, ქიმიის, მათემატიკის; გეოდეზიის, სამთო საქმისა და სხვ.

ჰიდროგეოლოგიური კვლევების ძირითად სახეებს ეკუთვნის: 1) ადრე ნატარებული კვლევების მასალების შეკრება, განსოგადება და მიზანმიმართული ანალიზი; 2) სადაზღვევრო ჰიდროგეოლოგიური კვლევები; 3) ჰიდროგეოლოგიური აგეგმვა და რუკის შედგენა; 4) საძიებო ჰიდროგეოლოგიური სამუშაოები (ძებნა-ძიებითი ბურღვა და სხვა საძიებო სამუშაოები); 5) საყელე საცდელ-ფილტრაციული სამუშაოები (ამოტუმბეები, ჩასხმები, დაჭირხნები, ექსპრეს-მეთოდები და სხვ.); 6) მიწისქვეშა წყლების ფილტრაციის მოდულირება; 7) ლაბორატორიული სამუშაოები; 8) დაკვირვებები მიწისქვეშა წყლების რეჟიმზე.

3.1. წყლის განაწილება დედამიწაზე

დედამიწაზე წყალი ფართოდაა გაერცყლებული. იგი გეხედება ატმოსფეროში. დედამიწის ზედაპირზე, ლითოსფეროსა და ბიოსფეროში.

ატმოსფერო აშკარად გამოხატული შრეებრივი აგებულებისაა. იგი იყოფა ტროპოსფეროდ, სტრატოსფეროდ, მეზოსფეროდ, თერმო-იონოსფეროდ და ეგზოსფეროდ. ატმოსფეროს თითქმის მთელი მასა (99%-ზე მეტი) თავმოყრილია მის ქვედა შრეებში – ტროპოსფეროსა და სტრატოსფეროში.

ტროპოსფერო დედამიწის ზედაპირთან მდებარე (ქვედა) გარსია, რომლის სიმაღლე იცვლება 8–10 კმ-დან პოლარულ განედზე, 16–18 კმ-მდე კვატორზე.

ტემპერატურა სიმაღლეში მცირდება 0,5–0,6° C-ით ყოველ 100 მ-ზე. წნევა აგრეთვე მცირდება სიმაღლეში, ვერცხლისწყლის სვეტის 760 მმ-დან დედამიწის წუდაპირთან 210 მმ-მდე ტროპოსფეროს ზედა საზღვართან. ვინაიდან ჰაერის სიმკვრივე სიმაღლეში სწრაფად მცირდება. ამიტომ ატმოსფეროს მთელი მასის 80% და თითქმის მთელი წყლის ორთქლი თავმოყრილია ტროპოსფეროში. მასში წარმოიშობა ღრუბლები და ნალექები. ძლიერაა განვითარებული ტურბულენტური და კონვექციური შერევა.

სტრატოსფერო თითქმის 300–400-ჯერ ნაკლები სიმკვრივისაა ტროპოსფეროსზე; მისი ზედა საზღვარი გადის 50–55 კმ-ის სიმაღლეზე. სტრატოსფეროს ტემპერატურა 25 კმ-ის სიმაღლემდე ცოტად თუ ბევრად მუდმივია მუდმივია (უარყოფითია). შემდეგ სიმაღლეში სწრაფად იზრდება და ზედა საზღვართან მიწის 10°C აღწევს. სტრატოსფეროსათვის დამახასიათებელია ჰაერის განსაკუთრებული სიმშრალე: წყლის ორთქლი ძალიან ცოტაა, ამიტომ წვიმის ღრუბლები და ნალექები მასში არ ფორმირდება.

ატმოსფეროს ჰაერი დედამიწის ზედაპირთან შედგება შემდეგი აირებისაგან: აზოტი – 78,08% (მოცულობის მიხედვით), ჟანგბადი – 20,95%, არგონი – 0,93% ნახშირორჟანგი – 0,03%, დანარჩენი 0,01% მოდის წყალბადზე, ნეონზე, კელიუმზე, კრიპტონზე, ქსენონზე, ოსონზე, ამიაკზე, მეთანზე, იოდზე, წყალბადის ზეჟანგზე, რადონზე და სხვ. გარდა ამისა, ატმოსფეროს ჰაერი შეიცავს წყლის ორთქლს, რომლის შემცველობა ჰაერის ვერტიკალურ ჭრილში არაერთგვაროვანია: მთელი ტენის 70% მოდის ატმოსფეროს პირველ 3,5 კმ-ზე, ხოლო პირველი 5 კმ შეიცავს მთელი წყლის ორთქლის 90%. ტროპოსფეროში წყალი შეიძლება შეგვხედეს წვეთურთხევედ მდგომარეობაში – ღრუბლებში, ნისლში, წვიმის სახით და მყარ მდგომარეობაში – თოვლის, სეტყვის და მალაღი ღრუბლების ყინულის კრისტალების სახით. წყლის საერთო მოცულობა ატმოსფეროში 14000 კმ³ შეადგენს.

დედამიწის ზედაპირზე წყალი დაკავშირებულია წყალსატევებთან (ოკეანეები, სღებები, ტბები, გუბურები, ჭაობები) და წყალდენებთან (მდინარეები, ნაკადულები). მაღალ განედებში წყალი, როგორც წყალსატევებში. ისე

წყალდენებში, სამთარში ნაწილობრივ (იშვიათად მთლიანად) წარმოდგენილია მყარი ფაზით – ყინულით; პოლარული წრეების იქით – ყინულის უშეუღებელი სისრქეებით; მთიან ადგილებში თოვლის ხაზის შემოთ იმყოფება მყინვარები. მაღალ განედებში სამთარში მოდის თოვლი.

ყველაზე დიდ წყალსატეხს მსოფლიო ოკეანე წარმოადგენს განაპირა ნახევრად დახშული, კუნძულთშორისი და შიგაონტინენტური ზღვებით. მსოფლიო ოკეანის ფართობი დედამიწის მთელი სუდაპირის 70,8% (510 მლნ კმ²) შეადგენს; წყლის მოცულობა მასში 1370 მლნ კმ³-ია.

დედამიწის ქერქში – ლითოსფეროში წყალი სხვადასხვა სახისაა. ორთქლისებრი, ფიზიკურად ბმული, თხევადი მყარ მდგომარეობაში და ქიმიურად ბმული წყლის საერთო მოცულობა დედამიწის ქერქში 16 კმ-ის სიღრმემდე დაახლოებით 400 მლნ კმ³-ია.

სუდაპირული და მიწისქვეშა წყლები ერთობლიობაში დედამიწის წყლის გარსს – ჰიდროსფეროს შეადგენს. მას ორ ნაწილად ეყოფენ: მიწისზედა (სუდაპირული წყლები) და მიწისქვეშა (ლითოსფეროს წყლები).

მიწისქვეშა წყლების განაწილებაზე დედამიწის ქერქში გავლენას ახდენს: თერმოდინამიკური, ფიზიკურ-გეოგრაფიული პირობები, გეოლოგიური სტრუქტურების თავისებურებანი და მათი განვითარების ისტორია.

ლითოსფეროში მიწისქვეშა წყლების გაერცვლების სუდა სასიღვარი დამოკიდებულია კლიმატზე და სუდაპირის რელიეფის ფორმაზე.

ბიოსფეროს ჩვენი პლანეტის იმ არეს უწოდებენ, რომელიც ცოცხალ ნივთიერებას უკავია; იგი არათანაბრადაა განაწილებული მასში ყველაზე მეტად ცოცხალი ნივთიერება თავმოყრილია ზღვის წყალსატეხებში, ტყეებში, ნიადაგებში და სხვ. ყოველი ცოცხალი ნივთიერების არანაკლებ 2/3-ისა წყლისაგან შედგება, რომლის შემცველობა იცვლება 60%-დან ხმელეთის ორგანიზმებში, 99 და მეტ %–მდე წყლის ორგანიზმებში.

დედამიწის ყველა სფეროს ბუნებრივი წყლები მჭიდროდ არის ერთმანეთთან დაკავშირებული და ერთ მთელს წარმოადგენს. ტემპერატურისა და წნევის ცვლილებით, აორთქლებით, კონდენსაციით, ინფილტრაციით და სხვა პროცესებით გამოწვეული პირობებისაგან, დამოკიდებულებით, წყალი შეიძლება ერთი

სფეროდან მეორეში გადავიდეს და შეიცვალოს ამ დროს თავისი ფიზიკური მდგომარეობა.

3.2. წყლის წრებრუნვა

დედამიწის ერთი სფეროდან მეორეში წყლის გადასვლის პროცესები შეადგენს წყლის საერთო წრებრუნვას ბუნებაში.

ყველაზე უკეთესად შესწავლილია ატმოსფერული, ზედაპირული და მიწისქვეშა წყლების მონაწილეობა წყლის წრებრუნვაში, რომელიც გადამწყვეტ გაელუნას ახდენს დედამიწის ქერქის ზედა ნაწილში მიწისქვეშა წყლების რესურსების ფორმირებას.

აღნიშნული წყლები მჭიდროდ არის ერთმანეთთან დაკავშირებული. მზის ენერჯისა და სიმძიმის ძალის გაელუნით ბუნებაში ხდება წყლის განუწყვეტელი (მუდმივი) წრებრუნვა.

დედამიწის ზედაპირი ყოველწლიურად მზისაგან იღებს $0,31 \cdot 10^6$ ჯოული/სმ² სითბოს, საიდანაც 22% იხარჯება წყლის აორთქლებაზე ოკეანეების, ზღვების, მდინარეების, ხმელეთის ზედაპირიდან, მცენარეული საფარიდან და აორთქლების სხვა ზედაპირებიდან.

წარმოშობილი წყლის ორთქლი გადადის ატმოსფეროში, პაერის მასების მოძრაობისას გადაიტანება ხმელეთისაკენ, განსახლერულ პირობებში კონდენსირდება და გამოიყოფა მიწის ზედაპირზე სხვადასხვაგვარი ატმოსფერული ნალექების სახით.

გამოყოფილი ნალექები ნაწილობრივ ორთქლდება ხმელეთის ზედაპირიდან, ნაწილობრივ ჩაედინება მდინარეებში, ზღვებში, ოკეანეებში; ნაწილი იხარჯება მხენარეების კეებაზე, ნაწილი კი იფონება ქანებში, აღწევს მიწისქვეშა წყლების დონეს ან წარმოშობს ახალ წყალ შემცველ პორიზონტებს (ნახ.12).

ნაეონილი ნალექები გარკვეული დროის შემდეგ ახლად გამოდის დედამიწის ზედაპირზე დადაბლებულ ადგილებში (ზღვის ნაპირები, მდინარეთა ხეობები,

ღონისძიებების სეგაელენასთან დაკავშირებით, როგორცაა ჭაობების და შრობა, მსხვილი წყალსაცავების, სარწყავი სისტემების შექმნა და სხვ.

3.3. წყლის ბალანსი დედამიწაზე

დედამიწაზე წყლის ბალანსში გულისხმობენ წყლის წრებრუნვის პროცესის და მისი ცალკეული რგოლების რაოდენობრივ გამოხატულებას.

მცირე წრებრუნვა წლის განმავლობაში მრავალწლიური მონაცემებით გამოისახება შემდეგი განტოლებით

$$Z_{\text{წ}} = X_{\text{წ}} \quad (3.1)$$

სადაც $Z_{\text{წ}}$ არის წლიური აორთქლება ოკეანეებისა და ზღვების

სუდაპირიდან, მმ;

$X_{\text{წ}}$ – წლიური ნალექები ოკეანეებისა და ზღვების ზედაპირზე, მმ.

ხმელეთისათვის ჩამონადენით ოკეანისკენ დიდი წრებრუნვა წლის განმავლობაში მრავალწლიური მონაცემებით გამოისახება შემდეგი განტოლებით

$$Z_{\text{ხ}} = X_{\text{ხ}} - Y, \quad (3.2)$$

სადაც $Z_{\text{ხ}}$ არის წლიური აორთქლება ხმელეთის სუდაპირიდან, მმ;

$X_{\text{ხ}}$ – წლიური ნალექები ხმელეთის სუდაპირზე, მმ;

Y – წლიური მდინარეული ჩამონადენი ხმელეთის სუდაპირიდან, მმ.

მსოფლიო ოკეანისათვის დიდი წრებრუნვის განტოლება გამოისახება შემდეგი ფორმულით

$$Z_{\text{წ}} = X_{\text{წ}} + Y, \quad (3.3)$$

(1.2) და (1.3) განტოლებების შეკრებით ვღებულობთ.

$$Z_{\text{წ}} + Z_{\text{ხ}} = X_{\text{წ}} + X_{\text{ხ}} \quad (3.4)$$

ე.ი. ოკეანეების სუდაპირიდან და ხმელეთიდან წყლის აორთქლების ჯამი უდრის ამ სუდაპირებზე გამოყოფილ ნალექების ჯამს.

(1.1) განტოლების გამოყენებით გაუდინარი არეებისათვის ვღებულობთ

$$Z_{\text{ა}} = X_{\text{ა}} \quad (3.5)$$

სადაც $Z_{\text{ა}}$ არის წლიური აორთქლება გაუდინარი არეების სუდაპირიდან, მმ;

$X_{\text{ა}}$ – წლიური ნალექები გაუდინარი არეების სუდაპირზე, მმ.

(1.4) და (1.5) განტოლებების მარცხენა და მარჯვენა ნაწილების შეკრებით ვღებულობთ მთელი დედამიწისათვის წყლის ბრუნვის განტოლებას

$$Z_n + Z_k + Z_g = X_n + X_k + X_g \quad (3.6)$$

3.4. მიწისქვეშა ჰიდროსფეროს აგებულება

მიწისქვეშა ჰიდროსფერო ზემოდან დედამიწის ზედაპირით არის შემოსასაზღვრული, ხოლო ქვედა სასაზღვარს სხვადასხვა მკველევარი პირობითად სხვადასხვა სიღრმეზე ატარებს (12-დან 100 კმ-მდე).

დედამიწის ქერქსა და მანტიაში მიწისქვეშა ჰიდროსფეროს ფარგლებში ტემპერატურისა და წნევის ცვლილებასთან ერთად იცვლება წყლის სტრუქტურა და თვისებები. წყლის გადასვლას ერთი მდგომარეობიდან მეორეში და მისი სტრუქტურის დამახასიათებელ ცვლილებებს საფუძვლად უდებენ მიწისქვეშა ჰიდროსფეროში ჰიდროფიზიკური ზონების გამოყოფას. ეს ზონებია: 1. აერაციის, 2. დედამიწის ქერქის გაყინული ზონა, 3. გაჯერების, 4. გადამეტმკერივებული წყლის, 5. სილიკატებისა და ალუმო-სილიკატების თხევად-პლასტიკური წყლის ხსნარის, 6. წყლის დისოცირებული მოლეკულების.

დედამიწის ქერქის ზედა ნაწილში განლაგებული პირველი სამი ზონა უკეთესადაა შესწავლილი.

აერაციის ზონა განლაგებულია დედამიწის ზედაპირიდან გრუნტის წყლების დონემდე. ამ ზონაში წყალი გეხვდება ორთქლისებრი, ფიზიკურად ბმული და კაპიტალური წყლის სახით. თავისუფალი გრავიტაციული წყალი აქ შეიძლება დაგროვდეს სეზონურად ან დროებით გასაფხულზე თოვლის დნობის პერიოდში, ან ინტენსიური წვიმების დროს. აერაციის ზონის სიმძლავრე იცვლება მეტრის ნაწილებიდან 100 მ-მდე და მეტი და დამოკიდებულია წყალგაუმტარი ქანების განლაგების სიღრმეზე, ადგილის რელიეფზე, დედამიწის ზედაპირის დანაწევრების ხარისხზე, კლიმატზე. იქ სადაც მიწისქვეშა წყალი აღწევს დედამიწის ზედაპირს და ჭაობებსა და ჭაობიანობას ქმნის, აერაციის ზონა შეიძლება დიდ ფართობებზე არ

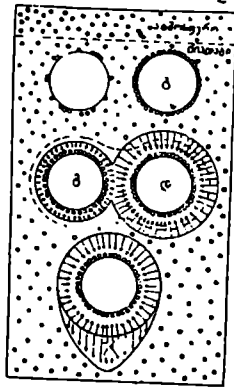
არსებობდეს. მაქსიმალურ სიმძლავრეს აერაციის სონა აღწევს მთებში, რომლებიც აგებულია შეღწეული ქანებით, მაგალითად, კირქვებით.

დედამიწის ქერქის გაყინული ზონა წარმოადგენს ქანების წყებას უარყოფითი ტემპერატურით (0–15°C–მდე), რომელიც მდგრადია ათეული, ასეული და მეტი წლების განმავლობაში. იგი ცივი გეოლოგიური ეპოქის (გამყინვარების) რელიქტია; ხასიათდება ტენის არსებობით მყარ ფაზაში ყინულის შუაშრების და ლინზების სახით. მაგრამ მყარი ფაზის გარდა ეხედებით თხევად წყალს, ხშირად მაღალი მინერალიზაციით, უარყოფითი ტემპერატურით და მცირე რაოდენობის წყლის ორთქლსაც.

