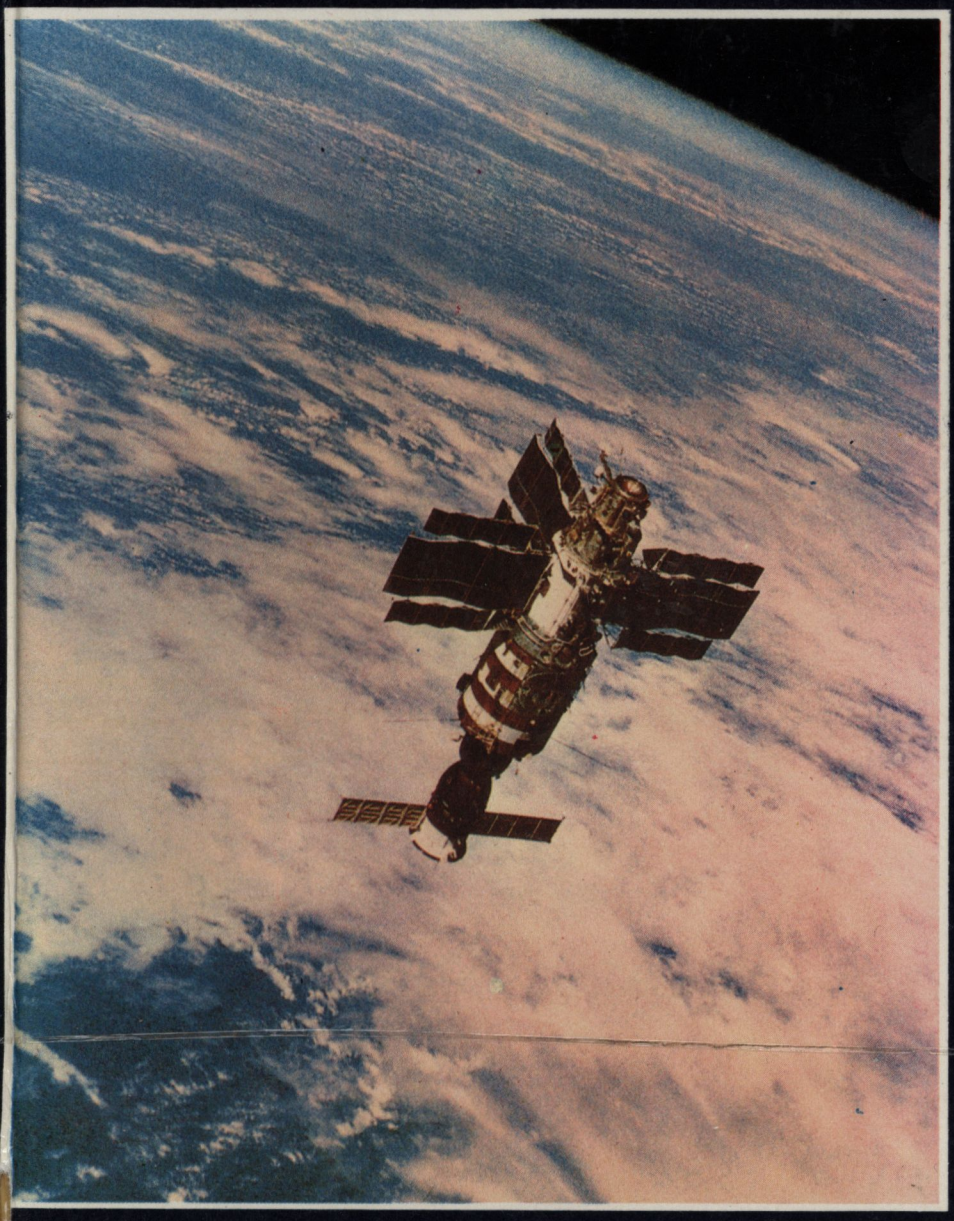
ი. რობიტაშვილი

აეროკოსმოსური მეთოდები სატყეო მეურნეობაში



43.4
528.71+630
რ 715

სახელმძღვანელოში განხილულია აეროკოსმოსური მეთოდების თავისებურებანი და სხვადასხვა დიაპაზონით ელექტრომაგნიტური გამოსხივების ფოტოგამოსახულების მიღების საშუალებები; მოცემულია ფოტოგრამმეტრიული ხელსაწყოებისა და ინსტრუმენტების აღწერილობა; აეროსურათების გეომეტრიული თვისებები და მათი ფოტოგრამმეტრიული დამუშავების მეთოდები; კომპლექსური და სატყეო დეშიფრირების თეორიული და მეთოდური საფუძვლები; განხილულია სამამულო და უცხოური მეცნიერებისა და ტექნიკის განვითარების უკანასკნელი ათი წლის მიღწევები, ტყეების დისტანციური აეროკოსმოსური მეთოდებით შესწავლის საკითხები.

ნაშრომი განკუთვნილია სატყეო-სამეურნეო ფაკულტეტის სტუდენტებისათვის. მისი გამოყენება შეუძლიათ აგრეთვე მიწათმოწყობის, ჰიდრომელიორაციის, აგროსაინჟინრო, გეოგრაფია-გეოლოგიის ფაკულტეტის სტუდენტებსაც; დიდ დახმარებას გაუწევს შესაბამისი დარგების მეცნიერ მუშაკებსა და წარმოებაში მომუშავე სპეციალისტებს.

რეცენზენტები: საქ. მეც. აკადემიის წევრ-კორესპონდენტი, პროფ. **გ. გიგაური,**
პროფ. **შ. აფციაური**

P $\frac{3901010000}{M - 602(08)}$ 242 92 92

© გამომცემლობა „განათლება", 1992

ISBN 5-505-00916-6

ი. რობიტაშვილი

ტყე ეროვნული სიმდიდრეა. იგი მრავალი მიზნით გამოიყენება. სხვა უამრავი ორგანული რესურსისაგან განსხვავებით (ნავთი, გაზი, ქვანახშირი, მადნეული, ქვიშა და სხვ.) ტყე აღდგენითი რესურსია, მას დედამიწის ზედაპირის მნიშვნელოვანი ნაწილი უკავია და წარმოადგენს პლანეტის მასურ, ბიოლოგიურ გიგანტურ ფაბრიკას, სადაც გამუდმებით მიმდინარეობს ჟანგბადის გამომუშავება. ტყე არა მარტო სუფთა ჰაერს ქმნის იქ, სადაც განლაგებულია ჩვენი ქვეყნის საუკეთესო ჯანმრთელობის აღსადგენი და დასასვენებელი სანატორიუმები, იგი არეგულირებს, აგრეთვე მიწისქვეშა და მიწისზედა მდინარეებს, ნიადაგებს იცავს ეროზიისაგან, დიდ გავლენას ახდენს მიკროკლიმატზე, სასოფლო-სამეურნეო კულტურების მოსავლის მიღების პირობებზე. ამასთან, საყოველთაოდ ცნობილია ტყეების უდიდესი როლი საწარმოო და სამშენებლო დანიშნულების მხრივ. სწორედ ამიტომაა, რომ ტყეების დაცვა, მოწყობა და განვითარება დღეს საერთო-სახელმწიფოებრივ პრობლემას წარმოადგენს. ტყე განვითარების სწრაფ ცვლილებებს განიცდის, როგორც ადამიანის მრავალმხრივი მოქმედებით, ისე სტიქიური მოვლენებით (ხანძარი, დაავადება, მავნებლების მასობრივი გავრცელება და სხვა), ამიტომ საჭიროა პერიოდულად, ყოველ 10 — 15 წელიწადში ერთხელ მაინც, განახლდეს გეგმურ-კარტოგრაფიული მასალები და ჩატარდეს ტყის მასივების კადასტრირება, რათა ექსპლუატაციის ეკონომიკურად გამართლებული გეგმის შედგენისას გათვალისწინებული იქნეს ტყეთა ფუნქციის მთელი კომპლექსი. მსოფლიოს ყველა ქვეყნის ხე-ტყის ყოველწლიური დამზადება 2,5 მილიარდ კუბურ მეტრს აღემატება და როგორც სატყეო ექსპერტები ანგარიშობენ 2000 წლისათვის ეს რიცხვი ორჯერ და მეტად გაიზრდება და მიაღწევს 4,5 — 5 მილიარდ კუბურ მეტრზე მეტს (ათვისებული ტყეების 1,8 მილიარდი კუბური მეტრი ნამატისა და მთლიანად ყველა ტყეების 5,5 მილიარდი კუბური მეტრი ნამატის შემთხვევაში). საქართველოს ტყეებს, რომელსაც მთლიანი ტერიტორიის 38,6% (2,69 მილიონი ჰა) უკავია სოფლის მეურნეობასთან ერთად შეუძლია დიდი როლი შეასრულოს ჩვენი ეკონომიკის განვითარებაში, გარემოს გაჯანსაღებაში და ერის კეთილდღეობის ამაღლებაში. მეტყევეების მთავარ ამოცანას უნდა წარმოადგენდეს ტყეების რაციონალური გამოყენება და ტყის ყველანაირი სარგებლობის კვლავწარმოების გაფართოვება. რაც ძალზე რთული და ძნელი ამოცანაა, რადგანაც მკვეთრად გაიზარდა ტყეზე და მთლიანად ბუნებაზე ანტროპოგენური ზემოქმედება. ამ ამოცანების გადასაწყვეტად საჭიროა სრულყოფილი და ოპერატიული სამეცნიერო ლებები, სატყეო ფონდის შესწავლისა და მათ მდგომარეობაზე კონ-

ტროლის განხორციელების, პროდუქტიულობის ამაღლების ღონისძიებათა შემუშავების, კვლევა-ძიებათა და სხვა სატყეო სამეურნეო სამუშაოების შესრულების ახალი მეთოდები. ყოველივე ეს კი განსაზღვრავს მომავალში აერო და კოსმოსური მეთოდების ფართო გამოყენებას სატყეო საქმეებში.

აეროკოსმოსური სისტემებით შეგვიძლია: ტყის მასივების ზონდირება გეგმურ-კარტოგრაფიული მასალების მისაღებად, ტყით დაუფარავი, გაჩეხილი, დაზიანებული და მკვდარი ტყეების, აგრეთვე ჭაობებში ტყის ფონდის, ტბებისა და მდელოების ფართობების განსაზღვრა; სხვადასხვა პერიოდში გადაღებული სურათების ურთიერთშედარებით შევისწავლოთ ტყეების აღდგენისა და განახლების პროცესი; პროგნოზირება გავუკეთოთ ხე-ტყის ჯიშების მარაგს, განვსაზღვროთ მოჭრის რაციონალური ვადები, დროულად აღმოვაჩინოთ ხანძრის წარმოშობის მიზეზები, ან ხანძრები. სწორად შევაფასოთ ხანძარსაშიში რაიონის ტერიტორიები და სხვა.

სატყეო მეურნეობაში აეროკოსმოსური საშუალებებისა და მეთოდების ეფექტური გამოყენება ამა თუ იმ პრაქტიკული ამოცანების გადასაწყვეტად მოითხოვს აერო და კოსმოსური გადაღების, ფოტოგრამეტრიის, დეშიფრირების, აეროკოსმოსურ გადაღებათა და საფრენოსნო აპარატების ტექნიკისა და ტექნოლოგიის გამოყენების კომპლექსის ცოდნას. მნიშვნელოვნად განვითარდა და სრულყოფილი გახდა ავიაციის მეთოდების გამოყენება ტყეების ხანძრისაგან დაცვისას. სრულყოფილი ხდება აეროკოსმოსურ გადაღებათა მასალების დეშიფრირების მეთოდები, რომლებიც ხელს უწყობენ ახალი ტექნიკური საშუალებების დანერგვას, ხოლო ეს უკანასკნელი საშუალებას იძლევა გავზარდოთ შრომის ნაყოფიერება და უფრო მეტად გამოვიყენოთ აეროკოსმოსური მასალების საინფორმაციო თვისებები.

აეროკოსმოსური მეთოდების განვითარებაში მიღწეულმა წარმატებებმა განაპირობა შეგვექმნა სახელმძღვანელო „აეროკოსმოსური მეთოდები სატყეო მეურნეობაში“, რომელიც პირველად გამოდის ქართულ ენაზე და წარმოადგენს სატყეო-სამეურნეო სპეციალობათა ციკლის მაპროფილებელ დისციპლინას. მასში განხილულია აეროკოსმოსურ გადაღებათა და ავიაციის გამოყენების უახლოესი მიღწევები, რომლებიც გამოიყენება ტყეების დისტანციურად კარტოგრაფირებასა და შესწავლაში, სატყეო-საინჟინრო კვლევა-ძიებაში, ტყეთმოწყობაში, ტაქსაციაში, ტყეების ხანძრისაგან დაცვაში და სხვა.

წინამდებარე სახელმძღვანელოს მომზადებისას ავტორმა ფართოდ გამოიყენა ის თეორიული და მეთოდური მასალა, რომელიც ასახულია ამ დარგის ჩვენსა და საზღვარგარეთულ მეცნიერებებში, აგრეთვე მომიჯნე სახალხო მეურნეობებსა, მოწინავე საწარმოო და საპროექტო ორგანიზაციებში.

შესავალი

დღეისათვის დიდი ყურადღება ექცევა ბუნების დაცვას, მისი რესურსების შესწავლასა და რაციონალურად გამოყენების საკითხებს. ბუნების დაცვის საკითხები დიდი სოციალური პრობლემაა, მისი სწორად შეფასება და გადაწყვეტა უშუალოდ უკავშირდება ქვეყნის მშენებლობის ძირითად საკვანძო საკითხებს. ბუნებრივი რესურსების შესწავლის ძველი ტრადიციული მეთოდები ვეღარ პასუხობს თანამედროვე მოთხოვნებს, რის გამოც ამ საქმეში განსაკუთრებულ მნიშვნელობას იძენს კვლევის დისტანციური მეთოდები, კერძოდ — აეროკოსმოსური, რომლის დახმარებითაც შეგვიძლია ვეებერთელა სივრცეების წიაღისეული სიმდიდრეების, ტყეების, მდინარეების, სოფლის მეურნეობისა და სხვა რესურსების შესახებ სრულყოფილი ინფორმაციით უზრუნველვყოთ სახალხო მეურნეობა.

ადამიანი გარემოზე დაკვირვებისა და მისი შესწავლისას, იყენებს ყნოსვის, მხედველობის, შეგრძნებისა და სმენის ორგანოებს. ობიექტების გამოსხივების ხასიათის შესაბამისად გარკვეულ წარმოდგენას გვაძლევს მათ შესახებ, რაც წარმოადგენს დისტანციური დაკვირვების ბუნებრივ ფორმას. ადამიანმა თავისი გამოგონებებით შექმნა და განავითარა სხვადასხვა სახის სპეციალური ხელსაწყოები, რითაც ბუნების მიერ ნაბოძები დისტანციური დაკვირვების შეზღუდულობა მნიშვნელოვნად გააფართოვა.

დისტანციური მეთოდები ემყარება მაღალმგრძნობიარე მიმღები სისტემების დახმარებით დედამიწის ზედაპირზე არსებული ობიექტების შესახებ ინფორმაციის მიღებას ელექტრომაგნიტური გამოსხივების პარამეტრების რეგისტრაციით.

დისტანციური მეთოდები შეიძლება დავყოთ აერო და კოსმოსურ მეთოდებად. პირველ შემთხვევაში გადაღებები წარმოებს ატმოსფეროდან, მეორეში — კოსმოსიდან. იმის მიხედვით, თუ რა აპარატებით ხდება გადაღება, არჩევენ ფოტოგრაფიულსა და არაფოტოგრაფიულ გადაღებას. გადაღებული მასალები შეიძლება წარმოვადგინოთ ფოტოსურათებით, ვიდეოჩანაწერებით, რეგისტროგრამით და სხვა. ფოტოგრაფიული გადაღება ეფუძნება ელექტრომაგნიტური გამოსხივების რეგისტრირებას. ელექტრომაგნიტური გამოსხივების ფორმას მიეკუთვნება ხილული და უხილავი სხივი (სპექტრი), რომელიც ხასიათდება ტალღის სიგრძითა და სიხშირით.

არაფოტოგრაფიულ გადაღებაში არჩევენ „აქტიურ“ და „პასიურ“ მეთოდებს. „პასიურ“ მეთოდში ფიქსირებას უკეთებენ ენერგიას ან ძალას, რომელიც გამომდინარეობს დასაკვირვებელი ობიექტიდან. „აქტიური“ სისტემები კი მუშაობს სიგნალების რეგისტრაციის პრინცი-

პით, რომელიც შექმნილია ხელოვნურად. მაგალითად, რადიოლოკაციური გადაღება.

გადაღება შეიძლება მოხდეს სპექტრის როგორც ერთ ზონაში, ასევე მრავალ ზონაში, რის გამოც პირველ შემთხვევაში მას უწოდებენ სპექტრულ გადაღებას, მეორეში კი — მრავალსპექტრულს, ან მრავალზონალურს. მათ ახასიათებთ როგორც დადებითი, ისე უარყოფითი თავისებურებანი. დღეისათვის ყველაზე უფრო ფართო ინფორმაციული და გეომეტრიული თვისებებით ხასიათდება ფოტოსურათები. ამიტომ უახლოეს მომავალშიც აეროკოსმოსური ფოტოგრაფიული მასალები შეინარჩუნებს თავის მნიშვნელობებს, როგორც ტყეების შესწავლისა და მათი მდგომარეობის შეფასების ძირითადი ტექნიკური საფუძველი.

აეროკოსმოსური გადაღების მასალები დიდ დახმარებას გაუწევს როგორც სატყეო, ისე სოფლის მეურნეობის მუშაკებს ქვეყნის მასშტაბით საწარმოო პროცესების ეფექტურ მართვაში, კერძოდ — სატყეო და სოფლის მეურნეობის ცალკეული რეგიონებისათვის მივიღოთ გეგმურ-კარტოგრაფიული მასალები, ოპერატიული ინფორმაცია კლიმატისა და ამინდის შესახებ; გამოვიკვლიოთ მლაშე და ეროზირებული ნიადაგები, განვსაზღვროთ გრუნტისა და საძოვრების მდგომარეობა, სწორად შევაფასოთ სათესად მინდვრების მომზადება, ხეხილის ბაღისა და ვენახების მეჩხერიანობა, ნალექების მოსვლის ინტენსიურობა; კონტროლი გავუწიოთ სარწყავ მიწებზე წყლის ხარჯვას, პროგნოზირება გავუკეთოთ სასოფლო-სამეურნეო კულტურების მოსავლიანობას, ჩავატაროთ მიწისა და ტყის კადასტრი, შევასრულოთ უმოკლეს ვადებში კვლევა-ძიებითი სამუშაოები გზების, რკინიგზების, სარწყავი სისტემებისა და სხვა. ერთი სიტყვით, აეროკოსმოსური გადაღებები ფართო გამოყენებას პოულობს სახალხო მეურნეობის მრავალ დარგში: გეოლოგიაში, ჰიდროლოგიაში, მეტეოროლოგიაში, საპროექტო კვლევა-ძიებით სამუშაოებში და სხვა. ამ გარემოებამ საფუძველი ჩაუყარა ქვეყნებს შორის საერთაშორისო თანამშრომლობას. ასე, რომ, ბუნების შემსწავლელთათვის იხსნება გრანდიოზული პერსპექტივა. მეცნიერებისა და სახალხო მეურნეობებისათვის ხელმისაწვდომი ხდება ტყით დაფარული ტერიტორიების ვებერთელა სივრცეები, ჭაობები, მთიანი წარმონაქმნები და უდაბნოები, ზღვები და ოკეანეები. უჩვეულოდ ფართოვდება გარემოს ბუნების მიმოხილვა და მათი დაცვით ღონისძიებათა კონტროლი.

აეროკოსმოსური მეთოდები სატყეო მეურნეობაში წარმოადგენს სატყეო-სამეურნეო ციკლის სპეციალურ დისციპლინას, მისი ძირითადი შინაარსია აეროფოტოგადაღების, ავიაციის და კოსმოსური ინფორმაციის მასალების გამოყენებით ტყეების შესწავლის, ტყეთმოწყობისა და

სატყეო-სამეურნეო სამუშაოების მეთოდების შემუშავება, აგრეთვე განიხილავს აეროფოტოგადაღების ტექნიკურ პროცესებს, საშუალებებს, ფოტოლაბორატორიულ და ფოტოგრამმეტრიულ სამუშაოებს.

აეროკოსმოსური სურათების სწორად გამოყენება დამოკიდებულია მათი თვისებების ცოდნაზე, რის გამოც კურსში განხილულია აეროკოსმოსური სურათების გეომეტრიული, სახვითი და ინფორმაციული თვისებები; ობიექტების რაოდენობრივი და ხარისხობორივი დახასიათება აეროკოსმოსური სურათების დეშიფრირების (ინტერპრეტაციის) გზით ლანდშაფტის ელემენტებთან კავშირში. ამა თუ იმ ამოცანის გადაწყვეტა სრულდება სხვადასხვა მეთოდით, რისთვისაც იყენებენ სტერეოსკოპებს, სტერეოფოტოგრამმეტრიულსა და ოპტიკო-ელექტრონულ ხელსაწყოებს. გამომდინარე აქედან, სახელმძღვანელოში განხილულია სტერეოფოტოგრამმეტრიული ხელსაწყოები და მათი გამოყენებით აგეგმვის ხერხები გეგმურ-კარტოგრაფიული მასალების შესადგენად (ან განახლებისათვის), სატყეო დეშიფრირებისათვის, ტაქსაციური აღწერისა და განახლებებისათვის (10 — 20 წელში ერთხელ), ტყე-საზიდი გზების, სატყეო მელიორაციისა და სხვა საინჟინრო კვლევა-ძიებითი სამუშაოებისათვის საპროექტო სამუშაოების შესასრულებლად აერომეთოდების გამოყენებით. სახელმძღვანელოში განხილულია აგრეთვე აეროკოსმოსური მეთოდების გამოყენება სასოფლო-სამეურნეო საქმიანობაში.

კურსის პროგრამით გათვალისწინებულია აგრეთვე შესასწავლად საფრენოსნო აპარატების (თვითმფრინავის, ვერტმფრენების) გამოყენება მრავალი სატყეო-სამეურნეო სამუშაოს შესრულებისას (ტყეების ხანძრებისაგან დაცვა, ხანძრის ჩაქრობა, სატყეო პათოლოგიური გამოკვლევა, ტყის მავნებლებთან ავიაქიმიური ბრძოლა და ა. შ.). აერომეთოდებისა და კოსმოსური ინფორმაციის გამოყენება. ამაღლებს ჩასატარებელი სამუშაოს ხარისხს ძვირადღირებული საველე სამუშაოები ძირითადად სრულდება კამერულად უმოკლეს ვადებში და თანხების დიდი ეკონომიით, განსაკუთრებით ეფექტურია მიუდგომელ და მძიმე კლიმატურ და ფიზიკურ-გეოგრაფიულ პირობებში; 2. ავტომატიზებულს ხდის ზოგიერთ შრომატევად სამუშაოს და რაც მთავარია, აუმჯობესებს ადამიანის შრომის პირობებს.

საგანი ძირითად კავშირშია გეოდეზიასთან, ფიზიკასთან, მეტყევეობასთან, სატყეო ტაქსაციასთან და სხვა; წარმოადგენს ტყეთმოწყობის კურსის ბაზას, ხოლო დამხმარეა ისეთი სასწავლო დისციპლინებისათვის, როგორიცაა ჰიდროტექნიკური მელიორაცია, სატყეო გზები, ნიადაგთმცოდნეობა, გეობოტანიკა, რაიონული დაგეგმარება, მეურნეობათაშორის მიწათმოწყობა, მონადირეთმცოდნეობა და სხვა.

I თავი

აეროკოსმოსური გადაღების როლი სახალხო მეურნეობაში

1.1. აეროკოსმოსური გადაღების საგანი, ამოცანები და განვითარების ისტორია

აეროკოსმოსური გადაღება გეოდეზიის დარგია და შეისწავლის მფრინავ აპარატზე (თვითმფრინავზე, ვერტმფრენზე, კოსმოსურ ხომალდზე ან დედამიწის ხელოვნურ თანამგზავრზე) დამაგრებული სპეციალური ფოტოაპარატებით დედამიწის ზედაპირის ფოტოსურათების მიღებას და შემდგომ მისი ადგილის გეგმებად და რუკებად გარდაქმნას. მიღებული სურათებით ადგილის გეგმებისა და რუკების შესადგენად იყენებენ ფოტოგრამმეტრიის მეთოდებს. ფოტოგრამმეტრია შეისწავლის სურათებზე გამოსახული ობიექტების გაზომვების საფუძველზე მათი სიდიდის, ფორმისა და სივრცეში მდებარეობის განსაზღვრის ხერხებს.

ფოტოგრამმეტრია ბერძნული სიტყვაა (ნიშნავს: ფოტო-შუქი, გრამმა-ჩაწერა და მეტრეო-ვზომავ). ფოტოგრამმეტრია ფართოდ გამოიყენება სახალხო მეურნეობის დარგებში, მეცნიერებასა და ტექნიკაში: გეოდეზიაში, მიწათმოწყობაში, ასტრონომიაში, სამხედრო საქმეში, გეოგრაფიაში, გეოლოგიაში, მშენებლობა-არქიტექტურაში. აეროფოტოგადაღების ისტორია იწყება 1855 წლიდან, ე. ი. მას შემდეგ, რაც ფრანგმა მეცნიერმა ლ უ ი ჟ ა კ დ ა გ ე რ მ ა 1839 წელს მიიღო ფოტოგრაფიული სურათი. დაგერის მიღწევები ფართოდ გამოიყენა 1840 წელს ფრანგმა გეოდეზისტმა არაგომ, ხოლო 1849 — 60 წლებში ტოპოგრაფიული გეგმების შესადგენად — ინჟინერმა ლ ო ს ე დ ა მ. მან პარიზის მაღალი სახლების სახურავებიდან გარკვეულ ტერიტორიაზე გადაიღო ფოტოსურათები და ამ ფოტომასალებით შეადგინა ქალაქის ერთი ნაწილის გეგმა, რომელიც იმ დროისათვის საკმაოდ დიდი სიზუსტით გამოირჩეოდა[1]. უკვე 1855 წელს ფრანგმა ჟურნალისტმა ფ ე ლ ი ქ ს ტ უ რ ნ ა შ ო ნ მ ა, რომელიც ცნობილია ნადარის ფსევდონიმით, ფოტოგადაღება ჩაატარა საჰაერო ბურთიდან. საჰაერო ფოტოგადაღებებში ნადარს გაუჩნდა ბევრი მიმდევარი. 1862 წელს პირველ აეროფოტოსურათებს ღებულობენ ამერიკელები ციხე-სიმაგრე რიჩმონდის ალყაში მოქცევის დროს, დაზვერვის მიზნებისათვის. 1883

---

[1]. 1848-50 წწ. თბილისშიც გამოჩნდნენ ფოტოგრაფები. 1863 წელს თბილისში გაიხსნა კავკასიის მთავარ სამხედრო შტაბის ფოტოლაბორატორია ტოპოგრაფიისათვის. საქართველოში ფოტოგადაღების განვითარებაში დიდი როლი მიუძღვის ალექსანდრე როინიშვილსა და დ. ერისკოვს, რომელთა დიდი კოლექციაც ამჟამად ინახება ი. გრ.შამშვილის სახელობის ეთნოგრაფიულ მუზეუმში და კინოსტუდიის კინო-ფოტო მუზეუმში.

წელს ინგლისელებმა მოახდინეს ლონდონის მიდამოების (სესილ შედბოლთიეს) ფოტოგრაფირება. 1871 წელს ინგლისელმა მედოქსმა შექმნა ფოტოგრაფირებისათვის ბრომჟელატინის ფირფიტა, ხოლო მოსკოველმა ფოტოგრაფმა ი. ვ. ბოლდირევმა — 1879 წელს ცვილისმაგვარი ფირი. რუსეთში პირველი საჰაერო ფოტოგრაფირების ინიციატორი იყო პორუჩიკი ა. ნ. კოვანკო, რომელმაც საჰაერო ბურთიდან 800 — 1300 მეტრის სიმაღლიდან 1886 წელს ჩვეულებრივი ფოტოაპარატით მიიღო პეტერბურგის მიდამოების 12×16 სმ ფორმატის სურათები. 1854 წელს უკვე გამოჩნდა ალექსანდროვსკის სტერეოსკოპული ფოტოაპარატი, ხოლო 1875 წელს — დ. ეზუჩევსკის სტერეოსკოპული აპარატი მომენტური ჩახმახით. დიდი დამსახურება მიუძღვის აგრეთვე რუსეთის ტექნიკური საზოგადოების წევრს ვ. ი. სრეზნევსკის, მან პირველმა შექმნა 24×24 სმ ფორმატის ფოტოკამერა, რომელმაც საფუძველი ჩაუყარა სპეციალური აეროფოტოაპარატის (АФА) შექმნას. 1889 წელს რუსმა ფოტოგრამმეტრისტმა რ. ტილემ შექმნა მრავალკამერიანი ავტომატური აპარატი, რომელსაც პანორამოგრაფი უწოდა. მანვე გამოიყენა თავისივე გამოგონილი ელექტრონიველირი, რომელსაც მოქმედებაში მოჰყავდა ელექტრული ჩახმახი. ასეთი აპარატით შესაძლებლობა შეიქმნა პირველად ეწარმოებინათ მარშრუტული აეროგადაღება გეგმების შესადგენად. აღსანიშნავია, რომ ფოტოგრაფირების მომენტში პანორამოგრაფის მდებარეობის კოორდინატები განისაზღვრებოდა გეოდეზიური მეთოდებით, ხოლო სურათების დახრის კუთხეები კი სურათზე გამოსახული ჰორიზონტის ხაზით. ამგვარად, აეროგადაღება პირველად დგება უკვე სამეცნიერო საფუძვლებზე.

თვითმფრინავის გამოგონებამ განუსაზღვრელად გაუხსნა გზა აეროგადაღების პერსპექტივებს. აეროფოტოგადაღებისა და ფოტოგრამმეტრიის ტექნიკა სწრაფად ვითარდება. 1910 წელს შეიქმნა საერთაშორისო ფოტოგრამმეტრიული საზოგადოება, რომელიც დღეისათვის უკვე აერთიანებს 70 ქვეყანას.

1913 წელს რუსეთის პოლკოვნიკმა პოტიემ შექმნა ნახევრად ავტომატური აეროფოტოაპარატი, რომელიც 1930 წლამდე გამოიყენებოდა.

1910 — 1918 წლებში აეროფოტოგადაღება ძირითადად ემსახურებოდა სამხედრო საქმეს, კერძოდ იყენებდნენ მოწინააღმდეგის დაზვერვის მიზნებისთვის. 1918 წელს ვ. ს. ცვეტ-კოლიადინსკის მეთაურობით შეიქმნა სამხედრო-საჰაერო ფლოტის აეროფოტოგადამღებთა რაზმი, რომელმაც გამართა მრავალი საცდელი გადაღება ქ. ტულაში, მოსკოვში და ტვერის გუბერნიაში. 1919 წელს შეიქმნა სამხედრო საჰაერო ფლოტის უმაღლესი აეროფოტოგრამმეტრიული

სკოლა პროფ. ვ. ნაიდონოვის მეთაურობით. 1924 წელს ჩამოყალიბდა საკავშირო ნებაყოფლობითი საზოგადოება „დობროლეტი“. მ. დ. ბონჩბრუევიჩის ინიციატივით შეიქმნა აეროფოტოგადაღების განყოფილება, სადაც თავი მოიყარეს შემდგომში ცნობილმა მეცნიერებმა: ვ. დეინეკომ, ნ. ვესელოვსკიმ, ნ. ალექსოპოლსკიმ, მ. ციგანოვმა და სხვ. მათ ჩაუყარეს საძირკველი გადაღებების ახალ პროგრესულ მეთოდებს, რომელმაც გადამწყვეტი როლი შეასრულა ქვეყნის კარტოგრაფირებაში.

1929 წელს შეიქმნა ისეთი ინსტიტუტები, როგორიცაა ცენტრალური საინჟინრო გეოდეზიის, აეროფოტოგადაღებისა და კარტოგრაფიის კვლევითი ინსტიტუტი (ЦНИИГА и К), სანკტპეტერბურგის აეროგადაღების ინსტიტუტი, მოსკოვის საინჟინრო გეოდეზიის, აეროგადაღებისა და კარტოგრაფიის ინსტიტუტი (МИИГА и К), რომლებიც ამზადებდნენ აეროფოტოგეოდეზიის სპეციალისტებსა და მეცნიერ მუშაკებს.

1932 წელს ფ. ვ. დრობიშევმა შექმნა მრავალობიექტივიანი АФА.

1935 წელს მ. მ. რუსინოვის ხელმძღვანელობით შეიქმნა პირველი ფართეკუთხიანი ობიექტივი Лиар — 6 ფოკუსური მანძილით $f_к = 100$ მმ და $\omega = 100°$, შემდგომში პროფ. მ. რუსინოვმა შექმნა ფართე კუთხის მქონე აეროფოტოობიექტივების ტიპების სერია, რომლებიც ფართოდ გამოიყენება აეროფოტოაპარატებში.

1946 წელს ს. პ. შოკინმა და გ. გ. გორდონმა შექმნეს ახალი აეროფოტოაპარატი АФА — ТЭ, რომელიც სხვადასხვა ფოკუსური მანძილების მქონე ობიექტივებით გამოდის და განკუთვნილია ტოპოგრაფიული აგეგმვებისათვის. შეიქმნა აგრეთვე, ისეთი ხელსაწყოები, როგორიცაა რადიოსიმაღლმზომი (РВТД), სტატოსკოპი, გიროსტაბილიზატორული მოწყობილობა (N — 55, ГСУ), რომლებიც გამოიყენება აეროფოტოგადაღებაში. პარალელურად შეიქმნა ახალი ფოტომასალებიც, რომელიც შემდგომში წარმოებაში ფართოდ დაინერგა, ამ საქმეში დიდი წვლილი მიუძღვით მეცნიერებს: ვ. მიხაილოვს, მ. ციგანოვს, ა. კუჩკოს და სხვ. შეიქმნა სპეციალურად აეროფოტოგადაღებისათვის განკუთვნილი მფრინავი ლაბორატორია-თვითმფრინავი АН — 30 სახით.

ადამიანის კოსმოსურ სივრცეში შეჭრასთან ერთად ფართოდ განვითარდა კოსმოსური გადაღებაც კოსმონავტ გ. ტიტოვის მიერ კოსმოსიდან ჩატარებული ფოტოგადაღების შემდეგ. კოსმოსური გადაღებები ჩატარდა ავტომატური სადგურებიდან „ზონდ-3“-დან (1965), „ზონდ-5“-დან (1968), „ზონდ-7“ და „ზონდ-8-დან“ (1969 — 1970 წწ.). კოსმოსში მუდმივ ვახტზე იმყოფებოდნენ „მეტეორის“ ტიპის მეტეოროლოგიური სისტემები. ბუნებრივი რესურსების შესწავლის მიზნით,

კოსმოსიდან სპექტრის სხვადასხვა დიაპაზონში რეგულარულად ჩატარდა ფოტოგრაფირება პილოტირებულ ორბიტალურ სადგურ „სალუტიდან“ და სატრანსპორტო ხომალდ „სოიუზიდან“, რისთვისაც შეიქმნა მრავალზონალური აეროკოსმოსური აპარატი МКФ — 6, МКФ — 6М და ტოპოგრაფიული აპარატი КТА — 140. ანალოგიური სამუშაოები მიმდინარეობდა და მიმდინარეობს საზღვარგარეთაც.

1.2. აეროფოტოგადაღების განვითარების ისტორია მეტყევეობაში

სატყეო ორგანიზაციები აეროფოტოგადაღებისა და ავიაციის გამოყენების ერთ-ერთი პიონერები იყვნენ, კერძოდ. ტყეების კადასტრირებასა და რესურსების შესწავლაში, ტყეთმოწყობაში, ტყეების დაცვაში, მავნე მწერებთან ბრძოლასა და ხანძარსაწინააღმდეგო ღონისძიებათა ჩატარებაში და სხვ.

1921 წელს პროფ. გ. ი. ტურსკიმ გამოთქვა აზრი აეროგადაღების გამოყენების შესახებ ტაქსაციისა და ტყის რესურსების შესწავლის საქმეში. 1922 წელს ა. გ. ნოვოსელსკიმ აეროსურათების გამოყენებით პირველად შეასრულა ტყის კადასტრირება. 1926 წელს აერომასალები უკვე გამოიყენეს ტყეთმოწყობაში, ტყის სამელიორაციო და ხე-ტყის დაცურების გზების კვლევა-ძიებასა და ორგანიზაციის საქმეში.