გაჯერების ზონა დედამიწის ქერქის ნაწილია, რომელშიც შეღწეული ქანები თავისუფალი და ფიზიკურად ბმული წყლით არის გაჯერებული; გამონაკლისს წარმოადგენს ნაეთობისა და გაისის საბადოების ფართობები. ეს ზონა გრუნტის წყლების დონეზე დაბლაა განლაგებული. ზევიდან მას ესაზღვრება აერაციის ან გაყინული ზონა. ქვედა სასღვარი გადის წყლის კრიტიკული ტემპერატურის (364–450° C) განლაგების სიღრმეზე და დამოკიდებულია დედამიწის ქერქის ტექტონიკურ აგებულებაზე მაგალითად, თანამედროვე ეულკანური მოქმედების არეებში იგი 8–10-კმ აღწევს, ხოლო კამბრიულამდელ ნაოჭა ოლქებში 30–35 კმ და მეტს.

3.5. წყლის სახეობანი ქანებში და მათი მოძრაობის პირობები მიწისქვეშა პიდროსფეროში

მეცნიერები გამოყოფენ ფიზიკური თვისებებით განსხვავებული წყლის ძირითად სახეობას: ორთქლისებრს, პიდროსკოპულს, აფსკურს, გრავეიტაციულს (თავისუფალი გრავეიტაციული და კაპილარული) და მყარ მდგომარეობას (ნახ. 13).



ნახ. 13. წყლის სახეობანი ქანში.

1-ქანის ნაწილაკები; 2-წყლის მოლეკულები ორთქლის სახით. ა-არასრული და ბ-მაქსიმალური ჰიგროსკოპულობა; გ და დ-ქანის ნაწილაკები აფსკური წყლით; წყალი მოძრაობს დ ნაწილაკიდან უფრო თხცელი აფსკით შემოვლებულ გ ნაწილაკისაკენ; ე - ნაწილაკები გრაეიტაციული წყლით.

ე) ჩამონადენი (ზედაპირული და მიწისქვეშა)

ჩამონადენში იგულისხმება ატმოსფერული და მდნარი წყლების გადაადგილება დედამიწის ზედაპირზე (ზედაპირული ჩამონადენი) და ქანების წყებებში (მიწისქვეშა ჩამონადენი).

ზედაპირული ჩამონადენი. დედამიწის ზედაპირზე გამოყოფილი ნალექები თუ მაშინვე არ აორთქლდა, ან არ ჩაიუნა მიწაში. სიმძიმის ძალის გავლენით გადაადგილდება რელიეფის დაბალი ადგილებისაკენ. ცალკეული წერილი წყალდენები ერთდება და გადაიქცევა მსხვილ მდინარეებად. ასე წარმოიშობა ზედაპირული ჩამონადენი. იგი გამოიხატება როგორც დროებითი, ისე მუდმივ მოქმედი წყალდენებით.

მდინარეები იკვებება როგორც ზედაპირული, ისე მიწისქვეშა წყლებით, რომელთა წილი განპირობებულია სხვადასხვა ფაქტორით: 1. კლიმატური

პირობებით; 2. რელიეფით; 3. ქანების წყალშელწვეადობით; 4. მცენარეული საფარით; 5. ხელოვნური ფაქტორებით.

მსოფლიოს უმეტეს მდინარეთა ხეობებში წყლის ღია ნაკადებს მისდევს მიწისქვეშა წყლების შედარებით მძლავრი ნაკადები;

კლიმატური პირობები ჩამონადენის მთავარი ფაქტორია, რაც უფრო მეტია ნალექები მით მეტია ჩამონადენი.

მთიან რაიონებში ხეებისა და მდინარეების ქსელით ძალიან დანაწევრებულ რაიონებში, ფერდობების მნიშვნელოვანი დახრილობით იზრდება ზედაპირული ჩამონადენი; სუსტად დანაწევრებულ რაიონებში იგი უმნიშვნელოა და უფრო ხელშემწყობი პირობებია ინფილტრაციისათვის. წყალშელწვეადი ქანების პირობებში (ქვიშები, ნაპრალოვანი ქანები) ატმოსფერული ნალექების მნიშვნელოვანი ნაწილი იხარჯება ჩაუნჩასა და შთანქმასზე, ხოლო ზედაპირული ჩამონადენი მცირდება.

ჩამონადენებსე მოქმედი ხელოვნური ფაქტორებიდან აღსანიშნავია: მინდორსაცავი ტყის ზონების მოწყობა, რომლებიც ამცირებს ზედაპირულ ჩამონადენს; ფერდობების მოხენა პორისონტალების გასწვრივ, რომლის კელები დროებით აჩერებს წყლის დიდ მასებს და ხელს უწყობს აორთქლებას და შთანქმას; ჰიდროტექნიკური ნაგებობები – არხები, წყალსაცავები და სხვ. დიდ გაკლენას ახდენს როგორც ზედაპირულ, ისე მიწისქვეშა ჩამონადენსე.

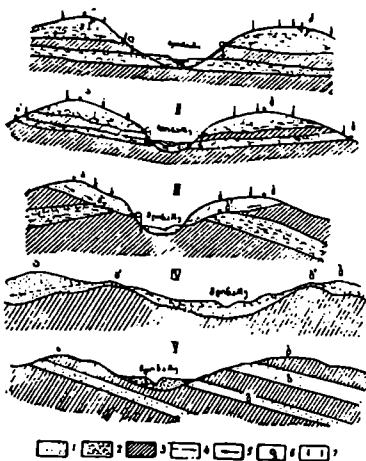
ჩამონადენის (მდინარეული ჩამონადენის) სიდიდის შესაფასებლად და მის დასაწინააღმდეგებლად ზედაპირულ და მიწისქვეშა ჩამონადენად, უნდა ეიცოდეთ ზედაპირული და მიწისქვეშა ჩამონადენის აუზების ზომები.

ზედაპირული ჩამონადენის აუზი არის დედამიწის ზედაპირის ფართობი, რომლიდანაც ზედაპირული წყალი ჩაედინება მოცემული მდინარის სისტემაში. მიწისქვეშა ჩამონადენის აუზი არის ქანების სისქის ფართობი, რომლიდანაც მიწისქვეშა წყალი ჩაედინება მდინარის სისტემაში.

ზედაპირული ჩამონადენის აუზის ზომა შეიძლება განისაზღვროს პორისონტალებიანი ტოპოგრაფიული რუკიდან. ცალკეული წყალშემკრები არეები შემოფარგლულია წყალგამყოფი ხაზებით, ანუ წყალგამყოფებით. მიწისქვეშა ჩამონადენის აუზის ზომა კი ისაზღვრება ადგილის გეოლოგიური აგებულებით. ამ

აუზების ფართობები შეიძლება ერთნაირი იყოს ან მნიშვნელოვნად განსხვავდებოდეს ერთმანეთისაგან. თანაფარდობა ზედაპირული და მიწისქვეშა ჩამონადენის აუზებს შორის დამოკიდებულია რელიეფის ხასიათზე, მისი დანაწევრების ხარისხზე, გეოსტრუქტურულ პირობებზე და შეიძლება სრულიად სხვადასხვაანაირი იყოს (ნახ. 14).

ჩამონადენის რაოდენობრივი დახასიათებისათვის სარგებლობენ შემდეგი მანკენებლებით: წყლის ხარჯი, ჩამონადენის მოდული, ჩამონადენის მოცულობა, ჩამონადენის შრე, ჩამონადენის კოეფიციენტი, ჩამონადენის ნორმა, მოდულური კოეფიციენტი.



ნახ. 14. ზედაპირული და მიწისქვეშა ჩამონადენის აუზების ფართობის თანაფარდობა.

წყლის ხარჯი (Q) არის წყლის რაოდენობა, რომელიც გაედინება მდინარის კალაპოტის განივკვეთში დროის ერთეულში. მდინარის მთელი წყალშემკრები აუზიდან ჩამონადენის სიდიდის განსასაზღვრავად მდინარის ხარჯი იზომება აუზის ქვედაზე ქვედა წერტილში (მდინარის შესართავის უბანზე) მდინარის ამა თუ იმ კვეთში წყლის ხარჯი განისაზღვრება ფორმულით

$$Q = V \cdot F, \text{ მ}^3/\text{წმ} \quad (3.7)$$

სადაც Q არის მდინარის ხარჯი მოცემულ კვეთში, მ³/წმ;

V – მდინარის ნაკადის აშუალო სისქარე, მ/წმ;

F – ნაკადის ცოცხალი კვეთის ფართობი, მ².

ჩამონადენის მოდული (M) ეწოდება წყლის რაოდენობას ლიტრობით, რომელიც ჩაედინება მდინარის წყალშემკრები აუზის ფართობის 1 კმ²-დან წამში; განისაზღვრება ფორმულით

$$M = \frac{Q \cdot 10^3}{F} \text{ ლ/წმ კმ}^2, \quad (3.8)$$

სადაც Q არის მდინარის საშუალო წლიური ხარჯი, მ³/წმ;

F – მდინარის აუზის წყალშემკრები ფართობი, კმ²;

10³ – კუბული მეტრების ლიტრებში გადასაყვანი კოეფიციენტი.

ჩამონადენის მაქსიმალური მოდული შეინიშნება გაზაფხულზე წყალდიდობის დროს, მინიმალური – ზამთარში. ჩამონადენის მოდული სხვადასხვა მდინარის აუზებისათვის დიდ ფარგლებში მერყეობს.

ჩამონადენის მოცულობა (W) არის წყლის რაოდენობა მ³-ობით, რომელიც ჩაედინება აუზიდან წლის განმავლობაში (შეიძლება განისაზღვროს სოცულობა დღე-ღამეში, დეკადაში, თვეში); იგი იანგარიშება ფორმულით

$$W = Q \cdot T, \text{ მ}^3/\text{წელ},$$

სადაც T = 84600 · 365 = 31,5 · 10⁶ წამების რიცხვია წელიწადში.

ჩამონადენის მოცულობა შეიძლება გამოესახოს მოდულის საშუალებით

$$W = \frac{MF}{10^3} \cdot 31,5 \cdot 10^6 = MF \cdot 31,5 \cdot 10^3 \text{ მ}^3/\text{წელ}, \quad (3.9)$$

ჩამონადენის შრე მშ-ობით წლის განმავლობაში მიიღება ამავე დროში ჩამონადენის მთელი მოცულობის განაწილებით თანაბარი შრის სახით აუზის მთელ ფართობზე. იგი გამოითვლება ფორმულით

$$H = \frac{W \cdot 10^3}{F \cdot 10^6} = \frac{W}{F \cdot 10^3} \text{ მმ/წელ.} \quad (3.10)$$

ჩამონადენის შრე შეიძლება გამოესახოს მოდულის საშუალებით. ამისათვის გამოვიყენოთ დამოკიდებულება, რომელიც არსებობს ჩამონადენის შრესა, მოდულსა და მოცულობას შორის

$$h = \frac{W}{F \cdot 10^3} = \frac{M.F.31,5 \cdot 10^3}{F \cdot 10^3} \quad (3.11)$$

შეკვეცის შემდეგ ელემენტობით

$$H = 31,5.M. \text{ მმ/წელ.} \quad (3.12)$$

(3.12) ფორმულიდან შეიძლება მივიღოთ მოდულის გამოსახულება ჩამონადენის შრის საშუალებით

$$M = \frac{h}{31,5} = \frac{l}{31,5} \cdot h = 0.0317 h, \text{ ლ/წმ კმ}^2 \quad (3.13)$$

ჩამონადენის კოეფიციენტი (η) ეწოდება ჩამონადენზე დახარჯული ატმოსფერული ნალექების რაოდენობის შეფარდებას წლის განმავლობაში გამოყოფილი ნალექების საერთო რაოდენობასთან

$$\eta = \frac{h}{X} \quad (3.14)$$

h ჩამონადენი და X ატმოსფერული ნალექები გამოსახულია წყლის შრის სიმაღლით მშ-ობით. ამიტომ, ჩამონადენის კოეფიციენტი გამოისახება განყენებული რიცხვით. ზოგჯერ მას გამოსახავენ პროცენტობით.

$$\eta = \frac{h}{X} \cdot 100\%. \quad (3.15)$$

ჩამონადენის კოეფიციენტის სიდიდე მერყეობს 0-დან 1-მდე. ჩვეულებრივ იგი ერთზე ნაკლებია, რადგანაც ჩამონადენი ატმოსფერული ნალექების ნაწილს წარმოადგენს. მხოლოდ იმ რაიონებში, სადაც განვითარებულია კარსტული მოვლენები და შეიძლება კარსტული წყლები შევიდეს ერთი მდინარის აუზიდან

მეორეში, ანდა როდესაც წყალშედწვევადი ქანები სინკლინური აგებულებისაა და მიწისქვეშა წყალშემკრები აუზის ფართობი უფრო დიდია ზედაპირულისაზე, ჩამონადენის კოეფიციენტის სიდიდემ შეიძლება გადააჭარბოს ერთს. მაღალმთიან რაიონებში იგი დიდია და 0,5–0,9 აღწევს.

ჩამონადენის ნორმა (γ) ჩამონადენის საშუალო არითმეტიკული სიდიდეა მრავალწლიანი პერიოდისათვის (40–50–წლიანი) იგი შეიძლება გამოიხატოს მდინარის საშუალო მრავალწლიური Q_5 ხარჯით. ჩამონადენის საშუალო მრავალწლიური M_5 მოდულით, შრის h_0 სიმაღლით, W_0 მოცულობით.

3.6. მდინარეთა მიწისქვეშა წყლებით კეების სიდიდის განსაზღვრის მეთოდები

ჩამონადენის (მდინარეული ჩამონადენის) სიდიდიდან მიწისქვეშა ჩამონადენის ნაწილის სიდიდე შეიძლება განისაზღვროს სხვადასხვა მეთოდით.

ჰიდრომეტრიული მეთოდი იმაში მდგომარეობს, რომ მდინარის ორ ჰიდრომეტრიულ კვეთში, რომელიც რაღაც მანძილზეა განლაგებული ერთმანეთისაგან. ზომავენ მდინარის ხარჯს. გასომევა უნდა მოხდეს უნაღველი საფხულისა და სამთრის წყალმცირობის პერიოდში. უფრო ხშირად ირჩევენ მდინარის კალაპოტის უშენაკადო სწორხაზოვან უბნებს. გასომევის მონაცემების სასაზღვრავენ მიწისქვეშა კვებას ფორმულით

$$Q_{\text{მიწ}} = Q_2 - Q_1, \quad \text{მ}^3/\text{წმ} \quad (3.16)$$

სადაც $Q_{\text{მიწ}}$ არის მიწისქვეშა კვების სიდიდე;

Q_1 – მდინარის ხარჯი ზედა კვეთში;

Q_2 – მდინარის ხარჯი ქვედა კვეთში.

თუ მოცემულ უბანზე მდინარეს ერთვის შენაკადები, მაშინ უნდა განისაზღვროს მათი ხარჯების ჯამი და გამოაკლდეს გამოანგარიშებულ სხეობას ($Q_2 - Q_1$).

მიწისქვეშა კვებას მდინარის სიგრძის 1 კმ-ზე ანგარიშობენ ფორმულით.

$$P = \frac{Q_2 - Q_1}{L} = \frac{Q_{\text{მოწ}}}{L}, \text{ მპ/წმ} \quad (3.17)$$

ეს მეთოდი კარგ შედეგს იძლევა მნიშვნელოვანი მიწისქვეშა კვების მდინარეებისათვის. მისი საშუალებით მდინარეების მიწისქვეშა კვების სიდიდე ისაზღვრება 5-10 %-ის სიზუსტის.

მიწისქვეშა ჩამონადენის M_a მოდული შეიძლება განესაზღვროს ფორმულით

$$M_a = \frac{Q_a \cdot 10^3}{F_a}, \text{ ლ/წმ კმ}^2, \quad (3.18)$$

სადაც Q_a ხარჯების სხეობაა ($Q_2 - Q_1$) მდინარის უშენაკადო უბანზე, მპ/წმ;

F_a - მიწისქვეშა კვების ფართობი, კმ².

მიწისქვეშა ჩამონადენის პროცენტული შემცველობა საერთო წლიური ჩამონადენიდან (მდინარეული ჩამონადენი) ანუ მიწისქვეშა ჩამონადენის მოდულური კოეფიციენტი ისაზღვრება ფორმულით

$$K_a = \frac{M_a}{M} \cdot 100\% \quad (3.19)$$

სადაც M_a მიწისქვეშა ჩამონადენის მოდულია, ლ/წმ კმ²;

M - საერთო ჩამონადენის მოდული, ლ/წმ კმ².

მიწისქვეშა ჩამონადენის მოდული შეიძლება განესაზღვროთ ფორმულით

$$M_a = \frac{K_a \cdot M_0}{100}, \text{ ლ/წმ კმ}^2 \quad (3.20)$$

სადაც M_0 საერთო ჩამონადენის საშუალო მრავალწლიური მოდულია, ლ/წმ კმ²;

K_a - მიწისქვეშა ჩამონადენის მოდულური კოეფიციენტი.

მიწისქვეშა ჩამონადენის მოდული ახასიათებს ქანების წყალუხეობას. იგი გვიჩვენებს მიწისქვეშა წყლების რაოდენობას (ლიტრობით), რომელიც 1 წამის განმავლობაში ჩამოედინება მდინარეში წყალშემცველი პორიზონტის ფართობის 1 კმ²-დან.

მიწისქვეშა წყლების რეჟიმის შესწავლის მეთოდები. მიწისქვეშა წყლების რეჟიმის შესწავლა ხორციელდება სტაციონარული პიდროგეოლოგიური

დაკვირვებებით რეჟიმის ძირითად ელემენტებზე (დონე, ხარჯი, ტემპერატურა, ქიმიური და ბაქტერიოლოგიური შედგენილობა), სპეციალურად მოწყობილ სათვალთვალო პუნქტების ქსელზე (ჭაბურღილები, წყაროები, შურფები, ჭები). ამ რაიონებში, სადაც მიწისქვეშა წყლები დარღვეული რეჟიმით ხასიათდება, სათვალთვალოდ იყენებენ წყალსადებ და სადრენაჟო ნაგებობებს, სამთო გამონამუშევრებს და სხვ. სათვალთვალო ქსელის განლაგება ხდება საკელევი ტერიტორიის დარაიონების საფუძველზე, რომელიც ხორციელდება გრუნტის წყლების რეჟიმის ფორმირების პირობების მიხედვით, დაწინეითი წყლების ძირითადი რეჟიმის შემქმნელი ფაქტორების გათვალისწინებით. დაკვირვების სიხშირე დამოკიდებულია: კელევის მისიანზე, ბუნებრივი და ხელოვნური ფაქტორების გავლენის ხასიათსა და ხარისხზე, რეჟიმის თავისებურებაზე დაკვირვების ციკლის ხანგრძლივობაზე და სხვ. საშუალოდ ბუნებრივ რეჟიმზე დაკვირვება წარმოებს თვეში ათჯერ, წყალდიდობისა და წვიმების დროს დაკვირვებების სიხშირე იზრდება 2-3-ჯერ (განსაკუთრებით გრუნტის წყლებზე). დაკვირვებები ქიმიური და ბაქტერიოლოგიური შედგენილობის ცვლილებებზე წარმოებს უფრო იშვიათად, ვიდრე დონეებზე (თვეში 2-3-დან 4-6-მდე წელიწადში). ეინაიდან დაწინეითი წყლების რეჟიმი (თუ იგი არაა დარღვეული ადამიანის საინჟინრო მოქმედებით) გრუნტის წყლებთან შედარებით უფრო მუდმივია, ამიტომ მისი ელემენტების გაზომვის სიხშირე 2-3-ჯერ უფრო ნაკლებია, ვიდრე გრუნტის წყლებისა.

3.7. მიწისქვეშა წყლების ბალანსი

მიწისქვეშა წყლების ბალანსში იგულისხმება ამა თუ იმ ფართობზე განსაზღვრულ პერიოდში მათ შემოსავალსა (შემოსავლის ნაწილი) და ხარჯვას (გასავლის ნაწილი) შორის თანაფარდობის რაოდენობრივი გამოხატულება (მმ ან მ/ჰექტარზე).

გავეცნოთ ცალკეული დახშული მდინარის აუზების წყლის ბალანსის განტოლებებს მიწისქვეშა წყლების კეების პირობების შეფასებასთან დაკავშირებით.

თანამედროვე ჰიდროგეოლოგიის ერთ-ერთი ყველაზე მნიშვნელოვანი და რთული პრობლემაა მიწისქვეშა წყლების მარაგის შეფასება. ამ პრობლემის გადაწყვეტაში პერსპექტიულია მიწისქვეშა წყლების მარაგის შესწავლა წყლის ბალანსის მეთოდზე დაყრდნობით.

ველიკანოვმა დროის ნებისმიერი პერიოდისათვის დახშული მდინარის აუზებისათვის გამოიყვანა შემდეგი განტოლება.

$$X = Y + Z + u + \omega \quad (3.21)$$

სადაც X არის ნალექები წყალშემკრების ფართობზე, მმ;

Y – მდინარეული ჩამონადენი, მმ;

Z – აორთქლება კონდენსაციის გამოკლებით, მმ;

u – ტენის მარაგის ყველა გასხომვის ჯამის დადებითი ან უარყოფითი

მნიშვნელობა (თოვლის საფარის ზრდა ან კლება გრუნტის წყლის დონის, მდინარეში ან ტბაში წყლის პორიზონტის აწევა ან დაწევა და სხვ.), მმ;

ω – მოცემული აუზის მომიჯნავესთან წყალცვლის დადებითი.

მრავალწლიანი პერიოდისათვის ეს განტოლება უფრო მარტივ სახეს იღებს.

$$X_{\text{წ}} = Y_{\text{წ}} + Z_{\text{წ}} \quad (3.22)$$

სადაც $X_{\text{წ}} = \frac{\sum X}{n}$ არის ნალექების საშუალო მრავალწლიანი სიდიდე,

ანუ ნალექების ნორმა n წლების განმავლობაში.

$Y_{\text{წ}} = \frac{\sum Y}{n}$ – მდინარეული ჩამონადენის საშუალო მრავალწლიანი სიდიდე.

ანუ მდინარეული ჩამონადენის ნორმა n წლების განმავლობაში.

$Z_{\text{წ}} = \frac{\sum Z}{n}$ – აორთქლების საშუალო მრავალწლიანი სიდიდე, ანუ

აორთქლების ნორმა n წლების განმავლობაში.

4.1. ცნება დედამიწის ტემპერატურულ ველზე და მისი ფორმირების წყაროებზე

სხვადასხვა ბუნებრივი ფაქტორის რთული ურთიერთქმედებით განპირობებული ტემპერატურის განაწილება დედამიწის შიგნით წარმოადგენს გეოტემპერატურულ ველს.

დედამიწის ქერქის სითბური რეჟიმის ფორმირებაში მონაწილეობს სითბური ენერჯიის გარე (ეგ სოლგენური) და შიგა (ენდოგენური) წყაროები.

სითბოს გარე წყაროებიდან მთაყარია მსუ მზის რადიაციასთან შედარებით სხვა გარე წყაროებს (სხვადასხვა ეარსკეღაღის გამოსხივება, კოსმოსური სხივები) მეორეხარისხოვანი მნიშვნელობა აქვს.

ატმოსფეროს გარე სასაღერის ზედაპირის ერთეულზე მზის რადიაცია შეადგენს $1,1 \cdot 10^6$ ჯოული/სმ² წელიწადში. ამ სიდიდის დაახლოებით 33% აირეკლება ატმოსფეროს მიერ სამყაროს სივრცის წლიური ტემპერატურების სასაღერიდან. შებრუნებულ სიდიდეს, ე.ი. ჩაღრმავებას მეტრობით, რომლის დროსაც ტემპერატურა მაღლდება 1°C-ით, გეოთერმული საფეხური ეწოდება.

გეოთერმული საფეხურის სიდიდე ფართო ფარგლებში იცვლება 1-დან 200 მ²/Cმდე. მის საშუალო სიდიდედ მიღებულია 33 მ²/C. ყველაზე მცირე მნიშვნელობა (1 მ²/C და უფრო ნაკლებიც) გეოთერმულ საფეხურს აქვს მესამეულის და თანამედროვე ეულკანურ რაიონებში; გაშიშვლებულ კამბრიულამდელი კრისტალური მასივების მხარეებში იგი დაახლოებით 100-200 მ²/C უდრის.

გეოთერმული საფეხური შეიძლება განისაზღვროს ტემპერატურის გაზომვის მონაცემებით ჭაბურღილებში. თუ გვაქვს ტემპერატურის ერთეული გაზომვები განსაზღვრულ სიღრმეზე და ცნობილია მუდმივი წლიური ტემპერატურების სარტყლის სიღრმე, მაშინ გეოთერმული საფეხური გ მ²/C ისაზღვრება შემდეგი ფორმულით

$$g = \frac{H - h}{T - t_1}, \quad (4.23)$$

სადაც H არის ტემპერატურის გაზომვის სიღრმე, მ;

h – მუდმივი წლიური ტემპერატურის შრის სიღრმე, მ;

T – ტემპერატურა H სიღრმეზე, °C;

t_1 – პაერის საშუალო წლიური ტემპერატურა დედამიწის ზედაპირზე, °C;

როდესაც ჭაბურღილში გვაქვს ტემპერატურის გაზომვის რამდენიმე მონაცემი, მაშინ გეოთერმული საფეხური შეიძლება განისაზღვროს ცალკეული ინტერვალისათვის შემდეგი ფორმულით

$$g = \frac{H_2 - H_1}{T_2 - T_1}, \quad (4.24)$$

სადაც H_2, H_1 არის ტემპერატურის გაზომვის სიღრმეები, მ;

T_2, T_1 – ტემპერატურები H_2, H_1 სიღრმეზე, °C.

დედამიწის ზედაპირის, ნიადაგის და დედამიწის ქერქის სითბური რეჟიმი განპირობებული მისი რადიაციით და სითბოთი, რომელიც ამოდის დედამიწის ზედაპირისაკენ სიღრმიდან, განსაზღვრავს მიწისქვეშა წყლების ტემპერატურას (უკანასკნელი დიდ ფარგლებში მერყეობს). ყველაზე დაბალი ტემპერატურის მიწისქვეშა წყლები გვხვდება მრავალწლიანი მზრალობის ოლქში, ყველაზე მაღალი – ახალგაზრდა ეულკანური მოქმედების ოლქებსა და რაიონებში, სადაც მიწისქვეშა წყლები ტექტონიკური რღვევებისა და ნაპრალების გზით ამოდის დიდი სიღრმიდან. თავის მხრივ, მიწისქვეშა წყლები აქტიურად მოქმედებს დედამიწის ტემპერატურულ ეულზე და ხშირად ტემპერატურულ ანომალიებს წარმოშობს. მიწისქვეშა წყლები დედამიწის ქერქში მიმდინარე თბოგადაცემის ერთ-ერთ უმნიშვნელოვანეს ფაქტორს წარმოადგენს, რადგან ქანების თბური თვისებები დამოკიდებულია მათ ტენიანობაზე და მათში სხვადასხვა სახის წყლის მოძრაობაზე.

ა) იზოთერმები (გეოიზოთერმები) არის ხაზები, რომლებიც აერთებენ ერთნაირ ტემპერატურებს განსაზღვრულ დონეზე. მათ ადგენენ განსაზღვრული სიღრმისათვის, მოცემული აბსოლუტური ნიშნულისათვის, დადგენილი ლითოლოგიური, სტრატиграფიული ან სტრუქტურული ზედაპირისათვის.

თერმოიზოკლინები არის ხაზები, რომლებიც აერთებენ ტემპერატურის ტოლი გადახრის წერტილებს რაიონის ნორმალური ტემპერატურული ველიდან. თერმოიზოკლინების რუკებს ადგენენ მეტადრე მაშინ, როდესაც ტემპერატურა,

გაზომილი საკვლევი უბნის საძიებო ჭაბურჯილებში, უმნიშვნელოდ განსხვავდება რაიონის ტემპერატურული ველის ტემპერატურისაგან, რომელიც განსაზღვრულია თერმომეტრული სადგურებით ან პოსტებით.

თ ა ვ ი V

მიწისქვეშა წყლების კიდრობეოლოგიური სტრატოშიკაცია და კლასიფიკაცია

5.1. ზოგადი ცნობები

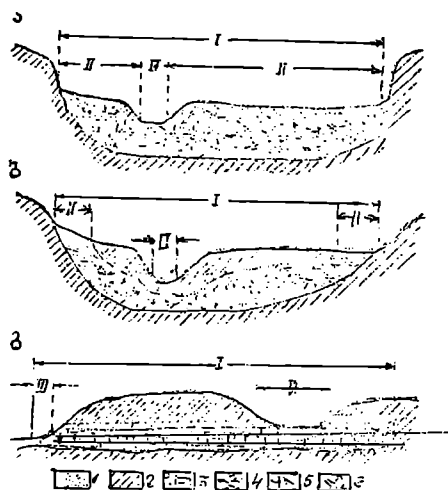
წყალშემცველი ქანები ეწოდება ისეთ ქანებს, რომლებიც შეიცავენ თავისუფალ წყალს, უნარი აქვთ გაატარონ ის თავის სისქეში და შედარებით ადვილად გასცენ სიმძიმის ძალის გავლენით, როგორც ბუნებრივ პირობებში (მიწისქვეშა წყლების ბუნებრივი გამოსავლების გზით, ისე ქანების ხელოვნური გამონამუშევრებით (ჭებით, ჭაბურღილებით და სხვ.) გახსნისას ექსპლუატაციის დროს.

წყალშემხველ ქანებს ეკუთვნის: ხრეში, კენჭნარი, ქვიშა, სუსტად შეცემენტებული კონგლომერატები და ქვიშაქვები, ალკერიოლითები, კირქვები, ნაპრალოვანი მაგმური და მეტამორფული ქანები.

წყალგაუმტარ ქანებს ეკუთვნის ისეთი ქანები, რომელნიც ძალიან სუსტად ატარებენ წყალს, ანდა სრულებით არ ატარებენ და არ გასცემენ მას ბუნებრივ პირობებში. ასეთ ქანებს ეკუთვნის: თიხა, მიძიმე თიხნარი, მკერივი, კარგად გახრწნილი ტორფი, თიხა-ფიქლები, არგილითები, ქვამარილი, თაბაშირი, მერგელი, ყველა მკერივი და დაუნაპრალელებელი მაგმური და მეტამორფული ქანი.

ფართობს, რომლის ფარგლებში გავრცელებულია წყალშემცველი ჰორიზონტი ან კომპლექსი, მათი გავრცელების ოლქი ან არე ეწოდება (ნახ. 15). ფართობს, სადაც ხდება წყალშემცველი ჰორიზონტის კვება, ეწოდება კვების არე.

ხოლო ფართობს, სადაც მიწისქვეშა წყლები გამოედინება წყალშემცველი პორიზონტიდან ან კომპლექსიდან – განტეირთვის ან დრენირების არე.



ნახ. 4. წყალშემცველი პორიზონტების გაერცვლების, კეებისა და განტეირთვის არეების შესაძლებელი განლაგება
 I-გაერცვლების არე; II-კეების არე; III- განტეირთვის არე. 1-ქეიშა;
 2-წყალგაუმტარი ქანები; 3-კირქვა; 4-მიწისქვეშა წყლების დონე;
 5-წყლების ადგილობრივი დაწნევის წარმოშობა; 6-წყაროები.

5.2. მიწისქვეშა წყლების კლასიფიკაციები

მიწისქვეშა წყლების კლასიფიკაცია, ე.ი. წყლების ცალკეული ტიპების გამოყოფა და განსაზღვრათა დასუსტება აადვილებს მათ შესწავლას და გამოყენებას.

მიწისქვეშა წყლების კლასიფიკაციის დამუშავებას აძნელებს მათი არსებობის ბუნებრივი პირობების დიდი სხვადასხვაობა და სირთულე, მათი დინამიკური მდგომარეობა და სხვადასხვა მოთხოვნები მიწისქვეშა წყლებისადმი მათი ექსპლუატაციის დროს.

მიწისქვეშა წყლების კლასიფიკაციას საფუძვლად უდევს სხვადასხვა ნიშანი: წარმოშობის გზები, განლაგების პირობები, პიდროდინამიკური მანევრებლუბი, ტემპერატურა, ქიმიური შედგენილობა წყალშემცველი ქანების ლითოლოგიური თავისებურებები, შემცველი ფენების გეოლოგიური ასაკი და სხვა მანევრებლუბი.

არსებობს მიწისქვეშა წყლების საკმაოდ ბევრი კლასიფიკაცია.

აღსანიშნავია მიწისქვეშა წყლების ხუთი ტიპი: 1. ნიადაგის, ჭაობის, სუდა წყლის; 2. გრუნტის; 3. კარსტული; 4. არტეზიული; 5. ძარღვეული (ნაპრალური). იგი იძლევა მოკლე ცნობებს კეებისა და გაერცვლების არეების, წარმოშობაზე, განლაგების გეოლოგიურ პირობებზე, ტემპერატურაზე, კლიმატურ და გეოქიმიურ სონალურობაზე, ქიმიურ შედგენილობაზე.

არსებობს მიწისქვეშა წყლების ისეთი კლასიფიკაციები, რომლებშიც წყლის სახეების გამოყოფა ხდება ერთი ან ორი სხვადასხვა ნიშნის მიხედვით.

განლაგების პირობებისა და შემცველი ქანის ხასიათის მიხედვით წყლებს ეყოფენ შემდეგ სახეებად: 1. სუდაპირული ფოროეანი ნალექების წყლები; 2. ფენობრივი წყლები, რომლებიც მოძრაობენ დანალექი ქანების ფენებში და ნაწილდებიან ფოროეან-ფენობრივ და ნაპრალურ-ფენობრივ წყლებად; 3. ნაპრალური წყლები, რომლებიც ცირკულირებენ თანაბარზომიერად დანაპრალეზულ მკერივ დანალექ, მაგმურ და მუტამოროფულ ქანებში; 4. ნაპრალურ-ძარღვეული წყლები, რომლებიც ცირკულირებენ ცალკეულ ღია ტექტონიკურ ნაპრალეზში და ტექტონიკური აშლილობის სონებში; 5. კარსტული წყლები.