1932 წლიდან კი აეროფოტოგადაღება ფართოდ გამოიყენეს ტყეთა ფონდის შესწავლაში. თითქმის ყოველწლიური აეროფოტოგადაღებითი სამუშაოები სატყეო ორგანიზაციების დაკვეთით სრულდებოდა 50 — 60 მილიონი ჰა ფართობისთვის. აეროფოტომასალების გამოყენება იმდენად ფართოდ ვითარდებოდა ქვეყანაში, რომ ტყის კადასტრის და ტყეთმოწყობის ჩატარება ინსტრუქციებით აიკრძალა აეროფოტომასალების გამოყენების გარეშე.

აეროფოტოგადაღების განვითარება სატყეო საქმეში ძირითადად შეიძლება დავყოთ ოთხ პერიოდად:

პირველი პერიოდია (1925 — 1928 წწ), როდესაც აეროფტოგადაღებების გამოყენების შესაძლებლობანი სატყეო საქმეში ზედმეტად შეფასდა და ტაქსაციური სამუშაოების შესრულება სცადეს კამერალური დეშიფრირების საფუძველზე. მიღებულმა შედეგებმა და გამოცდილებამ შექმნა მცდარი აზრი, რაც იმაში მდგომარეობს, რომ თითქოს აეროსურათების გამოყენება შეიძლება ტაქსაციურ სამუშაოებში მხოლოდ დამხმარე მასალად.

მეორე პერიოდი (1928 — 1933 წწ.), ხასიათდება 1:15000, 1:17000 მასშტაბის აეროფოტომასალების კომბინირებული გამოყენებით, დიდი ტყის მასივების შესწავლით. ამ პერიოდში ექსპერიმენტებსაც მიმართეს სატყეო დეშიფრირების ნიშან-თვისებების დასადგენად.

მესამე პერიოდი (1934 — 1937 წწ.) ხასიათდება სხვადასხვა მასშტაბის (1:1500-დან 1:2500) აეროსურათების გამოყენებით, ტყის ელემენტებისა. და თვალზომითი ტაქსაციის მეთოდის საფუძვლების შექმნით.

მეოთხე პერიოდი (1938 — 1941 წწ.) ხასიათდება უკვე ტყის ელემენტების და თვალზომითი ტაქსაციის მეთოდით სამზირებს შორის სივრცეების უშუალოდ ადგილზე აეროსურათების დეშიფრირების აუცილებელი გამოყენებით. ამ პერიოდში ფართოდ იყო დაყენებული ცდები შესრულებული სამუშაოების სიზუსტეზე, როგორც აეროსურათების დეშიფრირების მხრივ, ასევე კორომთა სადეშიფრირო თვისებების გამოკვლევაზე. განვითარების ყველა ჩამოთვლილ პერიოდში დიდი კვლევითი სამუშაოებია შესრულებული უშუალოდ პროფ. გ. გ. სამოილოვიჩის მიერ, რომელიც ჯერ კიდევ 1925 წელს მივიდა იმ დასკვნამდე, რომ ტყეთმოწყობაში აეროსურათების გამოყენებით საველე სამუშაოები შეიძლება შევამციროთ 30%-ით ხარისხის დაცემის გარეშე, ხოლო 1:8400 მასშტაბის გამოყენებით კი კომბინირებული სატაქსაციო სამუშაოები სიზუსტით არ ჩამოუვარდებოდა მეორე თანრიგის იმავე ჩვეულებრივ სამუშაოს.

1947 წელს ა. ნ. იორდანსკიმ, ვ. ს. გოცოვმა და ვ. ა. უვაროვმა მიიღეს პატენტი სპექტროზონალური ფოტოფირის შექმნაზე. 1952 წლიდან კი „ტყეპროექტმა“ დაიწყო სპექტროზონალური აეროსურათების (СН — 1) გამოყენების ცდები სატყეო საქმეში. 1954 — 1956 წწ. პირველად ჩატარდა ვიზუალურ აეროტაქსაციაში ვერტმფრენების გამოყენების ცდები აეროსურათებთან ერთად. 1959 წ. საწარმოო სამუშაოების შესრულების დროს შესრულდა 130 ათას ჰა ფართობის ტყეების აეროსურათების კამერალური დეშიფრირება. შესრულებული სამუშაოებისა და გამოკვლევების შედეგად მიზანშეწონილად ჩაითვალა, რომ 1958 წლიდან ტყეთმოწყობა შესრულებული ყოფილიყო მხოლოდ აეროსურათების ფართოდ გამოყენებით. 1966 წლამდე გადაღებისათვის იყენებდნენ სპექტროზონალურ აეროფირს СН — 2 (СН — 2М), ხოლო 1966 წლიდან СН — 6 (СН — 6М), ექსპერიმენტული ცდებით ტყეთმოწყობისათვის საბოლოოდ დაადგინეს აეროფოტოგადაღების ოპტიმალური მასშტაბები, ფართოდ იყენებენ უკვე პრაქტიკაში დაზუსტებულ ფოტოსქემებსა და ფოტოგეგმებს, რომელთაც ამზადებენ უშუალოდ ტყეთმომწყობ საწარმოებში. პარალელურად მიმდინარეობს ტყეთმოწყობაში და სხვა სახის სატყეო სამუშაოებში ფერადი სპექტროზონალური აეროსურათების გამოკვლევები, როგორც მათი სადეშიფრირო თვისებების შესწავლისათვის, ისე დეშიფრირების მეთოდების შემუშავებისათვის. ფართოდ მიმდინარეობს სატყეო-სატაქსაციო დეშიფრირების თეორიის დამუშავება (გ. სამოილოვიჩი, ს. ვ. ბელოვი, დ. შ. კირეევი, ნ. გ. ხარინი და სხვა). დადგინდა, რომ ფე-

რადი სპექტროზონალური (1 : 15000) და უფრო მსხვილი მასშტაბის აეროსურათებით, თანამედროვე სტერეოსაზომი ხელსაწყოების დახმარებით, მეცნიერულად დასაბუთებულ დეშიფრირებათა ხერხებითა და მეთოდებით კამერულად შეგვიძლია საკმაოდ მაღალი სიზუსტით განვსაზღვროთ ტყეების ძირითადი ტაქსაციური მახასიათებლები.

1974 წლიდან წარმოებაში ინერგება დეშიფრირების ლანდშაფტური მეთოდი, რომელიც ითვალისწინებს რელიეფის გარკვეულ ფორმასთან კორომის ტიპის მიკუთვნებას.

1926 წლიდან საბჭოთა კავშირში იწყებენ ცალკეული ჯიშებისა და კორომთა დაზიანების გამოკვლევას აეროსურათების დეშიფრირებით. დღეისათვის CH — 6მ ფირით ზუსტად გამოყოფენ ენტომოლოგიური მავნებლებით დაავადებულ კორომებს, აგრეთვე დაავადებებს, რომლებიც გამოწვეულია გამონაბოლქვი გაზებითა და სხვა სახით ატმოსფეროს გაჭუჭყიანების შედეგად. 1972 — 1974 წლებში „ტყეპროექტის" მიერ ჩატარებული გამოკვლევებით დადგინდა, რომ 1:3500 — 1:1350 მასშტაბის (CH — 6M ფირის) აეროფოტოსურათებით ზუსტად გამოიყო კორომები ციმბირის აბრეშუმის ჭიის მიერ დაზიანებული. საერთოდ, დაავადებული მცენარეების ფერი სურათზე იცვლება მეწამული ფერიდან (დაავადების მსუბუქი ფორმა) მუქყავისფრამდე (მძიმე ფორმის დაავადება). ჯანმრთელი — წითელი ფერისაა, ხოლო მკვდარი (გამხმარი) — ცისფერ-მომწვანო ან რუხი ფერის.

საზღვარგარეთის სახელმწიფოებიდან, რომელთა მნიშვნელოვანი ტერიტორიებიც ტყეებს უკავია, აეროსურათების ფართოდ გამოყენების მხრივ შეიძლება დავასახელოთ აშშ და კანადა, სადაც მაღალ დონეზე მიმდინარეობს აეროკოსმოსური სურათებით ტყეების ინვენტარიზაცია. ეს სურათები ძირითადად მიღებულია დამახინჯებული — ფერადი ინფრაწითელი (კოდაკი 2443) და ნატურალური ფერების ფერადი აეროფირებით. აქ აერომეთოდებს ფართოდ იყენებენ ტყეებისა და ნიადაგების კარტოგრაფირებაში, სატყეო-პათოლოგიურ და სატყეო-ტიპოლოგიურ გამოკვლევებში და სხვა. სკანდინავიის ქვეყნებსა და კანადაში ტაქსაციურ სამუშაოებს ძირითადად ასრულებენ კამერული სატყეო-ტაქსაციური დეშიფრირებისა და ვერტმფრენით ვიზუალური აეროტაქსაციის შეხამებით. დიდი სიზუსტის სამუშაოების შემთხვევაში აწყობენ სანიმუშო ფართობებს ნატურაში მათი აზომვებით.

დიდ ყურადღებას უთმობენ ამჟამად აეროსურათებით ტროპიკული ტყეების შესწავლას, რომელიც საბურველის უფრო მაღალი შეკრულობითა და რთული სტრუქტურით ხასიათდება.

ტყეების დაავადების შესასწავლად ძირითადად გამოყენებულია ინფრაწითელ სხივებში ფოტოგადაღება. დადგენილია, რომ აეროსუ-

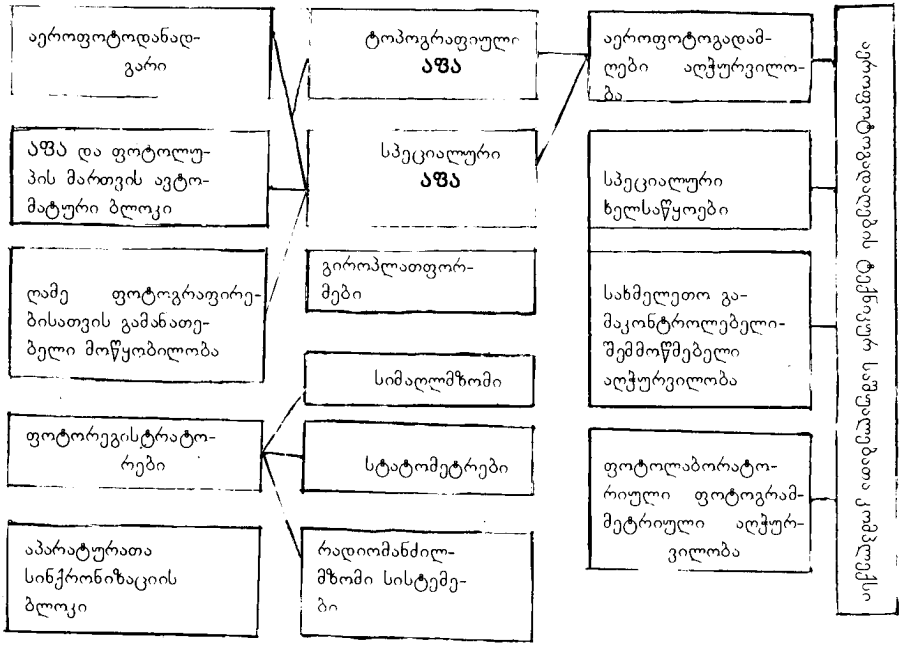
რათებით უფრო ადრე ვლინდება დაავადება, ვიდრე უშუალოდ ადგილზე შესწავლისას. ჩრდილოეთ კალიფორნიაში, აეროფოტოგადაღებით შეისწავლეს 0.64 მლნ ჰა-ზე ლაფანჭამიათი დაავადებული ტყეები და უშუალოდ შესრულებულ გამოკვლევის მეთოდებზე დახარჯულ თანხებთან შედარებით აეროფოტოგადაღებით გამოკვლევა 100-ჯერ იაფი დაუჯდათ.

ამჟამად, როგორც ჩვენში, ისე საზღვარგარეთ დიდი მუშაობა მიმდინარეობს მრავალზონალური აეროკოსმოსური გადაღებების სატყეო საქმეში ფართოდ დანერგვასა და დეშიფრირების ავტომატიზაციაში.

1.3. აეროფოტოგადაღებათა ქვედანაყოფის სტრუქტურული სქემა

მეცნიერებისა და ტექნიკის სწრაფმა განვითარებამ შესაძლებელი გახადა შექმნილიყო აეროფოტოგადაღებათა აღჭურვილობის კომპლექსი ახალი მფრინავი ლაბორატორიებით — თვითმფრინავებით და კოსმოსური აპარატებით, ავტომატური მართვის გადამღები აპარატურითა და აეროფილმების ფოტოქიმიური დამუშავების ხელსაწყოებით.

აეროგადამღები საწარმოო ქვედანაყოფები ამარაგებენ მასალებით სახალხო მეურნეობათა სხვადასხვა დარგებს. ტექნიკურ საშუალებათა კომპლექსი, რომელიც საჭიროა სამუშაოს შესასრულებლად, მოცემულია ნახ. 1.1.



ნახ. 1.1. აეროგადაღების ტექნიკურ საშუალებათა კომპლექსის ბლოკ-სქემა.

ავიაციის განვითარებასთან ერთად სრულყოფილი ხდებოდა აეროფოტოგადაღების საშუალებებიც და მეთოდებიც, შეიქმნა იმის პირობებიც, რომ გადაღება გვეწარმოებინა კოსმოსური საფრენოსნო აპარატებიდანაც. აეროკოსმოსური მეთოდების განვითარების პერსპექტივები განსაზღვრავენ მათი სახალხო მეურნეობის მრავალი დარგის საწარმოო და სამეცნიერო პრაქტიკაში დანერგვას. აეროკოსმოსურ გადაღებათა საშუალებების ეფექტური გამოყენება განისაზღვრება მეცნიერების სხვადასხვა დარგსა და ტექნიკაში მათი კომპლექსური გამოყენებით, ოპტიკური ხელსაწყოთმშენებლობის განვითარებით, ელექტრონიკით, ქიმიით, ავტომატიკით, ეკონომიკით.

აეროფოტოგადაღების პროცესი ემყარება შუქმგრძნობიარე მასალებს და ადგილის ობიექტების ფოტოგრაფიული გამოსახულების მიღების ზოგად თეორიას.

რადგანაც ფოტოგრაფირება ხდება საფრენოსნო აპარატებიდან, რომლებიც მოძრაობაში იმყოფებიან, ამიტომ აეროფოტოაპარატი ადგილის ობიექტის მიმართ გადაადგილდება გარკვეული სიჩქარის დიდი ცვალებადობით 100 კმ/სთ-დან 7.7 კმ/სეკ-მდე. რაც უნდა გავითვალისწინოთ ექსპონირების დროს.

გადაღების დიდი სიმაღლის გამო აეროფოტოაპარატსა და გადასაღებ ობიექტს შორის არსებობს ატმოსფეროს მნიშვნელოვანი ფენა, რომლის გავლენაც ფრენის დროს აგრეთვე უნდა გავითვალისწინოთ.

აეროფოტოაპარატი ფრენის დროს განიცდის ვიბრაციის გავლენას, გადატვირთვასა და დარტყმებს. ეს გარემოებაც გათვალისწინებული უნდა იყოს მისი კონსტრუქციული მახასიათებლებით.

აეროფოტოგადაღებისას უნდა გავითვალისწინოთ დამკვეთის მოთხოვნილებანი — გადაღების სეზონურობა, ერთი და იგივე უბანზე ინფორმაციის მრავალჯერ მიღება და ა. შ.

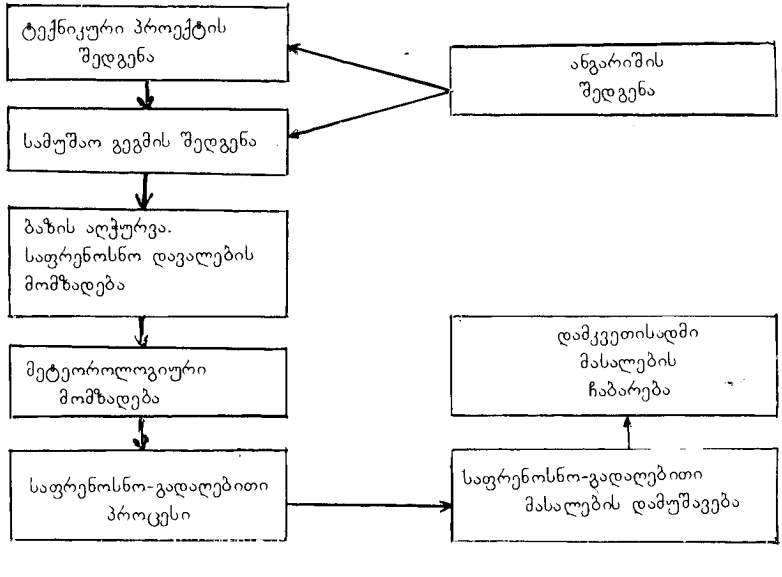
ყველა სახის აეროგადაღებითი სამუშაოები სრულდება სამინისტროებისა და უწყებების წინასწარი გეგმებით. აეროფოტოგადაღებათა სამუშაოების ტექნიკური პროექტი დგება ფრენის ექსპლუატაციის შესაბამისი წესდებით, ინსტრუქციებითა და დამკვეთის დავალებებით.

ტექნიკური პროექტით განისაზღვრება: ჩასატარებელი სამუშაოს მოცულობა, რომელიც უნდა შესრულდეს თითოეული თვითმფრინავით; საფრენოსნო-გადაღებით პროცესთა ჩატარების დრო, აეროგადაღებათა მასალების ხარისხი, დამკვეთისათვის გადასაცემი პროდუქციის მოცულობა და მასალების სახეობა.

აეროგადაღებათა წარმოების კომპლექსი, მასალების ფოტოლაბორატორიული და ფოტოგრამმეტრიული დამუშავება სრულდება სამოქალაქო ავიაციის სამინისტროს ქვედანაყოფის მიერ ტექნიკურ მოთხოვნილებათა შესაბამისად და დაინტერესებული ორგანიზაციების

ხელშეკრულების საფუძველზე. აეროფოტოგადაღებითი სამუშაოების შესასრულებლად ავიორაზმებში იქმნება აეროფოტოგადამღები პარტიები, რომელთა შემადგენლობაშიც შედიან თვითმფრინავები, ფოტოგრაფიული და ფოტოგრამმეტრიული ლაბორატორიები, რადიოსამსახური.

ძირითადი სამუშაოები, რომელიც სრულდება აეროფოტოსურათების მისაღებად, ნაჩვენებია ბლოკ-სქემაზე, ნახ. 1.2.



ნახ. 1.2. აეროფოტოგადაღებითი სამუშაოების ბლოკ-სქემა.

1.4. აეროფოტომასალების გამოყენება სახალხო მეურნეობაში

სახალხო მეურნეობათა გეგმების შესრულებაში განსაკუთრებული ადგილი უკავია აეროფოტოგადაღებას. იგი ფართოდ გამოიყენება ადამიანთა მოღვაწეობის ყველა სფეროში. გაერთიანებული ერების ორგანიზაციის მონაცემებით, აეროფოტოსურათებით გადაღებულია მთელი ხმელეთის 90% და მსოფლიო ზღვების შელფის მნიშვნელოვანი ნაწილი. აეროგადაღებათა სამუშაოების ყოველწლიური ზრდა მსოფლიოში 5% აღწევს, შეიმჩნევა აგრეთვე გამოყენებული მასალების ინტენსიური ზრდა.

აეროფოტოგადაღების მეთოდების განვითარებას ჩვენი ქვეყნისათვის განსაკუთრებული მნიშვნელობა აქვს. იგი პრაქტიკულად გამოიყენება მზარდი მოცულობის საპროექტო და სამშენებლო სამუშაოების შესასრულებლად, კარტოგრაფიული წარმოების ფოტოგრამმეტრიული მასალებით უზრუნველყოფისათვის, დედამიწის ბუნებრივი რესურსებისა და გარემოს მდგომარეობის შესასწავლად. სამეცნიერო ორბიტალური სადგურიდან ფოტოგადაღებების სამუშაოების მომზადებისას ფორმირებულია ასამდე ამოცანა - გეოდეზიის, გეოლოგიის, გეოგრაფიის, სოფლისა და სატყეო მეურნეობის, ჰიდროლოგიის, ოკეანოგრაფიისა და სხვა.

აეროფოტომასალების გამოყენებაში ერთ-ერთი წამყვანი ადგილი უკავია გეოდეზიისა და კარტოგრაფიის მთავარ სამმართველოს, რომელიც ასრულებს გეგმურ სამუშაოებს ქვეყნის ტერიტორიის კარტოგრაფირებისათვის. დღეისათვის ნებისმიერი მასშტაბის აგეგმვის ძირითად მეთოდად ითვლება აეროფოტოაგეგმვა რომელმაც უზრუნველყო ქვეყნის მთელი ტერიტორიის კარტოგრაფირება 1:25000 მასშტაბში. ამჟამად მიმდინარეობს რუკების შედგენა უფრო მსხვილ მასშტაბში. აეროკოსმოსური მეთოდებით შემცირდა არა მარტო რუკების შედგენის ვადები და მათზე დანახარჯები, არამედ გაიზარდა კიდევაც მათი შედგენის სიზუსტეცა და უტყუარობაც.

დიდი ადგილი უკავია აეროფოტოგადაღებას ტოპოგრაფიული რუკების განახლებაში და სხვადასხვა კარტოგრაფიული ფოტოდოკუმენტების შექმნაში.

აეროგადაღების მასალები ფართოდ გამოიყენება გეოლოგიური გამოკვლევების ყველა სტადიაში. აერომეთოდები ითვლება ყველაზე პროგრესულ მეთოდებად, რომელიც უზრუნველყოფს გეოლოგიური რუკების უტყუარობას, ობიექტურობასა და სიზუსტეს. მისი ხარისხი დამოკიდებულია იმ გეოლოგიურ ინფორმაციაზე, რომელიც მიღებულია აეროფოტომასალებით. აერომეთოდები იძლევა დედამიწის ქერქის აგებულების შესწავლის ახალ საშუალებებს, გამოვავლინოთ ახალი, ადრე უცნობი გეოლოგიური სტრუქტურები, გავარკვიოთ წიაღის ძირეული ქანების პირობები, გადავწყვიტოთ მრავალი როგორც ზოგადი, ისე რეგიონალური გეოლოგიური საკითხები.

აეროგადაღებითი სამუშაოების დაპროექტებისას ითვალისწინებენ ყველა იმ მოთხოვნილებას, რომელიც უზრუნველყოფს მასალების გამოყენების როგორც რაოდენობრივი ისე ხარისხობრივი მაჩვენებლების ოპტიმალურ პირობებს.

გეოლოგიური კარტირების დანიშნულების მიხედვით იყენებენ 1:3000 — 1:50000 მასშტაბის აეროფოტოსურათებს.

სოფლის მეურნეობისათვის საჭირო სამიწათმოწყობო გეგმებისა

და რუკების შედგენა დღეისათვის სრულდება ძირითადად აეროფოტომასალების გამოყენებით, რაც აიხსნება მათი ობიექტურობით, საიმედობით და ეკონომიური ეფექტურობით. აერომეთოდებს ფართოდ იყენებენ ნიადაგების კარტოგრაფირებაში, სასოფლო-სამეურნეო გზების კვლევა-ძიების, ზამთრის საძოვრების დაპროექტების, ეროზირებული მიწების გამოკვლევის, ვენახის მეჩხერიანობის დადგენის, სარწყავი სისტემების დაპროექტებისა და სხვა.

დომინირებულ მდგომარეობაშია აერომეთოდები ყველა სახის საპროექტო სამძებრო სამშენებლო სამუშაოებშიც, არქეოლოგიაში, ბუნების დაცვაში (ზღვებისა და ოკეანეების, მდინარეების გაჭუჭყიანების გაკონტროლებაში ცხოველთა სამყაროს დაცვაში), ლანდშაფტის ზონალური სტრუქტურის შესწავლაში, სამხედრო საქმეში და სხვა.

კოსმოსური ინფორმაცია უფრო აფართოებს მრავალი თანამედროვე მეცნიერებისა და სახალხო მეურნეობის დარგების ჰორიზონტს. 1979 წლის მონაცემებით, კოსმოსურ ინფორმაციას ყოველდღიურ მუშაობაში იყენებდა ქვეყნის 400 ორგანიზაციაზე მეტი. დღეისათვის კოსმოსური ინფორმაციის გამოყენებით (ბუნებრივი რესურსების შესწავლისას) დაინტერესებულია ასობით სამეცნიერო, საპროექტო და საწარმოო ორგანიზაცია. უმაღლესი და საშუალო სასწავლებელი. კოსმოსურ ინფორმაციაზე მოთხოვნილება ისე გაიზარდა, რომ მიზანშეწონილად ჩათვალეს შექმნილიყო ბუნებრივი რესურსების შემსწავლელი სახელმწიფო კვლევითი ინსტიტუტი. სახელმწიფო სამეცნიერო საწარმოო ცენტრი „პრიროდა“, რომელსაც ევალება მიიღოს და დაამუშაოს, შეინახოს და გაავრცელოს როგორც ოპერატიული, ისე გრძელვადიანი კოსმოსური ინფორმაცია დარგთაშორის. მათ გარდა, კოსმოსიდან დედამიწის სამეცნიერო-მეთოდური სამუშაოებს შეიმუშავებს რუსეთის მეცნიერებათა აკადემიის კოსმოსური კვლევითი ინსტიტუტი.

II თავი

საავიაციო მეტეოროლოგიის საფუძვლები

2.1. ძირითადი ცნობები ატმოსფეროს აგებულების შესახებ

დედამიწას, როგორც პლანეტას აქვს სამი გარსი: მყარი (ლითოსფერო), თხევადი (ჰიდროსფერო) და აირადი (ატმოსფერო).

ატმოსფერო უწყვეტ მოძრაობაშია და მონაწილეობს დედამიწის ბრუნვით მოძრაობასთან ერთად — მზისა და თავისი ღერძის გარშემო. დაკვირვებებითა და გაზომვებით დადგენილია, რომ ფიზიკური თვისებებით ატმოსფერო არაერთგვაროვანია. მისი თვისებები იცვლება როგორც ჰორიზონტალურად, ისე ვერტიკალურად, განსაკუთრებით მკვეთ-

რად იცვლება ვერტიკალურად. დღეისათვის თვლიან, რომ ატმოსფეროს განფენილობა 200 კმ-ია და ზედა მკვეთრი საზღვარი არ გააჩნია.

ატმოსფერო თანდათანობით გადადის საპლანეტთაშორისო გარემოში. აგებულების მხრივ მსოფლიო მეტეოროლოგიური ორგანიზაციის რეკომენდაციებით ატმოსფერო (ნახ. 2.1) დაყოფილია ხუთ ფენად:

ტროპოსფერო . . .	0-დან 11 — 16 კმ-მდე;
სტრატოსფერო . . .	11 — 16 კმ-დან 50 კმ-მდე;
მეზოსფერო	50 კმ-დან — 80 კმ-მდე;
თერმოსფერო	80 კმ-დან — 600 — 800 კმ-მდე;
ეგზოსფერო	600 — 800 კმ-ზე მაღლა.

ატმოსფეროს დაყოფას საფუძვლად უდევს სიმაღლის მიხედვით ტემპერატურის ცვალებადობის განსხვავებული ხასიათი, განსაკუთრებით კი ფენის შიგნით სითბური რეჟიმი. ეს სრულებითაც არ ნიშნავს, რომ არ არსებობს განსხვავება სხვა თვისებებს შორის, მაგრამ ტემპერატურული რეჟიმის განსხვავება მისი განმსაზღვრელია.

სიმაღლის მიხედვით ტემპერატურის ცვალებადობა ხასიათდება ტემპერატურის ვერტიკალური გრადიენტით სიმაღლის ერთეულზე:

$$\beta = -\frac{\Delta T}{\Delta H}, \qquad (2.1)$$

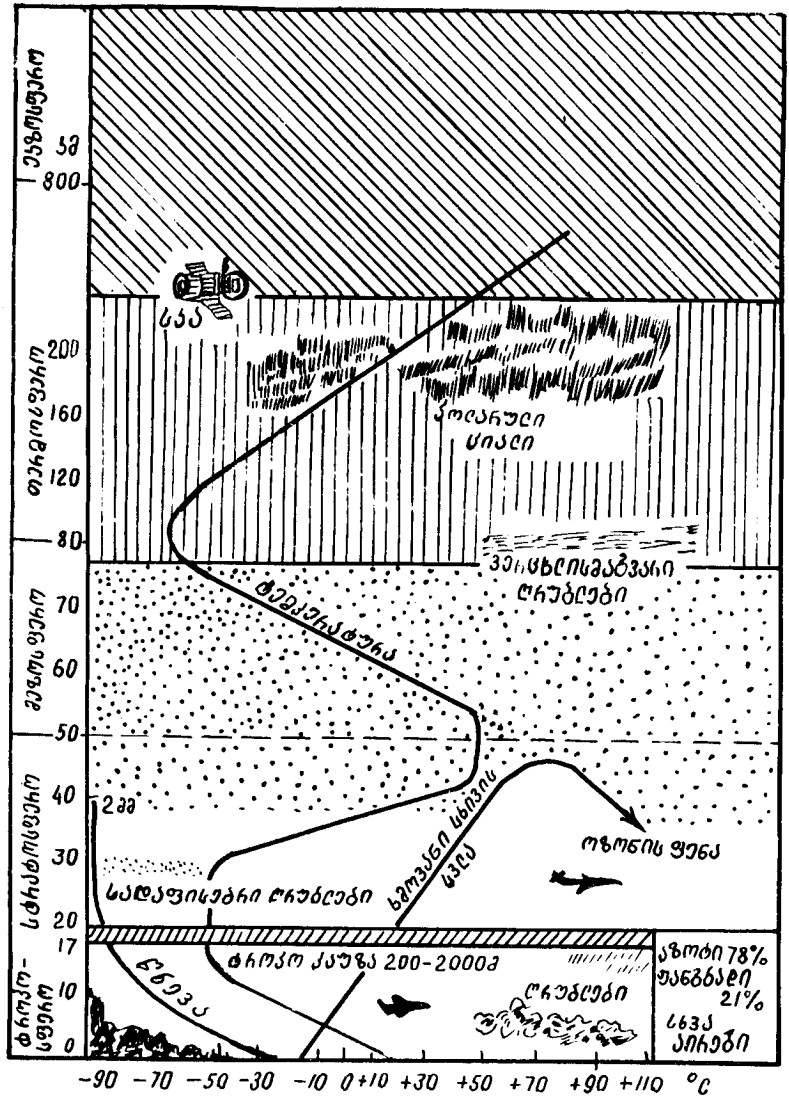
სადაც $\Delta T = T_2 - T_1$ ორ დონეს შორის ტემპერატურის სხვაობაა; $\Delta H = H_2 - H_1$ — სიმაღლეთა სხვაობა.

საერთოდ β სიდიდეს ანგარიშობენ გრადუსობით ყოველ ას მეტრზე.

ჰაერის შედგენილობის მიხედვით ატმოსფერო იყოფა: 1. ჰომოსფეროდ (0 — 95 კმ), რომელშიაც ჰაერის ფარდობითი შედგენილობა და მისი მოლეკულური მასა (უ — 28,966) არ იცვლება სიმაღლესთან ერთად; 2. ჰეტეროსფეროდ (95 კმ-ზე მაღლა), სადაც მიმდინარეობს მოლეკულური მასის შემცირება და ჰაერის შედგენილობაც მნიშვნელოვნად იცვლება სიმაღლესთან ერთად.

საფრენოსნო აპარატების ფრენის პირობების შესაბამისად, ატმოსფეროს ყოფენ შემდეგ არეებად: საჰაერო სივრცე 70 კმ-მდე, დედამიწის ახლო კოსმოსური სივრცე 70 — 150 კმ-მდე, ახლო კოსმოსი 150 კმ-დან 1000 კმ-მდე და შორეული კოსმოსი 1000 კმ-ზე ზევით.

ტ რ ო პ ო ს ფ ე რ ო. ტროპოსფეროს ძირითადად ახასიათებს სიმაღლის ზრდასთან შესაბამისად ტემპერატურის დაცემა. ტემპერატურის ვერტიკალური გრადიენტი შეადგენს 0,6 — 0,7° (100 მ. ანუ 6 — 7°) კმ. ტროპოსფეროს ვერტიკალური განფენილობა პოლარულ გრძედებში შეადგენს 8 — 9 კმ. ხოლო ქვემოთ 16 — 17 კმ-ს. ტროპოსფეროში წარმოიქმნება და შეიმჩნევა კიდეც ღრუბლებისა და ნალექე-



ნახ. 2.1 ატმოსფეროს აგებულება.

ბის ყველა მნიშვნელოვანი სახეობა. ტროპოსფეროში მშრალი ჰაერის შედგენილობა მთლიანი მოცულობისას ასეთია:

აზოტი	78,09%
ჟანგბადი	20,85%
არგონი	0,93%
ნახშიროორჟანგი	0,03%

ჰაერის შედგენილობაში ყოველთვის შედის წყლის ორთქლი, რომლის შედგენილობაც იცვლება 0,1 — 4% ფარგლებში.

ტროპოსფეროსა და სტრატოსფეროს შორის საზღვარს უწოდებენ ტროპოპაუზას, მისი ვერტიკალური სიმძლავრეა რამოდენიმე ასეული მეტრიდან 1 — 2 კმ-მდე. ამ ფენაში მკვეთრად იცვლება ტემპერატურის ვერტიკალური გრადიენტი.

ს ტ რ ა ტ ო ს ფ ე რ ო. ტროპოპაუზის მაღლა მდებარეობს მეორე ფენა — სტრატოსფერო.

ტროპოპაუზის დონეზე საშუალო ტემპერატურა ეცემა მინუს 50°C-დან პოლუსის თავზე მინუს 80°C-მდე ეკვატორის თავზე. სტრატოსფეროს ტემპერატურის ცვალებადობაზე გავლენას ახდენს ოზონი, რომელიც პოლარულ განედებში დიდი რაოდენობითაა, ტროპიკულში კი მცირეა. ამავე დროს, ერთი და იგივე პუნქტში გაზაფხულობით უფრო მეტია, ვიდრე შემოდგომობით. დაკვირვებებით დადგენილია, რომ სტრატოსფეროში შეიმჩნევა მოულოდნელი, უეცარი, მკვეთრი დათბობა. იგი ცნობილია სახელწოდებით „სტრატოსფერული დათბობები". ისინი წარმოიქმნებიან 40 — 50 კმ-ის სიმაღლეზე და შემდეგ ნელ-ნელა ვრცელდებიან ქვემოთ.

ჰაერის წნევა, ისევე როგორც ტროპოსფეროში, სიმაღლესთან ერთად ეცემა, აქედან გამომდინარე იცვლება მისი სიმკვრივეც. სტრატოსფერო ძირითადი კომპონენტებით წარმოადგენს აირების ნარევს და ანალოგიურია ტროპოსფეროსი.

სტრატოსფეროში, დაახლოებით 30 კმ სიმაღლეზე ჩვეულებრივ, წარმოიქმნება ღრუბლები, რომლებიც მკაფიო შეფერილობისას სადაფისფერია, რისთვისაც მათ სადაფისფერ ღრუბლებს უწოდებენ. იგი ძირითადად წარმოიქმნება ციკლონების სამხრეთ ნაწილში მხოლოდ ზამთარში და შედგება 2 მკმ-ზე ნაკლები დიამეტრის მქონე ყინულის კრისტალებისაგან, მათი ასეთი შედგენილობა აიხსნება სინათლის დიფრაქციით იმ ნაწილაკებზე, რომლისგანაც შედგება ღრუბლები.

ქარის სიჩქარე აქ 100 კმ/სთ-მდე აღწევს, ტემპერატურა კი მინუს 83°C. ჰაერის აღმავალ დინებას სტრატოსფეროს ქვედა ფენამდე შეაქვს მტვერი, რომლის ძირითადი წყაროა ვულკანური მოქმედებები და დედამიწის ზედაპირი.

სტრატოსფეროში ფრენის დროს შეიმჩნევა მტვრის ღრუბლები, რომლებიც დიდი გამჭვირვალობის გამო დედამიწიდან უხილავია.