რომლებიც მოძრაობენ დაკარგული ქანების ნაპრალებისა და სიცარიელების რთულ სისტემაში.

ტ ე მ კ ე რ ა ტ უ რ ი ს მიხედვით (°C-ობით) გამოყოფენ. განსაკუთრებით ცივ წყლებს 0-ზე დაბალს; ძალიან ცივს - 0-4; ცივს - 4-20; თბილს - 20-37; ცხელს - 37-42; ძალიან ცხელს - 42-100 და განსაკუთრებით ცხელს (თერმებს) - 100-ზე მეტს.

გეოლოგიურ-სტრატეგრაფიული ნიშნის მიხედვით დაყოფისას ცალკეული წყალშემცველი პორიზონტების მიწისქვეშა წყლებს დასახელებას აძლევენ შემცველი ქანების ასაკის ან წარმოშობის მიხედვით. მაგალითად, „ცარცული ნალექების წყლები“, „იურული ნალექების წყლები“, „პროლეუიური ნალექების წყლები“ „დელუვიური ნალექების წყლები“. ამასთან, უნდა გვახსოვდეს, რომ ქანების ასაკი არ თანხედება მიწისქვეშა წყლების ასაკს, რადგან ისინი მუდმივ მოძრაობაში იმყოფებიან.

კლიმატური ფაქტორების ზეგავლენის მიხედვით მიწისქვეშა წყლები იყოფა: სონალურ, ასონალურ და ინტრასონალურ წყლებად. ეს ზეგავლენა დამოკიდებულია გეოლოგიურ აგებულებაზე და მიწისქვეშა წყლების განლაგების პირობებზე და იმაში გამოიხატება, რომ განაპირობებს მიწისქვეშა წყლების რეჟიმს. სონალურს ეკუთვნის არალრმა უდაწნეო და დაწნეითი პორიზონტების წყლები, რომელთა რეჟიმი განპირობებულია კლიმატით; ასონალურს-ლრმა მიწისქვეშა წყლები, რომლებიც ნაკლებად არიან დამოკიდებული კლიმატურ ფაქტორებზე და თითქოს კლიმატური სონების გარეთ იმყოფებიან: ინტრასონალურს - წყლები, რომლებიც ნებისმიერ სონაში შეიძლება შეგვხედეს, მაგრამ აქვთ თავისი სპეციფიკური თავისებურებანი (ნიდაგის, სუდა, კარსტული წყლები).

ჰიდრაულიკური თვისებების მიხედვით მიწისქვეშა წყლები იყოფა: უდაწნეო ანუ თავისუფალი სუდაპირის მქონე წყლებად და დაწნეით წყლებად, როდესაც წყალშემცველი პორიზონტი სემოდან წყალგაუმტარი ქანითაა გადახურული და წყალი ჰიდროსტატიკურ წნევას განიცდის, რაც დაწნევას განაპირობებს.

5.3. ქანების წყლოვანი თვისებები

ქანების მთავარ წყლოვან თვისებებს ეკუთვნის: ტენტევალობა, წყალგაცემა, წყალშეღწევალობა და შეღწევალობა, კაპილარულობა.

ტენტევალობა არის ქანის მიერ წყლის განსახლერული რაოდენობის დატევისა და დაკავების უნარი. ამის მიხედვით ქანები იყოფა სამ ჯგუფად: 1. ტენტევადი – ტორფი, თიხა, თიხნარი და სხვ. 2. სუსტად ტენტევადი – თიხოვანი და წერილი ქვიშა, ლიოსი, მერგული, ცარცი, ფხიერი ქვიშაქვა და სხვ.: 3. არატენტევადი – საშუალო და მსხვილმარცვლოვანი ქვიშა, ხრეში, კენჭნარი, მასიური მაგმური, მეტამორფული და დანალექი ქანები.

ტენტევალობა, ისევე როგორც ბუნებრივი ტენიანობა გამოიხატება ერთეულის ნაწილებში და აგრეთვე წონით ან მოცულობით პროცენტებში წყლის სახეების შესაბამისად, რომელთაც ქანი შეიცავს, არჩევენ: პიგროსკოპული, მაქსიმალურ მოლექულურ, კაპილარულ და სრულ ტენტევალობას.

პიგროსკოპული ტენტევალობა (W_i) ან პიგროსკოპულობა არის ქანის ნაწილაკების უნარი მიიზიდოს პაერიდან ორთქლისებრი ტენი.

არჩევენ არასრულ და მაქსიმალურ პიგროსკოპულობას. არასრული პიგროსკოპულობა არის წყლის ორთქლის ის რაოდენობა, რომელსაც შთანთქავს ქანი პაერიდან მისი მოცემული ფერდობითი ტენიანობისას. მაქსიმალურ პიგროსკოპულობას უწოდებენ წყლის ორთქლის მაქსიმალურ რაოდენობას, რომელსაც შთანთქავს ქანი პაერიდან 100%-ის ტოლი ფარდობითი ტენიანობით, ე.ი. როცა იგი გაჯერებულია წყლის ორთქლით.

ქანების პიგროსკოპულობა დამოკიდებულია მათ გრანულომეტრიულ შედგენილობაზე, რაც უფრო დიდია ქანის ნაწილაკების ჯამური ზედაპირის სიდიდე. მით უფრო მაღალია მისი პიგროსკოპულობა. ამა თუ იმ ქანის მაქსიმალური პიგროსკოპულობა მუდმივ სიდიდეს წარმოადგენს. ქვიშებისათვის მისი საშუალო სიდიდე (პროცენტობით წონის მიხედვით) 1% უდრის, მტერისებრი ქანებისათვის (ლიოსი, ლამი) – 7%, თიხებისათვის – 17%.

ქანის არასრული ჰიგროსკოპულობა ისასლერება ისევე, როგორც ტენიანობა, ლაბორატორიული ხერხებით, რომლებიც ემყარება ქანებიდან წყლის მოშორებას თერმული გზით.

მაქსიმალური ჰიგროსკოპულობის განსასლერას აწარმოებენ საგანგებო ხერხით დასველებული ნიმუშის (ათავსებენ ექსიკატორში, რომელშიც ასხია 10%-იანი H_2SO_4 ; ჩაკეტულ სივრცეში გოგირდმჟეავას ზევით მყარდება ჰაერის ტენიანობა 96-98%) 105-110°C-ზე მუდმივ წონამდე გაშრობით.

მაქსიმალური მოლექულური ტენტევალობა (W_g) ეწოდება წყლის მაქსიმალურ რაოდენობას, რომელსაც მოლექულური მიზიდულობის ძალები აკაეებს ქანების ნაწილაკებზე აფსკების სახით. იგი დამოკიდებულია ქანების გრანულომეტრიულ შედგენილობაზე (მსხვილი ქვიშისათვის უდრის 1,57%, მტერისათვის - 4,75%, თიხისათვის - 44,85%).

კაპილარული ტენტევალობა (W_k) შეესაბამება წყლის მაქსიმალურ რაოდენობას, რომელიც დაკაეებულია კაპილარული ფორებით. განსასლერა წარმოებს 23-ე ნახაზზე გამოხატული ხელსაწყოთი. ანალოგიური მეთოდით და ჩეეულებრივ სრულდება მაქსიმალური მოლექულური ტენტევალობის განსასლერასთან ერთად.

სრული ტენტევალობა (W_u) ეწოდება ქანში წყლის შემცველობის ფორების სრული გაჯერების დროს.

თიხოვანი ქანებისათვის, რომელთაც მხოლოდ კაპილარული ფორები აქვთ. კაპილარული ტენტევალობა ტოლიან ან უახლოედება სრულ ტენტევალობას.

წყალშელწვევალობა და შელწვევალობა. წყალშელწვევალობა (წყალგამტარობა) არის ქანის თვისება გაატაროს წყალი წნეეათა სხეობის არსებობისას. წყალშელწვევალობის ხარისხი განსასლერება არა ფორიანობის აბსოლუტური სიდიდით (n), არამედ ფორებისა და ნაპრალეების ზომით. მაგალითად, თიხები, რომელთა ფორიანობა 60%-მდე აღწევს, პრაქტიკულად წყალშელწვევადია, ხოლო ქვიშა რომლის ფორიანობა 28%-ია, კარგი წყალშელწვევადია, ხოლო ქვიშა, რომლის ფორიანობა 28%-ია, კარგი წყალშელწვევაობით ხასიათდება.

კოლორიდური ნაწილაკებით მდიდარ თიხოვან ქანებს ხშირად კოშტოვანი სტრუქტურა აქვს, რაც ადიდებს მათ შელწვევალობას. ზოგიერთ რაიონში თიხოვან

გრუნტებში წყალში ხსნადი კალდციუმის კარბონატებისა და სულფატების არსებობა ხელს უწყობს კოლოიდების კოაგულაციას. განაპირობებს მათ მნიშვნელოვან წყალ შეღწევალობას.

რაც უფრო დიდია ფორების და ნაპრალების ზომა. მით უფრო ადვილად ატარებს ქანი წყალს და პირიქით.

კაპილარულობა. ქანები შეიცავს სხვადასხვა ფორმისა და ზომის ფორებს, სიცარილეებს და ნაპრალებს. წერილ ფორებს აქვს ჩვეულებრივი კაპილარული მილების თვისებები. კაპილარული ფორები ქანებში რთულ კაპილარულ ბადეს ქმნის.

ქანების კაპილარული თვისებები გამოიხატება ფორების გზით მათი წყლის აწევის უნარში დაქანების კაპილარულ ბმულობაში.

ფხვიერ შეუკავშირებულ და რბილ შეკავშირებულ გრუნტებს თავიანთი ფორიანობის გამო აქვს შეერთებულ ფორებში წყლის კაპილარული გადაადგილების უნარი.

ქანის კაპილარულ ფორებში წყლის აწევა წყლის და მყარი ნაწილაკების ურთიერთქმედებისას სუდაპირული დაძაბულობის ძალებით წარმოშობილი ნაზნეკილი მენისკების ამწევი ძალის შედეგია.

სუდაპირული დაძაბულობის P_1 და P_2 ძალები მენისკების ნალუნული სუდაპირების მხებების გასწვრივ არის მიმართული (ნახ. 16). ამ ძალების ევრტიკალური P_1^1 და P_2^2 შემდგენები ჯამდება ერთ საერთო ამივე ძადად $P_1^1 + P_2^2 = P_3$. კაპილარული დაჭიმულობა აღემატება სიმძიმის ძადას, ამიტომაც კაპილარულ წყალს შეუძლია ავიდეს გრავეტაციული წყლის დონიდან სხვადასხვა სიმაღლეზე H_3 , რომელსაც კაპილარული აწევის სიმაღლე უწოდებენ და კაპილარული აწევის სინქარესთან ერთად ქანების კაპილარულობის საზომს წარმოადგენს.

წერილ კაპილარულ მილებში წყალი ადის უფრო მეტ სიმაღლეზე, ვიდრე უფრო დიდი დიამეტრის კაპილარულ მილებში. (ნახ. 16), ე.ი. წერილმარცვლოვან ქანებში, რომლებიც წერილი ფორებით ხასიათდებიან. კაპილარული აწევის სიმაღლე მეტია, ვიდრე მსხვილმარცვლოვან ქანებში.

კაპილარული მიღების კედლების სრული დასველების დროს და ერთეულის ტოლი წყლის სიმკერვისას კაპილარული აწევის სიმაღლე ისაზღვრება ფორმულით

$$H_j = \frac{0.15}{r_1} \quad (5.25)$$

სადაც r_1 არის კაპილარული მილის რადიუსი.

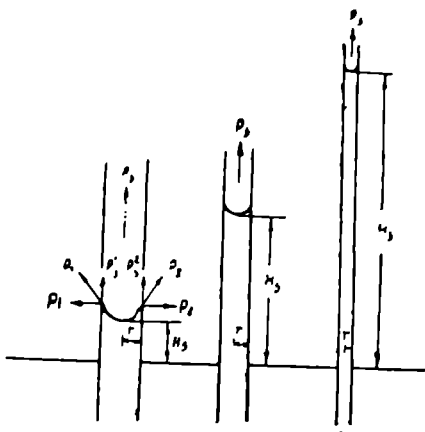
ამრიგად, კაპილარული აწევის სიმაღლე კაპილარული მილის რადიუსის უკუპროპორციულია (ეიურენის კანონი).

(5.25) ფორმულით H_j -ის განსაზღვრა ქეიშებისათვის დამაკმაყოფილებელ შედეგს იძლევა, ხოლო თიხოვანი ქანებისათვის სინამდვილეში დაკვირვებულისაგან – მკვეთრად განსხვავებულ მნიშვნელობებს. ეს განსხვავება აიხსნება კაპილარების ფორმის იდეალურად ცილინდრულისაგან გადახრით, წყლის ადსორბირებული აფსკების როლის გაუთვალისწინებლობით და სხვ.

კაპილარული აწევის სიმაღლე მრავალ ფაქტორზეა დამოკიდებული: ქანის საწყის ტენიანობაზე, გრანულომეტრიულ შედგენილობაზე, გრუნტის წყლებში მარილების კონცენტრაციასა და შედგენილობაზე, წყლის ტემპერატურაზე.

დადგენილია, რომ მშრალ ქეიშებს წყლის აწევის უნარი ნაკლები აქვთ ტენიანებთან შედარებით. კაპილარული აწევის სიმაღლე ტენიან ქანში 3–4-ჯერ უფრო მეტია, ვიდრე მშრალში.

ქანების გრანულომეტრიული შედგენილობა განსაზღვრავს ფორების ზომებს და ხასიათს. ქანების დისპერსიულობის გადიდებისას ფორების ზომა მცირდება და შესაბამისად იზრდება კაპილარული აწევის სიმაღლე.



ნახ. 16. სხედასხეა დიამეტრის კაპილარებში წყლის კაპილარული აწევის სქემა. P_3 - კაპილარული აწევის ძალა; H_3 - კაპილარული აწევის სიმაღლე.

5.4. ქანების ფორიანობა

ყოველ ქანში არის სიცარიელებების ესა თუ ის რაოდენობა, რომლებიც შესაბამის პირობებში შეიძლება შეივსოს წყლით.

ყველა სიცარიელის მოცულობას ქანში უწოდებენ დრულოვნებას. სიცარიელების რაოდენობა, სიდიდე და ფორმა ერთობლიობაში განსაზღვრავს ქანების წყალშეღწეადობას - თვისებას გაატაროს წყალი.

რაც უფრო დიდია ქანის დრულოვნება, მით უფრო მეტი რაოდენობის წყალს დაიტევს იგი. მაგრამ, მიწიქვეშა წყლების მოძრაობის პირობების თვალსაზრისით, დიდი მნიშვნელობა აქვს სიცარიელების ზომებს. დიდი ზომის სიცარიელებებში (მსხვილი ნაპრალები და სიცარიელები დაკარსტულ ქანებში) წყალი ადვილად

მოძრაობს. ხოლო წერილ ფორებსა და ნაპრალებში მისი მოძრაობა გაძნელებულია სიცარიელების კედლებთან შეხების უფრო მეტი ფართობის გამო.

წერილ სიცარიელებს ქანებში ფორიანობას უწოდებენ.

არწევან კაპილარულ და არაკაპილარულ ღრულოვნებას.

ღრულოვნების იმ სახეს, რომელიც განპირობებულია ქანებში კაპილარული და სუბკაპილარული სიცარიელების – ფორების არსებობით, კაპილარული ფორიანობა ეწოდება. წერილ სიცარიელებში წყალი გადაადგილდება ელექტრული და ზედაპირული დაჭიმულობის ძალების ზეგავლენით. კაპილარული ფორების დიამეტრი არ აღემატება 0,5 მმ, ხოლო კაპილარული ნაპრალების სიგანე 0,25 მმ-ზე ნაკლებია. მრგვალი ფორის სუბკაპილარული ფორების დიამეტრი 0,0002 მმ-ზე ნაკლებია, ხოლო სუბკაპილარული ნაპრალების სიგანე – 0,0001 მმ-ზე ნაკლები.

არაკაპილარულ ფორიანობას (ღრულოვნებას) ეკუთვნის სიცარიელები, რომელთაც არა აქვთ კაპილარული თვისებები და წყლის მოძრაობა მათში ხდება სიმძიმის ძალისა და წნევათა სხვაობის შედეგად. 17-ე ნახაზზე მოცემულია სხვადასხვა ქანში სიცარიელების სქემატური გამოსახულება.

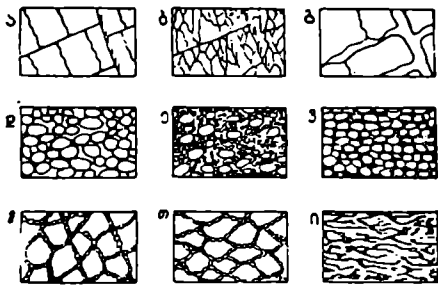
განასხვავებენ ფორიანობის სამ სახეს: საერთოს, ღიას და დინამიკურს. ტერმინი „ფორიანობა“ არაიშვიათად გამოიყენება როგორც „საერთო ფორიანობის“ სინონიმი.