მ ე ზ ო ს ფ ე რ ო. მეზოსფეროს მთლიანი მასა არ აღემატება ატმოსფეროს მთლიანი მოცულობის 0,3% და მდებარეობს 50 — 55 და 80 კმ შორის.

ტემპერატურა მეზოსფეროში ეცემა ყოველ 100 მეტრ სიმაღლეზე 0,35%-ით, რაც გამოწვეულია ოზონის არარსებობით. აქ შეიმჩნევა ატმოსფეროში ყველაზე დაბალი ტემპერატურა. წნევა და სიმკვრივეც

სიმაღლესთან ერთად მცირდება. მეზოსფერო საინტერესოა ბუნების გამოუცნობი მოვლენით — მასში ვერცხლისფერი ღრუბლების შექმნით.

თ ე რ მ ო ს ფ ე რ ო. ატმოსფეროს ეს უბანი განლაგებულია 80—90 კმ-დან 800 კმ-მდე. კოსმოსური აპარატებით დადგინდა, რომ მინიმუმიდან მაქსიმუმ 250 კმ-მდე ტემპერატურა იზრდება, ხოლო უფრო ზემოთ უკვე უცვლელი რჩება. მაღალი ტემპერატურა (რომელსაც კინეტიკურს უწოდებენ) განპირობებულია აზოტისა და ჟანგბადის მოლეკულებით მზის ულტრაიისფერი სხივების შთანთქმით. გარდა ამისა, ტემპერატურულ რეჟიმზე გავლენას ახდენს აგრეთვე მზის გვირგვინი და მეტეორული ნაწილაკები.

ტემპერატურის ცვლილება იწვევს სიმაღლის შესაბამისად ჰაერის სიმკვრივის ცვალებადობას. მრავალი წლის დაკვირვებებით დადგინდა თერმოსფეროს ჰაერის სიმკვრივის ცვალებადობის ხუთი ტიპი.

დღეღამური ვარიაცია შეიცავს ადგილობრივი დროით მაქსიმუმს — 14 საათს და მინიმუმს — 4 საათს.

მეორე ვარიაცია, ეს არის სიმკვრივის მერყეობა, რომელიც დაკავშირებულია მზის რადიოგამოსხივების ცვალებადობასთან და მაქსიმუმ 600 კმ-მდე აღწევს. მესამეს ანუ ნახევარწლიურ ვარიაციას ორი მაქსიმუმი აქვს, ივლისსა და დეკემბერში და ხასიათდება მცირე ცვლილებებით.

მეოთხე ვარიაცია ვლინდება მზის აქტივობის პერიოდში.

მეხუთე ვარიაცია დაკავშირებულია გეომაგნიტურ შეშფოთებასთან.

თერმოსფეროს მაღალი ფენები შევსებულია მსუბუქი აირებით — ჰელიუმითა და წყალბადით.

ე გ ზ ო ს ფ ე რ ო. წარმოადგენს ატმოსფეროს გარე ფენას. მისი ზედა ფენა, რომელიც ატმოსფეროს ზედა საზღვარია, ჯერ კიდევ კარგად არ არის შესწავლილი. ამჟამად მიმდინარეობს ატმოსფეროს ზედა ფენების შესწავლა კოსმოსური აპარატებით, რომლის შედეგები ინფორმაციის სახით ფართოდ ქვეყნდება სპეციალურ გამოშვებებსა და ჟურნალებში.

2.2. ძირითადი მეტეოროლოგიური ელემენტები

ატმოსფეროს მახასიათებლები დედამიწის ზედაპირის მიმართ თავისი ბრუნვითა და მზის რადიაციის ზეგავლენით გამუდმებით იცვლება. ფიზიკურ სიდიდეებს, რომლითაც ხასიათდება ატმოსფერო დროის გარკვეულ მომენტში, უწოდებენ მეტეოროლოგიურ ელემენტებს. მეტეოროლოგიურ ელემენტებს ძირითადად მიეკუთვნება: ტემპერატურა, ატმოსფერული წნევა, ქარის სიჩქარე და მიმართულება, ჰაერის სიმკვრივე, ჰაერის ტენიანობა, ღრუბლიანობა, ნალექები, ხილვადობა, მზიური რადიაცია და სხვა ელემენტები.

მეტეოროლოგიური ელემენტების ცვლილებათა კანონზომიერების შესწავლა სივრცესა და დროში გვეხმარება ამინდის პროგნოზის ამოცანების გადაწყვეტაში.

ჰაერის ტემპერატურა წარმოადგენს ატმოსფეროს ძირითად ელემენტს, მისი შეცვლით იცვლება მრავალი მეტეოროლოგიური ელემენტი, ამიტომ ტემპერატურის მნიშვნელობის გათვალისწინება მიწაზე და სიმაღლეზე ფრენისას უკიდურესად საჭიროა ისეთი პარამეტრების განსაზღვრისათვის, როგორიცაა სიჩქარე და ფრენის სიმაღლე.

ატმოსფერული წნევა იზომება ვერცხლისწყლის ბარომეტრებითა და ანეროიდებით. ატმოსფერული წნევა იცვლება არა მარტო ვერტიკალური, არამედ ჰორიზონტალური მიმართულებითაც. წნევის განაწილება შეიძლება წარმოვადგინოთ იზობარული ზედაპირის დახმარებით, რომლის ყველა წერტილში წნევა ერთნაირია.

სიმაღლის მიხედვით წნევის ცვალებადობა შეიძლება დავახასიათოთ ბარომეტრული საფეხურით, რომელიც წარმოადგენს იმ სიმაღლეს, როდესაც წნევა იცვლება ერთი მილიბარით. მაგალითად, თუ სიმაღლეთა სხვაობას (სიმაღლის შეცვლას) აღვნიშნავთ ΔH-ით და წნევის ცვალებადობას ΔP-თი, მაშინ ბარომეტრული საფეხური გამოისახება ბაბინეს ფორმულით:

$$h = -\frac{\Delta H}{\Delta P} \text{ მ/მბარი} = \frac{8000}{P}(1+\alpha t) \qquad (2.2)$$

ნორმალური წნევის შემთხვევაში $h = 7{,}8$ მ/მბარი. (2.2) ფორმულით სარგებლობენ წნევის ზღვის დონეზე დასაყვანად.

ხაზს, რომელიც კვეთს იზობარულ ზედაპირს ზღვის დონესთან, ან სხვა დონეს, უწოდებენ იზობარს. რუკაზე იზობარები წარმოადგენს მრუდ ხაზებს, რომლებიც აერთებენ ერთნაირი წნევის მქონე წერტილებს.

ჰაერის ტემპერატურა, წნევა და სიმკვრივე მჭიდრო კავშირში იმყოფებიან და მნიშვნელოვან გავლენას ახდენენ ფრენაზე. ჰაერის ტემპერატურის, წნევის, სიმკვრივის წარმოებულით განისაზღვრება მთლიანი აეროდინამიკური ძალა, რომელიც მოქმედებს თვითმფრინავზე. სიმკვრივის შემცირებით მცირდება აეროდინამიკური ძალაც და პირიქით. სიმკვრივის გაზრდის შემთხვევაში თვითმფრინავის გარბენი აფრენის დროს მცირდება, მცირდება აგრეთვე დასაჯდომი სიჩქარეცა და გარბენიც. ამით აიხსნება ის ფაქტი, რომ ზამთარში დაბალი ტემპერატურისა და მაღალი წნევის დროს აფრენის სიჩქარე ბევრჯერ მცირეა. ვიდრე ზაფხულობით.

როგორც ზემოთ აღვნიშნეთ, ატმოსფერო დედამიწის ზედაპირის მიმართ განუწყვეტელ მოძრაობაშია. ჰაერის დაწოლას დედამიწის ზე-

დაპირის მიმართ ქარს უწოდებენ, რომელიც ხასიათდება ძირითადად ორი სიდიდით; მიმართულებითა და სიჩქარით. სიჩქარე იზომება 1 მ/სეკ. ან კმ/სთ. მიმართულება მეტეოროლოგიაში განისაზღვრება ჰორიზონტის იმ წერტილით, საიდანაც ის უბერავს. ეს ნიშნავს, რომ ჩრდილოეთის ქარის შემთხვევაში ჰაერი გადაადგილდება ჩრდილოეთიდან სამხრეთისაკენ. საჭიროა ერთმანეთისაგან განვასხვაოთ „მეტეოროლოგიური“ და „ნავიგაციური“ ქარი. ნავიგაციაში ქარის მიმართულებად ითვლება ის მიმართულება, საითაც ქრის ქარი ე. ი. განსხვავდებიან ისინი 180°-ით.

ქარის მიმართულებასა და სიჩქარეს საზღვრავენ სხვადასხვა სახის სპეციალური ხელსაწყოებით. ქარი დღისით დედამიწის ზედაპირთან უფრო ძლიერია, ვიდრე ღამით. ქარიც წარმოადგენს ერთ-ერთ მნიშვნელოვან მეტეოროლოგიურ ელემენტს, რომელიც გავლენას ახდენს თვითმფრინავის ფრენაზე. რადგანაც თვითმფრინავი მონაწილეობს ატმოსფეროს მოძრაობაში და მოძრაობს ჰაერის მიმართაც, არჩევენ საჰაერო და საგზაო სიჩქარის ცნებებს. ქარი დიდ გავლენას ახდენს თვითმფრინავის დაჯდომაზე და აფრენაზე, იგი ზრდის თვითმფრინავის მდგრადობას ფრენის დროს. სამოქალაქო ავიაციისათვის ქარის ზღვრული დასაშვები სიჩქარეა 15 მ/სეკ.

ქარი უკიდურესად არასახარბიელო გავლენას ახდენს ფრენაზე აეროფოტოგადაღების შესრულებისას, რადგანაც თვითმფრინავის გვერდით წაღებისას გადასაღები მიმართულების ზუსტი დაჭერა ძნელდება.

ატმოსფერო შეიცავს წყლის ორთქლს — სინოტივეს, რომელიც მასში ხვდება ძირითადად ზღვების, ოკეანეებისა და პლანეტის სხვა ზედაპირებიდან აორთქლების შედეგად. დიფუზიითა და ჰაერის ნაკადით წყლის ორთქლი მთელს ატმოსფეროში ვრცელდება. ჰაერში მისი შედგენილობის დასახასიათებლად გამოიყენება ეგრეთწოდებული ჰიგრომეტრული სიდიდეები, რომელსაც მიეკუთვნება წყლის ორთქლის დრეკადობა (l) და წნევა.

აბსოლუტური სინოტივე (Q) — ერთ კუბურ მეტრში წყლის ორთქლის რაოდენობაა გრამობით.

აბსოლუტური სინოტივისა და დრეკადობის თანაფარდობა გამოისახება:

$$Q = \frac{1{,}06}{1+0{,}004t}\, l, \qquad (2.3)$$

სადაც t ჰაერის ტემპერატურაა.

დაკვირვებებით დადგენილია, რომ წყლის ორთქლის დრეკადობის

უნარიანობა ატმოსფეროში სიმაღლეზე მცირდება, რადაგანაც ატმოსფეროს ტემპერატურაც სიმაღლეზე მცირდება. მაგალითად, 5 — 6 კმ-ის სიმაღლეზე წყლის ორთქლის დრეკადობა 10-ჯერ მცირეა, ვიდრე დედამიწის ზედაპირზე.

წყლის ორთქლის ევოლუციის პროცესში გამოიყოფა მისი ორი ძირითადი მდგომარეობა: კონდენსაცია და სუბლიმაცია. კონდენსაციას აქვს ადგილი, როდესაც წყლის ორთქლის აირმდგომარეობის გადასვლა ხდება თხევად მდგომარეობაში, ე. ი. იქცევა წყლად. წყლის ორთქლის აირმდგომარეობიდან პირდაპირ მყარ მდგომარეობაში გადასვლას კი სუბლიმაციას უწოდებენ. სწორედ ამ ორი პროცესის მიმდინარეობისას ატმოსფეროში წარმოიქმნება წყლის წვეთები და ყინული, რომლისგანაც შედგება ღრუბლები და ნალექები.

თანახმად ღრუბლების საერთაშორისო ატლასისა, ღრუბლები კლასიფიცირდება თავისი აგებულებითა და სიმაღლეებით, ამიტომ მათ ფორმაც სხვადასხვა აქვთ.

სიმაღლის მიხედვით ღრუბლების დაყოფა ასე ხდება:

1. ზედა იარუსის ღრუბლები ($H \geqslant 6000$ მ): ფრთა, გროვა-ფრთა და ფენა-ფრთა ღრუბელი.
2. საშუალო იარუსის ღრუბლები ($H = 6000 \div 2000$ მ): მაღალი-გროვა და მაღალ-ფენური.
3. ქვედა იარუსის ღრუბლები ($H = < 2000$ მ): ფენური-გროვა და ფენა ღრუბელი.
4. ვერტიკალური განვითარების ღრუბლები ($H \leqslant 500$ მ, აღწევენ ფრთა ღრუბლებს): გროვა, გროვა-წვიმის, ფრთა-წვიმის.

ფ რ თ ა ღ რ უ ბ ე ლ ი თეთრი ფერისაა, ბოჭკოს ან ბუმბულის სახის. საერთოდ ეს ღრუბლები გვაუწყებენ ამინდის გაუარესებას. ფრთა-გროვა ღრუბლები გადანაგრეხის სახისაა, მდებარეობენ ერთმწკრივად ან ჯგუფურად. ფ რ თ ა-ფ ე ნ ა ღრუბელი მოთეთრო ქაფისმაგვარია და გადაჭიმულია მთელ ცაზე. მ ა ღ ა ლ გ რ ო ვ ა ღრუბლებს თეთრი, მსხვილი გადანაგრეხის სახე აქვს, ისინი განლაგებული არიან ჯგუფურად. ამ ღრუბლებში ხშირად შეიმჩნევა თვითმფრინავის მოყინვა. მაღალი-ფენა ღრუბელი საკმაოდ მკვრივი საფარით ხასიათდება, ღია ნაცრისფერია. ამ ღრუბლების დროს დედამიწაზე ნალექები არ მოდის. ფ ე ნ ა ღრუბელი მდებარეობს 1 კმ-ის სიმაღლეზე და წააგავს სქელ ჯანღს, რადაგანაც წარმოიქმნება ჯანღის მაღლა აწევით. გ რ ო ვ ა ღრუბელი წარმოადგენს მძლავრ ვერტიკალურად განვითარებულ ღრუბელს თაღისებრი მწვერვალებით. ამ ღრუბლებში თვითმფრინავები განიცდიან ნჯღრევას. გ რ ო ვ ა-წ ვ ი მ ი ს ღრუბელი წარმოადგენს მძლავრი მთებისმაგვარ მასას ვერტიკალური განვითარებით. ასეთი ტიპის ღრუბლების დროს იცის თავსხმა და ჭექა-ქუ-

ხილი. ფენური-წვიმის ღრუბელი წარმოადგენს მკვრივ საფარისმაგვარ ღრუბელს, რომლისგანაც ნალექები მოსალოდნელია ხანგრძლივი დროით.

ატმოსფეროს ღრუბლების სისტემაზე მეტეოროლოგიურ სადგურებში აწარმოებენ სისტემატურ დაკვირვებას, რომლის დროსაც აფიქსირებენ ღრუბლების რაოდენობას, ფორმასა და ღრუბლების ქვედა საზღვრის სიმაღლეს. ღრუბლების რაოდენობას აფასებენ ათბალიანი სისტემით. საფრენოსნო აპარატებს ღრუბლიანობა გარკვეულ სიძნელეებს უქმნის. აეროფოტოგადაღება კარტოგრაფირების მიზნებისათვის მოღრუბლულ ამინდში დაუშვებელია, რადგანაც ღრუბლებსა და მათ ჩრდილში ინიღბება დედამიწის ზედაპირის ლანდშაფტი და გავლენას ახდენს მის განათებულობაზე, რაც უარყოფითად მოქმედებს აეროფოტოსურათების სახვით და ფოტოგრამმეტრიულ ხარისხზე. გამონაკლისს შეადგენს მხოლოდ მაღალი მთლიანი მოღრუბლულობა, რომელიც თანაბრად უშვებს მზის სხივებს და ასეთ შემთხვევაში შეიძლება გადავიღოთ ვერტიკალურად დასერილი ლანდშაფტი, ქალაქები და სხვა.

ღრუბლების ელემენტები ატმოსფეროში გაწონასწორებულ მდგომარეობაში იმყოფებიან. მათგან ნალექების ძირს წამოსვლა შესაძლებელია იმ შემთხვევაში, როცა ისინი ისე დამსხვილდებიან, რომ შეეძლებათ აღმავალი დინებების და ჰაერის წინააღმდეგობის გადალახვა.

წყლის წვეთები და ყინულის კრისტალები, როცა ისინი ატმოსფეროდან ცვივიან, წარმოადგენენ ნ ა ლ ე ქ ე ბ ს. ნალექებს ასხვავებენ ფორმის მიხედვით, ასეთებია: წვიმა, თოვლი, ხორხოშელა, სეტყვა. წარმოქმნის პირობების შესაბამისად, ნალექებს ყოფენ სამ ტიპად: ჟუჟუნა, თავსხმა და ჟინჟღლისებური ნალექი. ნალექების სვლა შეიძლება იყოს დღეღამური და წლიური. რომელიმე უბნის ნალექებით დახასიათების მიზნით, სარგებლობენ საშუალო სტატისტიკური სიდიდეებით. დიდი რაოდენობით ნალექების მქონე რაიონში აეროფოტოგადაღებითი მუშაობა რთულად მიმდინარეობს, რადგანაც როგორც წესი, ნალექების მოსვლის დროს არ შეიძლება აეროგადაღება, აგრეთვე გადაღება არ შეიძლება ნალექების მოსვლის შეწყვეტიდან რამოდენიმე დღეს, რადგანაც იწყება ღრუბლების წარმოშობა, ჯანღი და სხვა წარმონაქმნები, რომელიც გავლენას ახდენს აეროფტოგადაღების ხარისხზე. ამ დროს დაბალია ხილვადობაც. ხილვადობა არსებით გავლენას ახდენს ავიაციის საქმიანობაზე. რაოდენობრივი დახასიათების მიზნით შემოტანილია მცნება — ხ ი ლ ვ ა დ ო ბ ი ს ს ი შ ო რ ე, რომელშიაც იგულისხმება ის უდიდესი მანძილი, როცა კიდევ შეიძლება შევნიშნოთ საგნები და ერთმანეთისაგან გავარჩიოთ. მეტეოროლოგიური ხილვადობის განსაზღვრისათვის არსებობს სპეციალური ორიენტირები, რომლებიც მკაფიოდ უნდა პროექტირებდნენ ცის ფონზე ჰორიზონტთან. ხილვადობის სიშორე დამოკიდებულია ატმოსფე-

როს გამჭვირვალობაზე, საგნის განათებულობაზე და ფონზე.

ატმოსფერო მარტო აირებისგან რომ შედგებოდეს, მაშინ ხილვადობის სიშორე განათებულობისას 250 — 300 კმ სიდიდის ტოლი იქნებოდა. მაგრამ ატმოსფერო ძირითადი აირების გარდა შეიცავს დიდი რაოდენობით მტვერს, კვამლის ნაწილაკებს, მიკროორგანიზმებსა და ა. შ., რომელნიც არსებითად ცვლიან ატმოსფეროს გამჭვირვალობას. ატმოსფეროს გამჭვირვალობაზე დიდი გავლენა აქვს აგრეთვე წყლის ორთქლის კონდენსაციის პროდუქტებს — წყლის უმცირეს წვეთებსა და ყინულის მცირე ზომის კრისტალებს. მზის სხივები ატმოსფეროში მოძრაობისას ეჯახებიან აირების მოლეკულებს, შემდეგ წყლისა და მტვრის უმცირეს ნაწილაკებს და განიფანტებიან ყველა მიმართულებით. ამ დროს ისინი თავისი ენერგიის 20 %-ს კარგავენ. განსაკუთრებით დიდი გაფანტვა ხდება დედამიწასთან ახლოს, ატმოსფეროს ფენაში, სადაც თვალი ხედავს მას განათებული ბურის ფარდის სახით, ატმოსფეროს ფენის ასეთ განათებულობას, რომელიც გამოწვეულია მნათობი სხივების გაფანტვით, მეცნიერებაში უწოდებენ ატმოსფერულ ნისლოვანას.

მეტეოროლოგიაში არსებობს ნისლოვანას ორი სახე: ცისფერი და რუხი.

ატმოსფერული ნისლოვანას რაოდენობრივი დახასიათებისთვის შემოღებულია მცნება ნისლოვანას სიკაშკაშე $B_ნ$, რომელიც ნადირ მიმართულებისთვის მიახლოებით განისაზღვრება ფორმულით:

$$B_{ნ.ს} \approx \frac{B_ნ}{8{,}0} H_ვ \qquad (2.4)$$

სადაც $B_{ნ.ს}$ ნისლოვანაა ნადირ-წერტილის მიმართულებით; $B_ნ$ — ნისლოვანაა ატმოსფეროს ფენისათვის (H სიმაღლეზე და მთელი ატმოსფეროსთვის); $H_ვ$ — მოყვანილი სიმაღლისათვის;

ობიექტის კონტრასტზე ატმოსფერული ნისლოვანას გავლენის განსაზღვრისათვის იყენებენ დანისლოვანების კოეფიციენტის მცნებას $ჟ = ს$.

$$ჟ = \frac{B_ს}{B_0 P} \qquad (2.5)$$

სადაც B_0 აბსოლუტურად თეთრის სიკაშკაშის კოეფიციენტია.

P — ატმოსფეროს გამჭვირვალობა.

2.3. ატმოსფეროს გავლენა დედამიწის ზედაპირის განათებულობასა და ბუნებრივი წარმონაქმნების სპექტრულ სიკაშკაშეზე

დედამიწის ზედაპირის განათების რეჟიმს ძირითადად განსაზღვრავს სინათლის სამი წყარო: პირველადი — მზე, მეორადი — ატმოსფეროში მზის შუქის განბნეულობა და ადგილის ობიექტებიდან არეკლილი სინათლე.

დედამიწის ზედაპირის ბუნებრივი განათება E გროვდება მოწმენდილ ცაზე, ან ნაწილობრივ ღრუბლიანში მზის სხივებით პირდაპირი $E_პ$ განათებითა და დედამიწის ზედაპირიდან არეკლილი და ცის თაღიდან წამოსული გაფანტული სხივებით $E_გ$ განათებისაგან, ე. ი.

$$E=E_პ+E_გ \qquad (2.6)$$

თუ ცის თაღი მთლიანად ღრუბლებით დაიხურება, მაშინ $E_პ=0$ და $E_გ=E$. პირდაპირი განათებულობის ინტენსიურობა დამოკიდებულია ჰორიზონტზე მზის f სიმაღლეზე და ატმოსფეროს გამჭვირვალობაზე.

$$E_პ=E_0P^{cosec\varphi}\sin\varphi \qquad (2.7)$$

სადაც E_0 განათებულობაა ატმოსფეროს საზღვარზე და ტოლია დაახლოებით 130 ათას ლუქსის;

P ატმოსფეროს გამჭვირვალობის კოეფიციენტია და საშუალო პირობებისათვის ტოლია 0,7 — 0,8.

$E_გ$ სიდიდეს საზღვრავენ ექსპერიმენტულად ფოტოელემენტებით.

დედამიწის ზედაპირის განათებულობაზე დიდად არის დამოკიდებული ფოტოგრაფირებული მასალების ხარისხი.

მზის რადიაციის ძირითადი ენერგია, რომელიც დედამიწის ზედაპირზე აღწევს, ძირითადად 0.4 — 3 მკმ ინტერვალის სპექტრზე მოდის.

სხვადასხვა სიგრძის გამოსხივებული ტალღის ვიზუალური აღქმა სპექტრის ხილულ უბანში იწვევს სხვადასხვა ფერების შეგრძნებას (ცხრ. 2.1).

ატმოსფეროში მზის რადიაცია იყოფა რამდენიმე ნაწილად: ბუნებრივი ობიექტებით შთანთქმული, გატარებული და არეკლილი. მცენარეები მზის სხივებს ხილული სპექტრის ზონის ნაწილიდან შთანთქამენ — უმეტესად ცისფერსა და წითელს, რომელიც გამოიყენება ფოტოსინთეზის პროცესში. არაცოცხალი ბუნების ობიექტებში შთანთქმული სხივური ენერგია გარდაიქმნება სითბურ, მექანიკურ და ქიმიურ ენერგიად. სხივური ნაკადის ნაწილი, რომელიც მოხმარდება ზედაპირის გათბობას, ბრუნდება სამყაროში სითბური გამოსხივების სახით და იმყოფება ინფრაწითელი სპექტრის უბანში. სწორედ ამ თბოგამოსხივებაზეა დაფუძნებული ინფრათბოგადაღებები. ზოგიერთი ბუ-

ნებრივი ობიექტისათვის (მცენარეულობა, ორგანული ნივთიერებანი) მზის რადიაციის შთანთქმა იწვევს მათში ლუმინესცენციის ზრდას, რომელზედაც ემყარება ლუმინესცენტური გადაღება.

დისტანციურ მეთოდებში მნიშვნელოვანი დანიშნულება აქვს არეკლილ ენერგიას, რომელიც აირეკლება უშუალოდ ობიექტის ზედაპირიდან, კერძოდ, მისი შინაგანი სტრუქტურული ნაწილებიდან გაფანტულად. ამასთანავე, გაფანტული ენერგიის გამოსხივებაში ძევს ობიექტების სპექტრული არეკვლის ინფორმაციაც, — რამდენადაც შინაგანი ელემენტებით გაფანტული რადიაცია წარმოადგენს ობიექტის შინაგანი შედგენილობისა და ვარდნილი გამოსხივების ურთიერთზეგავლენის შედეგს. ე. ი. ობიექტში შეჭრილი სხივები იქ არსებულ ნივთიერებათა გარკვეული თვისებების შერჩევითი შთანთქმით გარდაიქმნება და მიიღებს სპექტრულ შედგენილობას. ზედაპირიდან უშუალოდ არეკლილი სხივური ენერგიის ნაკადის ფარდობა ბუნებრივი ობიექტების შინაგან სტრუქტურულ ელემენტებთან სხვადასხვაგვარია. იგი დამოკიდებულია შთანთქმის კოეფიციენტზე, გარდატეხის მაჩვენებელზე და მათი ზედაპირის აგებულებაზე (რადიაციის სპექტრული შედგენილობა, რომელიც არეკლილია უშუალოდ ობიექტების ზედაპირიდან პრაქტიკულად არ არის დამოკიდებული მის თვისებებზე, რამდენადაც რადიაცია მონაწილეობს მხოლოდ მისი სიკაშკაშის ფორმირებაში).

ობიექტის არეკვლის უნარი ხასიათდება მაჩვენებლებით, რომელთაც მიეკუთვნება მთლიანად არეკვლის კოეფიციენტი ანუ ალბედო — A, სიკაშკაშის კოეფიციენტი r_λ და კონტრასტი γ. A — ალბედოში გულისხმობენ მოცემული ზედაპირიდან ყველა მიმართულებით არეკვლილი სხივის ნაკადის ფარდობას, საკვლევ ფართობზე მოსულ მთლიან F_0 ნაკადთან:

$$A = \frac{F}{F_0}. \qquad (2.8)$$

ობიექტის სიკაშკაშე განისაზღვრება:

$$r = \frac{B}{B_0}, \qquad (2.9)$$

სადაც B არის ობიექტზე მოსული სხივის ნაკადი;

B_0 — იდეალურად გამფანტავი ზედაპირიდან არეკვლილი სხივის ნაკადი (იდეალურ ზედაპირად მიღებულია აბსოლუტურად თეთრი ზედაპირი, რომლის არეკვლის კოეფიციენტი 1-ის ტოლია).

ობიექტის სპექტრული არეკვლის თვისება განისაზღვრება სურათ-

ზე გამოსახულების ტონით ან ფერით და ხასიათდება სპექტრული სიკაშკაშის კოეფიციენტით.

$$r = \frac{B_\lambda}{B_{o\lambda}} \quad , \qquad (2.10)$$

B_λ — ობიექტის სპექტრული სიკაშკაშე,

$B_{o\lambda}$ — იდეალურად გამფანტავი ზედაპირის სპექტრული სიკაშკაშე.

სინათლის გაფანტვა და ატმოსფერული ნისლოვანა სხვადასხვანაირ გავლენას ახდენს ფოტოგამოსახულებაზე. სინათლის გაფანტვა მის საერთო გამჭვირვალობას ცვლის, მაგრამ სიკაშკაშის ინტერვალი U არ იცვლება.

$$U = \frac{B_{max}}{B_{min}} \qquad (2.11)$$

ატმოსფერული ნისლოვანობის არსებობისას მის სიკაშკაშეს ემატება ლანდშაფტის მეტ-ნაკლები B სიკაშკაშე. ასეთ შემთხვევაში სიკაშკაშის ინტერვალი U^1 ტოლი იქნება.

$$U^1 = \frac{B_{max} + B}{B_{min} + B} \qquad (2.12)$$

ცხადია, რომ $U^1 < U$, მაშასადამე, ატმოსფერული ნისლოვანა ამცირებს გამოსახულების სიკაშკაშის ინტერვალს. ტყეების აეროფოტოგადაღებისას ატმოსფერულ ნისლოვანას უმცირეს კოეფიციენტსაც კი შეუძლია მოგვცეს არასასურველი შედეგები, ამიტომ გადაღების დროს იყენებენ შუქფილტრებს.

ცხრილი 2.1

ელექტრომაგნიტური ტალღების სიგრძე ხილული სპექტრის სხვადასხვა უბანში

ფერი	სპექტრის ინტერვალი ნმ.	ტალღის საშუალო სიგრძე ნმ.	ფერი	სპექტრის ინტერვალი ნმ.	ტალღის საშუალო სიგრძე ნმ
ინფრაიისფერი	390-ზე ნაკლები	უხილავი ზონა	მომწვანო-მოყვითალო	550 — 575	560
იისფერი	390 — 455	430	ყვითელი	575 — 585	580
ლურჯი	455 — 485	470	ნარინჯისფერი	585 — 620	600
ცისფერი	485 — 505	495	წითელი	620 — 750	640
მწვანე	505 — 550	530	ინფრაწითელი	760-ზე ზევით	უხილავი ზონა

2.4. ატმოსფეროს გავლენა მერქნიანი მცენარეების სპექტრულ სიკაშკაშეზე

ყველა მერქნიანი ჯიში ვეგეტაციის პერიოდში სპექტრული სიკაშკაშის გრაფიკის მრუდების მიხედვით თითქმის ერთნაირი კანონზომიერებით ხასიათდება. იგივე ახასიათებს ტყით დაუფარავ ფართობებზე მცენარეულთა საფარსაც, რადგანაც ვეგეტაციის პერიოდში მცენარეულობას ახასიათებს ხილული სპექტრის უბნის ცისფერი და ნარინჯისფერი წითელი ზონის მაქსიმალური შთანთქმა. მცენარეების უნარი, გაატარონ და შთანთქან მასზე დაცემული რადიაცია, განსაზღვრავს მათი სპექტრული სიკაშკაშის კოეფიციენტების სპეციფიკური მრუდების ფორმებს. მკვეთრი არეკვლის ზრდა იწყება 690 მმ-დან და 740 მმ-ზე აღწევს უმაღლეს სიდიდეს. 1200 მმ-მდე მწვანე მცენარეების არეკვლის უნარი არ იცვლება.

სხვადასხვა მცენარეების ოპტიკური მახასიათებლები მთლიანად არ არის იდენტური. იგი განისაზღვრება პიგმენტების შედგენილობითა და მდგომარეობით, მცენარეების ქსოვილებითა და საერთო მორფოლოგიით, ასაკით, ეკოლოგიური პირობებით. ასე რომ მერქნიანი ჯიშების სიკაშკაშის კოეფიციენტები სპექტრის ვიწრო ზონაში რამდენადმე განსხვავდებიან.

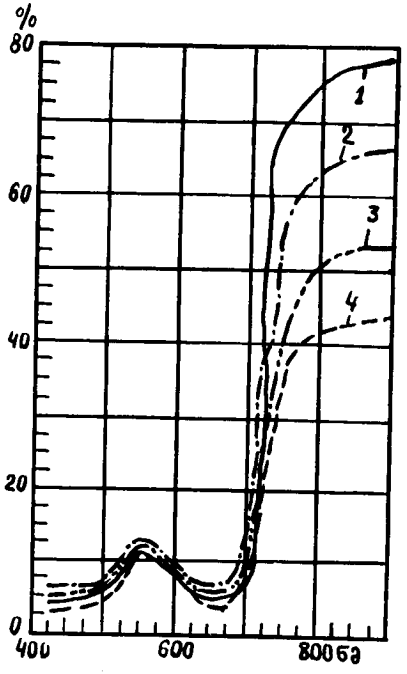
მერქნიანი ჯიშების ვარჯის სპექტრული სიკაშკაშის ფარდობა სხვადასხვა ზონაში მოცემულია 2.2 ცხრილში.

ცხრილი 2.2

ჯიშები	ტალღის სიგრძე ნმ						
	500	550	600	650	700	750	800
ნაძვი	0,04	0,05	0,04	0,04	0,08	0,26	0,27
ფიჭვი	0,06	0,06	0,05	0,06	0,14	0,27	0,30
ფოთლოვანი	0,06	0,08	0,09	0,07	0,12	0,38	0,44
ვერხვი	0,05	0,08	0,07	0,03	0,08	0,46	0,48
არყი	0,07	0,07	0,07	0,05	0,08	0,25	0,44

ეს თავისებურება საფუძვლად უდევს მრავალ ზონალურ გადაღებას, რომელიც სულ უფრო ფართოდ გამოიყენება აეროკოსმოსურ გადაღებებში (1976 წლის 15 სექტემბერს საბჭოთა კავშირში გაუშვეს კოსმოსური ხომალდი „სოიუზ-22“ ვ. ბიკოვსკისა და ვ. აქსიონოვის შემადგენლობით, რომლებმაც აწარმოეს მრავალზონალური კოსმოსური აპარატით МКФ — 6-ით გადაღებები გარემოსა და ბუნებრივი რესურსების გამოკვლევის მიზნით). მერქნიანი და ბუჩქნარი მცენა-

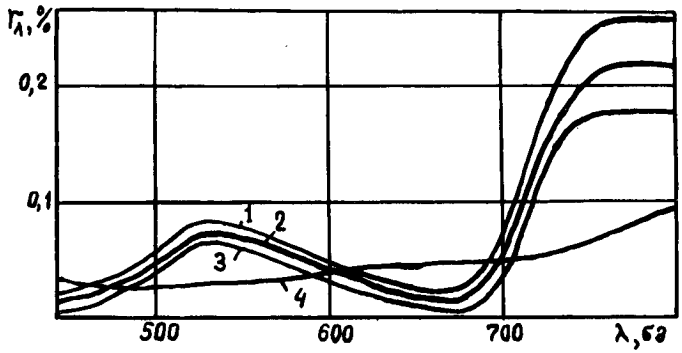
რეების ღეროებსა და ტოტებსაც ამრეკვლი თვისება სხვადასხვანაირი აქვს და მკვეთრად განსხვავდებიან ფოთლებისა და წიწვების არეკვლისუნარიანობისაგან. მერქნიანი ჯიშების ვარჯის სიკაშკაშე 1,4 — 1,8 მ-ჯერ დაბალია, ვიდრე ფოთლებისა და წიწვების სიკაშკაშე. სიკაშკაშის კოეფიციენტი დამოკიდებულია აგრეთვე მცნარეების ასაკზე. ახალგაზრდა წიწვიანი და ფოთლოვანები ხასიათდებიან მაღალი ამრეკლი თვისებებით. მაისის ბოლოს ახალგაზრდა ფიჭვის სიკაშკაშის კოეფიციენტია $r_{560^{m\mu}}=0,2$ და $r_{760^{m\mu}}=0,43$, ხოლო აგვისტოში შესაბამისად 0,06 და 0,2. ამასთან დაკავშირებით ახალგაზრდა კორომთა სიკაშკაშის კოეფიციენტების გრაფიკის მრუდებიც უფრო ძლიერად გამოისახება, ვიდრე ხნიერების. სპექტრული კოეფიციენტის უფრო მკვეთრ ცვლილებებს განიცდის წიწვოვანიც და ფოთლოვანიც ინფრაწითელ სპექტრში, რაც უფრო ბერდებიან, — მით მეტად.