საერთო ფორიანობა (n) რაოდენობრივად ისაზღვრება ქანის ნიმუშში ფორების ჯამური მოცულობის ($V_{ფ}$) შეფარდებით ნიმუშის მთელ მოცულობასთან (V), რომელიც შედგება მყარი ნაწილის (ჩონჩხის) და ფორების მოცულობისაგან $V = V_{ჩ} + V_{ფ}$. საერთო ფორიანობა გამოისახება ერთეულის ნაწილებით

$$n = \frac{V_{ფ}}{V} = \frac{V_{ფ}}{V_{ჩ} + V_{ფ}}, \quad (5.26)$$

ან უფრო ხშირად პროცენტობით

$$n = \frac{V_{ფ}}{V} \cdot 100, \quad (5.27)$$



ნახ. 17. სხედასხვა ქანში სიცარიელების სქემატური გამოსატყლება.

საერთო ფორიანობას თიხოვანი ქანების კვლევის დროს ახასიათებენ ფორიანობის კოეფიციენტით (e), ანუ დაყვანილი ფორიანობით, რომელიც გამოისახება ქანის ფორების მთელი მოცულობის (V_ფ) შეფარდებით მყარი ნაწილის (ნონჩის) მოცულობასთან (V_ნ) მას გამოსახავენ ერთეულის ნაწილებით

$$e = \frac{V_{ფ}}{V_{ნ}}, \quad (5.28)$$

საერთო ფორიანობის სიდიდე ყოველთვის ნაკლებია ერთზე ან 100%-ზე დაყვანილი ფორიანობა კი შეიძლება იყოს ერთზე ნაკლებიც და მეტიც.

5.5. ძირითადი ცნებები ფილტრაციის შესახებ

გაჯერების სონაში ქანების ფორები მთლიანად არის შევსებული (გაჯერებული) თავისუფალი და ბმული წყლებით. აფსკური და კაპილარული წყალი

ქანების მოლეკულური და კაპილარული ძალებით დაკავებულია, გარს ერტყმის ქანის ნაწილაკებს, ავსებს კაპილარულ ფორებს და ქმნის მენისკებს მინერალური ნაწილაკების პირაპირებზე. დანარჩენ ფოროვან სივრცესა და ნაპრალებში იმყოფება თავისუფალი გრავიტაციული წყალი, რომელიც ემორჩილება სიმძიმის ძალას და მოძრაობს პიდროსტატიკურ დაწნევათა სხვაობის ზეგავლენით მაღალი დონის ადგილებიდან დაბალი დონის ადგილებისაკენ. გრავიტაციული წყლების ასეთ მოძრაობას ქანებში ფილტრაციას უწოდებენ.

გრავიტაციული მიწისქვეშა წყლების მოძრაობა დამოკიდებულია დინამიკურ ფორიანობაზე, რომელიც ქეშიანი ქანებისათვის შეიძლება განისაზღვროს როგორც სხვაობა საერთო ფორიანობასა და მაქსიმალურ მოლეკულურ ტენტევადობას შორის.

წყლის მოძრაობას ფოროვან გარემოში განიხილავენ განზოგადებულად – საშუალოდ ქანის მთელი განივეკეთისათვის. ფოროვან გარემოში წყლის მოძრაობისადმი ასეთი განზოგადებული მიდგომისას ფილტრაციის უმნივნელოვანეს მახასიათებელს წარმოადგენს ფილტრაციის სინქარე.

აღენიშნოთ დროის ერთეულში ფილტრირებული წყლის მოცულობითი ხარჯი Q -თი, ქანის განივეკეთი, რომელშიც ხდება წყლის ძილტრაციის სინქარე გამოისახება შემდეგნაირად

$$V = \frac{Q}{F} \tag{5.29}$$

ფილტრაციის სინქარის განზომილების დასადგენად ჩავსვათ ფორმულაში ხარჯისა და ფართობის ერთეულის მნიშვნელობები

$$V = \frac{1 \text{ სმ}^3/\text{წმ}}{1 \text{ სმ}^2} = \text{სმ}/\text{წმ}$$

ფიზიკური თეალსაზრისით ფილტრაციის სინქარე ფიქტიურ სინქარეს წარმოადგენს, ვინაიდან ის მიღებულია იმ პირობიდან, რომ წესკალი ფოროვანი გარემოს მთელ F განივეკეთში მოძრაობს. სინამდვილეში კი ქანებში ფილტრაციის დროს წყალი F განივეკეთის მხოლოდ ნაწილში მიედინება, რომელიც ფორებისა და ნაპრალების ფართობის ტოლია, დანარჩენი ნაწილი კი ქანის მარცვლებს უკავია.

იმისათვის, რომ მივიღოთ წყლის ფორებში მოძრაობის ნამდვილისინქარე. წყლის მოცულობითი ხარჯი უნდა გავეყოთ ფორების ფართობზე. ფორების რეალური ფართობი, რომელშიც ხორციელდება წყლის ფილტრაცია, ხასიათდება დინამიკური n_2 ფორიანობით. ფოროვანი გარემოს ნებისმიერი კვეთისათვის დინამიკური ფორიანობა ისახლევრება შემდეგი გამოსახულებით

$$n_2 = \frac{F_1}{F} \quad (5.29)$$

სადაც F_1 ფორების განიეკეთის ნამდვილი ფართობია, რომელშიც წყალი მოძრაობს;

F – ფოროვანი გარემოს განიეკეთის საერთო ფართობი.

ფორების F_1 ფართობის ქანის განიეკეთის საერთო ფართობისაგან განსხეელება დინამიკური ფორიანობის სიდიდით, ე.ი.

$$F_1 = F \cdot n_2, \quad (5.30)$$

მაშინ მოძრაობის ნამდვილი საშუალო სინქარე

$$V_6 = \frac{Q}{F_1} = \frac{Q}{n_2 \cdot F} \quad (5.31)$$

თუ გაეითვალისწინებთ () ფორმულას, შეგეიძლია დაეწეროთ

$$V_6 = \frac{V}{n_2}$$

(5.32) ფორმულა გეიინევენებს, რომ ნამდვილი სინქარე ყოველთვის მნიშენელოენად მეტია ფილტრაციის საშუალო სინქარეზე, ეინიდან დინამიკური ფორიანობა ყოეველთვის ერთზე ნაკლებია.

მიუხედაეად ასეთი განსხეეებისა, ფილტრაციის სინქარის განსახლერით შეიძლება ყეულა პიდროგეილოგიური ამოცანის გადაწეეება, ზოგიერთი გამონაკლისის გარდა (კონტურების გადაადგილება, გაჭუჭყეიანების განეითარების პროგნოზი, ორეოლების გეერცელება და სხე.), როცა საჭირო ხდება ნამდვილი სინქარის დადგენა.

ქანებში მიწისქეეშა წყლების მოძრაობა თავისი ხასიათის მიხედვით შეიძლება იეოს ლამინარული და ტურბულენტური.

ლამინარული მოძრაობა ხასიათდება წყლის ჭაველების პარალელური მოძრაობით, მცირე სინქარით ნაკადის მთლიანობის უწყვეტლად, ცალკეული ჩაველების სინქარის სიდიდისა და მიმართულების მიხედვით რამდენადმე მნიშვნელოვანი პულსაციის გარეშე; სინქარების ცვლილება ისე მდორედ ხდება, რომ არ იწვევს წყლის ჭაველების შერევას.

ტურბულენტურ მოძრაობას ახასიათებს დიდი სინქარები, გრიგალისებურობა; ცალკეული ჩაველების პულსაცია სიდიდისა და მიმართულების მიხედვით იმდენად დიდია, რომ იწვევს ჭაველების ქაოსურ შერევას.

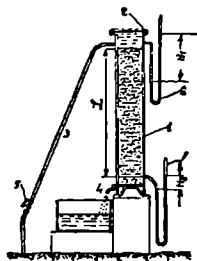
ბუნებრივ პირობებში, ფოროვან და ნაპრალურ გარემოში, უფრო ხშირად წყლის მოძრაობა ლამინარულია. მხოლოდ მსხვილ სიცარიელებსა და ნაპრალეებში, აგრეთვე წყლის შედინებისას სამთო გამონამუშევრებში და ჭაბურღილებში ამოტუმბვის დროს წყლის მოძრაობა შეიძლება გადავიდეს ტურბულენტურში.

5.6. მიწისქვეშა წყლების ფილტრაციის კანონი (დარსის კანონი)

მიწისქვეშა წყლების ფილტრაციის კანონების შესწავლაში გადამწყვეტი მნიშვნელობა აქონდა ფრანგი ჰიდრაულიკოსის – დარსის მიერ ჩატარებულ ცდებს.

დარსიმ წყლის ფილტრაციაზე ცდები ჩაატარა ქვიშით სავსე ცილინდრის მილნი (1) (ნახ.18), რომელიც დახურული იყო სახურავით (2). წყალი ცილინდრში მიეწოდებოდა წყალსადენიდან 3, იკონებოდა ქვიშაში და გამოდიოდა ქვედა ონკანიდან 4. მიწოდებული წყლის რაოდენობა და მისი დაწნევა რეგულირდებოდა შემავალი 5 და გამომავალი ონკანებით; ფილტრაციის გზასე დაწნევის დანაკარგის გასაზომად ცილინდრში დაყენებული იყო ორი გვერდითი ვერცხლის წყლის მანომეტრი (6 და 7).

ცდის საფუძველზე დადგინდა, რომ წყლის რაოდენობა Q , რომელიც იჟონებოდა ქანში დროის ერთეულში (ხარჯი), პირდაპირპროპორციულია მანომეტრით გაზომილი დაწნეების სხვაობისა ($\Delta H = H_1 - H_2$) (დაწნევის დაცემისა), ქანის განიეკეთისა F და უკუპროპორციულია ფილტრაციის გზის სიგრძისა L



ნახ. 18. დარსის ხელსაწყო

$$Q = K \frac{H_1 - H_2}{L} \cdot F = K \frac{\Delta H}{L} \cdot F, \quad (5.33)$$

სადაც K ქანის და ფილტრირებული სითხის ფიზიკურ თვისებებზე დამოკიდებული პროპორციულობის მუდმივი კოეფიციენტია, რომელსაც ფილტრაციის კოეფიციენტი ეწოდება:

$H_1 - H_2$ შესაბამისად, ზედა და ქვედა მანომეტრების ჩვენებებია დაყვანილი წყლის სვეტის სიმაღლეზე.

$\frac{\Delta H}{L}$ შეფარდებას დაწნევილი გრადიენტი ან პიდრაველიკური ქანობი ეწოდება და აღინიშნება I ასოთი. იგი უგანზომილებო სიდიდეა და ახასიათებს დაწნევის დაცემას ფილტრაციის გზის სიგრძის ერთეულზე.

ჩაესვათ (5.33) ფორმულაში დაწნევილი გრადიენტის აღნიშვნა (I), მივიღებთ

$$Q = KIF \quad (5.34)$$

გავეოთ ტოლობის ორივე მხარე ქანის F განიეკეთზე და ამასთან გავითვალისწინოთ, რომ $\frac{Q}{F} = V$ (ფილტრაციის სიჩქარეს) მივიღებთ განტოლებას

$$V = KI \quad (5.35)$$

რომლის თანახმად ფილტრაციის სიჩქარე დაწნევის გრადიენტის პირველი ხარისხის პროპორციულია. (5.35) ფორმულა სწორი ხაზის განტოლებაა და გეინვენებს ფილტრაციის სიჩქარის პირდაპირ დამოკიდებულებას დაწნევილი

გრადიენტისაგან, ამიტომაც დარსის კანონს ხშირად ფილტრაციის ხაზობრივ კანონსაც უწოდებენ.

მედიცინის ფიზიკური თვისებები,
ქიმიური და აირული შემადგენლობა

6.1. წყლის ფიზიკური თვისებები

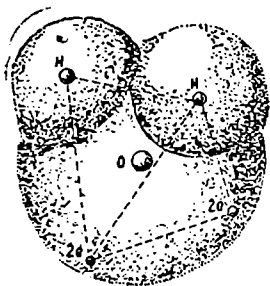
წყალი არის უფერული, გამჭვირვალე სითხე, არა აქვს სუნი და გემო. იგი შედგება 11,11% წყალბადისა და 88,89% ჟანგბადისაგან (მასის მიხედვით).

ორთქლისებრი წყლის მოლეკულას აქვს უმარტივესი ფორმულა H_2O (ჰიდროლი) წყლის მოლეკულა თხევად მდგომარეობაში წარმოადგენს ორი მარტივი მოლეკულის ნაერთს (H_2O)₂ (დიჰიდროქსი); მყარ მდგომარეობაში – წყლის სამი მარტივი მოლეკულის ნაერთია (H_2O)₃ (ტრიჰიდროლი).

წყალს ახასიათებს შემდეგი ანომალიები: 1) ყველაზე დიდი სიმკვრივე წყალს აქვს 4°C-ის დროს. 2) მოცულობა გაყინვისას იზრდება 10%-ით, ამასთან მყარი ფაზა თხევადზე მსუბუქი ხდება; 3) აქვს მაღალი კუთრი თბოტევადობა, რომელიც ტემპერატურის ამაღლებისას 40°C-მდე მცირდება და შემდეგ დიდდება; 4) აქვს ფრიად მაღალი ღებობის სიძლიერე (79,7 კალ/გ); 5) იყინება 0°C. წნევის გადიდებისას გაყინვის ტემპერატურა მცირდება და 2115 კგ/სმ² წნევის დროს აღწევს თავის მინიმალურ მნიშვნელობას (-22°C); 6) აქვს აორთქლების უდიდესი სითბო (539 კალ/გ) 100°C-ის ტემპერატურის დროს (წყლის დუღილის წერტილი); 7) აქვს სხვა სითხეებთან შედარებით ყველაზე მაღალი დიელექტრიკული მუდმივა (81,0 20°C-ისას), ჭარბობს მარტო ციანის მჟავისი. ეს განპირობებს ბუნებაში წყლის მიერ ყველა ნივთიერების გახსნას.

მე-19 ნახაზზე მოცემულია წყლის მოლეკულის მოდელი. წყლის მოლეკულები ქმნიან ტეტრაედრის ფორმის კრისტალურ გისოსს, სადაც ისინი შეერთებული არიან წყალბადური კავშირებით. წყლის მოლეკულების კოორდინაციული რიცხვი ოთხს უდრის, იგი განპირობებულია მუხტების 4 პოლუსით. ორი უარყოფითი და ორი დადებითი. წყლის მოლეკულების დაჯგუფება ელემენტარულ ტეტრაედრებად ეთანხმება წყლის ფიზიკურ მდგომარეობას (თხევადს, მყარს, ორთქლისებრს) და ჩამოთვლილ ანომალიებს. ტემპერატურის

შეცვლისას ხდება წყლის სტრუქტურის გადაკეთება (ეკლავ აწყობა), ამასთან მაღალი ტემპერატურის დროს კარგავს თავის ფარულ კრისტალურ აგებულებას და გადადის სითხეში მოლეკულების ქაოსური განლაგებით. წყლის მოლეკულების ტეტრაედრული განლაგება მტკიცდება რენტგენომეტრიული და სპექტრალური კვლევებით.



ნახ. 19. წყლის მოლეკულის მოდელი.

უბნებსე არსებობს 100°C-ზე მეტი ტემპერატურის წყაროები. შიგა გეოთერმულ სონაში ღრმა ჭაბურღილებით (3-4 კმ) გახსნილია 150°C და მეტი ტემპერატურის გადახურებული წყლები;

არაღრმად განლაგებული მიწისქვეშა წყლების ტემპერატურა იცვლება 5-15° C-ის ფარგლებში. რაც განპირობებულია ადგილობრივი კლიმატური (ძირითადად) და ჰიდროგეოლოგიური პირობებით.

სასმელი წყალი ყველაზე გემრიელი და გამაგრილებელია, როცა მისი ტემპერატურა არის 7-11° C.

ჰიდროგეოლოგიური კვლევების დროს სასურველ წყლის შემდეგ ფიზიკურ თვისებებს: ტემპერატურას, ფერს, გამჭვირვალობას, გემოს, სუნს, ნალექს, კუთრ წონას (სიმკვრივეს) და ელექტროგამტარობას.

წყლის ტემპერატურა ფართო ფარგლებში ცვალებადობს. მაღალ-მთიან რაიონებში და მრავალწლიანი მსრალობის ოლქში იგი დაბალია, უკანასკნელ შემთხვევაში მაღალი მინერალიზაციის მქონე წყლებს უარყოფითი ტემპერატურაც კი აქვს (-5°C და უფრო დაბალი). ახალგაზრდა და თანამედროვე ვულკანურ ოლქებში და აგრეთვე დედამიწის ქერქის ღრმა ნაწილებიდან წყლის ამოსვლის

წყლის ფერი ახასიათებს მის ხარისხს. ქიმიურად წმინდა წყალი უფერულია, მხოლოდ რამდენიმე მეტრის სისქის ფენას ეძლევა ცისფერი. ხისტ წყლებს მოცისფრო ელფერი აქვს. რკინის ქვეანგის მარილები და გოგირდწყალბადი წყალს მომწვანო-ცისფერ შეფერილობას აძლევს, ორგანული ჰუმუსური შენაერთები მოყვითალოს, შეტივტივებული მინერალური ნაწილაკები-მონაცისფროს.

მიწისქვეშა წყლების გამჭირვალეობა დამოკიდებულია მათში გახსნილ მინერალურ ნივთიერებათა რაოდენობაზე, მექანიკური მინარევების, ორგანული ნივთიერებებისა და კოლოიდების შემცველობაზე.

მიწისქვეშა წყალს გემოს აძლევს მასში გახსნილი მინერალური ნივთიერებები, აირები და მინარევები. წყალს სასიამოვნო გემოს აძლევს კალციუმის და მაგნიუმის ჰიდროკარბონატები და ნახშირორჟანგი, მლაშეს - ნატრიუმის ქლორიდი, მწარეს - მაგნიუმის და ნატრიუმის სულფატები. მოტბოს - ორგანული ნივთიერებები. მწკლარტეს - რკინის მარილები.

გემოს სასურველად წყლის გათბობით 30°C -მდე; 15 მლ-მდე წყალს იგუბებენ პირში და აწყებენ რამდენიმე წამს.

სუნი მიწისქვეშა წყლებს ჩვეულებრივ არა აქვს, მაგრამ სოფჯერ იგი შეიგრძნობა და უფრო ხშირად დაკავშირებულია ბაქტერიების მიერ ორგანული ნივთიერების დაშლასთან. გოგირდწყალბადი წყალს ლაყე კვერცხის სუნს აძლევს; დამდგარ წყალს სოგიერთ ხით გაძაგრებულ ჭაში შმორის სუნი აქვს; არაღრმა ჭაობებთან დაკავშირებულ მიწისქვეშა წყლებს თავისებური „ჭაობის“ სუნი აქვს.

წყლის სიმკვრივე (კუთენი წონა) ისაზღვრება მისი მასის მოცულობასთან შეფარდებით განსაზღვრული ტემპერატურის დროს. წყლის სიმკვრივის ერთეულად მიღებულია დესტილირებული წყლის სიმკვრივე 4°C -ის ტემპერატურის დროს. მიწისქვეშა წყლების სიმკვრივე იცვლება 1,0-1,4 გ-სმ³-ის ფარგლებში და დამოკიდებულია ტემპერატურაზე, მასში გახსნილი მარილების, აირების და შეტივტივებული ნაწილაკების რაოდენობაზე.

ელექტროგამტარობა დამოკიდებულია მიწისქვეშა წყლების მინერალიზაციის ხარისხზე, მინერალიზაციის გადიდებისას იგი იზრდება, მტკნარი წყლების ელექტროგამტარობა უმნიშვნელოა ($33 \cdot 10^{-5}$ - $1,3 \cdot 10^{-3}$ ომ.მ). დისტილირებული წყალი იზოლატორია.

სიხისტე არის წყლის განსაკუთრებული თვისება, განპირობებული კალციუმისა და მაგნიუმის მარილების არსებობით. ხისტი წყალი ცუდად ქაფდება, წარმოშობს მინადულს ორთქლის ქვაბებში, უვარგისია შაქრის, ტყავის, ქაღალდის და მრეწველობის ბევრ სხვა დარგში.

არსევენ საერთო, აცილებად და მუდმივ სიხისტეს.

საერთო სიხისტე განპირობებულია კალციუმის და მაგნიუმის ყველა მარილის შემცველობით; იგი შეესაბამება წყალში არსებულ Ca^{2+} და Mg^{2+} იონების საერთო რაოდენობას.

აცილებადი (დროებითი) სიხისტე გამოწვეულია წყალში კალციუმის და მაგნიუმის ჰიდროკარბონატული და კარბონატული მარილების არსებობით.

სასმელად იყენებენ მიწისქვეშა წყლებს, რომელთა საერთო სიხისტეა 7 მგ-ეკუ-მდე, მაგრამ ზოგიერთ ადგილებში – გაცილებით ხისტ წყლებს.

6.2. მიწისქვეშა წყლების აირული შედგენილობა

მიწისქვეშა წყლებში ფართოდაა გაურცვლებული შემდეგი აირები: ჟანგბადი O_2 , ნახშირორჟანგი CO_2 , გოგირდწყალბადი H_2S , წყალბადი H_2 , მეთანი CH_4 . მძიმე ნახშირწყალბადები (ეთანი C_2H_6 , პროპანი C_3H_8 , ბუტანი C_4H_{10}), ასოტი N_2 და კეთილშობილი აირები (ჰელიუმი He , ნეონი Ne , არგონი Ar , კრიპტონი Kr და ქსენონი Xe).

მიწისქვეშა წყლებში აირები გვხვდება მოლეკულური ხსნარებისა და თავისუფალი (საორტანური) სახით. წნევის შემცირებისას აირი ხსნადი მდგომარეობიდან გადადის თავისუფალში.

ჟანგბადი უპირატესად ატმოსფერული წარმოშობისაა, ნაწილობრივ გამოიყოფა წყალმცენარეების მიერ ფოტოსინთეზის პროცესში. მიწისქვეშა წყლებში გვხვდება გახსნილი სახით 0-დან 15 მგ/ლ-მდე რაოდენობით. სიღრმეში მისი შემცველობა მიწისქვეშა წყლებში თანდათანობით იკლებს. იგი წარმოადგენს წყალში გახსნილი ცვალებადი ვალენტობის მქონე ნივთიერებათა მჟანგავს.

ნახშირორქვანგი სხვადასხვა გზით წარმოიშობა: შთაინთქმება მიწისქვეშა წყლების მიერ ატმოსფეროდან, წარმოიშობა ქანებში მიმდინარე ბიოქიმიური და ქიმიური პროცესებისას. იგი გამოიყოფა აგრეთვე ვულკანური და მეტამორფული პროცესების დროს.

6.3. ორგანული ნივთიერებები და მიკროორგანიზმები მიწისქვეშა წყლებში

ორგანული ნივთიერებები და მიკროორგანიზმები შეისწავლება წყალში შემდეგი მიზნით: სასმელი წყლის სანიტარიული შეფასების, ნავთობის, საწვავი აირებისა და მადნების ძიებისათვის, მიწისქვეშა წყლებში მიმდინარე ბიოქიმიური პროცესების ხასიათისა და ინტენსიურობის განსაზღვრისათვის.

მიწისქვეშა წყლებში ეხედებით სხვადასხვანაირ ორგანულ შენაერთს: პუმიწურ მჟავებს, ბიტუმებს, ფენოლებს, ცხიმოვან მჟავებს, ნაფტენატებს, ორგანულ ნახშირბადს, ორგანულ აზოტს და სხვ.

მიწისქვეშა წყლებში ორგანული ნივთიერებების შემოსულის წყაროებია: ატმოსფერული ნალექები, ნიადაგი, 'ხედაპირული წყლები, ზღვის წყლები და ზღვის ღამები, დანადგეჰი ქანები, ნავთობის, ნახშირის, ტორფის ბუდობები.

7.1. წყლის ქიმიური ანალიზების ტიპები

წყლის ქიმიურ ანალიზს აწარმოებენ მასში გახსნილი ნივთიერებების განსასაზღვრავად და მისი მათე და სასარგებლო თვისებების დასადგენად და დასახასიათებლად.

რა უნდა განისაზღვროს წყლის სინჯში, რა მოცულობით და მეთოდით – დამოკიდებულია სამუშაოების მისანსე. თუ ჰიდროგეოლოგს არა აქვს ნათელი წარმოდგენა ანალიზის მიზან-დანიშნულებაზე, ამან შეიძლება გამოიწვიოს შეკრებილი მონაცემების უკმარისობა ან ზედმეტობა.

ჰიდროგეოლოგიური კვლევების ხასიათისაგან დამოკიდებულებით წყლის ქიმიური ანალიზები ტარდება შემდეგი ძირითადი ამოცანების გადასაწყვეტად: 1) სხვადასხვა შედგენილობის წყლების ფორმირების და გავრცელების კანონზომიერებათა შესწავლა; 2) მიწისქვეშა წყლების შესწავლა როგორც სასარგებლო ნამარხთა საბადოების (ნავთობის, აირის, მარილების, სპილენძის, ტყეის, მოლიბდენის და სხვ.) საძებნი კრიტერიუმისა; 3) მიწისქვეშა წყლების შესწავლა ქიმიური ნედლეულის – იოდის, ბრომის, ბორის, რადიუმის და სხვა ნივთიერებათა მოსაპოვებლად; 4) მიწისქვეშა წყლების შედგენილობის და თვისებების შესწავლა სასმელი, ტექნიკური, სასოფლო-სამეურნეო. სამკურნალო და სხვა სახის გამოყენებისათვის.

არსებობს ქიმიური ანალიზების შემდეგი ტიპები: საველე, შემოკლებული, სრული და სპეციალური.

საველე ანალიზის დროს ისაზღვრება: ფიზიკური თვისებები, pH , Cl^- , SO_4^{2-} , NO_2^- , HCO_3^- , CO_3^{2-} , Ca^{2+} , Fe^{2+} , CO_2 , H_2S , O_2 გამოთვლება $N^{2+} + K^+$, Mg^{2+} , კარბონატული სიხისტე, მინერალურ ნივთიერებათა ჯამი. აღნიშნული ანალიზი სრულდება საველე პირობებში საველე ლაბორატორიების დახმარებით. გამოიყენება მასიური განსაზღვრებისას შესასწავლი ფართობის წყლების წინასწარი დასახიათებისათვის.

შემოკლებული ანალიზის დროს ისაზღვრება: ფიზიკური თვისებები, pH , Cl^- , SO_4^{2-} , NO_2^- , HCO_3^- , CO_3^{2-} , Ca^{2+} , Mg^{2+} , Fe^{2+} , Fe^{3+} , NH_4^+ , NO_3^- , H_2S , CO_2 , H_2SiO_2 , უანგეადობა, მშრალი ნაშთი. გამოთვლება $Na^+ + K^+$, საერთო და კარბონატული სიხისტე, აგრესიული CO_2 შემოკლებული ანალიზები სრულდება უფრო ზუსტი მეთოდებით სტაციონარულ ლაბორატორიებში; საშუალებას იძლევა ჩაეატაროს ანალიზის კონტროლი მშრალი ნაშთის მიხედვით. გამოიყენება მასიური განსაზღვრებისას რაიონის წყლების დასახასიათებლად.

სრული ანალიზის დროს შემოკლებული ანალიზის განსაზღვრები შეიძლება Na^+ -ისა და K^+ -ის იონების ცალკე-ცალკე განსაზღვრით. სრული ანალიზი ტარდება ყველაზე ზუსტი მეთოდებით სტაციონარულ ლაბორატორიებში; საშუალებას იძლევა ჩაეატაროს ანალიზის კონტროლი მშრალი ნაშთისა და კათიონების და ანიონების მგ-ეკვების ჯამის მიხედვით.

სპეციალური ანალიზი ტარდება განსაკუთრებული მოცემულობით კვლევების მიზანდასახულობის შესაბამისად გამოიყენება მიკროკომპონენტების ან სხვა ნივთიერებების (აირების: აზოტის, კუთილშობილი აირების, მძიმე ნახშირწყალბადების, ორგანული ნივთიერებების და სხვ.) განსაზღვრებად, რომელთა დადგენას სრული ანალიზი არ ითვალისწინებს.

7.2. წყლის ქიმიური ანალიზის შედეგების გამოსახვის ფორმები

ბუნებრივი წყალი წარმოადგენს მარილების ცოტად თუ ბევრად განზაგებულ ხსნარს, რომლებიც დისოცირებული არიან იონებად; სხვა შენაერთებს შორის ბუნებრივ წყლებში ჭარბობს იონები, ამიტომაც წყლის ანალიზის შედეგების გამოხატვის ძირითად ფორმას იონური ფორმა წარმოადგენს.

წყლების იონურ-მარილოვანი შედგენილობის გამოსახვისას ცალკეული იონების შემცველობის სახით არსევენ წონით იონურ, ეკვივალენტურ და პროცენტ-ეკვივალენტურ ფორმებს.

წონით-იონური ფორმა წარმოადგენს ამოსავალ ფორმას სხვა ფორმების მისაღებად. მაკროკომპონენტებს გამოხატავენ გრამობით ან მილიგრამობით 1 ლიტრზე მტკნარი და მომლაშო წყლებისათვის, ხოლო მინერალიზებული წყლებისა და მარილხსნარებისათვის – გრამობით კილოგრამ ან გრამობით 100 გ წყალზე. მიკროკომპონენტების განსაზღვრის შედეგებს გამოხატავენ მიკროგრამობით 1 ლიტრ წყალზე, ხოლო თუ ისინი დიდი რაოდენობით არის წყალში, ასევე გამოხატავენ როგორც მაკროკომპონენტებს (მგ/ლ, მგ-ეკვ, %-ეკვ). ანალიზის გამოხატვის წონით-იონური ფორმა საკმარისი არ არის წყლის თვისებების სრული დახასიათებისათვის.

ეკვივალენტური ფორმა ფართოდაა გაერცყლებული. იგი ყველაზე სრულად ასახავს წყალში შემავალ ნივთიერებათა ქიმიურ ბუნებას და მის უმნიშვნელოვანეს თვისებებს; ნათელ წარმოდგენას იძლევა იონების თანაფარდობაზე ყოველ კონკრეტულ ანალიზში; საშუალებას იძლევა გავაკონტროლოთ ანალიზის შედეგები და გამოვთვალოთ სოკიერთი იონის ჩვეულებრივ (Na -ის) შემცველობა მისი უშუალო ანალიზური განსაზღვრის გარეშე. იონები რეაგირებს ერთმანეთთან არა ტოლი მასების სახით, არამედ გარკვეულ ეკვივალენტურ წონით შეფარდებებში. მაგალითად, 1 გ Na^+ -ის იონი კი არ რეაგირებს 1 გ Cl^- იონთან, არამედ Na -ის 1 ეკვივალენტი Cl^- -ის 1 ეკვივალენტთან.

7.3. წყლის ქიმიური შედგენილობის გამოხატვა ფორმულის

სახით

წყლის ქიმიური შედგენილობის გამოსახატავად ფართოდ იყენებენ ფორმულებს, რომელთაგან ყველაზე მეტი პოპულარობით სარგებლობს მ. კურდლოვის ფორმულა. იგი თვალსაჩინოდ გამოხატავს წყლის ქიმიურ შედგენილობას. კურდლოვის ფორმულა წარმოადგენს ფსევდონაწევარს, რომლის მრიცხველში მოთავსებულია ანიონები (%-ეკვ), მათი შემცველობის კლებადი რიგით, მნიშვნელში კი – კათიონები ასეთივე წესით. იონები, რომელთა შემცველობა 10%-ეკვ-ზე ნაკლებია, ფორმულაში არ შეაქვთ. ფორმულის მარცხნივ წერენ აირებს.

სპეციფიკურ ელემენტებს და საერთო მინერალიზაციას გრამობით ლიტრზე. ნაწიერის მარჯვნივ უჩვენებენ წყლის pH ტემპერატურას გრადუსობით და წყაროს ან ჭაბურღილის დებიტს ლიტრობით დღე-ღამეში.

მინერალიზაციას აღნიშნავენ M სიმბოლოთი, რომლის მარჯვნივ ქვემოთ წერენ ციფრს, რომელიც შეესაბამება საერთო მინერალიზაციას პირველ ათწილად ნიშნამდე. აირებს და სპეციფიკურ ელემენტებს უჩვენებენ მათი შემცველობისას არანაკლებ ქვედა ნორმებს, რომლებიც ნეეულბერიე წყლებს განასხვავებენ მინერალური წყლისაგან.

კურლოვის ფორმულის ჩანაწერს ბორჯომის მინერალური წყლისათვის შემდეგი სახე ექნება

$$CO\ 0,8\ M\ 0,6\ \frac{HCO_3\ 85Cl\ 14}{Na\ 88}\ pH\ 6,9\ tC\ 32^\circ\ D\ 1500, \quad (7.36)$$

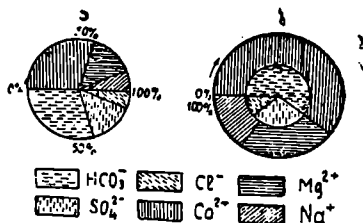
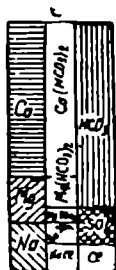
წყლის დასახელებაში შეაქვთ ანიონები და კათიონები, რომელთა შემცველობა აღემატება 25 მგ-კეკ %, ამასთან მათ დასახელებენ კლებადი რიგით. ამრიგად, ბორჯომის წყლის შედგენილობის დასახელება შემდეგია: ნახშირორჟანგიანი, პიდროკარბონატული ნატრიუმიანი.