ნახ. 2.2. სპექტრული სიკაშკაშის კოეფიციენტების (სსკ) მრუდები: 1 — ვერხვი, 2 — არყი, 3 — ფიჭვი, 4 — ნაძვი;

მცენარეთა ოპტიკური თვისებები იცვლება აგრეთვე მათი გეოგრაფიული და ვერტიკალურ სიმაღლეზე მდებარეობით, ამინდის შესაბამისად და სხვა.

მერქნიანი ჯიშების სპექტრუ-



ნახ. 2.3. კორომის სპექტრული სიკაშკაშის მრუდები: 1 — ჯანსაღი; 2 — დაზიანებულია 20 — 40 %; 3 — დაზიანებულია 70 — 80 %; 4 — მთლიანად გამხმარი.

ლი სიკაშკაშე მკვეთრად განსხვავებულია სპექტრის ინფრაწითელი უბნისათვის. აქ შეიძლება ჯიშების მიხედვით დავყოთ ორ ჯგუფად: მაღალი სპექტრული სიკაშკაშე 0,6 — 0,7-მდე (ფოთლოვანი, არყი, ვერხვი) და უფრო დაბალი კოეფიციენტის (ფიჭვი, ნაძვი). ინფრაწითელი სპექტრის უბანში ტონებრივი განსხვავება მერქნიანი ჯიშებისათვის უფრო მნიშვნელოვანია, რაც საშუალებას გვაძლევს უშეცდომოდ გამოვყოთ ფოთლოვანი ჯიშები წიწვიანებისაგან. გარდა ამისა, სპექტრის ინფრაწითელ უბანში აგრეთვე უშეცდომოდ შეიძლება განვასხვავოთ დაავადებული ან გამხმარი, მავნებლებისაგან და ხანძრისაგან დაზიანებული ხეები ჯანსაღისაგან.

შემოდგომაზე, როდესაც მთავრდება ფოთლოვანი ჯიშების ვეგეტაციური პერიოდი, მათი ფერიცა და ოპტიკური თვისებებიც მკვეთრად იცვლება. ამ პერიოდში შეიმჩნევა ფოთლოვან და წიწვოვან ჯიშებს შორის ფერების უდიდესი კონტრასტულობა.

III თავი

აეროფოტოგადამღები და სატყეო საქმეში გამოყენებული საფრენოსნო აპარატები

3.1. ფრენის პრინციპები

ჰაერში გადაადგილება შეიძლება განხორციელდეს ჰაერზე მძიმე და მსუბუქი აპარატებით. ჰაერზე მსუბუქი საფრენოსნო აპარატებით გადაადგილებას უწოდებენ აერონაოსნობას. ასეთ აპარატებს მიეკუთვნება აეროსტატები და დირიჟაბლები, ხოლო ჰაერზე მძიმე საფრენოსნო აპარატებს მიეკუთვნებიან თვითმფრინავები, ვერტმფრენები, რაკეტები, კოსმოსური საფრენოსნო აპარატები, საპლანეტთაშორისო სადგურები.

ცნობილია, რომ ყველა საგანი დედამიწის გრავიტაციულ ველში იმყოფება. ძალას, რომლითაც გადაილახება მიზიდვის ძალა, უწოდებენ ამწევ ძალას, რომელთაგანაც პრაქტიკულად გამოიყენება: აეროდინამიური, რეაქტიული და აეროსტატისტიკური. ამ უკანასკნელის პრინციპი იმაში მდგომარეობს, რომ საფრენოსნო აპარატის ჰაერში ასვლას და ფრენას აღწევენ ჰაერზე მსუბუქი აირების დახმარებით, მაგალითად: გახურებული ჰაერით, წყალბადით, ჰელიუმით და სხვა. იმისათვის, რომ საფრენოსნო აპარატი ავიდეს მაღლა, საჭიროა, რომ

$$R \geqslant G, \qquad \triangle R = R - G^1 \qquad (3.1.)$$

სადაც G — ჰაერის მასაა; R — ამწევი ძალა; G^1 — საფრენოსნო აპარატის მასა.

საფრენოსნო აპარატის მაღლა სვლა იწარმოებს იქამდე, სანამ არ გაწონასწორდება ჰაერთან. ამ სიმაღლეს უწოდებენ საფრენოსნო აპარატის ფრენის ჭერს.

არსებობს სამი სახის აეროსტატი: თავისუფალი აეროსტატები, დაბმული და სამართავი აეროსტატები ანუ დირიჟაბლები. აეროსტატები ჰაერიდან ფოტოგრაფირებაში გამოიყენებოდა ჯერ კიდევ აეროფოტოგადაღების განვითარების გარიჟრაჟზე.

1956 წელს აშშ თავისუფალ აეროსტატებს იყენებდნენ სტრატეგიულ აეროფოტოდაზვერვებში, რისთვისაც აეროსტატები აღჭურვილი იყო აეროფოტოგადამღები აპარატებით (შეწყვილებული კამერებით, f_k=153 მმ, 23×23 სმ ფორმატის 150 მეტრი სიგრძის ფირით), რომელიც ფოტოგრაფირებას აწარმოებდა ყოველ 6 წუთში (დაბალი განათებულობის შემთხვევაში კამერა გამოირთვებოდა ავტომატურად). აეროსტატების ტვირთამწეობაა 700 კგ-მდე, ფრენის სიმაღლე — 6—15 კმ-მდე.

აეროდინამიკურ პრინციპში ამწევი ძალა გაჩნდება ჰაერის ნაკადში ზედაპირის (სხეულის) მოძრაობის შედეგად. მოძრავ ზედაპირს, რომელიც უზრუნველყოფს ამწევი ძალის წარმოქმნას, უწოდებენ მზიდს. არსებობს წინსვლითი მზიდი და მბრუნავი მზიდი. პირველის პრინციპი გამოიყენება თვითმფრინავების ფრენისათვის, რომლებიც ფართოდ გამოიყენებიან აეროფოტოგადაღებაში, ხოლო მეორე — ვერტმფრენებში, რომელიც ფართოდ გამოსადეგია სატყეო საქმეში, როგორც სატრანსპორტო საშუალება.

რეაქტიულ პრინციპში, ამწევი ძალა შეიქმნება აირის ჭავლის მოქმედებით, რომელიც სპეციალური აპარატიდან გამოედინება. ეგრეთწოდებული რეაქტიული მომენტის შექმნისას რაკეტა აიწევა მაღლა. რეაქტიული პრინციპი ფართოდ გამოიყენება რეაქტიულ თვითმფრინავებში, რაკეტებში, დედამიწის ხელოვნურ თანამგზავრებში, კოსმოსური ხომალდებისა და ავტომატური სადგურების გაშვებისთვის. რეაქტიული პრინციპი ცნობილია უძველესი დროიდან, მაგრამ რეაქტიული ძრავის გამოყენება საფრენოსნო აპარატებში წამოაყენა 1881 წელს რუსმა გამომგონებელმა ნ. ი. ჟიბალჩიჩმა, კოსმოსური გაფრენის პირველი თეორიული დასაბუთება 1903 წელს მოგვცა კ. ე. ციოლკოვსკიმ. შემდგომში ამ მიმართულებით დიდი შრომები შექმნეს მეცნიერებმა.

1931 წელს პირველად ყოფილ საბჭოთა კავშირში რეაქტიული მოძრაობის შემსწავლელმა ჯგუფმა (ГИРД) შექმნა და გაუშვა 400 მ სიმაღლეზე თხევად ამძრავი რაკეტა, ხოლო 1949 წლიდან რეგულარულად სწავლობდნენ ატმოსფეროს ზედა ფენასა და კოსმოსს გეოფიზიკური რაკეტებით, რომელსაც 2 ტონამდე სასარგებლო ტვირთი აჰქონდა 200—512 კმ სიმაღლემდე. 1951 წლიდან რეგულარულად სრულდება მე-

დიკო-ბიოლოგიური გამოკვლევა საბჭოთა რაკეტებზე, რაკეტულ-კოსმოსური ფრენისას ფაქტორთა გავლენა ცოცხალ ორგანიზმზე.

დედამიწის ხელოვნურ თანამგზავრებში შეხამებულია საჰაერო ბურთის თვისებები — იყოს ჰაერში ხანგრძლივად, ხოლო რაკეტებისა კი — ავიდეს ძალიან მაღლა.

რაც შეეხება ვერტმფრენებს, მათ უნარი აქვთ არა მარტო გადააადგილდნენ 300 — 400 კმ/სთ სიჩქარით გარკვეული მოცემული მიმართულებით, ისევე როგორც თვითმფრინავები, არამედ ავიდნენ, აგრეთვე 5 — 6 კმ სიმაღლეზე ვერტიკალურად (თვითმფრინავისაგან განსხვავებით) და მოცემულ სიმაღლეზე დაეკიდნენ კიდევაც.

ჰაერში ყოველი სხეული მოძრაობისას განიცდის ამ უკანასკნელისაგან მოძრაობის უკუქმედებას. იმისათვის, რომ სხეული გადააადგილდეს, საჭიროა გადაილახოს წინააღმდეგობა და დაემატოს კიდევ რომელიმე ძალაც.

ჰაერის წინააღმდეგობის ძალა, რომელიც მოქმედებს მოძრავ სხეულზე პირდაპირპროპორციულია ჰაერის სიმკვრივისა, სხეულის განივკვეთის უდიდესი ფართობისა, მოძრაობის სიჩქარის კვადრატისა და დამოკიდებულია სხეულის ფორმებზე და ჰაერის ნაკადში მის მდებარეობაზე. აეროდინამიკის სწორედ ეს ძირითადი კანონი მათემატიკურად გამოისახება ფორმულით:

$$R = CPSV^2, \qquad (3.2)$$

სადაც R — ჰაერის წინააღმდეგობის ძალაა, კგ-ობით;

C — წინააღმდეგობის კოეფიციენტი (დამოკიდებულია სხეულის ფორმაზე და ნაკადში მის მდებარეობაზე);

P — ჰაერის სიმკვრივე;

S — სხეულის ფართობი, $მ^2$;

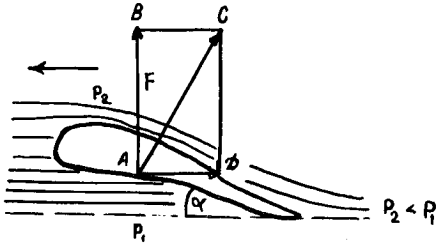
V — სხეულის მოძრაობის სიჩქარეა (ჰაერის მიმართ), მ/წმ.;

ამ ფორმულით შეგვიძლია დავადგინოთ, რომ სხვადასხვა ფორმისა და ფართის (ზომის), ჰაერში მყოფ სხეულზე თუ ვიმოქმედებთ ერთი და იგივე ძალით, მაშინ მათი გადაადგილების სიჩქარე იქნება სხვადასხვა. აქედან გამომდინარე, ავიაციაში გადამწყვეტი მნიშვნელობა ენიჭება სხეულის გარშემოდენილ (მოკვერცხილ) ფორმას, რომელიც უფრო ნაკლებ წინააღმდეგობას წარმოქმნის. ამგვარ ფორმას მიეკუთვნება წვეთისებური და ფრთისმაგვარი ფორმა.

ფრთისმაგვარი სხეული შეიძლება იყოს სხვადასხვა ფორმის. ფრთის განივ ჭრილს უწოდებენ ფრთის პროფილს, ფრთის სიგრძეს — ფრთათაშორისო განს; ფრთის წინა მხარეს — წინა პირს, ხოლო უკანა მხარეს — უკანა პირს ან გარშემოდენის წიბოს. წინა და უკანა პირის მართობებს შორის მანძილს უწოდებენ ფრთის ქორდას, ხოლო ფრთის ქორდასა და ჰაერის ნაკადის მიმართულებას შორის კუთხეს — შე-

ტევის კუთხეს. ფრთები თვითმფრინავის ძირითად ნაწილს მიეკუთვნება და ისინი ქმნიან იმ ამწევ ძალას, რომლითაც ფრენის შესაძლებლობა იქმნება.

ენერგიის შენარჩუნების (ბერნულის) კანონის თანახმად, დინების სიჩქარე რაც უფრო მაღალია, მასში წნევა მით დაბალია. გამომდინარე აქედან, ფრთის ზემოდან წარმოიქმნება უფრო დაბალი წნევა, ვიდრე მის ქვეშ. ფრთაზე წნევის სხვაობის შედეგად წარმოიქმნება ამწევი ძალა, რომელიც მოქმედებს ქვემოდან ზემოთ და მიმართულია ჰაერის ნაკადის მიმართ მართობულად (ნახ. 3.1). ფრთის ამ თვისებაზეა დამყარებული თვითმფრინავის ფრენა, როგორც ჰაერზე მძიმე საფრენოსნო აპარატის.



ნახ. 3.1 ამწევი ძალის წარმოქმნა. AB — ამწევი ძალა. AC — მთლიანი წინააღმდეგობა; AD — შუბლის წინააღმდეგობა; α — შეტევის კუთხე.

ამწევი ძალა ფრთასთან წარმოიშობა მხოლოდ მაშინ, როცა თვითმფრინავი მოძრაობს საკმაო სიჩქარით და მიწას მოსწყდება მაშინ, როდესაც ამწევი ძალა მის ფრთაზე მეტი იქნება თვითმფრინავის წონაზე.

იმისათვის, რომ თვითმფრინავმა გარკვეული სიჩქარით იფრინოს ჰაერში, მან ყოველთვის უნდა გადალახოს წინააღმდეგობა, ხოლო აფრენამდე გარბენის დროს კი თვლების მიწასთან ხახუნი. F — ამწევი ძალა გამოითვლება ფორმულით:

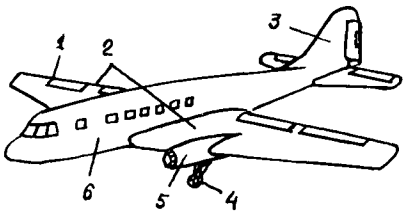
$$F = C_y S \frac{PV^2}{2} \qquad (3.3)$$

სადაც C_y — ამწევი ძალის აეროდინამიკური კოეფიციენტია, ხოლო დანარჩენი აღნიშვნები ადრინდელია. C_y — სიდიდე დამოკიდებულია შეტევის კუთხეზე და ტოლია 1,2÷1,8.

3.2. თვითმფრინავების კლასიფიკაცია

მიუხედავად იმისა, რომ თანამედროვე თვითმფრინავი წარმოადგენს რთულ ნაგებობას, რომლის შექმნისასაც იყენებენ სხვადასხვა დარგის თანამედროვე მეცნიერებისა და ტექნიკის მიღწევებს, თვითმფრინავი მაინც ითვლება ყველა საფრენოსნო აპარატებთან შედარებით ყველაზე ეკონომიურად და ამიტომ იქცა ჰაერში გადაადგილების ძირითად საშუალებად. თვითმფრინავი შედგება შემდეგი ძირითადი ნაწილებისაგან (ნახ. 3.2.): 1. მართვის სისტემა; 2. ფრთები; 3. კუდის ფრთასხმულობა, 4. ძარა, 5. ამძრავი დანადგარი (ძრავა).

დღეისათვის ყველა არსებული თვითმფრინავი სხვადასხვა კონსტრუქციული ნიშან-თვისებების მიხედვით შეიძლება გავაერთიანოთ შემდეგ ჯგუფებში: ფრთების რაოდენობისა და მათი განლაგების მიხედვით, ფუზელაჟის, მოკვერცხლილობის ტიპის მიხედვით, ძარას ტიპის მიხედვით, ძრავის რაოდენობითა და მათი განლაგების მიხედვით. ფრთების რაოდენობის მიხედვით იყოფიან ორფრთიან ანუ ბიპლანებად და ერთფრთიან, ანუ მონოპლანებად.



ნახ. 3.2. თვითმფრინავის ძირითადი ნაწილები.

ძარათა ტიპის მიხედვით თვითმფრინავები იყოფიან სახმელეთო, ჰიდროთვითმფრინავებად და ამფიბიებად, რომელსაც შეუძლია დაჯდეს ხმელეთზეც და წყალზეც. მასზე დადგმული ძრავის მიხედვით თვითმფრინავი შეიძლება იყოს დგუშიანი, ტურბოხრახნიანი და რეაქტიული.

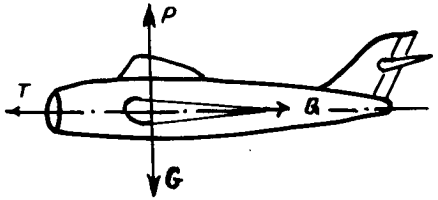
დგუშიანი ძრავის თვითმფრინავებს გამწევი ძალა ექმნებათ საჰაერო ხრახნით (АН — 2, ЛИ — 2, ИЛ — 14, ИЛ — 12). ძრავას სიმძლავრე 3 მგტ-მდე აღწევს, სიჩქარე 400 კმ/სთ. ხოლო ფრენის სიმაღლე 6 — 7 კმ.

ტურბოხრახნიან თვითმფრინავებში გაწევის 80% საჰაერო ხრახნით იქმნება, ხოლო 20% აირთა ნაკადის პირდაპირი რეაქციის დახმარებით (ИЛ — 18 ТУ — 114, АН — 24, АН — 10).

რეაქტიულ თვითმფრინავებში გაწევა წარმოიქმნება აირთა ნაკადის რეაქციით, რომელიც გამოედინება ძრავადან (ТУ — 104, Ту — 124, ИЛ-62, ТУ-144 და სხვა). ძრავათა რაოდენობის მიხედვით თვითმფრინავი შეიძლება იყოს ერთძრავიანი, ორი, ოთხი, ექვსი და რვაძრავიანიც. უფრო გავრცელებულია ორი და ოთხძრავიანი თვითმფრინავები. ძრავების რაოდენობა ხელს უწყობს ფრენის უშიშროებას. ძრავა შეიძლება დამაგრებული იყოს ფრთაზე, ფრთის ქვეშ, ფიუზელაჟზე (თვითმფრინავის კორპუსზე) ან კუდზე.

თვითმფრინავის მნიშვნელოვან ნაწილს წარმოადგენს ფრთა, რომლის გარეშეც ფრენა შეუძლებელია. თვითმფრინავის წინსვლითი მოძრაობისას ფრთა ქმნის იმ ამწევ ძალას, რომელიც საჭიროა თვითმფრინავის საფრენად და მისი გრძივი და განივი მართვისთვის. ფრთა განკუთვნილია ძრავის დასამაგრებლად. მასში ათავსებენ აგრეთვე საწვავის ავზსაც. ფრთაზე დამოკიდებულია ფრენის ხარისხიც, რისთვისაც მას უნდა ჰქონდეს შუბლის დაბალი წინააღმდეგობა, მაქსიმალური ამწევი ძალა და ფრენის დროს მაქსიმალური აეროდინამიკური თვისება. იგი შედგება ძალაკარკასისაგან და შემონაკერი სამოსისაგან. ძალაკარკასი შედგება განივი და გრძივი ნაკრებისაგან.

თვითმფრინავებისადმი მომთხოვნელობა სხვადასხვაგვარია და დამოკიდებულია თვითმფრინავის კონკრეტულ დანიშნულებაზე. მაგრამ ძირითადი მოთხოვნილებაა: ფრენის მაღალი ხარისხი (დიდი სიჩქარე, სიმაღლე და ფრენის სიშორე); კარგი ეკონომიკური მაჩვენებლები (წარმოების დაბალი ღირებულება, დაბალი საექსპლუატაციო დანახარჯები და მაღალი ეკონომიკური უკუგება); კონსტრუქციის გამძლეობა და ფრენის უშიშროება.



ნახ. 3.3. თვითმფრინავის ჰორიზონტალური ფრენის დროს მოქმედი ძალები.

თვითმფრინავები დანიშნულების მიხედვით იყოფიან სამხედრო და სამოქალაქო თვითმფრინავებად. სამოქალაქო თვითმფრინავები არიან: სამგზავრო-საფოსტო, ტვირთსაზიდი, სასწავლო და სპეციალური გამოყენების (სანიტარიული, სასოფლო და სატყეო-სამეურნეო, აეროფოტოგადამღები და სხვა).

ჰორიზონტალურად ფრენის დროს თვითმფრინავზე მოქმედებენ შემდეგი ძალები:

1. მასის ძალა G, მიმართულია ქვემოთ (იხ. ნახ. 3.3);

2. თვითმფრინავის ამწევი P ძალა, მიმართულია მოვარდნილი ჰაერის უშფოთველი ნაკადის მიმართულების მართობულად. ჰორიზონტალური ფრენის დროს ამწევი ძალა მიმართულია ვერტიკალურად მაღლა.

3. საშუბლე წინააღმდეგობის ძალა Q მიმართულია თვითმფრინავის მოძრაობის საწინააღმდეგოდ.

4. გამწევი დანადგარის T ძალა, მიმართულია ძრავის ღერძის გასწვრივ, გამწევი ძალა პარალელურია ფრენის ტრაექტორიის.

იმისათვის, რომ თვითმფრინავის მოძრაობა იყოს სწორხაზოვანი, საჭიროა, რომ ძალა, რომელიც მოქმედებს ფრენის ტრაექტორიის პერპენდიკულარულად ურთიერთგაწონასწორებული იყოს, ე. ი. $P=G$ თუ $P<G$, მაშინ თვითმფრინავი ფრენს მრუდი ტრაექტორიით ქვემოთ, ხოლო თუ $P>G$ — პირიქით.

ფრენის თეორიულ ჭერს უწოდებენ იმ სიმაღლეს, სადაც თვითმფრინავს უკვე ფრენა არ შეუძლია (სიმძლავრის შეზღუდულობის გამო). ამიტომ თვითმფრინავის დახასიათებისას იყენებენ პრაქტიკულ ჭერს, რომელიც რამდენადმე დაბალია თეორიულთან შედარებით. პრაქტიკულ ჭერზე თვითმფრინავის ჰორიზონტალურად ფრენა გაძნელებულია, ამიტომ აეროფოტოგადაღებითი სამუშაოების დაპროექტებისას ფოტოგრაფირების სიმაღლეს იღებენ 1 — 1,5 კმ-ით დაბლა პრაქტიკული ჭერიდან.

თვითმფრინავებს ახასიათებს როგორც მაქსიმალური და მინიმალური სიჩქარე, ისე ეკონომიკური სიჩქარე. ეს უკანასკნელი ის სიჩქარეა, როდესაც თვითმფრინავი საათში ხარჯავს მინიმუმ საწვავს. ამ სიჩქარით უზრუნველყოფილია ფრენის მაქსიმალური ხანგრძლივობა. იმ სიჩქარეს, რომლითაც მინიმალურად იხარჯება კილომეტრული საწვავი კრეისერულ სიჩქარეს უწოდებენ. კრეისერული სიჩქარის რეჟიმზე თვითმფრინავის ფრენის სიშორე 2 — 2,5-ჯერ იზრდება. ფრენის სიმაღლის ზრდასთან ერთად მაქსიმალურ და კრეისერულ სიჩქარეს შორის სხვაობა მცირდება. პრაქტიკაში ძირითადად იყენებენ კრეისერულ სიჩქარეს, რომელიც მაქსიმალური სიჩქარის 70 — 80%-ს შეადგენს. ამიტომ აეროფოტოგადაღებისას სარგებლობენ კრეისერული სიჩქარით, რომელიც უზრუნველყოფს ფრენის მაქსიმალურ სიშორეს.

აეროფოტოგადამღებ თვითმფრინავებს უყენებენ სპეციალურ მოთხოვნილებებს:

1. თვითმფრინავი უნდა ხასიათდებოდეს ჰაერში კარგი მდგრადობით. ჰორიზონტალური ფრენის რეჟიმი არ უნდა ირღვეოდეს 1 — 2°-ზე მეტად, ე. ი. ჰქონდეს ნაკლები გვერდითი დახრილობა, ვიბრა-

ციები. თვითმფრინავის კურსის დაჭერა უნდა სრულდებოდეს $\pm 1°$ სიზუსტით, ხოლო ფრენის სიმაღლის მერყეობა არ უნდა აღემატებოდეს $\triangle H \leqslant 0{,}01 \div 0{,}02$ კმ;

2. თვითმფრინავი უნდა იყოს კარგი სამართავი, შეეძლოს ფრენის ერთი რეჟიმიდან მეორეში ადვილად გადასვლა; იგი თავისუფლად უნდა აფრინდეს და დაჯდეს დროებით სავალე აეროდრომებზე;

3. ჰქონდეს მფრინავისათვის და შტურმანისათვის კარგი მხედველობის არე და შორ მანძილზე ფრენის საშუალება. სალოწში თავისუფლად უნდა თავსდებოდეს აეროფოტოგადაღებისათვის საჭირო აღჭურვილობა;

4. თვითმფრინავი აღჭურვილი უნდა იყოს მაღალი სიზუსტის სანავიგაციო რადიომოწყობილობით, საწვავის დიდი მარაგით, რაც საჭიროა დიდ მანძილზე ფრენისათვის.

რაც უფრო დიდია ფრენის სიმაღლე, მით უფრო მდგრადია თვითმფრინავი ფრენის დროს. 4000 მეტრ სიმაღლეზე ზევით ფრენის შემთხვევაში საჭიროა ეკიპაჟის ჟანგბადით კვება.

დღეისათვის მსხვილ მასშტაბში აეროფოტოგადაღებისათვის იყენებენ АН-2 თვითმფრინავებს, ხოლო საშუალო და წვრილმასშტაბში — АН-24Т, ИЛ-14ФК (ფოტოკარტოგრაფიული) და АН-30.

შეიძლება გამოყენებული იქნეს სხვა თვითმფრინავებიც, რომელნიც ქარხანაში გადაკეთებული იქნება სპეციალურად დამკვეთის მოთხოვნით და სამოქალაქო ავიაციის სამინისტროსთან შეთანხმებით.

3.3. აეროფოტოგადაღებისათვის გამოყენებული თვითმფრინავების ტაქტიკურ-ტექნიკური მონაცემები

გადამღები თვითმფრინავის შერჩევა ხდება იმისდა მიხედვით, თუ რა სახის სამუშაოა შესასრულებელი, რა ტიპისა და რა რაოდენობის გადამღები აპარატურებია საჭირო სამუშაო ობიექტის ფიზიკურ-გეოგრაფიული და კლიმატური პირობებისა და არსებულ აეროდრომთა ქსელის გათვალისწინებით, რისთვისაც საჭიროა თვითმფრინავის კონსტრუქციული თავისებურებანის გათვალისწინება.

3.3.1. თვითმფრინავი АН-30

თვითმფრინავი АН-30 ბაზად აღებულია АН-24 სამგზავრო თვითმფრინავი და გამოიყენება აეროფოტოგადაღებისათვის დედამიწის ზედაპირის საშუალო და წვრილი მასშტაბით კარტოგრაფირებისათვის.

АН-30 თვითმფრინავის გამოყენება შეიძლება აგრეთვე:

მრავალზონალური გადაღებისას;

აერომაგნიტური გადაღებისას — წვრილი მასშტაბით;

აეროგრავიმეტრიულ დაზვერვისას;
თბოგადაღებისას;
რადიოლოკაციური გადაღების დროს.

АН-30 დღეისათვის ითვლება ყველაზე სრულყოფილ სპეციალურ აეროფოტოგადამღებ თვითმფრინავად. მას კიდევ მფრინავ ლაბორატორიას უწოდებენ. თვითმფრინავის ფიუზელაჟი აღჭურვილია ხუთი ჰერმეტიზებული მინის ფოტოლუკით. ფოტოლუკის მინა დამზადებულია მაღალი სიზუსტის ოპტიკური მინისაგან. აქვე, სალონში მოთავსებულია ბორტოპერატორთა სამუშაო ადგილები. ბნელი ოთახი ფოტომასალების შესანახად და კასეტების დასატენად.

თვითმფრინავის სანავიგაციო საპილოტაჟო აღჭურვილობა შედგება სპეციალური აეროფოტოგადაღებისათვის შემუშავებული კომპლექსისაგან. დაყენებულია აგრეთვე ავტოპილოტი პროგრამული მართვით, რომელსაც შეუძლია ავტომატიზება გაუკეთოს აეროფოტომარშრუტებზე ფრენასა და იმ მანევრებს, რომელიც საჭიროა მარშრუტიდან მარშრუტზე გადასასვლელად. ნავიგაციური სისტემიდან შემოსულ ინფორმაციას შეუძლია სრულყოს ფრენის მართვის ავტომატიზება და აეროფოტოაღჭურვილობის მთელი კომპლექსი, რომელშიც შედის 3 აეროფოტოაპარატი (შესაძლებელია ოთხიც), აეროექსპონომეტრი АЭ-2; სტატოსკოპი, ელექტრონული საკომანდო მოწყობილობა ЭКП-24, ტოპოგრაფიული რადიოსიმაღლემზომი РВ-18Ж და სხვა. მოცურების კუთხის გაზომვის შეცდომა არ აღემატება $\pm 0{,}3^\circ$ ხოლო მარშრუტებს შორის მანძილის გამოთვლა ± 200 მ.

АН-30 ძირითადი საფრენოსნო ტექნიკური მონაცემებია:

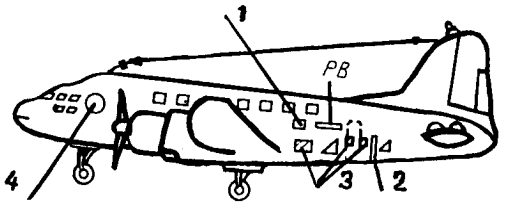
მაქსიმალური ასაფრენი მასა (კგ) . . .	23000
ცარიელი თვითმფრინავის მასა (კგ) . . .	15500
ძრავა (ორი ტურბოხრახნიანი) . . .	2ТВД АИ—24ВТ РУ — 19А — 300
საწვავის მარაგი	7100 ლიტრი
ფრენის სიმაღლე (მ)	8000 (РУ — 19-ის გარეშე)
ფრენის სიგრძე (კმ)	2360
გარბენის სიგრძე (მ)	770
მოწყვეტის და დაჯდომის სიჩქარე (კმ/სთ) .	185
ეკიპაჟის რაოდენობა	6 — 7 კაცი.

3.3.2. თვითმფრინავი ИЛ-14 ФК

თვითმფრინავი ИЛ-14 ФК წარმოადგენს სამგზავრო თვითმფრინავ ИЛ-14 მოდიფიკაციას და განკუთვნილია საშუალო და წვრილი მასშტაბის აეროფოტოგადაღებისათვის. ამ თვითმფრინავით შეიძლება

ვაწარმოოთ აერომაგნიტური გადაღება წვრილ მასშტაბში, აეროგრავიმეტრიული დაზვერვისა და ზოგიერთი სახის სპეციალური გადაღების დროს.

ა ე რ ო დ ი ნ ა მ ი კ უ რ ი მ ა ხ ა ს ი ა თ ე ბ ლ ე ბ ი. სერიული თვითმფრინავი ИЛ-14 ФК პრაქტიკულად არაფრით არ განსხვავდება სერიული სამგზავრო ИЛ-14 თვითმფრინავისაგან. თვითმფრინავში შტურმანი — აეროგადამღები მფრინავის უკანაა ფუზელაჟის მონაკვეთში და ამიტომ ძნელდება მარშრუტის წინ მხედველობა. გარდა ამისა, მომდევნო მარშრუტზე გადასასვლელად კონტროლისათვის იგი იძულებულია მეორე სავარძელში გადაჯდეს მარცხნიდან მარჯვნივ, რაც დამატებით ფიზიკურ დატვირთვას იწვევს და მძიმე გავლენას ახდენს განსაკუთრებით მაღალ სიმაღლეებზე მუშაობისას, როცა შტურმან-აეროგადამღებს უხდება ჟანგბადის კვებით სარგებლობა.



ნახ. 3.4 თვითმფრინავ ИЛ – 14 ФК-ში აეროფოტოაღჭურვილობის განლაგების სქემა:

აეროგადაღების დროს თვითმფრინავის ზუსტი ტარების უზრუნველსაყოფად თვითმფრინავ ИЛ-14 ФК-ზე დადგმულია საპილოტაჟონავიგაციური სპეციალური მოწყობილობა, რომელშიაც შედის:

ავტოპილოტი АП-6Е პროგრამული შემოსაბრუნი ავტომატი АПР-2

საკურსო სისტემა КС-6;

ასტროკომპასი ДАК — ДБ;

სამზერი МКВ.

თვითმფრინავზე შეიძლება დაიდგას აგრეთვე დოპლერული გამზომი ДИСС — 013 — 24 ФК.

ИЛ — 14 ФК ძირითადი ტექნიკური მონაცემებია:

აფრენის მაქსიმალური წონა	17500 კგ.
ცარიელი თვითმფრინავის წონა	12420 კგ
ძრავა	ორი АШ – 82 Т(1800 ც. ბ.)
საწვავი	ბენზინი Б – 95
საწვავის მარაგი	4380 ლიტრა
პრაქტიკული ჭერი	6500 მ
საშუალო კრეისერული სიჩქარე	300 კმ/სთ

ბეტონზე გარბენის სიგრძე . . . . . 550 მ
ფრენის მაქსიმალური ხანგრძლივობა . . . 8 სთ.
ეკიპაჟის შემადგენლობა . . . . . 5 — 6 კაცი.

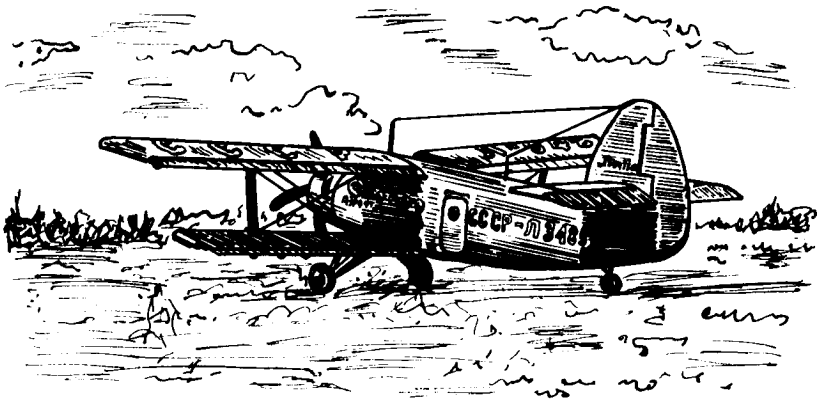
თვითმფრინავში მოთავსებულია აეროფოტოაპარატი გიროსტაბილიზატორით და ორი აეროფოტოაპარატი გეგმური აეროგადაღებისათვის, აგრეთვე რადიოსიმაღლმზომი РВТД და სტატოსტკოპი С-51.

3.3.3. თვითმფრინავი АН — 2

თვითმფრინავი АН — 2, მრავალმიზნობრივი ერთმოტორიანი ბიპლანი, გამოიყენება როგორც სატრანსპორტოდ, ისე სპეციალური სამუშაოებისათვის. ეს თვითმფრინავი ყველაზე ფართოდ გამოიყენება სოფლის მეურნეობაში და სატყეო საქმეში, აეროფოტოგადაღებასა და შემდეგი სახის აეროგეოფიზიკური გადაღების დროს:

აერომაგნიტურ გადაღებისას;
აეროგამასპექტრომეტრიულ გადაღებისას;
აეროელექტრო დაზვერვისას;
აეროვიზუალური ფრენისათვის;

აეროგადამღები თვითმფრინავის ვარიანტი აეროდინამიკური მახასიათებლებით არაფრით განსხვავდება სერიული სამგზავრო ვარიანტის АН — 2 თვითმფრინავისაგან.



ნახ. 3.5 თვითმფრინავი АН — 2.

სხვა თვითმფრინავისაგან იმით განსხვავდება, რომ გადაღების შედარებით შორ მანძილზე ფრენის გარდა კარგი აფრენისა და დაჯდომის მონაცემებით ხასიათდება თვით მოუწყობელ აეროდრომებზეც კი, პა-

ტარა მოედნებზე მთებში, მდელოზე და აქვს პლანირების უნარი.

თვითმფრინავის მართვა ორმაგია პილოტისათვის მარცხნივ და მარჯვნივ საჯდომით, 9 ცილინდრიანი ძრავით АИИ — 62 ИР, რომელიც ჰაერით გრილდება.

АН — 2 ძარის ტივტივაზე დამაგრება შესაძლებლობას იძლევა გამოვიყენოთ მდინარეებიან და ტბების რაიონში, ამ შემთხვევაში გამოიყენება როგორც ჰიდროთვითმფრინავი და აეროდრომად საკმარისია 1,2 მეტრამდე სიღრმის 850 მეტრი სიგრძის და 80 მეტრი სიგანის მდინარეები და ტბები. აეროფოტოგადაღების მიზნებისათვის სატვირთო კაბინის იატაკზე აწყობენ ორ ფოტოლუკს აეროფოტოაპარატის დასაყენებლად. უკეთესი მხედველობისათვის უყენებენ ბლისტერებს (შეზნექილი ფანჯრები). სატვირთო კაბინაში მაგრდება აგრეთვე ტოპოგრაფიული რადიოსიმაღლემზომი РВТД და სტატოსკოპი С — 51.

АН — 2 თვითმფრინავის გამოყენება აეროფოტოგადაღებისას მიზანშეწონილია უფრო მსხვილი მასშტაბით (1:2500 — 1:10000) მცირე უბნებისა და ტრასის გადაღებისათვის (საავტომობილო და რკინიგზების, მაღალი ძაბვის ხაზების, გაზგაყვანილობის და სხვა).

АН — 2 თვითმფრინავის ძირითადი ტექნიკური მონაცემებია:

თვითმფრინავის ასაფრენი მასა	5250 კგ.
ცარიელი თვითმფრინავის მასა	3560 კგ.
მაქსიმალური სიჩქარე	250 კმ/სთ.
საშუალო საკრეისერო სიჩქარე	180 კმ/სთ.
ფრენის ხანგრძლივობა	7 სთ.
ფრენის მაქსიმალური ჭერი	5200 მ.
ასაფრენი დისტანცია	700 მ
გადამღები ეკიპაჟის რაოდენობა	4 კაცი

მიუხედავად თავისი პატარა ზომებისა, თვითმფრინავი АН — 2 აღჭურვილია საპილოტაჟო-ნავიგაციური კომპლექსით, რომლის დახმარებითაც შეგვიძლია შევასრულოთ თვითმფრინავის წაყვანა მარტივ და რთულ მეტეოპირობებში, როგორც დღისით, ისე ღამე. მისი უარყოფითობა მდგომარეობს მხოლოდ იმაში, რომ მასზე არ არის ავტოპილოტი, რაც თვითმფრინავის წაყვანის პროცესის ავტომატიზების შესაძლებლობას მოგვცემდა.

3.4. ვერტმფრენები

უკანასკნელ წლებში საფრენოსნო აპარატებიდან ფართო მნიშვნელობებს იძენს ვერტმფრენები, რომლებიც თვითმფრინავთან შედარებით მთელი რიგი დადებითი თვისებებით ხასიათდებიან. კერძოდ, მას შეუძლია ფართო დიაპაზონით ცვალოს ფრენის სიჩქარე. მაგალითად,

ნულიდან 200 კმ/სთ-მდე სიჩქარით შეუძლია დაჯდეს და აფრინდეს ისეთი პატარა ფართის მოედნიდან, რომლის გეომეტრიული ზომები ცოტათი თუ აღემატება თვით ვერტმფრენისას. თვითმფრინავისაგან განსხვავებით მას შეუძლია გაჩერდეს დიდხანს ჰაერში უძრავად ერთ წერტილში. ვერტმფრენები ფართოდ გამოიყენება სახალხო მეურნეობის მრავალ დარგში, განსაკუთრებით სატყეო და სასოფლო-სამეურნეო დარგებში, გეოლოგიაში, მედიცინაში და სხვა. მისი საშუალებით შეიძლება სატყეო მეურნეობაში მომუშავე მუშაკების მიუდგომელ, მიუვალ ტყეებში გადაყვანა, ტყისა და სოფლის მეურნეობის მავნებლებთან ბრძოლა, სასუქების შეტანა, სასოფლო-სამეურნეო სავარგულების და ტყის მასივების ვიზუალური დათვალიერება, სასწრაფო სამედიცინო დახმარების აღმოჩენა, სატყეო ხანძრებისადმი ბრძოლა და სხვა.

განსაკუთრებით მოხერხებულია ვერტმფრენის გამოყენება სპეციალური საინჟინრო კვლევა-ძიებითი ან სამეცნიერო მიზნებისათვის, მსხვილმასშტაბიანი აეროფოტოგადაღებისათვის პატარა ფართობზე, რეკოგნოსცირების ჩასატარებლად გლაციოლოგიაში, ჰიდროკვანძის მშენებლობისას და სხვა სპეციალური დანიშნულების აეროფოტოგადაღებისას. მიუხედავად ამისა, მრავალი უარყოფითი თვისების გამო ვერტმფრენებმა გამოყენება ვერ ჰპოვეს აროფოტოგადაღების წარმოების საქმეში. იგი ნაკლებად მდგრადია მოცემული კურსით ფრენის დროს. ხასიათდება მნიშვნელოვანი ვიბრაციებით, დაბალი შრომის ნაყოფიერებით და შესრულებული სამუშაოს სიძვირით. მისი გამოყენება მოხერხებულია უფრო ტყეების დათვალიერებისა და ვიზუალურად ტაქსაციური გამოკვლევისას, სამონადირეო მეურნეობაში და სხვა.



ნახ. 3.6 ვერტმფრენი МИ – 1.

ფრენის აპარატების შერჩევა ძირითადად დამოკიდებულია აეროფოტოგადაღების დანიშნულებაზე და ფოტოგრაფირების მასშტაბზე. რაც დაბალია ფრენის სიჩქარე, მით უფრო ნაკლები დამახინჯებებია აეროსურათზე — გამოწვეული ფოტოგრაფირების დახანებითა და სიჩქარით.

მაღალი სიჩქარე იწვევს სურათზე წერტილების ხაზოვან გადაადგილებას, განსაკუთრებით კი დაბალი სიმაღლიდან მსხვილ მასშტაბში გადაღებისას. დაბალი სიჩქარე აქვს АН — 2 ტიპის თვითმფრინავს, რომელიც უფრო ხშირად გამოიყენება მსხვილმასშტაბში აეროფოტოგადაღების წარმოებისას.

კლასიფიკაციის მიხედვით არსებობს შემდეგი სახის ვერტმფრენები: ა. ერთხრახნიანი; ბ. ორხრახნიანი; გ. ორხრახნიანი გრძივი სქემის, დ. ორხრახნიანი განივი სქემის, ვ. მრავალხრახნიანი და ი. რეაქტიულძრავიანი (დაყენებულია წამყვანი ხრახნის ფრთებზე).

ვერტმფრენის ძირითად ნაკლად ითვლება ის, რომ თვითმფრინავივით არ შეუძლია შორ მანძილზე ფრენა. ქვემოთ მოყვანილია ვერტმფრენების ძირითადი ტექნიკური მაჩვენებლები.

ვერტმფრენი МИ — 1

გამოიყენება აეროვიზუალური გაფრენებისთვის.

მაქსიმალური წონა	2470 კგ.
ცარიელი ვერტმფრენის წონა	1911 კგ.
ძრავა	АИ — 26 В
საწვავი	ბენზინი Б — 91/115
საწვავის მაქსიმალური მარაგი	180 კგ.
დამატებითი ავზები	300 კგ.
ფრენის ჭერი	3000 მ
კრეისერული სიჩქარე (H=500 მ) . . .	120 — 130 კმ/სთ.

ვერტმფრენი МИ — 4

აეროგადაღებით სამუშაოებში გამოიყენება მხოლოდ აეროგეოფიზიკურ გადაღებებში:

აერომაგნიტურ;

აეროგამასპექტრომეტრულ;

აეროელექტროდაზვერვისას;

აეროვიზუალურ დაკვირვებისას (სატყეო საქმეში)

მაქსიმალური წონა	7500 კგ.
ცარიელის წონა	5190 კგ.
ძრავა	АШ 82В
საწვავი	ბენზინი Б 95/130



ნახ. 3.7 ვერტმფრენი МИ — 4.

საწვავის მარაგი	750 კგ.
საწვავის მარაგი დამატებითი ავზით	1130 კგ.
პრაქტიკული ჭერი	5200 მ
კრეისერული სიჩქარე	140 კმ/სთ
ფრენის ხანგრძლივობა	3,5 სთ
დამატებითი ავზებით	5 სთ.

ვერტმფრენი МИ — 8

ვერტმფრენი МИ — 8 გამოიყენება საძიებო-აგეგმვით სამუშაოებში, აეროგადაღებასა და აეროვიზუალური ფრენისას. მისი ძირითადი საფრენოსნო-ტექნიკური მონაცემებია:

აფრენის მაქსიმალური წონა	12000 კგ
ცარიელი ვერტმფრენის წონა	7261 კგ
ძრავა	ორი В — 2 — 117
საწვავი	ნავთი ТС — 1 ან ТС-2
საწვავის მაქსიმალური მარაგი	1450(2046) კგ სერიის მიხედვით
დამატებითი ავზებით მაქს. საწვავი	4500 კგ.
პრაქტიკული ჭერი	4500 მ
კრეისერული სიჩქარე	200 კმ/სთ

ფრენის მაქსიმალური ხანგრძლივობა . . 3 სთ (4 სთ)
მაქსიმალური საკომერციო ტვირთი . . 4000 კგ.

ვერტმფრენის საპილოტაჟო ნავიგაციური მოწყობილობა შესაძლებლობას იძლევა გაფრენა ვაწარმოოთ დღისით, ღამით და რთულ მეტეოპირობებშიც.

3.5. კოსმოსური საფრენოსნო აპარატები (კსა)

მეცნიერებისა და ტექნიკის სწრაფმა განვითარებამ შესაძლებელი გახადა შექმნილიყო კოსმოსური საფრენოსნო აპარატების (კსა) სერია, რომლებიც დედამიწას აწვდიან ფასდაუდებელ მასალებს, როგორც კვლევისათვის, ისე სახალხო მეურნეობის სხვადასხვა დარგების პრაქტიკისათვის.

კოსმოსური კვლევის პროგრამა, რომელიც ხორციელდება პილოტირებული კოსმოხომალდებიდან, ორბიტალური და საპლანეტთაშორისო სადგურებიდან, ადამიანს საშუალებას აძლევს შეისწავლოს პლანეტა, გარემომცველი სამყაროთი, შეისწავლოს ბუნებრივი რესურსები და სხვა.

კოსმოსურ საფრენოსნო აპარატებს კლასიფიცირებას უკეთებენ ძირითადად მათი კონსტრუქციული ნიშნების, დანიშნულების, მართვის ხერხების, ეკიპაჟის ან მის გარეშე, აპარატების მასისა და გაბარიტების, ფრენის ტრაექტორიისა და სხვა ნიშნების მიხედვით.

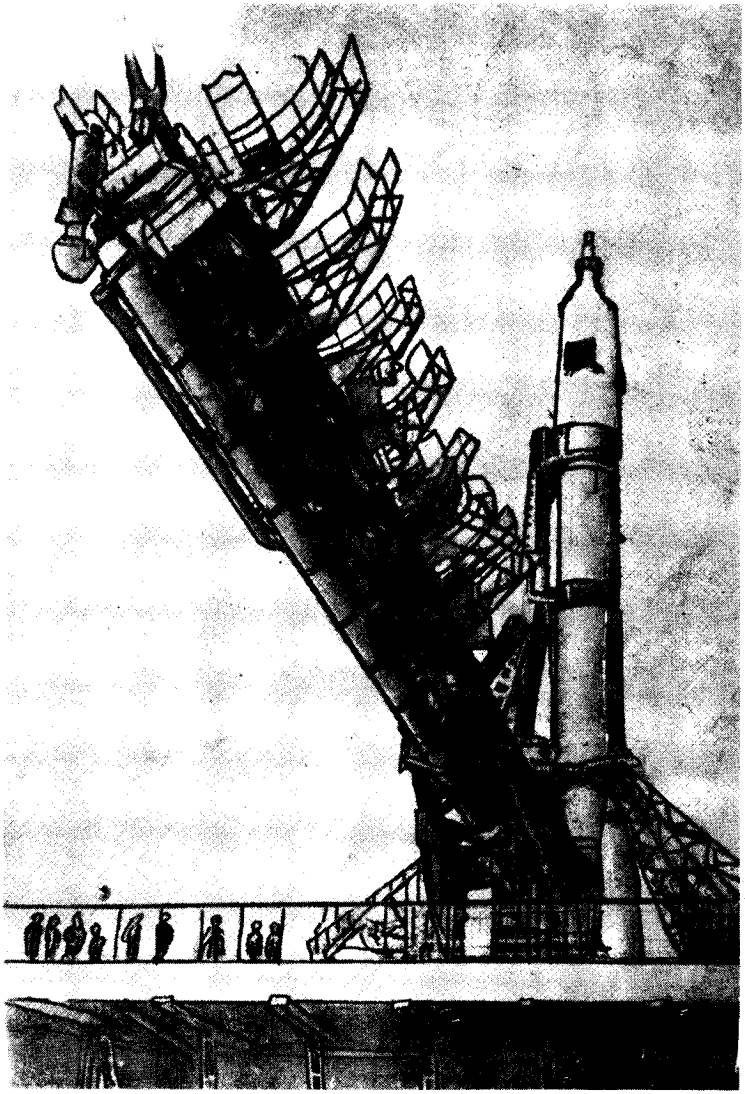
ყველა კოსმოსური აპარატი უფრო მასშტაბურად შეიძლება ასე დავყოთ: **დხთ** — დედამიწის ხელოვნური თანამგზავრები, რომელთაც ძირითადად მიეკუთვნება მეტეოროლოგიური დედამიწის ხელოვნური თანამგზავრი, კავშირგაბმულობის და სხვა;

პკხ — პილოტირებული კოსმოსური ხომალდები (სოიუზი, აპოლონი და სხვა);

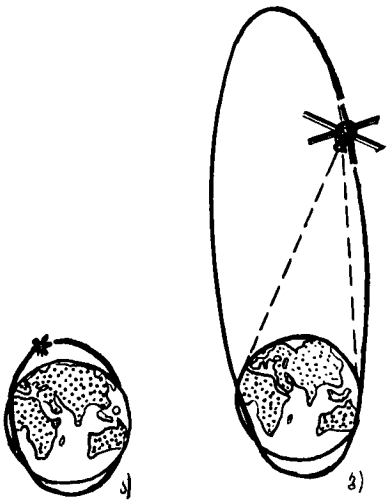
ხოს — ხანგრძლივდროიანი ორბიტალური სადგურები (სალიუტი, სკაილები და სხვა);

აკა — ავტომატური კოსმოსური აპარატები (მარსი, ზონდი, ვეგა და სხვა).

კოსმოსური საფრენოსნო აპარატების გაშვებას ახორციელებენ კოსმოდრომიდან (ნახ. 3.8) მრავალსაფეხურებიანი რაკეტა-მატარებლით, რომლის ამწევი ძალა ფრენის რეაქტიული პრინციპისას იქმნება აირის ნაკადის მოქმედებით. გამომდინარე წვის კამერის სპეციალური საქშენიდან. კოსმოსური გადაღებისათვის, რომელიც უნდა შესრულდეს ორბიტის მოცემული წერტილიდან **კსა** ორიენტირება ხდება სპეციალური საორიენტაციო და მართვის სისტემებით. მართვის მოწყობილობისათვის იყენებენ სპეციალურ რეაქტიულ ძრავებს, მჭნევარა-



ნახ. 3.8 კოსმოდრომზე კოსმოსური ხომალდი „სოიუზი" გაშვების წინ:



ნახ. 3.9 კოსმოსური საფრენოსნო აპარატების (ძსა) ორბიტის ტიპები: ა) წრიული; ბ) ელიფსური.

ძრავებს და სხვა მოწყობილობებს.

პარამეტრებს, რომლითაც განისაზღვრება ძსა მდებარეობა სივრცეში, უწოდებენ ორბიტის ელემენტებს. მას მიეკუთვნება ელემენტები, რომლებიც განსაზღვრავენ სივრცეში ორბიტის სიბრტყის მდებარეობის ხასიათს. მის ფორმასა და ზომას, აგრეთვე ის ელემენტებიც, რომლებითაც განისაზღვრება ძსა ორბიტაზე მდებარეობა.

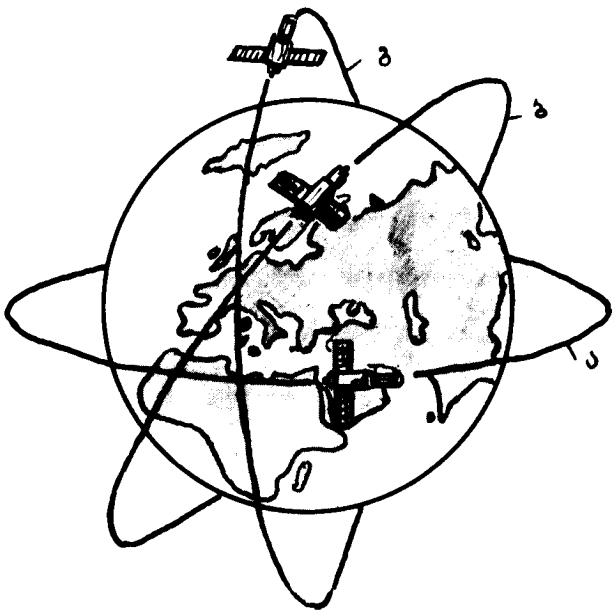
იმის მიხედვით, თუ ორბიტის ექსცენტრისიტეტი e როგორი სიდიდისაა, ორბიტა შეიძლება იყოს: $e=0$ – წრიული; $0<e<1$ – ელიფსური; $e=1$ – პარაბოლური; $e>1$ – ჰიპერბოლური. ორბიტის დაყოფა ხდება ძსა-ს დახრის სიდიდით, რომელიც განისაზღვრება ძსა-ს მოძრაობის მიმართულების მიმართ ბრუნვის პერიოდით და ძსა ფრენის სიმაღლით. არსებობს უამრავი პარამეტრები, რომლითაც შეიძლება გავარჩიოთ ძსა ორბიტის ტიპები.

დახრილობის მნიშვნელობის ორბიტა არის: ეკვატორული, დახრილი და პოლუსური (პოლარული).

ეკვატორულია, როდესაც ძსა დაფრინავს ეკვატორის თავზე. თუ მისი სიმაღლე მუდმივია და დედამიწის ზედაპირიდან იმყოფება $H=35786$ კმ, მაშინ ძსა მიმოქცევის პერიოდი ემთხვევა დედამიწის ბრუნვის პერიოდს. თუ ძსა გადაადგილდება ორბიტაზე, რომელიც ემთხვევა დედამიწის ბრუნვის მიმართულებას, მაშინ ძსა ყოველთვის ერთი და იგივე წერტილზე იქნება დაკიდებული დედამიწის ზედაპირის თავზე. ასეთ ორბიტას უწოდებენ გეოსტაციონარულს (თანამგზავრი „ეკრანი", „რადუგა", „მარისატი", „ინტელსატი" და სხვა).

პოლუსურია ($i=90°$), როდესაც ძსა დაფრინავს პოლუსების თავზე. მისი განსაკუთრებულობა ის არის, რომ ამ შემთხვევაში ძსა დედამიწის ყველა წერტილიდან მოჩანს და დედამიწის ბრუნვის გავლენით ძსა-ს ტრაექტორიის პროექცია ყოველი ახალი ბრუნვის დროს გადაადგილდება დასავლეთით.

ფრენის მიმართულებასა და ძსა-ს ყოფენ პირდაპირად და შებრუნებულად. როდესაც ითვალისწინებენ ძსა-ს გაშვების მიმართუ-



ნახ. 3.10 დედამიწის ხელოვნური თანამგზავრის ორბიტები: ა – ეკვატორული; ბ – დახრილი; გ – პოლარული.

ლებას დედამიწის ბრუნვის მიმართულების მიმართ. მაგალითად, პირდაპირი თანამგზავრი მოძრაობს დასავლეთიდან აღმოსავლეთისაკენ, ისი ორბიტის დახრილობა იქნება $0 \leqslant i \leqslant 90°$. პირდაპირი თანამგზავრის ორბიტაზე გაყვანისას რაკეტის სიჩქარეს უმატებენ დედამიწის ბრუნვის წრფივ სიჩქარესაც.

შებრუნებული თანამგზავრის დროს კი პირიქით, აკლდება.

ᲙᲡᲐ-ს ფრენის სიმაღლის მიხედვით ყოფენ შემდეგნაირად:

$H \leqslant 500$ კმ, $500 \div 2000$ კმ-მდე; $36000 \div 40000$ კმ-მდე.

500 კმ-მდე სიმაღლეზე უშვებენ „კოსმოსის" სერიის თანამგზავრებს, პილოტირებულ კოსმოსურ ხომალდებს (ᲞᲙᲮ), ორბიტალურ სადგურებსა და სხვა სახის კომოსურ საფრენოსნო აპარატებს (ᲙᲡᲐ).

500 – 2000 კმ-მდე სიმაღლეზე უშვებენ მეტეოროლოგიურ, გეოდეზიურ, ასტრონომიულ და სხვადასხვაგვარ დედამიწის ხელოვნურ თანამგზავრებს (ᲓᲮᲗ).

დიდ სიმაღლეებზე (36000 – 40000 კმ) გაჰყავთ თანამგზავრები ავშირგაბმულობის დანიშნულებისათვის, გლობალურ მასშტაბში ღრუბლების წარმოქმნაზე დაკვირვებისათვის და სხვა.

ᲙᲡᲐ სიჩქარე სტანდარტულ ორბიტაზე 200 კმ სიმაღლეზე დედამიწის ზედაპირიდან ტოლია $V = 7.79$ კმ/წმ. ამ სიჩქარეს იღებენ სწრო-

რედ კოსმოსური გადაღებისას ფოტოგრაფირებებს შორის ინტერვალის გაანგარიშებისათვის.

თუ ელიფსური ორბიტა მაქსიმალურად გაწელილი ფორმისაა, მაშინ დედამიწის მიზიდულობისაგან განთავისუფლებისათვის მას უნდა ჰქონდეს შესაბამისი სიჩქარე, რომელსაც მეორე კოსმოსურ სიჩქარეს უწოდებენ და ტოლია $V=11,02$ კმ/წმ. $H=200$ კმ, დედამიწის რადიუსად თუ მივიღებთ $R=6371$ კმ. ასეთივე მეორე კოსმოსური სიჩქარეა საჭირო მთვარის მიზიდულობისაგან განთავისუფლების მიზნით, რომელიც თითქმის ხუთჯერ უფრო ნაკლებია ვიდრე დედამიწისა $V=2,4$ კმ/წმ.

ატმოსფერულ ფენაში ძსა განიცდის დამუხრუჭებას ატმოსფეროს წინააღმდეგობის გამო. 42000 კმ სიმაღლეზე ატმოსფეროს გავლენით არავითარი წინააღმდეგობა არ არსებობს და ამიტომ ორბიტის განსაზღვრული პარამეტრების შემთხვევაში ძსა შეიძლება იქცეს დედამიწის მუდმივ თანამგზავრად.

ბუნებრივი რესურსების გამოყენებისათვის კოსმოსური გადაღებების ჩატარებისას ერთდროულად ახდენენ აგრეთვე დედამიწის ობიექტების გამოკვლევას თვითმფრინავიდან და დედამიწაზე, სახმელეთო გაზომვების კომპლექსით. ამგვარ გამოკვლევებს შეარქვეს ქვეთანამგზავრული ექსპერიმენტები, რამაც საშუალება მოგვცა აეროფოტოსურათების მასალებით ბუნებრივი რესურსების შესწავლის პროცესის ფიზიკური მოდელირებისა, მიღებული კვლევის მეთოდიკის გადატანისა პილოტირებულ ძსა და ავტომატიზებულ საპლანეტათაშორისო სადგურებზე. ამგვარ გამოკვლევას, როგორც წესი, ასრულებენ მცირე რეგიონებზე დედამიწის ზედაპირის სხვადასხვა ლანდშაფტურ ზონაში და მსოფლიო ზღვების ეკვატორის თავზე, რისთვისაც თვითმფრინავის ლაბორატორია აღჭურვილია ეფექტური ხელსაწყოებით კვლევის ელექტრომაგნიტური ტალღების ფართო დიაპაზონის ჩასატარებლად.

ქვეთანამგზავრულ ექსპერიმენტებს დიდი მნიშვნელობა ენიჭება, რადგან კოსმოსური გადაღებებით დედამიწის ობიექტების თვისებების უალბათესი კრიტერიუმების დადგენის ერთ-ერთ ძნელად გასათვალისწინებელ ფაქტორად ითვლება ატმოსფეროს გავლენა. ელექტრომაგნიტური ტალღების გატარებაში ატმოსფერო ასრულებს სელექციურობის ხასიათს. გატარების კოეფიციენტის სიდიდეები იცვლება მნიშვნელოვან ზღვრებში და დამოკიდებულია კვლევის ჩატარების მომენტის სეზონზე, მეტეოროლოგიურ ფაქტორებზე, ატმოსფეროს გაჭუჭყიანებაზე, ატმოსფეროს სინოტივეზე და ა. შ. სწორედ დედამიწისპირა ატმოსფეროს ფენა (10 15 კმ) განსაზღვრავს ძირითადად დედამიწის ობიექტების ფოტოგრაფიული გადაღების დამახინჯების ხარისხსა და გადაცემის მოდულაციის ფუნქციის ცვალებადო-

ის შედეგებს. თვითმფრინავიდან ჩატარებული გაზომვების მონაცე-
ებისა და დედამიწის ზედაპირზე ჩატარებული სინქრონული გაზომვე-
ის შედარებებით საზღვრავენ აეროსასალების მიღების ხარისხზე ატ-
ოსფეროს გავლენას და შემდგომ ეს კანონზომიერებანი ზოგიერთი
იახლოების ხარისხით გადააქვთ კოსმოსური გადაღების შედეგებში.

თვითმფრინავიდან გამოკვლევების ჩატარება საშუალებას გვაძლევს
გრეთვე გამოვცადოთ ახალი კოსმოსური გადაღებების ტექნიკური
აშუალებები და განვსაზღვროთ მათი აპარატული უზრუნველყოფის
პტიმალური ვარიანტები. აეროგადაღებათა მასალებით საზღვრავენ
გრეთვე დედამიწის ზედაპირის ობიექტების სპექტრული სიკაშკაშის
ოეფიციენტებს. სახალხო მეურნეობის სხვადასხვა დარგის სპეცია-
ლისტებისათვის: გეოლოგების. კარტოგრაფების. ოკეანოლოგების. სა-
ტყეო და სოფლის მეურნეობის სპეციალისტებისათვის, ადგენენ აე-
როგადაღების ტესტებს, რომელსაც შემდგომ ისინი იყენებენ როგორც
ტალონებს. ქვეთანამგზავრულ ექსპერიმენტებში იყენებენ სინქრო-
ნულად სხვადასხვა სიმაღლეზე მფრინავ თვითმფრინავებს АН — 2,
АН — 39 და ТУ — 134, რომელთა კომპლექსშიც შედის ტოპო-
გრაფიული აეროფოტოაპარატები, პანორამული აეროფოტოაპარატები,
გიროსტაბილიზატორთა პლატფორმები. სტატომეტრები. რადიოსი-
მაღლმზომები. ელექტრონული საკომანდო მოწყობილობები. აეროექს-
პონომეტრი და სხვა.

IV თავი

აეროფოტოგადაღება და მისი ტექნიკური საშუალებანი

4.1. აეროფოტოგადაღების არსი. აეროფოტოგადაღების სახეები

აეროგადაღება გეოდეზიის დარგს მიეკუთვნება და შეისწავლის
მფრინავ აპარატზე დამაგრებული სპეციალური ფოტოაპარატებით დე-
დამიწის ზედაპირის ფოტოსურათების (აეროსურათების) მიღებას და
შემდგომ მისი ადგილის გეგმებად და რუკებად გარდაქმნას, რისთვი-
საც იყენებენ ფოტოგრამმეტრიის მეთოდებს.

ფოტოგრამმეტრია შეისწავლის სურათებზე გამოსახული ობიექტე-
ბის გაზომვების საფუძველზე მათი სიდიდის, ფორმისა და სივრცეში
მდებარეობის განსაზღვრის ხერხებს (ფოტოგრამმეტრია ბერძნული სი-
ტყვაა და ნიშნავს: ფოტოს — შუქი, გრამმა — ჩაწერა, მეტრეო —
ვზომავ).

ფოტოგრამმეტრია ფართოდ გამოიყენება: გეოდეზიაში, ასტრონო-

მიაში, სამხედრო საქმეში, გეოგრაფიაში, მიწათმოწყობაში, არქიტექტურაში, მედიცინაში, კოსმოსურ კვლევაში და სხვა.

დიდია აეროგადაღების როლი სატყეო საქმეში. აეროსურათებზე მკაფიოდ ჩანს ტყის საზღვრები, მისასვლელი გზები, ბილიკები, მინდვრები, მდელოები, ცალკე მდგომი ხეები, ახალგაზრდა და მომწიფებული ტყის მასივები. აეროფოტოსურათებით შეგვიძლია დავადგინოთ კორომთა სიხშირე, ჯიშები, ასაკი, განვსაზღვროთ მათი სიმაღლე და ღეროს დიამეტრი მკერდის სიმაღლეზე, ჩავატაროთ ტყის კადასტრი. აერომასალები განსაკუთრებით ეფექტურია ძნელად მისადგომი ტყეების შესწავლისას, ტაქსაციის, ტყეთმოწყობისას და სხვ.

აეროგადაღებამ შექმნა ახალი ერა სამყაროს ანალიზისა და ბუნებრივი რესურსების შესწავლის საქმეშიც, დიდი პერსპექტივები ესახება გარემოსა და ბუნების დაცვაში, დისტანციურად გაკონტროლებაში და სხვა.

აეროგადაღების პროცესებს მიეკუთვნება:

1. მოსამზადებელი ღონისძიებანი, რომელიც ითვალისწინებს გადასაღები ტერიტორიის შესახებ ცნობებისა და რუკების შეგროვებას, რაიონის ფიზიკურ-გეოგრაფიული თვალსაზრისით შესწავლას და აეროფოტოგადაღების ტექნიკური პროექტის შედგენას;

2. აეროფოტოგადაღება — ფრენისადმი ხელმძღვანელობა და წინასწარი ტექნიკური პირობების გათვალისწინებით დედამიწის ზედაპირის ფოტოგრაფირება აეროფოტოაპარატებით;

3. ფოტოლაბორატორიული სამუშაოები — აეროფილმის გამომჟღავნება და შემდგომ აეროსურათების დაბეჭდვა;

4. საველე ფოტოგრამმეტრიული სამუშაოები, რომელიც დაკავშირებულია აეროსურათების დამუშავებასთან.

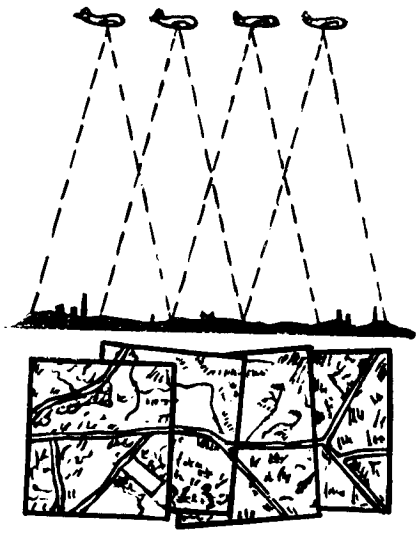
ყველა ჩამოთვლილი პროცესის შესრულების შედეგად ღებულობენ აეროსურათებს და აეროსურათების დაფენით მონტაჟის რეპროდუქციას. აეროფოტოსურათების მასალებით ადგენენ ფოტოსქემებს, ფოტოგეგმებს, ტოპოგრაფიულ გეგმებსა და რუკებს.

ადგილის ფოტოგრაფირება დანიშნულების მიხედვით შეიძლება ჩატარდეს აეროფოტოაპარატის ოპტიკური ღერძის სხვადასხვა მდებარეობისას ვერტიკალის მიმართ.

თუ გადაღების დროს აეროფოტოაპარატის ოპტიკური ღერძის გადახრა ვერტიკალურიდან არ აღემატება 2 — 3°, ასეთ გადაღებას უწოდებენ გეგმურ აეროგადაღებას. აეროგადაღება იქნება დახრილი (პერსპექტიული), თუ ოპტიკური ღერძის გადახრა ვერტიკალიდან აღწევს მნიშვნელოვან სიდიდეს, თანაც შესაძლებელია ამ შემთხვევაში სურათზე ჰორიზონტის ხაზის გამოსახვაც კი. დღეისათვის გეგმების

შესადგენად ძირითადად გავრცელებულია გეგმური აეროგადაღება და ფართოდ იყენებენ მას სატყეო საქმეებშიც.

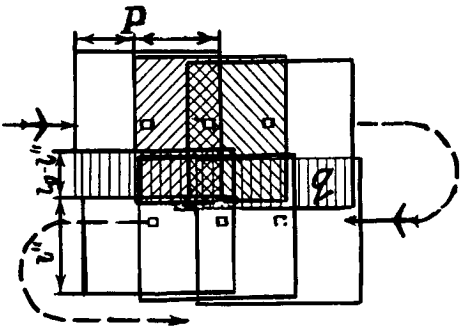
თანამედროვე ტექნიკური პირობებით, კერძოდ, გიროსტაბილიზატორების გამოყენებით, შესაძლებელი ხდება აეროფოტოაპარატის ოპტიკური ღერძის გადახრა ვერტიკალიდან დაყვანილი იქნეს 10 — 12[1]. ასეთი სახის გადაღებას კი პირობითად გიროსტაბილიზებულ აეროფოტოგადაღებას უწოდებენ. ჰაერიდან დედამიწის ზედაპირის ფოტოგრაფირება წარმოებს ისეთი ანგარიშით, რომ თანამიმდევრობით ყველა სურათმა გადაფაროს წინამდებარე სურათის გამოსახულება ფრენის მიმართულებით. ასეთ გადაფარვას გრძივ გადაფარვას უწოდებენ (ნახ. 4.1). გრძივი გადაფარვა საჭიროა ადგილის სტერეომოდელის მისაღებად და ფოტოგრამმეტრიული დამუშავებისათვის. ორი მომიჯნე სურათი შეადგენს სტერეოწყვილს. გრძივი გადაფარვა გამოისახება პროცენტობით და არ უნდა იყოს 60%-ზე ნაკლები.



ნახ. 4.1 გრძივი გადაფარვა.

ხშირად ფოტოგრაფირება საჭიროა მხოლოდ ადგილის ვიწრო ზოლისათვის, მაგალითად ტყის საზიდი გზის დასაპროექტებლად. ასეთ შემთხვევაში დასაპროექტებელი ობიექტისათვის საკმარისია აეროფოტოგადაღება ვაწარმოოთ ერთი, ორი ან სამი მარშრუტით. ასეთ აეროფოტოგადაღებას უწოდებენ მარშრუტულს.

იმ შემთხვევაში, როდესაც საჭიროა, რომ აეროფოტოგადაღება ჩატარდეს დიდ ფართობზე, მაგალითად ტყის მასივების ფოტოგრაფირებისას, გადასაღებ ადგილს ყოფენ ცალკეულ უბნებად, კერძოდ საერთაშორისო დაყოფის ტრაპეციებად და თითოეულ მათგანზე გაჰყავთ პარალელური მარშრუტები — სერიები. ასეთ აეროფოტოგადაღებას უწოდებენ მთლიანს ან მრავალმარშრუტულ აეროგადაღებას.



ნახ. 4.2 გრძივი და განივი გადაფარვა.

მრავალმარშრუტული აეროფოტოგადაღებისას მარშრუტებს ისე განალაგებენ, რომ მომიჯნე მარშრუტებზე გადაღებული ტერიტორიებიც ფოტოგრაფირებული იქნეს. სურათების გამოსახულების ასეთ გადაფარვას განივ გადაფარვას უწოდებენ და მისი სიდიდე q არ უნდა შეადგენდეს 30%-ზე ნაკლებს (ნახ. 4.2).

მისაღები პროდუქციის დანიშნულებისა და სურათების ფოტოგრამმეტრიული დამუშავების მეთოდების გამოყენების მიხედვით, არსებობს აგეგმვის შემდეგი სახეები:

1. კონტურული აგეგმვა;
2. კომბინირებული აგეგმვა;
3. სტერეოსკოპიული ანუ სტერეოტოპოგრაფიული აგეგმვა.

კ ო ნ ტ უ რ უ ლ ა გ ე გ მ ვ ა შ ი გულისხმობენ ადგილის კონტურული გეგმის მიღებას (ჰორიზონტალებით რელიეფის გამოსახვის გარეშე). ასეთ შემთხვევაში ძირითადად ადგენენ მხოლოდ ფოტოსქემას.