ბოლო დროს ფორმულაში უჩვენებენ ქველა ანიონს და კათიონს, რომელთა შემცველობა აღემატება 1 მგ-კეკ %, რადგან პრაქტიკული მუშაობისათვის ეს უფრო მოსახერხებელია.

7.4. წყლის ქიმიური შედგენილობის გრაფიკული გამოსახტვა

წყლების ქიმიური შედგენილობის გრაფიკული გამოსახტვის რამდენიმე ხერხი არსებობს. ამათგან ერთეული ანალიზის გამოსახატავად უმარტივესია გრაფიკ-სწორკუთხედი (ნახ. 20,21) გრაფიკს აგებენ ორი ვერტიკალური (ან პორიზონტალური სწორკუთხედის სახით. ერთ სწორკუთხედზე მასშტაბში ქვემოდან ზემოთ დააქვთ კათიონების შემცველობა %-ობით, მეორეზე ანიონების, მათი კლებადი აქტივობის მიხედვით (ფრეზენიუსის წესის მიხედვით): NH_4^+ , K^+ , Na^+ , Mn^{2+} , Ca^{2+} , Fe^{2+} , Mn^{2+} , H^+ ; NO_3^- , Cl^- , Br^- , I^- , SO_4^{2-} , HCO_3^- , CO_3^{2-} , OH^- ;

სწორკუთხედებს შორის სოლში რაოდენობრივად გამოხატულია ჰიპოთეტური მარილები. საერთო მინერალიზაციას ცალკე მიუთითებენ.



ნახ.20. წყლის ქიმიური შედგენილობის გრაფიკ-სწორკუთხედი

ნახ.21. წყლის ქიმიური შედგენილობის გრაფიკ-წრე

ურთუყული ანალიზის გამოხატვა შეიძლება აგრეთვე წრის სახით (ნახ. 21 ა). წრის რადიუსი მასშტაბში გამოხატავს წყლის საერთო მინერალიზაციის სიდიდეს; ანიონური შედგენილობა %-ეკობით გამოიხატება წრის ქვედა ნახევარზე მარცხნიდან მარჯვნივ შემდეგი რიგით: HCO_3^- , SO_4^{2-} , Cl^- ; კათიონური - ზედაზე შემდეგი რიგით: Ca^{2+} , Mg^{2+} , $Na^+ + K^+$ ბ

ზოგჯერ წრე-დიაგრამას სხეანიარად აკებენ (ნახ. ბ). წრეს ყოფენ ორ კონცენტრულ წრედ: შიგნითა გამოხატავს ანიონურ შედგენილობას, ხოლო გარეთ კათიონურს %-ეკობით.

7.5. სასმელი წყლის ხარისხის შეფასება

წყლის ხარისხის შეფასების ამოცანები სხვადასხვანაირია, რადგან სახალხო მეურნეობის სხვადასხვა დარგის მოთხოვნები წყლის ხარისხისადმი არაა ერთნაირი. სამშენებლო და ტექნიკური მიზნით დიდი მნიშვნელობა აქვს წყლის ისეთ თვისებებს, როგორცაა აგრესიულობა, სიხისტე. გავეცნოთ სასმელი წყლის ხარისხის შეფასებას.

მსოფლიოში კანონმდებლობით დადგენილ იქნა სასმელ წყალში ამა თუ იმ კომპონენტების დასაშვები შემცველობის ზღვრები. აქ იგულისხმება ამ კომპონენტების ისეთი კონცენტრაცია, რომელიც გამორიცხავს მათ რაიმე მანევ მოქმედებას ადამიანის ორგანიზმზე.

სასმელი წყლების შეფასებისას იყენებენ მონაცემებს: წყლის ფიზიკურ თვისებებზე, წყალში არსებული ძირითადი ელემენტების კონცენტრაციაზე; ელემენტების შემცველობაზე, რომლებიც წყლის გატუჭიანებაზე მიუთითებს (NH^+ , NO_2^- , NO_3^-); დამენაგველობაზე, მიკროკომპონენტებზე, რომლებიც მანევ მოქმედებენ ადამიანის ორგანიზმზე და ბაქტერიოლოგიურ შედგენილობაზე.

სასმელი წყალი უნდა იყოს უფერული, გამჭვირვალე, არ ჰქონდეს უსიამოვნო გემო და სუნი, გააჩნდეს 4–დან 15°C–მდე ტემპერატურა.

2761–57 და 2874–73 სახელმწიფო სტანდარტების მიხედვით ცენტრალისებული წყალმომარაგებისათვის წყლის მშრალი ნაწილი არ უნდა აღემატებოდეს 1000 მგ/ლ, საერთო სიხისტე – 7 მგ/ეკვ/ლ და არაუმეტეს 10 მგ.ეკვ/ლ. ძირითადი ელემენტების და მიკროკომპონენტების ზღვრული შემცველობა (მგ/ლ) უნდა იყოს შემდეგი: Cl^- – 350%; SO_4^{2-} – 500; რკინა ($Fe^{2+} + Fe^{3+}$) – 0,3; Mn^{2+} – 0,1; Cu^{2+} – 1,0; Zn^{2+} – 5,0; Al^{3+} – 0,5; Pb – 0,1; As – 1,5; F – 1,5; ფენოლი – 0,001. გარდა ამისა, წყალი არ უნდა შეიცავდეს ეერცხლისწყალს, ექვსეალენტიან ქრომს, ბარიუმს და სხვ. სასმელ წყლებში pH უნდა იყოს 6,5–8,5–ის ფარგლებში.

სასმელი წყლის გატუჭიანების მთავარი მანევენებელია ნაწლავის ჩხირი (ბაქტერია *Coli*). თვითონ ჩხირი არ არის ავადმყოფობის გამომწვევი, მაგრამ მისი არსებობა მიუთითებს პათოგენურ ბაქტერიების არსებობაზე.

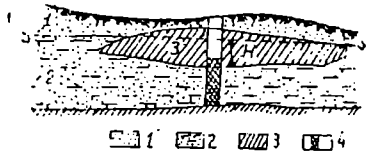
სასმელი წყლის ბაქტერიოლოგიური გატუჭეიანების შესაფასებლად სახელმწიფო სტანდარტის მიხედვით მიღებულია შემდეგი მაჩვენებლები: კოლი-ტიტრი და კოლი ინდექსი. კოლი-ტიტრი (*Coli*-ტიტრი) შეესაბამება სასმელი წყლის მოცულობას მლ-ობით, რომელიც მოდის 1 ნაწლაის ჩხირზე. კოლი-ინდექსი (*Coli*-ინდექსი) ნაწლაის ჩხირების რიცხვია საკვლევი წლის 1 ლიტრში. სასმელად გამოსადეგ წყალს უნდა აქონდეს *Coli* -ტიტრი 300, *Coli* - ინდექსი - 3.

წყლის სინჯებს ბაქტერიოლოგიური ანალიზისათვის იღებენ სტერილურ ჭურჭელში სპეციალისტ-ბაქტერიოლოგები. არასპეციალისტების მიერ აღებული სინჯები ჩვეულებრივ ბაქტერიების ამადლებულ შემცველობას უჩვენებს.

გრუნტის წყლები

8.1. გრუნტის წყლების განლაგების ძირითადი ტიპები

გრუნტის წყლები ეწოდება დედამიწის ზედაპირიდან პირველ მუდმივად არსებულ წყალშემცველ პორისონტს, განლაგებულს პირველ, ფართობის მიხედვით განერცობილ, წყალშეუღწვე ფენაზე. მათ შემცველ ქანს ისინი არ აქვთ მთელ სიმძლავრეს და ზემოდან არ არიან გადახურული წყალშეუღწვე ქანებით (). ამიტომაც გრუნტის წყლების ზედაპირი თავისუფალია, მას უშუალო კავშირი აქვს ატმოსფეროსთან და წნევა ზედაპირზე ატმოსფერული წნევის ტოლია. გრუნტის წყლები უდაწნეო წყლებია, ჰაბურღალებით ან შურფებით გახსნიას მათი დონე მყარდება იმ სიღრმეს, რომელსაც მათ შეხედნენ. მაგრამ, წყალშეუღწვე ქანებით გადახურულ ცალკეულ უბნებზე, გრუნტის წყლები იძენს მცირე ადგილობრივ დაწნევას 22-ე ნახაზზე წყალშეუღწვე ლინზის ქვეშ გახსნილი წყალი ადის ლინზის ქვემო სახლვარზე მაღლა, მაგრამ არ სცილდება გრუნტის წყლების საერთო დონეს.

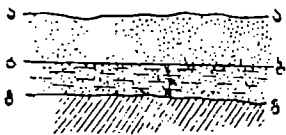


ნახ. 22. გრუნტის წყლები ადგილობრივი დაწნევით წყალშეუღწვე ქანების ლინზის ქვეშ.

- ა-გრუნტის წყლების დონე; H-დაწნევა; 1-ქვიშა; 2-წყალშემცველი ქვიშა;
3-თიხა; 4-ფილტრი.

8.2. გრუნტის წყლის ნაკადი

უდაწნეო წყალშემცველი პორიზონტია, რომელშიც წყალი მოძრაობს სიმძიმის ძალის გავლენით გრუნტის წყლის ზედაპირის დახრის მიმართულებით. ნაკადი შეიძლება წარმოიშეას წყლის მოძრაობისას დახრილ წყალგაუმტარ საგებზე (ნახ. 23).



ნახ. 23. გრუნტის წყლის ნაკადი დახრილი წყალგაუმტარი სიგებით

ნაკადი წარმოიშობა აგრეთვე გრუნტის წყლების დრენირების დროს მდინარის ხეობის მიერ, წყალგაუმტარ საგებს კიდევაც რომ არ ჰქონდეს დახრა გრუნტის წყლების მოძრაობის მიმართულების (ნახ.).

ზოგჯერ გრუნტის წყლების ფენების დრენირება შეიძლება განხორციელდეს მათი გადადინებით დახრილი ქვემოთ მდებარე წყალშემცველ ფენებში. (ნახ. 23).

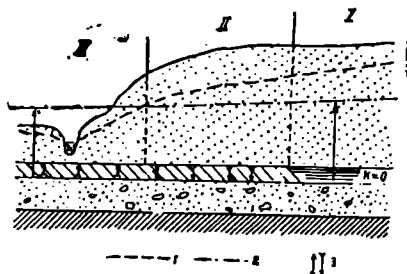
მშრალი სტეპების და უდაბნოების ზონებში გრუნტის წყლები ხშირად მთლიანად იხარჯება აორთქლებაზე და მიწისქვეშა წყლების გამოსვლის ადგილებში წარმოიქმნება მლაშობები.

8.3. არტეზიული წყლები

არტეზიული წყლები დაწნევის მიწისქვეშა წყლებია, რომლებიც წყალგაუმტარ ფენებს შორის არის განლაგებული, მეოთხეულამდე დიდი და იშვიათად

მეოთხეული ქანების აგებული შედარებით მსხვილი გეოლოგიური სტრუქტურების ფარგლებში.(ნახ. 24)

არტეზიული წყლები, გრუნტის წყლებისაგან განსხვავებით, რომლებიც თანამედროვე წიაღცვლასთანაა დაკავშირებული, ბევრგან ძველ წყლებს წარმოადგენს.



ნახ. 24. პირობების სქემა გრუნტის წყლების პორიზონტის ქვედა სასლვარზე.

1-გრუნტის წყლების დონე; 2-არტეზიული წყლების პიესომეტრული დონე; 3-მიწისქვეშა წყლების გადადინების მიმართულება სუსტად წიაღგამტარი შრის გზით.

არტეზიული წყლები ფენობრივი წყლებია, ისინი გეხედება როგორც წერილფოროვან (ძირითადად ქვიშებში, რომლებიც მორიგეობენ თიხის ფენებთან), ისე ნაპრალოვან ქანებში (კირქვებში, ქვიშაქვებში, რომლებიც სახურავი და საგები გვერდებიდან შემოსასლერულია თიხებით, მერგელებითა და სხვა ცუდი წიაღგამტარობის ქანებით).

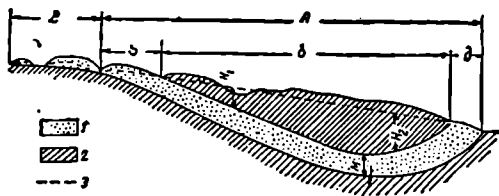
არტეზიული წყლების განლაგების პირობების მიხედვით გამოყოფენ: არტეზიულ აუზებს, არტეზიულ ფერდობებს და სუბარტეზიულ აუზებს.

8.4. არტეზიული აუზები

არტეზიულ აუზებში იგულისხმება ცოტად თუ ბევრად მნიშვნელოვანი ზომის გეოლოგიური სტრუქტურა, რომელიც მოიცავს სართულისებრად განლაგებულ რიგ დაწნეულ წყალშემცველ პორიზონტს ან კომპლექსს. კერძო შემთხვევაში შეიძლება მხოლოდ ერთი წყალშემცველი პორიზონტი იყოს წარმოდგენილი.

დაწნევის შექმნისათვის შრეები უნდა იმყოფებოდეს განსასაღვრული განსასაღვრული განლაგების პირობებში. უფრო ხშირად არტეზიული აუზები დაკავშირებულია შრეების სინკლინურ განლაგებასთან ან მონოკლინურად განლაგებულ შრეებთან, ფლექსურებთან.

არტეზიულ აუზებში გამოყოფენ შემდეგ ელემენტებს: 1) კეების, 2) დაწნევის და 3) განტვირთვის არეებს (ნახ. 25).



ნახ. 25. არტეზიული აუზის სქემა

A-არტეზიული წყლების გავრცელების ფარგლები; ა - კეების არე; ბ - დაწნევის არე; გ - განტვირთვის არე; B - გრუნტის წყლების გავრცელების ფარგლები; H₁ და H₂ დაწნევის დონეები; M - არტეზიული პორიზონტის სიმძლავრე; 1 - წყალშემცველი ქანები; 2 - წყალგაუმტარი ქანები; 3 - პიესომეტრული დონე

8.5. ნაპრალური წყლები

ნაპრალური წყლები არის მიწისქვეშა წყლები, რომლებიც განლაგებულია და ცირკულირებს მაგმურ, მეტამორფულ და დანალექ კლდოვან ქანებში. ქანებში არჩევენ სამი მთავარი ტიპის ნაპრალებს: 1) ტექტონიკურს, 2) გამოფიტვის და 3) ლითოგენეტიკურს.

ტექტონიკური ნაპრალები წარმოიშობა გეოლოგიური სტრუქტურების ფორმირებისას მათთვის დამახასიათებელია დიდი ან შედარებით დიდი გაერცელება მიმართებაზე და სიდრმეზე. ყველაზე მკაფიოდ მსხვილი ნაპრალების მიმართულება და ნაპრალოვნების ზონებისაც კი გაიკვლევა ნახსლეტების, შესხლეტებისა და სხვა რღვევების განვითარების რაიონებში. ტექტონიკური ნაპრალოვნების ზონები განსაკუთრებით კარგადაა განვითარებული შრეების ანტიკლინიკურ გადაღუნებზე. ყველა აღნიშნულ რაიონში, აგრეთვე სინკლინურ დაძირებებში აღინიშნება ქანების ინტენსიური ნაპრალოვნება დიდ მანძილებზე (ზოგჯერ რამდენიმე ათეულ კილომეტრებამდე). დანაოტების დროს წარმოშობილი ნაპრალების მიმართულება ემთხვევა ნაოტების ღერძების მიმართულებას, მაგრამ არაიშვიათად ვითარდება უფრო ახალგაზრდა დიაგონალური ნაპრალები და რღვევები.

ნაპრალოვანი ქანების წყალქვეშა და მოკიდებულია როგორც კეების პირობებზე, ასევე ნაპრალოვნების ხარისხსა და ხასიათზე. ბურღვის მონაცემები და დაკვირვებები სამთო გამონამუშევრებში უჩვენებს, რომ ტექტონიკური რღვევებისა და კონტაქტების ზონებში და გამოფიტვის ქერქში ქანები ყველაზე ნაპრალოვანი არის.

8.6. კარსტული წყლები

კარსტული წყლები ეწოდება მიწისქვეშა წყლებს, რომლებიც განლაგებულია და ცირკულირებს კირქვების, დოლომიტების, თაბაშირების, ანჰიდრიტების და მარილების (ჰალიტის და სხვ.) გამოტუტვის შედეგად წარმოშობილ ნაპრალებში, სიცარიელებში, არხებში, გამოქვაბულებში.

კარსტული წყლების მოძრაობის გზები გახსნის პროცესების ხარჯზე აგრძელებს გაფართოებას, რაც არსებითად განახლებებს კარსტულ წყლებს უხნად ქანებში მოთაესებული მიწისქვეშა წყლებისაგან.

ხსნადი ქანების გამოტუტვასთან დაკავშირებული მიწისქვეშა სხვადასხვა ღრუების (კარსტული სიცარიელების) და რელიეფის უარყოფითი ფორმების წარმოშობის მოვლენების ერთობლიობას კარსტი ეწოდება. სახელწოდება „კარსტი“ ამ მოვლენებში მიიღო კირქვიანი პლატოს დასახელებიდან, რომელიც განლაგებულია დინარის მთების ჩრდილო-დასავლეთ ნაწილში იუგოსლავიის და იტალიის საზღვარზე, ადრიატიკის ზღვის ნაპირთან ახლო. ეს ადგილი კარსტის განვითარების კლასიკურ მაგალითს წარმოადგენს.

კარსტის განვითარება განპირობებულია შემდეგი ძირითადი ფაქტორებით: 1) ხსნადი ქანების არსებობით; 2) ამ ქანების ნაპრალოვნებით, ფორიანობით, შელწვეადობით, რაც ხელს უწყობს მათში ატმოსფერული ნალექებისა და ზედაპირული წყლების შელწვეას; 3) დედამიწის ქერქის რხევითი მოძრაობებით; ხმელეთის აწევას მოჰყვება ჩადენის განვითარება, რომელიც იმწვევს კარსტის წარმოშობას, დაწვევა განსაზღვრავს ამ პროცესის ჩაქრობას; 4) მოძრავი წყლების არსებობით, მათ შორის სიღრმული დაწნევით წყლებისაც (თერმული, ნახშირორჟანგიანი და სხვ.); 5) მიწისქვეშა წყლების გამხსნელი უნარით (აგრესიულობით). რაც უფრო ნაკლებია მინერალიზაცია და მეტია მასში ნახშირორჟანგის შემცველობა, მით უფრო აქტიურად მიმდინარეობს პროცესი.

კარსტული პროცესი მით უფრო ინტენსიურად მიმდინარეობს, რაც მეტია წყლის მოძრაობის სიჩქარე, რაც უფრო მეტია კეებისა და განტეირთვის ოლქების ნიშნულთა სხვაობა. სხვა ტოლ პირობებში ჭარბი ტენიანობის რაიონებში კარსტული პროცესები უფრო ინტენსიურია, ვიდრე მშრალ რაიონებში.

კარსტის ძირითად უ ე ღ ა პ ი რ უ ლ ფ ო რ მ ე ბ ს ე კუთვნის: ძაბრები, კარსტული ჭები, კარსტული ხეხები.

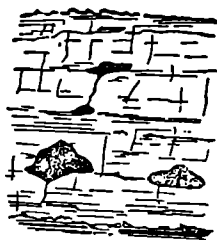
ძაბრები რელიეფის დადაბლებებია არხით, რომელიც კარსტეადი ქანების მასივის სიღრმეში მიდის. მათი დიამეტრი 5–10–დან 30–50 მ–მდეა, სიღრმე 10–25 მ. ძალიან დაკარსტულ რაიონებში მათი რიცხვი 1 კმ²-ზე ზოგჯერ 100–200 აღწევს.

კარსტული ჭვები მსხვილი მომრგვალო ფორმის ვერტიკალური ნაპრალებია.

კარსტული ხეხვი მცირე მანძილზე განლაგებული ძაბრების შეერთებით წარმოშობილი წაგრძელებული დადაბლებებია.



ნახ. 26. ვერტიკალურ ნაპრალებთან დაკავშირებული არხები.



ნახ. 27. დაშრევის გასწვრივ ნაპრალებთან დაკავშირებული არხები.

დაკარსტული ქანების გაგრძელების რაიონებში ზედაპირული წყლები იშვიათია. ნალექების ინტენსიური გამოყოფის დროს პერიოდულად წარმოშობილი მცირე ზედაპირული წყალდენები თითქმის მთლიანად ჩაედინება ნაპრალებში, კონორებში და სხვა სიცარიელებში. ზოგიერთი კარსტული ძაბრი საათში შთანთქავს 200 მ³-მდე წვიმისა და თოვლის წყალს.

დაკარსტულ მასივებში ვხვდებით როგორც გრუნტის, ისე არტეზიულ წყლებსაც. კარსტულ მღვიმეებში არაიშვიათად რამდენიმე ათეული კილომეტრის მანძილზე მიედინება მიწისქვეშა მდინარეები.

8.7. წყაროები

წყარო ეწოდება მიწისქვეშა წყლების ბუნებრივ გამოსავალს დედამიწის ზედაპირზე. წყაროები წარმოადგენს წყალშემცველი პორიზონტების დრენირების, ანუ განტიერთვის არეებს.

მიწისქვეშა წყლების ზედაპირზე გამოსვლა განპირობებულია სამი ურთიერთდაკავშირებული ფაქტორით: 1) ადგილის დანაწევრებით მდინარეების ხეობებით, ხევებით, ტბების ქვაბულებითა და რელიეფის სხვა უარყოფითი ფორმებით, რომლებიც კვეთს წყალშემცველ პორიზონტებს; 2) ადგილის სტრუქტურულ გეოლოგიური აგებულებით.

კალკულური ტიპის მიწისქვეშა წყლებთან დაკავშირებით მიხედვით გამოყოფენ: 1) წყაროებს, რომელთაც უკმა წყალი კვებავს; 2) გრუნტის ფოროვანი წყლების წყაროებს; 3) ნაპრაღური წყლების წყაროებს (გრუნტის დაწნევით); 4) კარსტული წყლების წყაროებს; 5) მრავალწლიანი მზრალობის მიწისქვეშა წყლების წყაროებს.

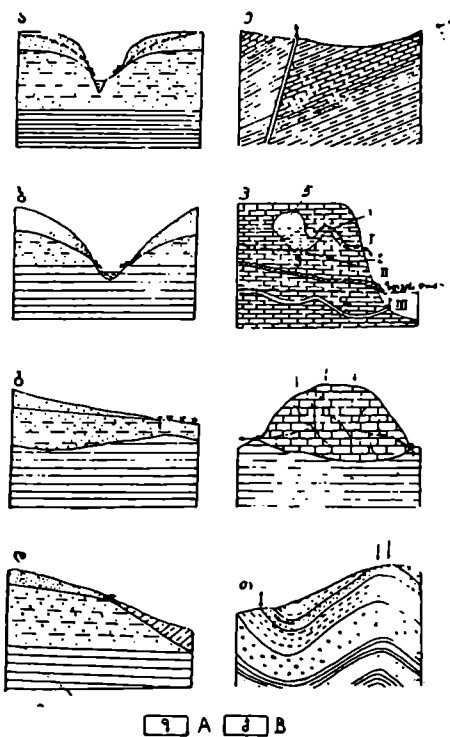
28-ე ნახაზზე მოცემულია სხვადასხვა პირობებში წყაროების წარმოქმნის სქემები. ა, ბ, გ, დ წყაროები დაკავშირებულია გრუნტის ფოროვან წყლებთან.

ჯერ კიდევ XX საუკუნის დასაწყისში ტერმინი „მინერალური წყლები“ სინონიმი იყო „სამკურნალო წყლების“ ტერმინისა. ამჟამად მინერალურ წყლებს აკუთვნებენ როგორც სამკურნალო წყლებს, ისე სამრეწველო (მათში არსებული კომპონენტების მოსაპოვებლად ქიმიური მრეწველობისათვის) და თერმულ (თბოენერგეტიკული მნიშვნელობის) წყლებს.

მინერალური წყლების სახელწოდებით აღნიშნული სხვადასხვა დანიშნულების ბუნებრივი წყლების გაერთიანება იმითი საბუთდება, რომ ამ წყლებს არსებითად ერთნაირი განლაგების პირობები და გენეზისი აქვს. ამასთან, ერთი და იგივე წყალი შეიძლება გამოყენებულ იქნეს ერთდროულად ან სხვადასხვა დროს სამკურნალო, სამრეწველო და სხვა მიზნებისათვის.

სამკურნალო, სამრეწველო და თერმული წყლები ფართო რეგიონალური გაერცვლებით სარგებლობს ბაქების, მთისწინა ჩაღუნეების და მთიანი ნაოჭა არეების არტეზიული აუზების ღრმა ნაწილებში. ზოგიერთი ნიშნის სპეციფიკური

მინერალური, თერმული და უფრო იშვიათად სამრეწველო წყლები გეხვდება ცალკეულ კრისტალურ მასივებსა და თანამედროვე ვულკანური მოქმედების ოლქებში.



ნახ. 28. სხედასხვა პირობებში წყაროების წარმოქმნის სქემები. A - დაღმავალი წყარო; B - აღმავალი წყარო

8.8. მინერალური წყლები

სამკურნალო მინერალურ წყლებს მიეკუთვნება ბუნებრივი წყლები, რომლებიც ადამიანის ორგანიზმზე სამკურნალო მოქმედებას ახდენს. მათი ბიოლოგიურად აქტიური თვისებები და ფიზიოლოგიური ზეგავლენა ადამიანის ორგანიზმზე განპირობებულია საერთო მინერალიზაციით, იონური შედგენილობით, ორგანული ნივთიერებისა და აირების მომეტებული შემცველობით, თერაპიულად აქტიური მიკროკომპონენტების არსებობით, რადიოაქტიური ელემენტების შემცველობით, ტუტეობითა და მჟაურობით, აგრეთვე ამალღებული ტემპერატურით.

ცნება „მინერალური წყლები“ არ უნდა აეუროთ „მინერალიზებული წყლების“ ცნებასთან. ფართო გაგებით ყველა ბუნებრივი წყალი ამა თუ იმ ზომით მინერალიზებულია. თოელის წყლების მინერალიზაცია უმცირესია. ანტარქტიდის ცენტრალურ რაიონებში 3–4 მგ/ლ მაგარ და ზემაგარ მარილხსნარებში (ანგარა/ლენის არტეზიულ აუზში) მინერალიზაცია 500–600 გ/ლ აღწევს. ვიწრო გაგებით მინერალიზებულს აკუთვნებენ წყლებს 1–2 გ/ლ–ზე მეტი მინერალიზაციით. მათ შორის არის როგორც სამკურნალო, ისე სხვა მინერალური წყალი, მაგრამ მათი მეტი წილი არ ეკუთვნის მინერალურ წყლებს. ამავე დროს, მინერალურ წყლებს შორის არის ისეთებიც, რომლებშიც მარილების კონცენტრაცია 1 გ/ლ–ზე ნაკლებია.

8.9. თერმული წყლები

თ ე რ მ უ ლ ი წ ყ ლ ე ბ ი ეწოდება ისეთ წყლებს, რომელთა ტემპერატურა აღემატება ადამიანის სხეულის ტემპერატურას (37°C), ზოგიერთი მკვლევარი (ბ. მაერიცკი და სხვ.) თბილ (სუბთერმულ), 20° –დან 37°C –მდე ტემპერატურის წყლებს, აგრეთვე თერმულ წყლებს მიაკუთვნებს. მათი ტემპერატურა აღემატება ჰაერის მაქსიმალურ საშუალო წლიურ ტემპერატურას დედამიწაზე.

თერმულ წყლებს ფართო გაერცელება აქვს როგორც ბაქნურ ისე მთიან-ნაოჭა ოლქებში. ცხელი და გადამეტხურებული წყაროების ბუნებრივი გამოსაულების უმეტესობა დაკავშირებულია ეულკანურ და მობილურ მთიან ნაოჭა ოლქებთან. ბაქნებში ღრმა ცხელი წყლები ძნელი მისაწვდომია ბუნებრივი დრენირებისათვის, ამიტომ ამ გზით არ გამოვლინდება დედამიწის ზედაპირზე. განსაკუთრებით დიდი რაოდენობით თერმული წყლები კონცენტრირებულია დანალექ ქანებში, რომლებიც ჩვეულებრივად მაღალდაწნეებითი და თვითდენადი წყლების უსარმაზარ მრავალსართულიანი აგებულების მიწისქვეშა აუზებს ქმნიან.

ნათობისა და აირის ძიებისათვის გაყვანილი ღრმა და ზეღრმა (5 კმ და მეტი) ჭაბურღილების მონაცემებით მტკიცდება დედამიწის ქერქში თერმული წყლების ერთიანი მიწისქვეშა პიდროსფეროს არსებობა, რომლებიც უფრო ღრმად გადადის გადამეტხურებულ წყლებში და უფრო ქვემოთ – წყლებში ზეკრიტიკული ტემპერატურით. სტრატისფეროს ზედა ნაწილში ტემპერატურა 1 კმ-ის სიღრმეზე საშუალოდ 32,9° C-ით დიდდება; 20 კმ-ის სიღრმეზე მან შეიძლება მიაღწიოს 500–600° C.

დედამიწის ნებისმიერ წერტილში ყველგან შევხედებით თერმულ წყლებს, მაგრამ სხვადასხვა სიღრმეზე, რაიონის გეოთერმული თავისებურებებისაგან დამოკიდებულებით. ეულკანურ ზონებში ისინი ზედაპირზე ამოდიან და ქმნიან ორთქლპიფოთერმულ საბადოებს. ცხელი წყაროები – გეისერები განიხილება როგორც გეისერული ნახშირორჟანგიან-აზოტიანი აერმების საბადოების განსაკუთრებული ტიპი.

ლიტერატურა

1. ა. ოქინიკოვი – ზოგადი ჰიდროგეოლოგია, გამომც. ცოდნა, თბილისი, 1964, გვ. 352
2. ჯანუაშვილი – ზოგადი გეოლოგიის მოკლე კურსი, გამომცემლობა მეცნიერება, თბილისი, 1970
3. Саморина В.С. – Гидрогеохимия Л., Изд-во Ленинградского университета, 1977 г.
4. Климентов П.П., Методика гидрогеологических исследований, М., Высшая школа, 1978 г.
5. Огиевский А.В. – Гидрология суши, Селхозиздат 1972 г.

ს ა რ ზ ე ე ი

თავი I. ეარსკელაეთა საშეარო	2
1.1. მზე და მზის სისტემა	5
1.2. მიწის საერთო რაგეარობა (გრავეიტაცია, გეოთერმია, მაგნეტიზმი, გეოსფეროები, ატმოსფერო)	14
თავი II.	
2.1. მიწის ქერქის საერთო რაგეარობა	37
ა) მიწის ქერქის ნიეთიერი შემადგენლობა	
ბ) მინერალები	
გ) გეოლოგიური რუკა	
თავი III. ჰიდროლოგია, მისი ამოცანები და კვლევის მეთოდები	44
3.1. წყლის განაწილება დედამიწაზე	47
3.2. წყლის წრებრუნვა	50
3.3. წყლის ბალანსი დედამიწაზე	52
3.4. მიწისქვეშა ჰიდროსფეროს აგებულება	53
3.5. წყლის სახეობანი ქანებში და მათი მოძრაობის პირობები მიწისქვეშა ჰიდროსფეროში	54
3.6. მდინარეთა მიწისქვეშა წყლებით კეების სიდიდის განსაზღვრის მეთოდები	60
3.7. მიწისქვეშა წყლების ბალანსი	62
თავი IV.	
4.1. ცნება დედამიწის ტემპერატურულ ეელზე და მისი ფორმირების წყაროებზე	65
ა) იზოთერმები	

თავე V. მიწისქვეშა წყლების ჰიდროგეოლოგიური სტრატეფიკაცია	
და კლასიფიკაცია	67
5.1. ზოგადი ცნობები	67
5.2. მიწისქვეშა წყლების კლასიფიკაციები	69
5.3. ქანების წყლოვანი თვისებები	71
5.4. ქანების ფორიანობა	75
5.5. ძირითადი ცნობები ფილტრაციის შესახებ	77
5.6. მიწისქვეშა წყლების ფილტრაციის კანონი (დარსის კანონი)	80
თავე VI. მიწისქვეშა წყლების ფიზიკური თვისებები, ქიმიური	
და აირული შედგენილობა	83
6.1. წყლის ფიზიკური თვისებები	83
6.2. მიწისქვეშა წყლების აირული შედგენილობა	86
6.3. ორგანული ნივთიერებები და მიკროორგანიზმები მიწისქვეშა წყლებში	87
თავე VII.	
7.1. წყლის ქიმიური ანალიზის ტიპები	88
7.2. წყლის ქიმიური ანალიზების შედეგების გამოსახვის ფორმები	89
7.3. წყლის ქიმიური შედგენილობის გამოხატვა ფორმულის სახით	90
7.4. წყლის ქიმიური შემადგენლობის გრაფიკული გამოხატვა	91
7.5. სასმელი წყლის ხარისხის შეფასება	93
თავე VIII. გრუნტის წყლები	95
8.1. გრუნტის წყლების განლაგების ძირითადი ტიპები	95
8.2. გრუნტის წყლის ნაჰადი	96

8.3. არტესიული წყლები	96
8.4. არტესიული აუზები	98
8.5. ნაპრაღური წყლები	99
8.6. კარსტული წყლები	99
8.7. წყაროები	102
8.8. მინერალური წყაროები	104
8.9. თერმული წყლები	104
ლიტერატურა	106

დედანი მოამზადა გამოსაცემად
საქართველოს აგრარული უნივერსიტეტის
სარედაქციო-საგამომცემლო განყოფილებამ

რედაქტორები: ნ. კერესელიძე
ჟ. კეკელია

ტირაჟი 100
ფასი სახელშეკრულებო

შ.პ.ს. „დანი“
თბილისი, ა.წერეთლის გამზ. 112
ტელ. (832) 34-31-03