კ ო მ ბ ი ნ ი რ ე ბ უ ლ ი აგეგმვა ითვალისწინებს ტოპოგრაფიული გეგმის მიღებას კონტურული აეროგადაღების მასალებითა და ველზე მენზულური აგეგმვის შერწყმით.

ს ტ ე რ ე ო ს კ ო პ ი უ ლ ი ანუ ს ტ ე რ ე ო ტ ო პ ო გ რ ა ფ ი უ ლ ი ა გ ე გ მ ვ ა ისეთი აგეგმვაა, როდესაც ადგილის ტოპოგრაფიული გეგმების შედგენა ხდება კამერალურად აეროსურათების და სპეციალური ფოტოგრამმეტრიული ხელსაწყოების გამოყენებით. ასეთი აგეგმვისას ძვირადღირებული და შრომატევადი საველე გეოდეზიური სამუშაოები დაყვანილია მინიმუმამდე, ისიც ძირითადად საჭიროა მხოლოდ აეროსურათების მიბმისა და დეშიფრირების სამუშაოების ჩასატარებლად.

აეროფოტოგადაღება შეიძლება გავარჩიოთ აგრეთვე ფოტოგრაფირების მასშტაბის მიხედვით:

1:10000 — უფრო მსხვილი — მსხვილმასშტაბიანი;
1:10000 — 1:30000 — საშუალომასშტაბიანი;
1:30000 — უფრო წვრილი — წვრილმასშტაბიანი.

აეროსურათის მასშტაბი დამოკიდებულია დანიშნულებაზე და მისდამი წაყენებულ მოთხოვნილებაზე.

ზემოაღნიშნული აეროფოტოგადაღების სახეების გარდა, ზოგიერთ ქვეყანაში იყენებენ აგრეთვე კონვერგენტურ აეროფოტოგადაღებას, როგორც პერსპექტიული აეროფოტოგადაღების კერძო შემთხვევას. ასეთ შემთხვევაში ფოტოგრაფირება ხდება წყვილი აეროფოტოაპარატით, რომელიც დამაგრებულია (თვითმფრინავის თავსა და ბოლოში), ფრენის მიმართულებით ისეთი დახრილი კუთხით, რომ მიიღონ მთლიანად (100%) გადაფარული პერსპექტიული აეროსურათები.

დიდი პერსპექტივა აქვს აგრეთვე ხვრელურ აეროფოტოგადაღებას, რომლის იდეა და დამუშავებაც ეკუთვნის ვ. ს. სემინოვს (1936 წ.). ხვრელური აეროფოტოგადაღების არსი მდგომარეობს იმაში, რომ ამ შემთხვევაში ჩვენ ვღებულობთ არა ცალკეული სურათის კადრებს, არამედ იმ ტერიტორიის ზოლის მთლიან გამოსახულებას მოძრავ ფირზე, რომლის ზემოდანაც თვითმფრინავი გადაღებისას იმყოფებოდა. თვითმფრინავის მოძრაობა სინქრონიზებულია აეროფირის მოძრაობასთან, რაც უზრუნველყოფს მკვეთრი და მკაფიო გამოსახულების მიღებას. აეროფოტოაპარატის ვიწრო ხვრელის საშუალებით ხდება დედამიწის ზედაპირის ფოტოგრაფირება, რომელიც შემდეგ იბეჭდება 18 სმ-ის სიგანის რულონის ფოტოქაღალდზე უწყვეტად. ამგვარი აეროფოტოგადაღება საშუალებას გვაძლევს ფოტოგრაფირება ვაწარმოოთ დაბალი სიმაღლიდან და ამავე დროს ფრენის დიდი სიჩქარითაც, რაც პერსპექტიულს ხდის მისი გამოყენების სფეროს. კერძოდ მსხვილმასშტაბიან სატყეო გეგმების შედგენაში. გარდა ამისა, იგი გამორიცხავს მოზაიკური ფოტოსქემების შედგენას.

უკანასკნელი 10 წლის განმავლობაში, როგორც ჩვენს ქვეყანაში, ისე საზღვარგარეთ დამუშავდა და შეიქმნა სპეციალური სახის აეროგადაღებები, რომელთაც მიეკუთვნება ყველა არატოპოგრაფიული სახის გადაღება და მრავალზონალური აეროგადაღება, აგრეთვე ლაზერული აეროგადაღება.

მრავალზონალური აეროფოტოგადაღება, ე. ი. ფოტოგრაფიული აეროგადაღება, თანამედროვე გაგებით, შეიძლება მოხდეს ოპტიკური დიაპაზონის 400-დან 1100 ნანომეტრის ელექტრომაგნიტური ტალღებისათვის. გადასაღები სისტემის პარამეტრების ვარირებით შეიძლება გამოვყოთ ან გამოვრიცხოთ საჭირო სპექტრის ზონა. ხოლო დამმუშავებელი სისტემის პარამეტრებით — შევადაროთ ურთიერთ ერთზონალური აეროფოტოსურათები, ან დავიყვანოთ ერთ მთლიან შავ-თეთრ გამოსახულებამდე. ასევე შევადაროთ ფერადი ნატურალური ან ფერადი გარდაქმნილი (პირობით ფერებში) და ინტერპრეტაციის (დეშიფრირების) ამოცანების შესაბამისად კოდირებული სურათებიც. პრინციპულად ამან უნდა უზრუნველყოს გადაღებული ტერიტორიის

შესახებ მაქსიმალური ფოტოინფორმაცია და ამ სურათების დასამუშავებლად ავტომატიზებული საშუალებების გამოყენებაც. ამგვარი გადაღება შესაძლებელია მოვახდინოთ ნებისმიერი მასშტაბით. ჩვენს ქვეყანაში უკვე მიღებულია 1:17000-დან 1:140000-მდე მასშტაბის აეროსურათები, თუმცა როგორც გვიჩვენებს ჩვენში და საზღვარგარეთ შესრულებული კვლევითი სამუშაოები ფერადი და სპექტროზონალური აეროგადაღების მიმართ, მრავალზონალური აეროგადაღების უპირატესობა ჯერ უმნიშვნელოა.

სპეციალურ აეროგადაღებას მიეკუთვნება სითბური (ინფრაწითელი) გადაღება და რადიოლოკაციური (რადარული) გადაღება. გარეგნობით სითბური აეროსურათები არ განსხვავდება ჩვეულებრივისაგან, მაგრამ გადმოგვცემს არა სინათლის შუქის არეკვლის ხასიათს, არამედ დედამიწის ზედაპირის სითბურ სურათს მოცემულ მომენტში.

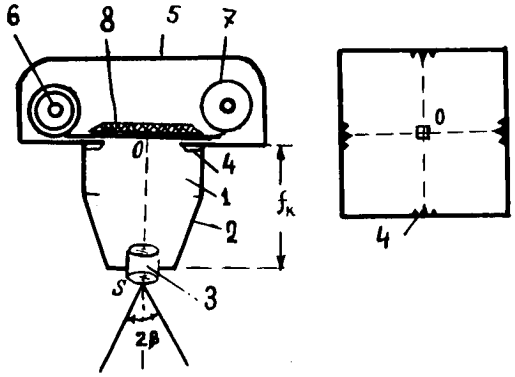
საბჭოთა და უცხოეთის სამუშაოთა პრაქტიკამ გვიჩვენა, რომ სითბური აეროგადაღება განსაკუთრებით უფრო ეფექტურია იმ ობიექტის გამოსაყოფად, რომელიც შინაგანი საკუთარი სითბოთია გამთბარი. ასეთებია: მოქმედი ვულკანები, ცხელი წყაროები, ტყეში ხანძრის კერები და სხვა. ასეთ სურათებზე კარგად გამოიყოფა დაავადებული ნათესები, ბუჩქნარები, ხეხილის ბაღები და ტყეები (ჯანმრთელი მცენარეულობის ტემპერატურა უფრო დაბალია).

რადიოლოკაციური ანუ რადარული აეროგადაღება ჯერ-ჯერობით გამოიყენება მხოლოდ სამხედრო დანიშნულების საქმეებში. მართალია, ხასიათდება კარგი ხარისხის ფოტოგამოსახულებით, მაგრამ უპირატესობა ისა აქვს, რომ გადაღება შეიძლება ვაწარმოოთ დღეღამის ნებისმიერ ამინდში.

4.2. აეროფოტოაპარატი

აეროფოტოაპარატი ეს არის რთული ოპტიკურ-მექანიკურ ელექტრონული ზუსტი ხელსაწყო, რომლის საშუალებითაც ხდება ტერიტორიის აეროფოტოგადაღება. ამჟამად კოსმოსური სივრცის ათვისების ეპოქაში, აეროფოტოაპარატები გამოიყენება აგრეთვე დედამიწის, მთვარისა და მზის სისტემის სხვა ციური სხეულების კოსმოსიდან ფოტოგრაფირებაშიც.

დანიშნულების მიხედვით არსებობს სხვადასხვა კონსტრუქციისა და სირთულის აპარატები. მიუხედავად ამისა, ძირითადად ისინი მაინც შედგებიან ერთი და იგივე კვანძებისა და დეტალებისაგან. აეროფოტოაპარატის მოწყობილობის ზოგადი სქემა მოცემულია ნახ. 4.3-ზე. იგი შედგება კორპუსისაგან – 1 და მასზე შეერთებული კონუსისაგან – 2, რომლის ქვედა ნაწილშიც დამაგრებულია ობიექტივი 3 ჩამკეტი ჩახმახით. რადგანაც აეროფოტოგადაღება მიმდინარეობს ყოველთვის



ხახ. 4.3 აეროფოტოაპარატის ზოგადი სქემა.

დიდი სიმაღლეებიდან, ამიტომ აეროფოტოაპარატის კამერაც გაანგარიშებულია ობიექტივის მყარ და უსასრულოდ მუდმივ ფოკუსირებაზე. ობიექტივის ფოკალურ სიბრტყეში, კორპუსის ზედა ნაწილში მოთავსებულია ჩარჩო წამოშვერილი კოორდინატთა ჭდეებით — 4, რომელნიც აღიბეჭდებიან ყველა აეროსურათზე. კოორდინატთა ჭდეებზე გამავალი სწორი ხაზების გადაკვეთა იძლევა სურათის მთავარი წერტილის მდებარეობას. კასეტა — 5 იტენება ფირით, რომელიც დახვეულია გადამცემ კოჭურაზე — 6, ხოლო მიმღებ კოჭურაზე — 7 წარმოებს ექსპონირებული ფირის გადახვევა. ჩარჩოს სიბრტყეზე აეროფირის გასწორება ხდება პნევმატურად მიმჭერი დაფის — 8 საშუალებით 0,002 მმ სიზუსტით. ყოველი ექსპონირების შემდეგ მიმჭერი დაფა აიწევა ზევით და აეროფირი გადაეხვევა ზუსტად ერთი კადრის სიდიდით. შემდეგ დაფა პნევმატურად კვლავ დააწვება ჩარჩოს, გაასწორებს აეროფირს და ასე შემდეგ მეორდება მუშაობის ციკლი.

სწრაფმოძრავი საფრენოსნო აპარატიდან ფოტოგრაფირებისას სურათების მკაფიო გამოსახულების მისაღებად საჭიროა, რომ ფოტოგრაფირების დახანება იყოს მყისიერი. ამისათვის კი ობიექტივის ჩამკეტი ჩახმახები უნდა მუშაობდეს ზუსტად და მკაფიოდ. თანამედროვე აეროფოტოაპარატების ჩამკეტი ჩახმახები უზრუნველყოფენ დაყოვნების ინტერვალს 1/3-დან 1/1000 წამამდე. ამიტომ აეროფირი უნდა იყოს დიდი მგრძნობიარობის. აეროფოტოაპარატის კორპუსზე განლაგებულია თარაზო, საათი, ნუმერატორი და სხვა.

აეროფოტოაპარატის რითმულ მუშაობას ავტომატურად წარმართავს სპეციალური საკომანდო მოწყობილობა, რომელიც შეერთებულია აეროფოტაპარატთან.

ცხრილი 4.1

ობიექტივების ძირითადი მახასიათებლები

ობიექტივის დასახელება	ფოკუსური მანძილი $f_к$, მმ	მხედველობის არეს კუთხე	ფარდობითი შუქძალა	დისტორსია მმ	ფოტოგრაფიულ გარჩევითი უნარიანობა (ხაზი მმ)	
					ცენტრში	კიდეებში
1	2	3	4	5	6	7
„როდინა — 20 ბ“	55	133	1:8.2	0.03	36 — 40	12 — 15
„რუსარი — 29ბ“	70	122	1:6.8	0.03	26 — 40	12 — 15
„რუსარი — 44“	100	104	1:6.8	0.02	36 — 40	14 — 16
„რუსარი — 43“	140	85	1:6.8	0.015	35 — 40	18 — 23
„რუსარი-პლაზმატი“	200	65	1:6.3	0.02	40 — 45	20 — 24
„ტაფარი — 3“	350	40	1:6.0	0.01	30 — 35	14 — 16
„ორთონიარი — 13“	500	29	1:7.0	0.01	30 — 35	18 — 20

ტიპების მიხედვით არჩევენ: ერთობიექტივიან, მრავალობიექტივიან, ხვრელიან და პანორამულ აეროფოტოაპარატებს; გადასაღები კადრის ფორმატის მიხედვით — 18×18 სმ, 24×24 სმ, 30×30 სმ ფორმატიანს; ფოკუსური მანძილის მიხედვით — მოკლე ფოკუსურმანძილიანს ($f_к$=55÷150 მმ), საშუალო ფოკუსურმანძილიანს ($f_к$=150÷300 მმ) და გრძელ ფოკუსურმანძილიანს ($f_к$>300 მმ); მხედველობის არეს კუთხის მიხედვით — ვიწროკუთხიანს ($2\beta \leqslant 75°$), საშუალო ანუ ნორმალურ კუთხიანს ($2\beta = 75° \div 100°$) და ფართეკუთხიანს ($2\beta > 100°$).

აეროფოტოაპარატებზე იყენებენ ყველაზე სრულყოფილ ობიექტივებს — ანასტიგმატებს. ობიექტივები უნდა აკმაყოფილებდნენ შემდეგ მოთხოვნილებებს:

1. ორთოსკოპიულობას (გამოსახულების დაუმახინჯებულობა), ობიექტივის დისტორსია არ უნდა აღემატებოდეს 0,05 მმ-ს; სხვა სახის ობერაციებიც (სფერული და ქრომატული, ასტიგმატიზმი და სხვა) უნდა იყოს მინიმალური;

2. მაღალგარჩევითობას;

3. გამოსახულებათა ველის თანაბარ განათებულობას;

4. რაც შეიძლება მეტ შუქძალას.

4.1 ცხრილში ნაჩვენებია ზოგიერთი ობიექტივი მათი ძირითადი მახასიათებლებით.

აეროფოტოაპარატს მიეკუთვნება აგრეთვე ფოტოსადგარი ამორტიზატორებით, რომლებზედაც მაგრდება აეროფოტოაპარატი. ფოტოსად-

გარს აქვს სამი ამწე ხრახნი აეროფოტოაპარატის ოპტიკური ღერძის შვეულ მდგომარეობაში მოსაყვანად. შეგვიძლია შემოვაბრუნოთ აგრეთვე აეროფოტოაპარატი წრიულად ოპტიკური ღერძის გარშემო და გავაორიენტიროთ აეროფირთან ერთად ფრენის მიმართულებით.

აეროფოტოაპარატები დანიშნულების მიხედვით არის ტოპოგრაფიული (ტერიტორიის კარტოგრაფირებისათვის) და სპეციალური — რეკოგნოსცირებისათვის (სპეციალური დანიშნულებისათვის).

საბჭოთა კავშირში ძირითადად გამოიყენება აეროფოტოაპარატები АФА — ТЭ ტიპის (ტოპოგრაფიული, ელექტროფიცირებული). კადრის ფორმატის ზომაა 18×18 სმ. კოსეტაში თავსდება 60 მ სიგრძის აეროფირი. ეს აპარატები ერთმანეთისაგან ძირითადად განსხვავდებიან მხოლოდ ფოკუსური მანძილებით და უშვებენ შესაბამისად სხვადასხვა ობიექტივებით. АФА — ТЭ გამოირჩევა მაღალი სიზუსტითა და დიდი მწარმოებლობით. დღეისათვის შექმნილია АФА — ТЭС — 10 კონსტრუქციის აეროფოტოაპარატი, რომლის ექსპოზიციის ავტომატური რეგულირება (დახანების და დიაფრაგმის დიამეტრის) სრულდება ფოტოელემენტის დახმარებით ადგილის განათებულობის შესაბამისად. АФА — ТЭС — 10-ზე დამაგრებულია ობიექტივი „რუსარი-63", რომლის ფოკუსური მანძილი $f_к$=100 მმ. ფოკალურ სიბრტყეში მოთავსებულია მინაზე დატანილი ბადე, რომელიც კალიბრირებულია და აღიბეჭდება ყველა ნეგატივზე, რაც საშუალებას გვაძლევს მათი ფოტოგრამმეტრიული დამუშავებისას გამოვავლინოთ შეცდომები (ფირის დეფორმაცია და სხვა).

დღეისათვის შექმნილია და უკვე სერიულად გამოდის აეროფოტოაპარატების ახალი სერიის კომპლექტი ТЭСА და ТЭА (ადრე შექმნილი და გამოშვებული ТЭС და ТЭ აეროფოტოაპარატების მაგივრად) ფოკუსური მანძილებით 70 მმ (АФА — ТЭСА — 7), 100 მმ (АФА — ТЭСА — 10) და 350 მმ (АФА — ТЭА — 35).

АФА — ТЭСА და ТЭА-ში ისევე, როგორც ყველა თანამედროვე აეროფოტოაპარატებში გამოიყენება როტაციული ჩახმახები, სადაც დახანების დრო რეგულირდება მათი დისკების ბრუნვათა რიცხვით. დისკების ბრუნვა ხორციელდება მუდმივი დენის ამძრავებით, ხოლო დისკების ბრუნვის რეგულირება კი — მის ღუზაზე ელექტროძაბვის ცვალებადობით. აეროფოტოაპარატებში ექსპოზიციის რეგულირება სრულდება ავტომატურად, რითაც აეროფოტოსურათის ხარისხი საგრძნობლად იზრდება. ექსპოზიციის რეგულირების ასეთი ავტომატი პირველად შეიქმნა 1970 წელს გეოდეზიის, აეროფოტოგადაღებისა და კარტოგრაფიის ცენტრალურ სამეცნიერო კვლევით ინსტიტუტში (ЦНИИГАиК). ცხრილ 4.2-ში ნაჩვენებია ტოპოგრაფიული АФА-ს ტექნიკური დახასიათება.

ცხრილი 4.2

ტოპოგრაფიული აშა-ს ტექნიკური მახასიათებლები

პარამეტრები	აეროფოტოაპარატები				
	АФА — ТЭ/ 100	АФА — 41/ 100	АФА— ТЭС- 7	АФА — ТЭС 10	АФА — ТЭ-- 70
1	2	3	4	5	6
ფოკუსური მანძილი	100 მმ	100 მმ	72 მმ	100 მმ	70 მმ
2 მხედველობის კუთხე	104°	104°	120°	103°	122°
კადრის ფორმატი	18×18	18×18	18×18	18×18	18×18
გარჩევითუნარიანობა	30 — 15 მმ	47 - 10 მმ	26 მმ	26 მმ	15 მმ
ჩახმახი	ცენტრალური	ცენტრალური	როტორიანი	როტორიანი	როტორიანი
მინიმალური დახანება	1/300 სეკ.	1/700 სეკ.	1/800 სეკ.	1/800 სეკ.	1/400 სეკ.
დისტორსია	0,02 მმ	0,01 მმ	0,015 მმ	0,015 მმ	0,025 მმ
მუშაობის ციკლი	2 სეკ.	2 სეკ.	1,2 - 2,3 სეკ.	1,2 - 2,3 სეკ.	1,2 სეკ.

სპეციალურ აეროფოტოაპარატებს მიაკუთვნებენ იმ აპარატებს, რომლებიც გამოიყენება არატოპოგრაფიული და მრავალზონალური აეროფოტოგადაღებისათვის. ეს აპარატები იყოფა ერთობიექტივიანად და მრავალობიექტივიანად. რომელთაგანაც ამ უკანასკნელს დღეისათვის დიდ უპირატესობას ანიჭებენ. ასეთ აეროფოტოაპარატს მიეკუთვნება აეროფოტოაპარატი МКФ — 6 და МКФ — 6М, რომელიც შექმნილია ყოფილი გერმანიის დემოკრატიული რესპუბლიკის და საბჭოთა სპეციალისტების მიერ და დამზადებულია „კარლ-ცეის-იენას“ წარმოება ში. ამ აეროფოტოაპარატს აქვს ექვსი ობიექტივი ($f_к$=125 მმ), გადაღების შემდეგი სპექტრული ზონებისათვის — 400 — 500 (ლურჯ-მწვანე), 520 — 560 (ყვითელ-მწვანე), 580 — 620 (ყვითელი), 640 — 680 (წითელი), 700 — 740 (ახლო ინფრაწითელი), 780 — 860 მმ (ინფრაწითელი), შესაბამისად სპექტრის ხილულ ნაწილში — იზოპანქრომატულ აეროფირზე და სპექტრის უხილავ ნაწილში — ინფრაქრომატულზე. კადრის ფორმატია 5,5×8 სმ, ხასიათდება კარგი გარჩევითუნარიანობის თვისებებით (100 — 160 ხაზი, მილიმეტრებში) და ზოგიერთი მიზნისათვის შეიძლება გადიდდეს ათჯერ. ამ აეროფოტოაპარატების

კომპლექტში გათვალისწინებულია, აგრეთვე მასინთეზირებელი პროექტორი MCP — 4 (იხ. ნახ. 11.2), რომელსაც შეუძლია ავტომატურად შეუთავსოს ერთმანეთს ნებისმიერი ოთხი ერთზონალური გამოსახულების აეროსურათი 35×45,5 სმ-ის ეკრანზე.

საზღვარგარეთის მსგავსი აპარატებიდან შეიძლება გამოვყოთ საფრანგეთის აეროფოტოაპარატები მარკ — 1 და მარკ — 2, რომელსაც ოთხი ცვლადი ობიექტივი აქვს ($f_к$=100 მმ ან $f_к$=150 მმ) და გათვალისწინებულია შემდეგ ზონებში გადასაღებად 400 — 460, 480 — 570, 600 — 680 და 740 — 820 ნანომეტრებში.

ტოპოგრაფიულ აპარატებს საზღვარგარეთ სხვადასხვა ქვეყნის ფირმა უშვებს აშშ, ინგლისი, გფრ, იტალია, საფრანგეთი და სხვა, რომელთაგან უმრავლესობა ᲐᲤᲐ-სთან ერთად უშვებს აგრეთვე ფოტოგრამმეტრიულ ხელსაწყოებსაც.

კაპიტალისტური ქვეყნების ᲐᲤᲐ-ს განსაკუთრებულ მახასიათებლად ითვლება სურათის ფორმატი 23×23 სმ. აეროფირის გასწორება ფოკალურ სიბრტყეში ექსპოზიციის მომენტში სრულდება ძირითადად ორი ხერხით: პნევმატური — ვაკუუმის გამოყენებითა და მექანიკური — გამასწორებელი მინის დაფის გამოყენებით. შუქმგრძნობიარე მასალის საფუძვლად (აეროფირისთვის) იყენებენ თხელი სელის ან სპეციალურ სინთეტიკურ მასალას და სხვა. საფრანგეთის ფირმა COM იყენებს 1,7 მმ-ის სისქის მინის ფირფიტებს. ამჟამად კი გადადის ელასტიკური საფუძვლის ფოტოფირზე. ობიექტივთა მხედველობის არე ძირითადად $2\beta=100—125°$, ხოლო ფოკუსური მანძილი კი 85-დან 600 მმ-მდეა. ტოპოგრაფიული ᲐᲤᲐ აღჭურვილია ორი სახის ჩახმახით: დისკიანი და ფარდისებრი (შტორიანი) ავტომატიზებული ექსპოზიციის რეგულირებით, რომლის დროც შეიძლება იცვლებოდეს 1/15÷1/250 წმ. ქვემოთ ცხრილ 4.3-ში მოცემულია საზღვარგარეთული ტოპოგრაფიული ᲐᲤᲐ-ს ტექნიკური დახასიათება.

სატყეო საქმეებში აეროგადაღების ჩატარება საჭიროა როგორც გეგმების შესადგენად, ისე აეროსურათების დეშიფრირებისათვის, იმისდა მიხედვით, თუ რა დანიშნულებისათვის წარმოებს აეროფოტოგადაღება, საჭიროა სწორად შეირჩეს თუ რომელი ტიპის აეროფოტოაპარატის გამოყენებაა უფრო უმჯობესი.

დიდი სიმაღლიდან ფოტოგრაფირების შემთხვევაში სჯობია ვისარგებლოთ გრძელფოკუსურმანძილიანი აეროფოტოაპარატებით, რომ ადგილის გამოსახულება ,სურათებზე იყოს უკეთესი და თანაც სასურველ მასშტაბში. ასეთი აპარატის უარყოფითი მხარე ისაა, რომ ფოკუსური მანძილის ზრდა იწვევს მხედველობის არის კუთხის შემცირებას, რაც გადასაღები ტერიტორიის ფართობს ამცირებს და იწვევს კამერალური სამუშაოების მოცულობის ზრდას. ამიტომ უფრო რენტა-

ცხრილი 4.3

ზოგიერთი საზღვარგარეთული აშა-ს ტექნიკური მახასიათებლები

აშა	ქვეყანა	მუშაობის ციკლი წმ.	f_k.მმ	კადრის ფორმატი სმ	ჩახმახი	დაყოვნება წმ.	კასეტაში ფირის სიგრძე მ
1	2	3	4	5	6	7	8
T — 11	აშშ	2,5	152	23×23	ცენტრ.	1/75 — 1/500	117
KC — 2	— " —	4,0	152	23×23	"	1/100--1/300	75
KC — 3	— " —	2,5	88	23×23	"	1/80 — 1/800	117
KC — 6	— " —	2,5	152	23×23	"	1/100--1/800	117
COMp	საფრანგ.	4,0	125	18×18	— " —	1/150	96 ფირფიტა
$RMK^{21}/_{23}$	გფრ	2,5	210	23×23	"	1/100-1/1000	120
RMK 11,5/18	გფრ	2,5	115	18×18	ცენტრ.	1/100-1/6000	120
FX — 105	ინგლისი	2,5	152	23×23	"	1/500-1/1000	120
MRB/2323	გფრ	2,0	90	23×23	"	1/100-1/1000	60 120
MRB 11,5/ 1818	— " —	2,0	115	18×18	"	"	120

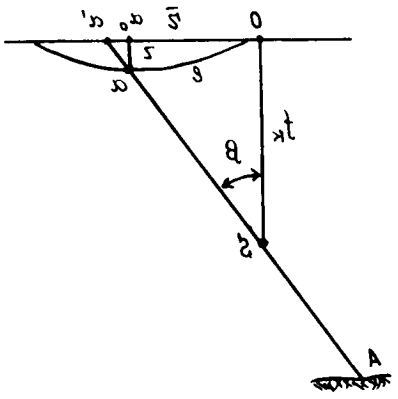
ბელური იქნება გამოვიყენოთ დიდი ფორმატის (30×30 სმ) კადრის აეროფოტოაპარატები, აშშ და კანადაში ხშირ შემთხვევაში უპირატესობას აძლევენ უფრო პანორამულ აეროფოტოაპარატებს, რითაც საგრძნობლად იზრდება გადასაღები ადგილის სიგანე.

დაბალი სიმაღლიდან ფოტოგრაფირებისას (ვინაიდან ფრენის სიჩქარე დიდია გადასაღები ტერიტორიის მიმართ) უმჯობესია გამოვიყენოთ მოკლეფოკუსურმანძილიანი და ფართეკუთხიანი აეროფოტოაპარატი, რომელიც მუშაობის დროის მცირე ციკლითა და სწრაფი ჩამკეტით ხასიათდება. ან კიდევ ერთდროულად შევასრულოთ პერსპექტიული და გეგმური აეროფოტოგადაღება.

4.3. აეროფოტოფირის გასწორება აშა-ში

აეროფოტოაპარატებში გათვალისწინებულია ფოტოგრაფირების მომენტში ფოკალურ სიბრტყეზე — გამოყენებით ჩარჩოში აეროფირის ზუსტი გასწორების მექანიზმი. აეროფოტოფირის არაზუსტი გასწორებით გამოწვეული შეცდომები შემთხვევითი ხასიათისაა და იწვევს გამოსახულების აგების გეომეტრიის დარღვევას. ვთქვათ აეროფირის ჩაზნექა (ნახ. 4.4) ამ სიბრტყის მიმართ ტოლია Z. am

შემთხვევაში ადგილის რომელიღაც A წერტილი აეროფირზე აისახება a წერტილში, ნაცვლად a^1 წერტილისა, ე. ი. $oa^1=r$ მონაკვეთი მახინჯდება $a^1a_0=\delta r$ სიდიდით. aa_0a^1 და Soa^1 სამკუთხედების მსგავსებიდან ვწერთ



ნახ. 4.4 აეროფირის ჩაზნექით გამოწვეული დამახინჯება.

$$\delta_r = z\frac{r}{f_k} \qquad (1.9)$$

ფირის არაზუსტი გასწორება იწვევს აეროფირზე მკაფიო გამოსახულების დაცემას, რაც თავის მხრივ ამცირებს გადამღები სისტემების გარჩევითუნარიანობას.

ვთქვათ, $r=70$ მმ, $z=0,1$ მმ, $f_k=100$ მმ,

მაშინ $$\delta_r = 0,1\frac{70}{100} = 0,07 \text{ მმ}.$$

რაც მეტია ფოკუსური მანძილი, მით ნაკლები იქნება წერტილების მდებარეობის დამახინჯება, გამოწვეული სიბრტყეში აეროფირის გასწორებით. ფირის გასწორების უზრუნველყოფა ძირითადად ხდება პნევმატური ან მექანიკური მეთოდით. მექანიკური მეთოდიდან უფრო გავრცელება ჰპოვა მინაზე მიმჭერი დაფის გამოყენებამ. გამასწორებელი მინა დამაგრებულია ᲐᲤᲐ ფოკალურ სიბრტყეში და მასზე დატანილია საკალიბრე ოპტიკური ჭდეები, რომლის საშუალებითაც შეგვიძლია განვსაზღვროთ მაღალი სიზუსტით სხვადასხვა ფაქტორით გამოწვეული ადგილის კოორდინატების განსაზღვრის შეცდომები. გამასწორებელი მინა უნდა შედიოდეს ᲐᲤᲐ ოპტიკური სისტემის გაანგარიშებაში. მიმჭერი დაფა, რომელიც აწვება 10 გ/სმ^2 ძალით, უზრუნველყოფს ფირის გასწორებას 0,03 — 0,05 მმ-ის სიზუსტით. მეთოდი საკმაოდ მარტივია და არ არის დამოკიდებული გადაღების პირობებზე, ამავე დროს, საშუალებას გვაძლევს განვსაზღვროთ როგორც დისტორსია, ისე მასალების დეფორმაცია. ამ მეთოდის ნაკლი გამოწვეულია თვით მინის გავლენით, რომელიც ზრდის შუქგაბნეულობას, რითაც ცუდდება ფოტოგამოსახულების ხარისხი. განსაკუთრებით, ფართეკუთხიან აპარატებში იგი ცვლის ობიექტივის ფოკუსურ მანძილს და იწვევს გეომეტრიულ დამახინჯებებს, ხოლო ფირის გადახვევისას კი შეიძლება წარმოშოს ელექტრული მუხტები, მოხდეს მინის დაორთქლება ან გაჭუჭყიანებაც.

დღეისათვის გამოსახულების ხარისხის შეფასებისათვის იყენებენ ძირითადად ორ კრიტერიუმს: გარჩევითუნარიანობა (R, მმ$^{-1}$) და P (N) მმ$^{-1}$ — გადამცემელ ფუნქციას.

ოპტიკური სისტემის გარჩევითუნარიანობას უწოდებენ ოპტიკური სისტემის თვისებას ცალ-ცალკე გამოსახოს ორი ურთიერთახლოს მდებარე წერტილები ან ხაზები. გარჩევითუნარიანობა იმ ხაზების რაოდენობით განისაზღვრება, რომელიც განცალკევებით გადმოეცემა 1 მმ გამოსახულებიდან, ე. ი. გამოსახულების 1 მმ-ში ხაზების რაოდენობის გარჩევა. გარჩევითუნარიანობა აღინიშნება ხაზი/მმ ან მმ$^{-1}$. იმ შემთხვევაში, როდესაც გარჩევითუნარიანობა გამოსახულია კუთხურ განზომილებაში, უწოდებენ ობიექტივის სახვით თვისებას და გამოითვლება ფორმულით:

$$\operatorname{tg}\varphi'' = \frac{\cos^2\beta}{f_k R_0} \qquad (4.2)$$

ობიექტივისა და შუქმგრძნობიარე ფენის ურთიერთზემოქმედების შედეგად მიიღება სისტემის ფოტოგრაფიული გარჩევითუნარიანობა, რომელიც წარმოადგენს ᲐᲤᲐ-ს ძირითად მახასიათებელს (ობიექტივი+ფოტოფენა).

ობიექტივის ფოტოგრაფიული გარჩევითუნარიანობის განსაზღვრისათვის იყენებენ იმ ფენებს, რომლებთანაც პრაქტიკულად იხმარება ობიექტივი. ობიექტივის ფოტოგრაფიული გარჩევითუნარიანობა დამოკიდებულია არა მარტო ფოტოფენაზე, არამედ აგრეთვე კონტრასტზე და მირას ფორმაზე, განათების პირობებზე და გამომჟღავნებაზე. ნახ. 4.5 ნაჩვენებია (а) შტრიხული და (б) რადიალური მირა.

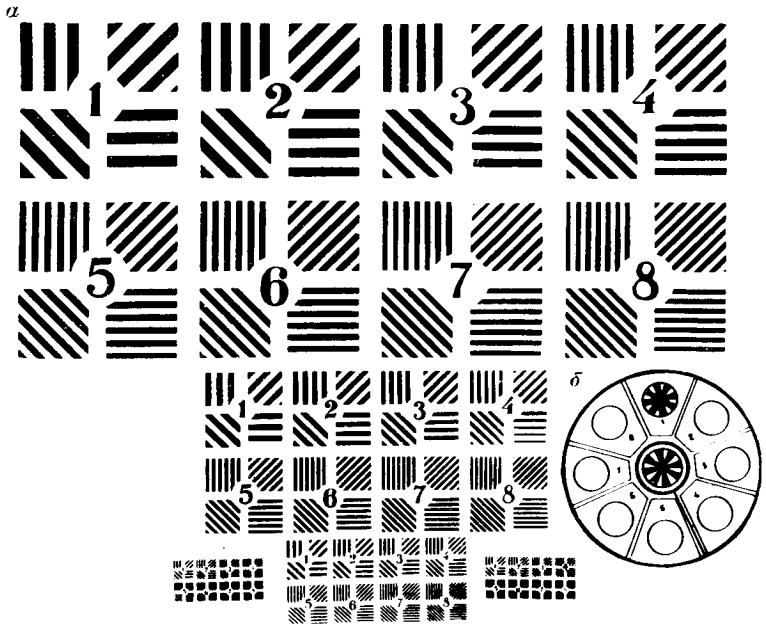
სტანდარტულ მირას აბსოლუტური კონტრასტი k=1. მირას კონტრასტში გულისხმობენ მაქსიმალური განათებულობის E_{max} და მინიმალური განათებულობის E_{min} სხვაობის ფარდობას მაქსიმალურ E_{max} განათებულობასთან ე. ი.

$$K = \frac{E_{max} - E_{min}}{E_{max}} \qquad (4.3)$$

თუ ვიცით ფოტოფენის R_1 და ობიექტივის R_2 (ვიზუალურად განსაზღვრული) გარჩევითუნარიანობა შეიძლება გამოვთვალოთ მიახლოებით ობიექტივის მოსალოდნელი R_0 ფოტოგრაფიული გარჩევითუნარიანობა ფორმულით:

$$\frac{1}{R_0} \approx \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \qquad (4.4)$$

აეროფოტოაპარატის ექსპლუატაციისათვის მნიშვნელოვანია ვიცო-



ნახ. 4.5 ფირის გამოსაცდელი მირა: ა) შტრიხული; ბ) რადიალური

დეთ ᲐᲨᲐ-ს არა ოპტიკური სისტემის გარჩევითუნარიანობა, არამედ მთელი სისტემის ფოტოგრაფიული გარჩევითუნარიანობა, რადგანაც სწორედ ამ უკანასკნელზეა დამოკიდებული გადაღების საბოლოო შედეგის — აეროსურათის ხარისხი.

ობიექტივის ფოტოგრაფიული გარჩევითუნარიანობა განისაზღვრება კოლიმატორის მეშვეობით, რომლის ობიექტივის ფოკუსშიაც ათავსებენ შტრიხებიან მირას.

გამოსაცდელი ობიექტივის ჩარჩოზე სხივთა კონის შესასვლელთან ან მირასა და შუქის წყაროს შორის დადებენ იმ შუქფილტრს, რომელიც შემდგომში იხმარება ობიექტივთან ერთად მუშაობისას. მიკროსკოპისა და მჭრქალი მინის დახმარებით ობიექტივს უკეთებენ ფოკუსირებას, ვიდრე ცენტრში მირა არ გამოისახება მკაფიოდ. შემდეგ მოაცლიან მიკროსკოპსა და მჭრქალ მინას და ჩადებენ კოსეტას ფოტოფირით, ან ფოტოფირფიტით. მირას გადაღებას აწარმოებენ ერთი და იგივე დახანებით, ცენტრიდან ორივე მიმართულებით მთელ ველზე. ექსპონირებული ფირის გამომჟღავნების შემდეგ, 15 — 20 ჯერადი გამადიდებლობის მიკროსკოპით განსაზღვრავენ სისტემის გარჩევითუნარიანობას. დეშიფრირებას იწყებენ მირას მსხვილი შტრიხებიდან წვრილისაკენ. ზღვრულ გარჩევად იღებენ მირას იმ ელემენტს, სადაც

შტრიხები კარგად გაირჩევა ოთხივე მიმართულებით. დეშიფრირების პროცესში სურათების მთელი სერიიდან ამოირჩევენ ერთს, მაქსიმალურად გარჩეულს მთელს ველზე და იმის მიხედვით ადგენენ R გარჩევითობას. გარჩევითუნარიანობას გამოითვლიან ფორმულით:

$$R_0 = \frac{N}{\pi d}, \qquad (4.5)$$

სადაც d არამკაფიო წრის დიამეტრია, ე. ი. როცა შტრიხები ერთმანეთზეა დამთხვეული, N — მირას წყვილი შტრიხების რაოდენობა.

4.5. შუქფილტრები

შუქფილტრს უწოდებენ იმ ოპტიკურ გარემოს, რომელშიაც გამავალი შუქი გარკვეულ სპექტრულ უბანში შთაინთქმება ან ამა თუ იმ ხარისხით შეიცვლება.

შუქფილტრები, რომელიც გამოიყენება ფოტოგრაფიაში და აეროკოსმოსურ გადაღებაში, პირობითად შეიძლება დავყოთ შემდეგ სახეებად: 1. ფერადი, ა. მონოქრომატული, ბ. სელექტარული; გ სუბტრაქტული; დ. კომპენსაციური; 2. ნეიტრალურ-ნაცრისფერი; 3. პოლარიზაციული.

ფ ე რ ა დ ი შ უ ქ ფ ი ლ ტ რ ე ბ ი შერჩევით შთანთქავენ შუქს. იმის მიხედვით თუ რა ნივთიერებებისაგან შედგებიან ისინი სხვადასხვანაირად, ცვლიან მასში გამავალ შუქს.

მ ო ნ ო ქ რ ო მ ა ტ უ ლ ი შუქფილტრები შთანთქავენ სპექტრის ფართო უბანს და ატარებენ მხოლოდ ერთ მონოქრომატულ შუქს. ეს ფილტრები გამოიყენება ფოტოლაბორატორიების არააქტიური განათებისთვის და სამეცნიერო-კვლევით სამუშაოებში.

ს ე ლ ე ქ ტ ი უ რ ი (ზონალური) შუქფილტრები ატარებენ სპექტრის უფრო ფართო უბანს — ჩვეულებრივ, ერთ-ერთ ზონას (ლურჯი, მწვანე ან წითელი); მათ იყენებენ ადეტიურად ფერადი ფოტობეჭდვის დროს.

სუბტრაქტული შუქფილტრებიც ატარებენ ფართო უბანს და იყენებენ სუბტრაქტული ფერადი ფოტობეჭდვისას.

კომპენსაციური შუქფილტრები შთანთქავს სპექტრის მოკლეტალღიან ზონას და ფართოდ გამოიყენება შავ-თეთრ ფოტომასალებით გადაღებისას, რადგანაც ფოტომასალებს დაბალი სრულყოფის გამო მაქსიმალური შუქმგრძნობიაროობა სპექტრის ლურჯ-იისფერ ზონაში აქვს და არ შეესაბამება თვალის მგრძნობიაროობას. ამ შუქფილტრების შერჩევით გამოყენება საშუალებას იძლევა ფერადი ობიექტები უკეთესად გადაეცეს შავ-თეთრ მასალებზე. შუქფილტრების თვისებებს საზღვრავენ სპეციალური სპექტროფოტომეტრების და-

ხმარებით და გვიჩვენებს სპექტრის სხვადასხვა უბანში შუქფილტრის ოპტიკურ სიმკვრივეს.

შუქფილტრების ძირითად მახასიათებლად ითვლება მისი სპექტრული გამტარიანობა, რომელიც მჭიდრო კავშირშია ოპტიკურ სიმკვრივესთან.

$$D = \lg \frac{\Phi_0}{\Phi}, \qquad (4.6)$$

სადაც Φ_0 შუქფილტრში შემავალი შუქის ნაკადია;

Φ — შუქფილტრიდან გამოსული შუქის ნაკადი.

შუქფილტრებით ფოტოგრაფირებისას შეინიშნება შუქის ენერგიის დაკარგვა, რომელსაც შთანთქავს შუქფილტრი, ამიტომ შუქფილტრები ხასიათდებიან აგრეთვე ჯერადობით — რიცხვით, რომელიც გვიჩვენებს თუ რამდენჯერ უნდა გავზარდოთ დახანება გადაღებისას მოცემული შუქფილტრის გამოყენების შემთხვევაში. შუქფილტრების ჯერადობა არ არის მუდმივი, იგი დამოკიდებულია S^1 გამოყენებული ფოტომასალების სპექტრულ მგრძნობიარობაზე და S განათების სპექტრულ შედგენილობაზე.

$$q = \frac{S}{S^\Gamma}. \qquad (4.7)$$

ყველა შუქფილტრს აქვს თავისი ნომერი და შიფრი, რომელიც აღნიშნავს მინის ფერს. 4.4 ცხრილში ნაჩვენებია აეროფოტოგადაღებაში გამოყენებული შუქფილტრების მახასიათებლები.

ცხრილი 4.4

შუქფილტრები	მინიმალური ოპტიკური სიმკვრივე	q-ჯერადობა				ფერი
		საშვი	იზოპანქრომი	პანქრომი	ინფრა	
ЖС — 16	0,06	470	—	—	—	ღია ყვითელი
ЖС — 18	0.06	510	1.8	1.6	1.5	მუქი ყვითელი
ОС — 12	0.06	550	3,0	2,0	2,0	ღია მეწამული
ОС — 14	0.07	580	5.7	2.8	2.0	მუქი მეწამული
КС — 14	0,08	640	—	4,6	5.0	წითელი

შავ-თეთრ ფოტომასალაზე აეროგადაღების შესრულებისას, როდესაც არ დგას ამოცანა გამოვყოთ სპექტრის განსაზღვრული უბანი,

შუქფილტრი გამოიყენება ატმოსფეროს ნისლოვანას გავლენის კომპენსაციისათვის.

შუქფილტრის და ფირის შერჩევით შეგვიძლია გამოსახულების კონტრასტი შევარბილოთ ან პირიქით, გავზარდოთ და ობიექტის ზოგიერთი დეტალის გამოსახულება უკეთ ამოვწიოთ. შუქფილტრები ყოველთვის არ იძლევიან სასურველ შედეგებს და მათი შერჩევის შემთხვევაში უნდა გავითვალისწინოთ ნისლოვანას სპექტრული ხასიათი. უკანასკნელ დროს, განსაკუთრებით თემატური დეშიფრირებისათვის, აეროსურათების ინფორმაციულობის გაზრდის მიზნით, გამოიყენება სპექტრის ცალკეულ, ვიწრო უბანში ერთდროული ფოტოგრაფირება, რასაც მრავალზონალურ გადაღებას უწოდებენ, რომლის განსაკუთრებულობაც განხილული იქნება ცალკე.

ფერადი ფოტომასალებით გადაღებისას იყენებენ ეგრეთ წოდებელ კონვერსიულ შუქფილტრებს, რომელსაც შემოსული შუქი გატარებისას მოჰყავს გადასაღები ფოტომასალების მოთხოვნილებათა შესაბამისად.

4.6. ბიროსტაბილიზატორი. რადიოსიმაღლმზომი და სტატოსკოპი

აეროფოტოგადაღების პროცესში აეროფოტოაპარატებთან ერთად სინქრონულად ჩართულია აგრეთვე გიროსტაბილიზატორი, რადიოსიმაღლმზომი, სტატოსკოპი და სხვა მაკონტროლებელი ხელსაწყოები.

გიროსტაბილიზატორის საშუალებით, აეროფოტოაპარატის ოპტიკური ღერძი მოგვყავს შვეულ მდგომარეობაში სპეციალური გიროსკოპებით, რომელთაც შეუძლიათ აეროფოტოაპარატის ოპტიკური ღერძის მიმართულებას შეუნარჩუნონ სივრცეში წინასწარ შერჩეული მიმართულება განურჩევლად იმისა, თუ როგორ დახრილობას მიიღებს თვითმფრინავი ფრენის დროს. ჩვენში გამოიყენება ორგიროშასიანი გიროსტაბილიზატორი Н — 55, რომლის დახმარებითაც სტაბილიზებას უკეთებენ იმ საყრდენ საფუძველს, რომელზეც დაკიდებულია აეროფოტოაპარატი.

აეროფოტოაპარატის ოპტიკური ღერძის შვეული მდგომარეობის სტაბილიზაციას საფუძვლად უდევს ორი გიროსკოპის მუშაობა. გიროსკოპები წუთში ბრუნავენ 20000-ჯერ და ამასთანავე ინარჩუნებენ თავიანთი ღერძების უცვლელ მდგომარეობას ერთ საყრდენ წერტილში. ერთი გიროსკოპი სამუშაოდ დამაგრებულია თვითმფრინავის გრძივი ღერძის მიმართულებით, ხოლო მეორე კი განივი მიმართულებით. თვითმფრინავის გადახრის შემთხვევაში გიროსკოპები აეროფოტოაპარატის ოპტიკურ ღერძს აკავებენ შვეულ მდგომარეობაში. ამგვარად აეროფოტოგადაღების პროცესში თითოეული აეროსურათის დახრილობა შვეულიდან 10 — 20' ფარგლებშია და ასეთი აეროსურათი

შეიძლება განვიხილოთ როგორც ჰორიზონტალური. რაც საგრძნობლად ამარტივებს აეროსურათების ფოტოგრამმეტრიულ დამუშავებას. მაგალითად, გამარტივდება ტოპოგრაფიული გეგმის კონტურული ნაწილის შედგენის პროცესი და სხვა.

რ ა დ ი ო ს ი მ ა ღ ლ მ ზ ო მ ი თ განსაზღვრავენ ფოტოგრაფირების სიმაღლეს, ე. ი. მანძილს თვითმფრინავიდან დედამიწის უახლოეს წერტილამდე. რადიოსიმაღლმზომის მოქმედება ემყარება ორ წერტილს შორის მანძილის ელექტრომაგნიტური ტალღების მოკლე იმპულსური სიგნალების გაზომვას, ე. ი. დროის იმ მცირე შუალედის გაზომვას, რომელსაც რადიოტალღა გაივლის თვითმფრინავიდან დედამიწამდე და უკანვე თვითმფრინავამდე, ანუ ფორმულის შესაბამისად:

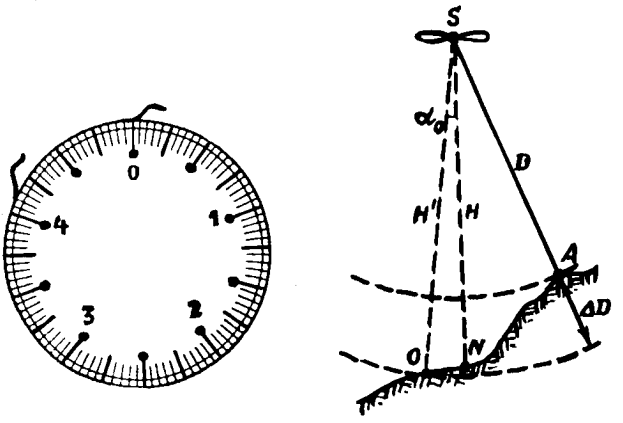
$$D = \frac{c \cdot t}{2}$$

სადაც D მანძილია თვითმფრინავიდან დედამიწის ზედაპირის უახლოეს წერტილამდე;

C — რადიოტალღის გავრცელების სიჩქარე, რომელიც ტოლია 299 792 კმ/წმ;

t — ზემოაღნიშნული დროის შუალედი.

რადიოსიმაღლმზომი შედგება: რადიოგადაცემისაგან, რადიომიმღებისაგან, მათი შესაბამისი ანტენებისაგან, ფოტომარეგისტრირებელისაგან და სხვა დამხმარე მოწყობილობებისაგან, რადიოგადამცემი (აეროფოტოგადაღების მომენტში აეროფოტოაპარატის ჩახმახის გაღებისთანავე) პერიოდულად გამოსცემს ანტენის დახმარებით დედამიწის მიმართულებით რადიოტალღის მოკლე იმპულსებს — სიგნალებს, რომელიც დედამიწის ზედაპირიდან არეკვლის შემდეგ მიიღებიან რადიომიმღებით. მიღებული სიგნალი გადაეცემა ინდიკატორის ეკრანზე. ინდიკატორის შიგნით საათის ისრის მოძრაობის მიმართულებით განუწყვეტლივ ბრუნავს ელექტრონული სხივი. იმპულსის გამოსხივების მომენტში ელექტრონული სხივი გადაიხრება რადიალური მიმართულებით და წარმოქმნის წამონაზარდს, რომელიც შეესაბამება სიგნალის გამოსხივების დასაწყისს. სიგნალის უკან დაბრუნების მომენტში ელექტრონულ შუქზე აირეკლება ისევ და წარმოიქმნება მეორე წამონაზარდი (ნახ. 4.6ა), რომელიც შეესაბამება არეკვლილი სხივის მიღებას. ინდიკატორის ეკრანის ფოტოგრაფირებას ახდენენ დამატებითი ფოტოაპარატით (ФЭД), რომელსაც ფოტორეგისტრატორს უწოდებენ. ინდიკატორის წრიულ შკალაზე, რომელიც გრადუირებულია სიგრძის ერთეულების მიხედვით, ანათვალს იღებენ რკალის საწყისი წამონაზარდიდან. ელექტრონული სხივის მთლიანი შემოვლება ინდიკატორზე შეესაბამება 500 მ ფრენის სიმაღლეს (ფოტოგრაფირების სიმაღლე მიახლოებით ყოველთვის ცნობილია ფრენის პასპორტიდან). ხელ-



ნახ. 4.6 ა) რადიოსიმაღლმზომის ინდიკატორი; ბ) რადიოსიგნალის არეკვლა;

საწყოს სკალა დაყოფილია 50 ნაწილად და თითოეული დანაყოფის საფასური შეესაბამება 5 მეტრს, მეათედი ნაწილი კი აითვლება თვალზომით. ჩვენს მაგალითში (ნახ. 4.6 ა) ანათვალია 410 მ. ვთქვათ, თვითმფრინავის ფრენის სიმაღლე დაახლოებით 2000 მეტრია, მაშინ ფოტოგრაფირების სიმაღლე გამოითვლება, როგორც ჯამი $3\times500+410=1910$ მ. რადიოსიმაღლმზომით ფოტოგრაფირების სიმაღლე ვაკე ადგილისათვის განისაზღვრება 1 — 2 მ საშუალო კვადრატული შეცდომით, მაგრამ თუ ადგილი რელიეფიანია, მაშინ უმოკლესი მანძილი შეიძლება სხვა იყოს. მაშინ, შესწორება $\triangle D$-ს მოძებნიან სტერეოფოტოგრამმეტრიული ხერხით და ფოტოგრაფირების სიმაღლე გამოითვლება ფორმულით:

$$H_ფ=D+\triangle D,$$

ხოლო სურათის დახრის შემთხვევაში

$$H_ფ=H^1\cos\alpha_0.$$

ამგვარად, განვსაზღვრავთ ფოტოგრაფირების სიმაღლეს და ამავე დროს თუ გვეცოდინება გადამღები კამერის f_k ფოკუსური მანძილი, შეგვიძლია განვსაზღვროთ აეროსურათის მასშტაბი ფორმულით:

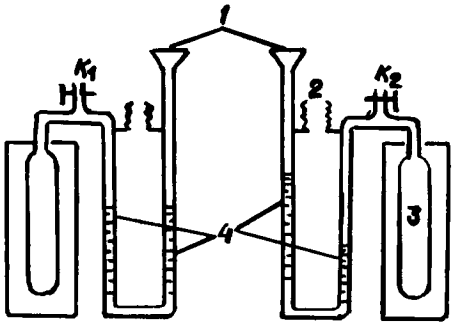
$$\frac{1}{m}=\frac{f_k}{H_ფ}, \qquad (4.8)$$

მიღებული მასშტაბი შეესაბამება გეგმური აეროსურათის ცენტრალურ ნაწილს, ხოლო მთლიან ფართობზე კი მასშტაბის მნიშვნელობა სხვადასხვაა. ჰორიზონტალური (ვაკე) ადგილისათვის კი გიროსტა-

ბილიზირებულ სურათზე მასშტაბი სურათის მთელ ფართობზე მუდმივი იქნება.

დღეისათვის აეროფოტოგადაღებისას სარგებლობენ ტოპოგრაფიული რადიოსიმაღლმზომებით РВТД — А და РВ — 18Ж. ამჟამად ექსპერიმენტულ გამოცდას გადის ლაზერული სიმაღლმზომი.

სტატოსკოპის საშუალებით საზღვრავენ სიმაღლეთა სხვაობას ფოტოგრაფირების მომენტებს შორის, იზობარული ზედაპირის მიმართ (პირობითი ზედაპირი, რომლის წერტილებში თანაბარი ატმოსფერული წნევაა). თუ ამ ზედაპირს ჩავთლით დონებრივი ზედაპირის პარალელურად, მაშინ შეგვიძლია განვსაზღვროთ ფოტოგრაფირების სიმაღლეთა სხვაობა, ფოტოგრაფირების ბაზისების და აეროფოტოსურათების დახრილობა, რასაც დიდი მნიშვნელობა ენიჭება აეროსურათების დამუშავების პროცესში.

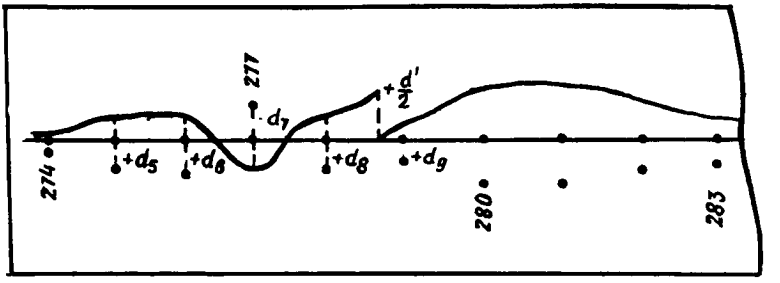


ნახ. 4.7 სტატოსკოპი.

სტატოსკოპის მუშაობა და მოწყობილობა ემყარება დ. ი. მენდელეევის დიფერენციალურ ბარომეტრ-სიმაღლმზომის პრინციპს, რაც მდგომარეობს იმაში, რომ სხვადასხვა სიმაღლეზე ატმოსფერული წნევა სხვადასხვაა. ჩვენში აეროფოტოგადაღებისას ძირითადად იყენებენ სითხიან სტატოსკოპს С — 51, რომელიც შედგება ორი ანალოგიური (1) — სითხიანი მანომეტრისა და (3) — ბალონის სისტემისაგან, სადაც უზრუნველყოფილია მუდმივი წნევა (ნახ. 4.7).

მანომეტრის მილაკებში ჩასხმულია სითხე (იზოამილური სპირტი), რომელიც დაყენებული იქნება ერთ დონეზე (ნახ. 4.7) თუ მარცხენა K_1 ონკანს გავაღებთ, ხოლო თუ მარჯვენა მანომეტრის მილაკის K_2 ონკანს ჩავკეტავთ და თვითმფრინავს ავიყვანთ ჰაერში, მარჯვენა მილაკის მუხლში სითხის დონე იქნება სხვადასხვა, რამდენადაც მანომენტრის მილაკის წნევა (1) ძაბრის მხრიდან უფრო დაბალი იქნება, ვიდრე მილაკის იმ მხრიდან, საიდანაც ბალონით მუდმივი წნევაა. სითხეთა დონის სხვადასხვაობა უჩვენებს ფრენის სიმაღლის ცვალებადობას. ამგვარად, თუ ერთ-ერთი ონკანი დაკეტილია ფოტოგრაფირების მუშასიმაღლეზე, მაშინ დონეთა სხვაობის ცვალებადობა შესატყვისი იქნება მეზობელ აეროფოტოსურათებს შორის ფოტოგრაფირების სიმაღლეების ცვალებადობასთან. როცა მილაკში სითხე აიწევს

(2) კონტაქტამდე, მოხდება გადართვა — გაიხსნება K_2 ონკანი და დაიკეტება K_1 ონკანი და ა. შ. სურათების ფოტოგრაფირების სიმაღლეთა სხვაობა ამგვარად დაფიქსირდება მარცხენა მანომეტრის მილაკზე სითხის დონეთა სხვაობით, რომელიც უწყვეტად ფოტოფირზე აისახება სპეციალური ფოტოკამერით — სტატოგრამით (ნახ. 4.8), მისი საშუალებით განისაზღვრება ფრენის სიმაღლის ცვალებადობა იზობარული წნევის ზედაპირისადმი. სტატოგრამაზე (ფოტოფირზე) მიიღება: პირ-



ნახ. 4.8 სტატოგრამა.

დაპირი, მრუდი ხაზები და წერტილები. 4.8 ნახ-ზე ნაჩვენებია აეროფოტოგადაღების დროს ჩაწერილი სტატოგრამა, რომელიც იწყება 274-ე სურათიდან და მთავრდება 283-ე სურათით, სადაც თითოეული სურათის ნომერს შეესაბამება სტატოსკოპის ჩვენებათა რეგისტრაცია. თუ ფოტოგრაფირების სიმაღლე იზრდება, მაშინ მონაკვეთებიც იზრდება და უწყვეტი მრუდი ხაზიც იწევა წერტილიდან ზემოთ, ხოლო თვითმფრინავის ფრენის სიმაღლის შემცირებისას კი — პირიქით. მაშინ, სტატოგრამაზე შეგვიძლია გავზომოთ $+d_5$; $+d_6$; $-d_7$ მმ-ობით და მივიღებთ წნევის შესაბამისი ცვალებადობის სხვაობებს.

$$\begin{aligned} \triangle d_{6-5} &= +d_6-(+d_5); \\ \triangle d_{7-6} &= -d_7-(+d_6); \end{aligned} \qquad (4.9)$$

თუ მაგალითად, როგორც 4.8 ნახ-ზე ჩანს 279 და 278 აეროსურათების გადაღებისას მოხდა ონკანების გადართვა, მაშინ წნევის ცვალებადობას გამოვითვლით ფორმულით:

$$\triangle d_{9-8} = +d_9+d'-(+d_8), \qquad (4.10)$$

4.8 ნახ-ზე ნაჩვენებია აგრეთვე ის შემთხვევაც, როცა სითხის დონე ორივე მილაკში ერთნაირი იყო, ე. ი. გამორთული მილაკის ჩვენება ფრენის დროს ნაჩვენებია უწყვეტი სწორი ხაზით, რომელზედაც შეთავსებულია წერტილები და წარმოადგენს ჩართული მილაკისთვის სიმეტრიის ღერძს. ამ ღერძის მიმართ მთლიანი და წერტილოვანი მრუ-

დები აფიქსირებენ სითხის დონებრივ სხვაობებს. სტატოსკოპის ჩვენებები, რომელიც დაფიქსირებულია სტატოგრამაზე, მილიმეტრობით შეიძლება გადავიყვანოთ ფოტოგრაფირებათა სიმაღლეთა სხვაობებში, რომელიც გამოისახება მეტრობით შემდეგი ფორმულით:

$$\triangle H = \triangle d.Q, \qquad (4.11)$$

სადაც Q გადასვლის კოეფიციენტია (ბარომეტრული საფეხურია)

$$Q = \frac{q}{V}\left[K_0(1 - \beta t_к) + \frac{B_н \omega}{2}\right]$$

რომელშიც $q = \frac{7991}{B_н}(1 - \alpha t_в)$ აქ

V — მაფიქსირებელი ფოტოკამერის გამადიდებლობაა;
K_0 — იზოამილური სპირტისა და ვერცხლისწყლის ხვედრითი წონის ფარდობა;
β — იზოამილური სპირტის მოცულობითი გაფართოების კოეფიციენტი;
$t_к$ — ტემპერატურა თვითმფრინავის კაბინაში;
$B_н$ — ბარომეტრული წნევა ფრენის სიმაღლეზე;
ω — სტატოსკოპის მუდმივა;
α — ჰაერის მოცულობითი გაფართოების კოეფიციენტი;
$t_в$ — ჰაერის ტემპერატურა.

ყველა ზემოთ მოცემული სიდიდეები ან ცნობილია წინასწარ, ან ადვილად გაიზომება. $B_н$ სიდიდეს კი მოვძებნით ჰიპსომეტრული ცხრილებით, შესაბამისი არგუმენტის გაზომვით.

ფოტოგრაფირების სიმაღლეთა სხვაობას გამოითვლიან დიდი სიზუსტით (1,5 მ) და გამოიყენება ფოტოტოპოგრაფიული აგეგმვების დროს. მაგალითად, თუ ვიცით მომიჯნე აეროსურათების ფოტოგრაფირებათა სიმაღლეთა სხვაობები და განსაზღვრულია თუნდაც ერთი აეროსურათის ფოტოგრაფირების აბსოლუტური სიმაღლე, ადვილად მივიღებთ მარშრუტის ყველა სურათის აბსოლუტურ ფოტოგრაფირების სიმაღლეებს.

4.7. აეროფირი

აეროფირი არის ცელულოიდის ბაბთა, რომელსაც ერთ მხარეს წასმული აქვს შუქმგრძნობიარე ემულსია. მას ამზადებენ 35 — 60 მ სიგრძისა და 19 ან 32 სმ სიგანის რულონის სახით და მოთავსებულია ლითონის ქილებში.

აეროფირი ძირითადად სამგვარია: შავ-თეთრი, ფერადი და სპექტროზონალური (ნატურალური ფერების დამახინჯებით).

აეროფირის ძირითად მახასიათებლად ითვლება: შუქმგრძნობიაროობა, გარჩევითობა, კონტრასტულობა, ფოტოგრაფიული განედობა, ფოტოგრაფიული ვუალი, გარჩევითობა და სპექტრული მგრძნობიაროობა.

აეროფირის მახასიათებლების განსაზღვრისათვის მიმართავენ სენსიტომეტრულ გამოცდას, ანუ მგრძნობიაროობის გაზომვას, რაც მდგომარეობს შემდეგში:

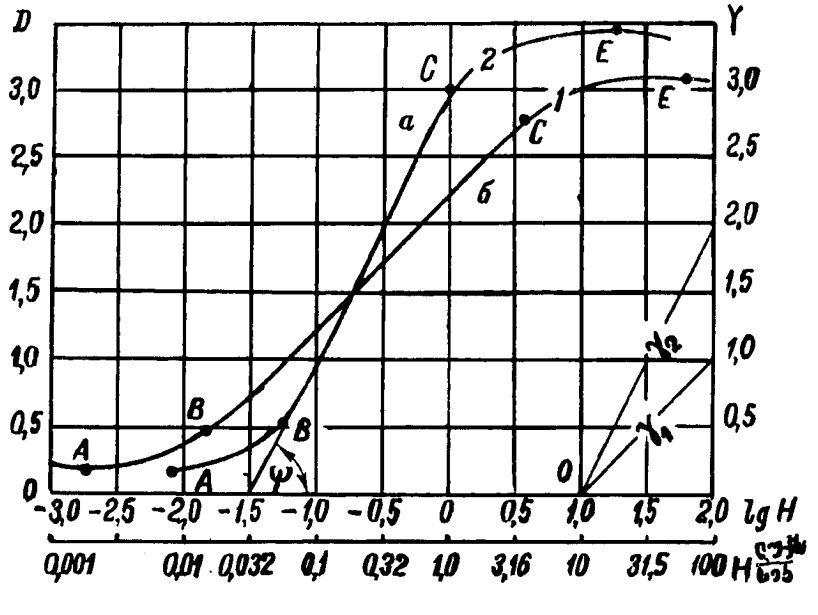
გამოსაცდელ ფირს ათავსებენ ხელსაწყოში — სენსიტომეტრში. სენსიტომეტრში მრავალსაფეხურიან ოპტიკურ სოლზე სხივგავლით ასხივებენ ფირის შუქმგრძნობიარე ფენას 1/20 წამის განმავლობაში. ოპტიკური სოლი წარმოადგენს 21 სხვადასხვა სიმკვრივის საფეხურისაგან შემდგარ ფირფიტას. თითოეული საფეხური სხვადასხვა ხარისხით ამცირებს ფირფიტის შუქგამტარობას და ფირის გამომჟღავნების შემდეგ შეიმჩნევა სხვადასხვა სიდიდით 21 გაშავებული ნაწილი, რასაც სენსიტოგრამას უწოდებენ.

სენსიტოგრამას ათავსებენ დენსიტომეტრში ოპტიკური სიმკვრივის გასაზომად და მიღებული მნიშვნელობით აგებენ გრაფიკს. აბსცისთა ღერძზე გადაზომავენ დასხივების რაოდენობის ლოგარითმს ანუ ექსპოზიციას $\lg H$, ხოლო ორდინატის ღერძზე ოპტიკური სიმკვრივის D სიდიდეს. ასეთნაირად დატანილ წერტილებს თუ შევაერთებთ მრუდი ხაზებით, მივიღებთ ეგრეთ წოდებულ მახასიათებელ (ნახ. 4.9) მრუდეებს. გრაფიკზე ნაჩვენებია სამი მკაფიოდ გამოსახული მრუდის ნაწილები. იმ ნაწილს, რომელიც შედგება AB მრუდისაგან, დაყოვნების არეს უწოდებენ და შეესაბამება ექსპოზიციის უმცირეს სიდიდეს. სწორ წრფეს, რომელიც მოიფარგლება BC მონაკვეთით, უწოდებენ ნორმალური ექსპოზიციის არეს. ამ არეში. უფრო სწორად და პროპორციულად მიმდინარეობს ობიექტის სხივთა სიკაშკაშის გადაცემა. მესამე მონაკვეთს, რომელიც შედგება CE მრუდისაგან, უწოდებენ გადაყოვნებას, ხოლო მონაკვეთს, რომელიც A წერტილის მარცხნივ მდებარეობს უწოდებენ D_0 ვუალის არეს.

ორდინატის ღერძზე მარჯვნივ მოცემულია ფოტოფენის γ კონტრასტის კოეფიციენტის სკალა. კონტრასტის კოეფიციენტი განისაზღვრება ფოტოფირის ექსპოზიციით გამოწვეული გაშავების ხარისხით და გამოითვლება BC მრუდის, სწორხაზოვანი მონაკვეთის აბსცისისადმი (ექსპოზიციის), ტანგესის დახრის კუთხით, ე. ი.

$$\gamma = \operatorname{tg}\Psi = \frac{Д_2 - Д_1}{\lg H_2 - \lg H_1}. \qquad (4.12)$$

გრაფიკის მიხედვით γ განისაზღვრება იმ სწორი ხაზით, რომელიც გავლებულია O წერტილიდან BC ხაზის პარალელურად γ ღერძის გადაკვეთამდე.



ნახ. 4.9 ფოტოფირის მახასიათებელი მრუდები: а - კონტრასტულის; б ნორმალურის.

კონტრასტის კოეფიციენტის მიხედვით არის ნორმალური კონტრასტი $\gamma = 1.1 \div 1.4$, რბილი კონტრასტი $\gamma \leqslant 1.0$ და უფრო ნაკლები; კონტრასტული $\gamma = 1.5 \div 1.9$ და განსაკუთრებულად კონტრასტი $\gamma \geqslant 2.0$ და უფრო მეტი. სატყეო საქმეში ძირითადად გამოიყენება აეროფირი, რომლის $\gamma = 1.6 \div 2.3$. ვუალის D_0 სიდიდე იზომება დენსიტომეტრით არაექსპონირებული ფირის სენსიტოგრამით და განსაზღვრავს ფოტოემულსიის ხარისხს. თუ ვუალი $0.2 \div 0.3$ მეტია ასეთი ფირი აეროფოტოგადაღებისათვის უვარგისია.

აეროფირის (ფოტომასალის) ერთ-ერთ ძირითად სენსიტომეტრულ მახასიათებლად ითვლება ფოტოგრაფიული განედი, რომელიც განსაზღვრავს ობიექტის სიკაშკაშის ინტერვალის სწორი აღქმის შესაძლებლობას ფოტოფირის (მასალების) ექსპონირების პირობების შეცვლისას. ფოტოგრაფიული განედი განისაზღვრება, როგორც ექსპოზიციის ინტერვალი, რომელიც შემოიზღუდება მახასიათებელი მრუდის (ნახ. 4.9) სწორხაზოვანი უბნის საწყისი და საბოლოო წერტილებით

$$L = \lg H_2 - \lg H_1' = \lg \frac{H_2}{H_1}. \qquad (4.13)$$

რაც დიდია ფოტოგრაფიული განედი, მით მეტია ობიექტის სი-

კაშკაშის აღქმის ინტერვალი მახასიათებელი მრუდის სწორი ხაზის უბანში. ფოტოგრაფირების განედი განსაზღვრავს კავშირს ფოტომასალების γ კონტრასტის კოეფიციენტსა და ოპტიკური სიმკვრივის ΔD ინტერვალს შორის $L=\Delta D/\gamma$. თუ ფოტოგრაფირების განედი ნაკლებია სიკაშკაშის ინტერვალზე, მაშინ დახანებაც შეიძლება განსაზღვრულ ზღვარში იცვლებოდეს ისე, რომ არ დაეცეს გამოსახულების ხარისხი სხვადასხვა სიკაშკაშის გადაცემის შემთხვევაში. დახანება A შეიძლება განვსაზღვროთ ფორმულით:

$$A=\frac{H_2}{H_1}\cdot\frac{B_{min}}{B_{max}}. \qquad (4.14)$$

დახანების A სიდიდე გვიჩვენებს დახანების ცვალებადობის დასაშვებს მოცემული ფოტოგანედობის შემთხვევაში სიკაშკაშის სხვადასხვა ინტერვალის დროს.

აეროფირის გარჩევითუნარიანობაში გულისხმობენ ფირის შუქმგრძნობიარე ფენის თვისებას — გადმოსცეს ერთმილიმეტრში მოთავსებული შტრიხების (წრფეთა) მაქსიმალური რაოდენობა. წვრილმარცვლოვან ფენას დიდი გარჩევითობის უნარი აქვს (დაახლოებით 100 — 150 შტრიხი და მეტი ერთ მილიმეტრში), მაგრამ საკმაოდ დაბალი მგრძნობიარობისაა, რის გამოც აეროფოტოგადაღებაში არ გამოიყენება. ექსპოზიციის გაზრდით ფირის გარჩევითობის უნარიც იზრდება, მაგრამ გარკვეული ზღვარის შემდეგ ისევ მცირდება. ნაკლები ან ჭარბი გამომჟღავნებაც ამცირებს ემულსიის გარჩევითობის უნარს. საერთოდ აეროფირისთვის გარჩევითობა არ უნდა იყოს 40 — 50 შტრიხზე ნაკლები ერთ მილიმეტრში, მაგრამ ფაქტობრივად მრავალი მიზეზის გამო, რომელიც წარმოიშობა აეროფოტოგადაღებისას გარჩევითობის უნარი ეცემა ცენტრში 15 შტრიხამდე და პერიფერიებში 6 შტრიხამდე ერთ მილიმეტრში. აეროფირის გარჩევითობის უნარი განისაზღვრება სპეციალური ხელსაწყოთი რეზოლვომეტრით (ГОИ). აეროფირზე, რომელსაც დიდი გარჩევითობის უნარი აქვს კარგად გამოისახება პატარა დეტალებიც კი. მაგალითად, ახალგაზრდა ხეების ვარჯი და სხვა. გარჩევითობის სიდიდე დამოკიდებულია მრავალ ფაქტორზე: შუქმგრძნობიარობაზე, ემულსიის მარცვლოვანობაზე, ექსპოზიციაზე, გამომჟღავნების პირობებზე და სხვა.

აეროფირის შუქმგრძნობიარობა განსაზღვრავს აეროკოსმოსური გადაღების შესრულებისას აუცილებელ დახანებას და გამოისახება ფორმულით:

$$S_D=K/H_{Dk}, \qquad (4.15)$$

სადაც H_{Dk} ექსპოზიციის დროა; K — პროპორციულობის კოეფიციენტი, რომელიც განსაზღვრავს შუქმგრძნობიარობის სიდიდეს. ამგვა-

რად. შუქმგრძნობიაროობა განისაზღვრება განათებულობის შებრუნებული რაოდენობის სიდიდით, რომელიც საჭიროა მოცემული ფოტოგრაფირების ეფექტისათვის. შავ-თეთრი ფოტომასალებისათვის, რომელიც გამოიყენება აეროკოსმოსური გადაღების მიზნებისათვის, ოპტიკურ სიმკვრივედ მიღებულია ისეთი სიმკვრივე, რომელიც 0,85-ჯერ აღემატება ვუალის ოპტიკურ სიმკვრივეს. ამ შემთხვევაში პროპორციულობის კოეფიციენტი 10-ის ტოლია. პრაქტიკულად შუქმგრძნობიაროობას განსაზღვრავენ გრაფიკულად. ფოტოგრაფიული ეფექტის განსაზღვრისათვის ოპტიკური სიმკვრივის D_0 მნიშვნელობას უმატებენ 0.85.

აეროფირის ფერთამგრძნობიაროობა ანუ სპექტრული მგრძნობიაროობა არის ემულსიის მგრძნობიაროობა სპექტრის გარკვეული უბნის მიმართ და მას გააჩნია უნარი გადმოსცეს გადასაღები ობიექტების ფერები გაშავების სხვადასხვა ხარისხით. ამას განსაზღვრავენ სხვადასხვა შუქფილტრების გამოყენებით. სპექტროგრაფებით, სენსიტომეტრიული გზით, ან ფერთა სკალის ფოტოგრაფირებით და ცხრილებით. ფართოდ იყენებენ აგრეთვე სპეციალურ ხელსაწყოს ИСП — 73 ტიპის სპექტროსენსიტომეტრს.

ჩვეულებრივი ფოტოფირი მგრძნობიარეა უფრო მეტად ლურჯისა და იისფერისადმი, ხოლო სხვა ფერებისადმი მგრძნობიაროობა თითქმის არ გააჩნია. იმისათვის, რომ მივიღოთ სხვადასხვა ხარისხით ფერების გადმოცემა საჭიროა მივმართოთ ფოტოემულსიის სენსიბილიზაციას.

სენსიბილიზაციის არსი მდგომარეობს იმაში, რომ ფოტოგრაფიულ ემულსიებში შეაქვს მღებავი ნივთიერებები (სენსიბილიზატორები), როგორც ბრომოვანი ვერცხლის მარცვლოვანი მღებავები. ფერებისა და სენსიბილიზატორთა თვისებების მიხედვით ემულსიებიც სპექტრის სხვადასხვა უბნის მიმართ შეიძენენ მგრძნობიაროობას.

სპექტრისადმი მგრძნობიაროობის მიხედვით სენსიბილიზებული ემულსიის მქონე შავ-თეთრი აეროფირი სამგვარია: პანქრომატული, ორთოქრომატული და ინფრაქრომატული.

ჩვენში ძირითადად გავრცელებულია პანქრომატული ტიპების აეროფირები: პანქრომის ტიპი 10 — 600 და 10 — 800, იზოპანქრომის ტიპი — 10, იზოპანქრომის ტიპები 17 და 20.

ასეთი აეროფოტოფირები ხასიათდება იმათაც, რომ მათი ემულსია შეიგრძნობს სპექტრის ხილული უბნის სხივებს და აკმაყოფილებს ფოტოგრაფიის ყველა მოთხოვნას (მწვანე სხივების მიმართ დაბალმგრძნობიაროობის გამო ზაფხულის პერიოდში ტყის შესწავლაში არ გამოდგება, რადგანაც ძნელდება აეროსურათებით ტყის კორომების გაშიფრვა).

ორთოქრომატული აეროფირის ტიპი РФ — 1, РФ — 2, РФ — 3, ყვითელი შუქფილტრების გამოყენებით ტყეების დეშიფრირებისთვის უკეთესია გაზაფხულ-ზაფხულის პერიოდისთვის, რადგანაც ასეთი ფირის მგრძნობიარობა მწვანე ფერებისადმი ორჯერ მეტია და ხელსაყრელ პირობებს ქმნის აეროსურათებით ტყის ფოთლოვანი ჯიშების გარჩევაში.

ინფრაქრომატული აეროფირი, ტიპი — И — 760, ხასიათდება მგრძნობიარობის ხილული და უხილავი (ინფრაწითელი) სფეროთი. ინფრაქრომატული აეროფირი წითელი შუქფილტრის გამოყენების შემთხვევაში მგრძნობიარეა წითელი და უხილავი სხივების მიმართ, რაც საშუალებას გვაძლევს გამოვიყენოთ მცენარეული საფარის, ნიადაგებისა და სატყეო დეშიფრირებისათვის. მწვანე მცენარეებს აქვს დიდი სიკაშკაშე ინფრაწითელი (უხილავი) სპექტრის უბანში და ამიტომ კონტრასტის გადიდებით ან შემცირებით შეიძლება მათი გამოყოფაც ტონის მიხედვით. მაგალითად, ფოთლოვანი ჯიშები მნიშვნელოვნად განსხვავდება წიწვოვანისაგან. გარდა ამისა, ატმოსფერული ნისლოვანას ან მცირედი მოღრუბლულობის და თვით წვიმიანი ამინდის დროსაც კი შეიძლება ვაწარმოოთ აეროფოტოგადაღება, რადგანაც ინფრაქრომატული ფირი ნაკლებად მგრძნობიარეა ასეთი პირობებისადმი.

აეროფოტოგადაღების დროს ფართოდ იყენებენ აგრეთვე, ფერად აეროფირს. ფერების შემგრძნობი თვალის სისტემა გვეხმარება აღვიქვათ ნებისმიერი ფერი სამი ძირითადი ფერის შერჩევით — ლურჯის (Л), მწვანის (З), და წითლის (К). ამ ფერების წყვილ-წყვილად შერევა გვაძლევს დამატებით ფერებს ცისფერს (Ц), ყვითელს (У), მეწამულს (ЗК); (Ц)=(Л)+(З); (У)=(З)+(К), (ЗК)=(Л)+(К). ხოლო სამივე ძირითადი ფერის შერევით კი მიიღება თეთრი (Т) ფერი, (З)+(Л)+(К)=(Т), დამატებითი (Ц), (У) და (ЗК) ფერები შეიძლება მივიღოთ თეთრი (Т) ფერიდან რომელიმე სპექტრის უბნის შთანთქმით (გამოკლებით): (У)=(Т)—(Л); (ЗК)=(Т)—(З); (Ц)=(т)—(К).

დამატებითი ფერების შუქფილტრებით თუ ვისარგებლებთ შეიძლება მივიღოთ ყველა ძირითადი ფერი: (ЗК)+(Ц)=(Л); (Ц)+(У)=(З); (У)+(ЗК)=(К).

დამატებითი ფერების მიღებას ძირითადი ფერების შეკრებით უწოდებენ ფერის ადიტიურ სინთეზს. ამიტომ ლურჯ, მწვანე და წითელ შუქფილტრებს უწოდებენ ადეტივურ შუქფილტრებს, ხოლო ძირითადი ფერების მიღებას დამატებითი ფერების შეკრებით (თეთრი ფერიდან სპექტრის ზოგიერთი უბნის გამოკლებით) უწოდებენ ფერების სუბტრაქციულ სინთეზს და ყვითელ, ცისფერ, მეწამულ შუქფილტრებს კი უწოდებენ სუბტრაქტიულ შუქფილტრებს.

ფერადი ნეგატიური ფირის გარდა არსებობს შექცევადი ფერადი

ფირი, რომლის გამომჟღავნების შემდეგ ვღებულობთ პოზიტიურ გამოსახულებას.

ფერადი აეროფირის ზედაპირი არ არის სენსიბილიზებული (შეუღებავია) და მგრძნობიარეა მხოლოდ ლურჯი და იისფერი სხივის სპექტრისადმი. ამ მგრძნობიარე ფენების ქვეშ მოთავსებულია პირველი ფენა, რომელიც შეღებილია ყვითელ ფერად და ასრულებს ყვითელ შუქფილტრის მოვალეობას, რათა არ გაუშვას ლურჯი სხივები. მეორე ფენა მგრძნობიარეა მწვანე და ყვითელი ფერებისადმი და უგრძნობია წითელი ფერისადმი. ქვედა, მესამე ფენა კი მგრძნობიარეა წითელი ფერისადმი.

ამრიგად, დედამიწის ზედაპირის ობიექტებიდან წამოსული სხივები, აღნიშნული წესის თანახმად, პირველ ფენაზე მოგვცემს საგნების ლურჯ, მეორე ფენაზე — მწვანე და მესამეზე — წითელ გამოსახულებას. მიღებული ფერადი ნეგატივიდან პოზიტივის დასამზადებლად სარგებლობენ ფერადი ფოტოქაღალდებით, რომელთა შუქმგრძნობიარე ფენების განლაგებაც ისეთივეა, როგორც აეროფირის. თუ ფერების ზუსტი გადმოცემა არ მოხდა, ეს მხოლოდ გამოწვეული იქნება იმით, რომ შეცდომა დაუშვეს ექსპოზიციის დროს, ატმოსფერული ნისლის განსაზღვრაში და პოზიტიური პროცესების ჩატარებისას, იგი დამოკიდებულია აგრეთვე თვით ფოტომასალების ხარისხზეც. ზოგიერთ შემთხვევაში ნაკლოვანება ნაწილობრივ შეიძლება გამოსწორდეს კორექციული შუქფილტრების სწორად რეგულირებით.

ადგილიდან წამოსული სხივები ფერადი ნეგატივის კადრზე თანაბრად არ ნაწილდება და კიდეებზე ცენტრთან შედარებით კლებულობს 75%-მდე. ამიტომაა, რომ თანამედროვე აეროფოტოაპარატებს ვერ იყენებენ ფერადი აეროფოტოგადაღებისთვის და იყენებენ მხოლოდ ვიწროკუთხიან, გრძელფოკუსურმანძილიან აპარატებს. ასეთი აპარატები კი მოითხოვენ ფრენის სიმაღლის ($H \leqslant 1500$ მ) ზრდას, რის გამოც შეუძლებელი ხდება ფერადი აეროფოტოგადაღების ხარისხიანი წარმოება, რადგანაც დიდ ზეგავლენას ახდენს ატმოსფერული ნისლი, რომელიც ლურჯი ვუალით გამოსახავს მთელ სურათს. ამიტომ საჭიროა აეროფოტოაპარატს გაუკეთდეს ლურჯი სხივის შთანმთქავი შუქფილტრი. ფერადი აეროფოტოგადაღებისას კი შუქფილტრების გამოყენება არ შეიძლება, ამიტომ ფოტოგრაფირება უნდა მოხდეს დედამიწის ზედაპირის მხოლოდ კარგი განათების შემთხვევაში, ე. ი. გაზაფხულზე ან შემოდგომაზე. აქვე უნდა აღინიშნოს, რომ ატმოსფერული ნისლოვანას გავლენა ნეგატივზე ჯერ კიდევ კარგად არ არის შესწავლილი, მაგრამ კოსმოსიდან „ზონდი — 7“, „ოპს“, „სალიუტი-3“, „სალიუტი — 4“, „სალიუტი — 5“-ით გადაღებული ფერადი სურათების გამოცდილება კი გვიჩვენებს ამ მეთოდის ფართო შესაძლებ-

ლობებს. კვლევით დადგენილია აგრეთვე, რომ ფერად სურათებს დიდი საინფორმაციო ტევადობის თვისებები აქვს და მნიშვნელოვნად ზრდის დეშიფრირების შესაძლებლობებს. ფერადი აეროფირებიდან ძირითადად გამოიყენება ЦН — 3 აეროფირი. აღნიშნულის გამო უფრო ფართო გამოყენება პოვა იმ ფერადმა აეროფირმა, რომელმაც სპექტროზონალური სახელწოდება (1943 წ) მიიღო და პირველად მოსკოვში დამუშავდა კინოფოტოინსტიტუტში (1957 წ.) უფროხი მეცნიერი მუშაკის ა. ნ. იორდანსკის მიერ. სპექტროზონალურ აეროფირს მრავალი უპირატესობა ახასიათებს ფერად (ნატურალურ) აეროსურათებთან შედარებით. ასეთი ფირი ადგილის ობიექტების ბუნებრივ ფირებს ფოტოგრაფირებისას გადმოსცემს ფერების დამახინჯებით. ლანდშაფტის ის ობიექტები, რომლებიც აირეკლება ინფრაწითელი (უხილავ) სხივების სპექტრის ზონაში გამოისახება მწვანე ფერით, ხოლო ობიექტის დეტალები, რომელნიც აირეკლებიან ხილული სხივების სპექტრულ ზონაში, მოგვცემს საგნების მეწამული ფერის გამოსახულებას, რაც აიხსნება საგნიდან წამოსული სხივების ინტენსივობით. ასეთი აეროფირი ისეთივე აგებულებისაა, როგორც სამფენოვანი — ფერადი, მხოლოდ იმ განსხვავებით, რომ მას აქვს ორი შუქმგრძნობიარე ფენა — პანქრომატული და ინფრაქრომატული, ე. ი. პირველზე მოქმედებს სპექტრის ხილული სხივები, მეორეზე კი ინფრაწითელი (უხილავი). რადგანაც სპექტროზონალურ აეროფირს აქვს მხოლოდ ორი ფერშემგრძნობი ფენა, ამიტომ მას არ შეუძლია ბუნებრივი ფერების ნატურალურ ფერებში გადმოცემა, რის გამო ზოგიერთი ობიექტი შეიძლება გამოისახოს ნატურალურ ფერებში, ზოგიერთი კი სრულიად სხვა ფერებში.

ძირითადად გამოიყენება შემდეგი ტიპის ნეგატიური სპექტროზონალური აეროფირები: СН — 2. СН — 5. СН — 23 და СН — 6М.

ტყეთმოწყობის სამუშაოებში ძირითადად იყენებენ სპექტროზონალურ აეროსურათებს, რადგანაც მასზედ უფრო ზუსტად შეიძლება სადეშიფრირო სამუშაოების ჩატარება. იგი ხეების ჯიშების მიხედვით გარჩევისა და ასაკის განსაზღვრის საშუალებასაც იძლევა, აგრეთვე კარგად გამოიყოფა თითქმის ყოველი ხის ვარჯი, რაც სანიმუშო ფართზე ხეთა რაოდენობის ზუსტი განსაზღვრის საშუალებას გვაძლევს.

სპექტროზონალური აეროფირის ფოტოლაბორატორიული დამუშავება ისეთივეა, როგორც ფერადი აეროფირის. აეროფირი გაშრობის შემდეგ განიცდის დეფორმირებას, ე. ი. ხაზოვანი სიდიდეების ცვალებადობას. დეფორმირება არათანაბარია, თუ იგი ერთი და იგივე აეროსურათზე ამ ღერძების მიმართ დეფორმაცია ცვალებადია, ან

საერთოდ ყველა მიმართულებით დეფორმაცია არ წარმოადგენს მუდმივ სიდიდეს.

დეფორმაციის შემცირების მიზნით ფირის გამრეცხ წყალს უმატებენ გლიცერინს და გაშრობის შემდეგ ინახავენ ჰერმეტულ ქილებში.

4.8. აეროფირის ტიპების შერჩევა ტყეების აეროგადაღებისათვის

სატყეო მიზნებისათვის განკუთვნილ აეროფოტოსურათებს მაღალ სახვით მოთხოვნილებას უყენებენ. აეროფოტოგადაღების პარამეტრი უნდა შეესაბამებოდეს გადასაღები რაიონის გეოგრაფიულ და ლანდშაფტის ოპტიკურ პირობებს. სატყეო დეშიფრირების მაღალ დონეზე ჩატარების მიზნით, საჭიროა აეროფირი შეირჩეს გადასაღები ობიექტის სპექტრული სიკაშკაშისა და ამ ობიექტების გავრცელებისა და ურთიერთშეხამების გათვალისწინებით. ტყეთმოწყობის ჩასატარებლად აეროფოტოგადაღებისათვის უმთავრესად იყენებენ ფერად სპექტროზონალურ СН — 6М და შავ-თეთრ იზოპანქრომულ აეროფირებს. ამ უკანასკნელს იყენებენ ადრე გაზაფხულისა და გვიან შემოდგომის პერიოდში გადაღებისას, აგრეთვე მაშინ, როდესაც ობიექტის ბუნებრივი და ოპტიკური პირობები ვერ უზრუნველყოფენ ხარისხოვან ფერად სპექტროზონალურ აეროსურათების მიღებას. იზოპანქრომატული და პანქრომატული ფირების ძირითადი ნაკლოვანება იმაში მდგომარეობს, რომ მათი ტყეთმოწყობაში გამოყენება ნაკლებად ეფექტურია და ზაფხულის პერიოდში ნაკლებკონტრასტულია კორომში ჯიშთა შემადგენლობის ასახვისათვის. სამაგიეროდ კარგად გამოისახება ტყით დაუფარავი საზღვრები და ფართობები, ტოპოგრაფიული სიტუაცია, სიმაღლეებში განსხვავებული მომიჯნე ტყეები. ისეთი ფართოდ გავრცელებული ჯიშები, როგორიცაა ფიჭვი და არყი დროის შეფარდების ერთნაირ პირობებში და ასაკში, ზაფხულში შავ-თეთრი პანრომატული ფირით გადაღებულ სურათზე ერთმანეთისაგან არ განირჩევიან და მათი ურთიერთგამოყოფა სურათზე მხოლოდ ადგილზე, ნატურაში თუ შეიძლება.

ინფრაქრომატული აეროფირი ხასიათდება ორი ლურჯი და ინფრაწითელი სპექტრის მიმართ შუქმგრძნობიაროობით. დეშიფრირების მიზნებისათვის უფრო საინტერესოა ინფრაწითელი სპექტრისადმი მგრძნობიაროობა, რამდენადაც მასში შეიმჩნევა ცალკეული მერქნიანი ჯიშების მნიშვნელოვანი განსხვავებები. თუ გადაღების დროს გამოვიყენებთ КС — 14 წითელ შუქფილტრს, მაშინ აეროსურათზე მერქნიანი ჯიშების ასახვის კონტრასტი გაძლიერდება (განსაკუთრებით ფოთლოვანი და წიწოვანი).

რაც შეეხება სამფენოვან ფერად აეროფირებს, რომლებსაც შეუძლია ბუნებრივი ობიექტების ნატურალურ ფერებში ასახვა, სატყეო აეროფოტოგადაღებაში ნაკლებად გამოიყენება, რადგანაც თანამედროვე აეროფოტოგადამღები აპარატურა და ფოტომასალები ვერ უზრუნველყოფენ გამოსახულების ყოველთვის ნატურალური ფერების და შეფერილობების აღდგენას, რის გამოც გამოსახულების ნატურასთან გაიგივება არ ხერხდება.

ტყეთმოწყობაში ფართოდ გამოიყენება სპექტროზონალური CH — 6M ფირი, რომელსაც მხოლოდ ფერების ორი ფენა აქვს, რის გამოც მას არ შეუძლია სურათზე აღიდგინოს ბუნებრივი ობიექტების გამოსახულება მთლიანად ნატურალურ ფერებში. ამიტომ ასეთ ფერად აეროსურათებზე ბუნებრივი ობიექტები გამოისახებიან როგორც ნატურალურ, ისე პირობით ფერებში. ამაშია სწორედ CH — 6 M ფირის უპირატესობა სხვა ყველა ტიპის აეროფირთან. 4.5 ცხრილში მოცემულია სპექტროზონალური აეროფირების დახასიათება.

ცხრილი 4.5

აეროფირის ტიპი	სენსიბილიზაციის უბანი			გამოსხივების ფერები	შუქფილტრი	ეფექტური შუქმგრძნობიერობა
	ზონა	ტალღის სიგრძე, ნმ				
CH — 2	ინფრაქრომატული	650	800	მწვანე	Ж 18	90
	პანქრომატული	510	680	მეწამული		
CH — 5	ინფრაქრომატული	650	800	მწვანე	Ж 18	150
	იზოქრომატული			მეწამული		
CH — 6M	ინფრაქრომატული	670	800	მწვანე	Ж 18	400
	პანქრომატული	510	680	მეწამული	Ж 14	200
	ინფრაქრომატული	650	800	ცისფერი		
CH — 23	პანქრომატული	580	680	მეწამული	Ж 18	200
	იზოქრომატული	500	600	ყვითელი		

როგორც ზემოთ აღვნიშნეთ, დღეისათვის დიდი შესაძლებლობა ისახება სატყეო საქმეში მრავალზონალური კოსმოსური ფოტოაპარატების МКФ — 6 და МКФ — 6М გამოყენებით, რომლებსაც შეუძლია ფოტოგრაფირება სპექტრის ექვს უბანში, დიაპაზონის 460 — 890 სმ სიგრძის ტალღებში. ფოტოაპარატის ოთხი არხით გადაღება მიმდინარეობს იზოპანქრომატულ შავ-თეთრ ფირზე, ხოლო დანარჩენი ორით კი ინფრაწითელი ფირით, გადაღების მაღალი სინქრონიზება უზრუნველყოფს ყველა კადრის ურთიერთშესაბამისობას. МКФ — 6 М-ით მიღებული სურათების დამუშავება მიმდინარეობს

„კარლ-ცეის-იენას“ წარმოებაში შექმნილ მრავალსპექტრულ პროექტორ МСП—4-ით. ივი წარმოადგენს რთულ ოპტიკურ ხელსაწყოს, რომელსაც შეუძლია მიღებული ფერადი გამოსახულება გაადიდოს 5-ჯერ. აგრეთვე გამოყენებული იქნეს ეკრანზე მიღებული გამოსახულება ვიზუალურად გაანალიზებისათვის.

4.9. აეროგადაღების ოპტიმალური ვადები

სატყეო საქმეში აეროფოტოგადაღებას აწარმოებენ წელიწადის გარკვეულ ვადებში. ეკონომიკურად მიზანშეწონილია, რომ გადაღება მოხდეს მცენარეთა ფენოფაზების ცვლასთან დაკავშირებით. დიდ ყურადღებას აქცევენ ლანდშაფტის სადღეღამისო სიკაშკაშის დინამიკას (რაც განპირობებულია მზის რადიაციის ინტენსიურობითა და სპექტრული შედგენილობით), ნიადაგებისა და მცენარეული საფარის ფიზიკურ თვისებებსა და ჩრდილის ზომების დინამიკას. ამ მიმართულებით დიდი სამუშაოებია ჩატარებული გ. სამოილოვიჩის და მოგვიანებით ნ. ხარინის მიერ, რომლებმაც შეადგინეს აეროფოტოგადაღების ოპტიმალური ვადების გეგმა სხვადასხვა ტიპის აეროფირებისათვის.

აეროფოტოგადაღება შეიძლება დავიწყოთ ფოთლოვანი ჯიშებისათვის ფოთლის გამოსვლის დროიდან და გავაგრძელოთ მასიურ ფოთოლცვენამდე.

კარგი სადეშიფრირო თვისებების მქონე სურათებს მივიღებთ მაშინ, თუ მერქნიანი ჯიშების ფოტოგრაფირებას შევასრულებთ წელიწადის იმ პერიოდში ან სპექტრის იმ ზონებში, რომელშიაც მათ სიკაშკაშეს უფრო დიდი განსხვავება აქვთ. ზაფხულში, როგორც უკვე ითქვა, დიდი სადეშიფრირო თვისებები აქვს სპექტროზონალურ ფერად აეროსურათებს. გაზაფხულის პერიოდში მერქნიანი ჯიშები ხასიათდებიან არეკვლის დიდი განსხვავებით 500—650 ნმ ინტერვალის ტალღების სიგრძით (მომწვანო-მოყვითალო და წითელი სხივის სპექტრი); შემოდგომით 600—700 ნმ ინტერვალით (მეწამული წითელი), ამიტომ უკეთეს აეროფირად შეიძლება ჩავთვალოთ: გაზაფხულზე — ორთოქრომატული, შემოდგომაზე — პანქრომატული. შუქფილტრების ЖС — 18-თან შეხამებით კი სპექტროზონალური აეროფირები. თუმცა, შემოდგომის სპექტროზონალური აეროსურათები დაბალი სადეშიფრირო თვისებებით ხასიათდებიან, შედარებით ზაფხულის აეროსურათებთან, რადგან ერთი და იგივე ჯიშის ხეები შემოდგომით ისეა აჭრელებული ფერებში, რომ ძნელდება მათი დეშიფრირება.

აეროსურათები, რომლებიც მიღებულია ფერადი სამფენოვანი ფირით შემოდგომისას, სადეშიფრირო თვისებების ხარისხით ბევრად სჯობნის პანქრომატულს, მაგრამ მათი ფოტოგრაფიული დამუშავების

სირთულისა და სიძვირის გამო პრაქტიკაში არ გამოიყენება. გაზაფხულზე ორთოქრომატული და პანქრომატული ფირებით აეროფოტოგადაღებას იწყებენ ხეების შეფოთვლიდან ორი კვირის შემდეგ და ამთავრებენ 15 — 20 დღეში. გაზაფხულისა და შემოდგომის ორთოქრომატული და პანქრომატული აეროსურათების სადეშიფრირო ხარისხი მნიშვნელოვნად მაღალია ვიდრე ზაფხულისა.

სპექტროზონალური აეროფირით გადაღებებს იწყებენ არყის ხის შეფოთვლიდან ერთი თვის შემდეგ და ამთავრებენ ფოთლების მასობრივი გაყვითლების დაწყებამდე.

ამრიგად, სატყეო დეშიფრირების მიზნებისათვის აეროფირის ძირითად ტიპად ითვლება ფერადი სპექტროზონალური, რადგანაც მხოლოდ ისინი შეიძლება გამოვიყენოთ მთელი აეროფოტოგადაღების პერიოდისათვის მაღალხარისხოვანი სადეშიფრირო სურათების მისაღებად.

ზოგიერთ შემთხვევაში ფერად სპექტროზონალურ აეროფოტოგადაღებას არავითარი უპირატესობა არა აქვს შავ-თეთრი აეროფირით მიღებულ სურათებთან — ფოთლოვანთა გავრცელების ზონაში, მათ შორის სუბტროპიკულ, ტროპიკულ და უდაბნოს ტყეებისათვის. იგივე შეიძლება ითქვას სამთო ტყეებზეც, რადგანაც რელიეფის განათება ფერდობის სხვადასხვა ექსპოზიციისას არათანაბარია. ამიტომაა რომ ფერადი გადაღებისას ერთი და იმავე სურათებზეც კი ერთნაირი ჯიშების შეფერილობა ერთგვაროვანი არ არის, რის გამოც მათი სადეშიფრირო ხარისხიც დაბალია.

4.10. ბეგმური აეროფოტოგადაღების დავალების გაანგარიშება

აეროფოტოგადაღების ორგანიზებისათვის საჭიროა წინასწარ შევისწავლოთ ობიექტი, განვსაზღვროთ სამუშაოს მოცულობა და საჭირო მასალები, შევადგინოთ საფრენოსნო სამუშაოების პროექტი, განვსაზღვროთ აეროფოტოგადაღების მასშტაბი, დაიდოს ხელშეკრულება სამოქალაქო საჰაერო ფლოტთან აეროფოტოგადაღების ჩასატარებლად ან თვითმფრინავის დასაქირავებლად და გაეწიოს აეროფოტომასალების მიღების ორგანიზაცია.

განსაკუთრებული ყურადღება უნდა მიექცეს საფრენოსნო აეროფოტოგადაღებითი სამუშაოების პროექტის შედგენას, რისთვისაც შეისწავლიან რაიონის ადგილობრივ თავისებურებებს: ფიზიკურ-გეოგრაფიულს, კლიმატურსა და მეტეოროლოგიურ პირობებს.

პროექტში ნაჩვენები უნდა იყოს აეროფოტოგადაღების დანიშნულება და მიზანი, აეროფოტოგადაღებითი სამუშაოების საფრენოსნო მარშრუტები, გადაღების ტექნიკური პირობები, აეროფოტოაპარატი,

ფოტოგრაფირების სიმაღლე, გრძივი და განივი გადაფარვის სიდიდეები, სამუშაოს შესრულების ვადები, აეროდრომის მდებარეობა.

აეროფოტოგადაღებისთვის ამზადებენ აგრეთვე საფრენოსნო და აეროგადაღების რუკებს, რომლებსაც იყენებენ მფრინავი და აეროფოტოგადამღები. ორიენტირებისათვის. რუკაზე ნაჩვენებია მარშრუტები და მათი საზღვრები შესაბამისი ორიენტირებით.

თუ გადასაღები უბნის საზღვრებად მიღებულია ტრაპეციის ჩარჩოები, მაშინ უმცირესი უბნის ზომებად მიიღებენ 4.6 ცხრილში მოყვანილ სიდიდეებს.

მთიანი ან მთაგორიანი ადგილისათვის გადასაღებ უბნებს შეარჩევენ ისეთნაირად, რომ სიმაღლეთა სხვაობა წერტილებს შორის ერთი უბნის ფარგლებში იყოს უმცირესი. რუკაზე მოძებნიან ყველაზე მაღალ

ცხრილი 4.6

აეროფოტოგადაღების მასშტაბი	უმცირესი უბნის ზომები	მარშრუტის სიგრძე კმ.
1:60000 ÷ 1:100000	1:100000 მასშტაბის ორი ტრაპეცია (მარშრუტების მიმართულებით)	65
1:35000 ÷ 1:60000	1:100000 მასშტაბის ერთი ტრაპეცია	32
1:14000 ÷ 1:48000	1:50000 მასშტაბის ერთი ტრაპეცია	16
1:12000 ÷ 1:20000	1:25000 მასშტაბის ერთი ტრაპეცია	8
1:10000 ÷ 1:5000	1:10000 მასშტაბის ერთი ტრაპეცია	4
1:2000 ÷ 1:4000	1:10000 მასშტაბის ერთი ტრაპეცია	4

A_{max} და ყველაზე დაბალ A_{min} ნიშნულებს გადასაღებ უბანზე და გამოითვლიან საშუალო სიბრტყის სიმაღლეს:

$$A_{\text{საშ}} = \frac{A_{max} + A_{min}}{2} \qquad (4.16)$$

მოძებნიან ამ საშუალო სიბრტყის მიმართ მაქსიმალურ $h_{max.}$ ამაღლებას:

$$\pm h_{max.} = \frac{A_{max.} - A_{min.}}{2} \qquad (4.17)$$

განსაზღვრავენ ფრენის სიმაღლეს საშუალო სიბრტყისადმი ფორმულით (4.18), რომელიც ფოტოგრაფირების სიმაღლეა ამ უბნისთვის და წარმოადგენს მანძილს აეროფოტოაპარატის ობიექტივის ცენტრიდან ადგილის ზედაპირამდე:

$$H_{ფ} = f_k m, \qquad (4.18)$$

სადაც f_k აეროფოტოაპარატის ფოკუსური მანძილია;

m — ფოტოგრაფირების (აეროსურათის) მასშტაბის მნიშვნელი. შემდეგ განსაზღვრავენ ფოტოგრაფირების აბსოლუტურ სიმაღლეს ზღვის დონიდან:

$$H_{აბს}=H_{ფ}+A_{საშ.} \qquad (4.19)$$

და ფრენის სიმაღლეს აეროდრომის მიმართ:

$$H_{ა}=H_{აბს.}-H_{a}, \qquad (4.20$$

სადაც H_a აეროდრომის ალტიტუდაა.

გრძივი და განივი გადაფარვებისთვის სარგებლობენ იმ სიდიდეებით, რომელიც ნაჩვენებია 4.7 და 4.8 ცხრილებში და გამოთვლილია ემპირიული ფორმულებით.

ცხრილი 4.7

P — გრძივი გადაფარვა, %-ობით	
გაანგარიშებით	დასაშვები
$62+38\frac{h}{H_{ფ}}$	56
$80+20\frac{h}{H_{ფ}}$	78
$90+10\frac{h}{H_{ფ}}$	89

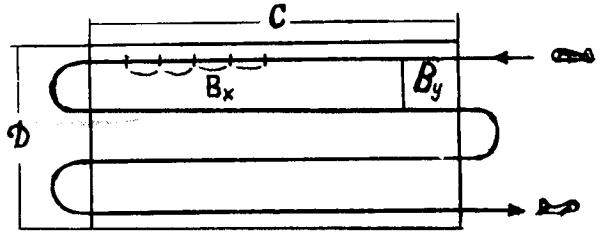
ცხრილი 4.8

q — განივი გადაფარვა, %		
ფოტოგრაფირების მასშტაბი	გაანგარიშებით	დასაშვებია
1:10000 — 1:24000	$34+66\frac{h}{H_{ფ}}$	20
1:25000 — 1:34000	$32+68\frac{h}{H_{ფ}}$	
1:35000 და წვრილი	$30+70\frac{h}{H_{ფ}}$	

4.7 ცხრილიდან ჩანს, რომ რელიეფის (h) ზრდასთან ერთად იზრდება გრძივი (60, 80 ან 90 %) გადაფარვებიც, ხოლო 4.8 ცხრილიდან კი გამოდის, რომ მოცემული განივი გადაფარვები დამოკიდებულია აეროფოტოგადაღების მასშტაბზე.

თუ გადასაღები უბნის სიგრძეს აღვნიშნავთ C (კმ) და სიგანეს D (კმ) (ნახ. 4.10), მაშინ გადასაღები უბნის ფართობი იქნება:

$$S=C\cdot D \qquad (4.21)$$



ნახ. 4.10. აეროფოტოგადაღების მარშრუტების სქემა.

ასეთი ფართობისათვის პირველ რიგში განსაზღვრავენ მარშრუტების რაოდენობას ფორმულით:

$$K=\frac{D}{B_y}+1, \qquad (4.22)$$

სადაც By მარშრუტებს შორის მანძილია ადგილზე (ერთ მარშრუტს დამატებით უმატებენ გადასაღები უბნის ჩრდილო და სამხრეთი საზღვრების უზრუნველსაყოფად).

B_y გამოითვლება ფორმულით:

$$B_y=b_y\cdot m \qquad (4.23)$$

b_y მანძილია მეზობელ მარშრუტებს შორის აეროფოტოგადაღების მასშტაბში და მიიღება ფორმულით:

$$b_y=\frac{l_y}{100}(100-q\ \%) \qquad (4.24)$$

ფორმულაში l_y აეროსურათის სიგანეა ფრენის მიმართულების მიმართ სმ-ობით.

ამგვარად, გადასაღები უბნის ფოტოგრაფირების მარშრუტების რაოდენობა იქნება:

$$K=\frac{D\cdot 10^7}{l_y(100-q\%)m}+1. \qquad (4.25)$$

ვინაიდან გადასაღები უბნის სიგრძე ტოლია C(კმ) და ტოლია ერთი მარშრუტის სიგრძის, მაშინ სურათების n რაოდენობა ერთ მარშრუტში განისაზღვრება ფორმულით:

$$n=\frac{C}{B_x}+3, \qquad (4.26)$$

სადაც B_x ფოტოგრაფირების ბაზისია ადგილზე და წარმოადგენს მანძილს პროექციის ცენტრებს შორის (საზღვრების უზრუნველსაყოფად დამატებულია სამი აეროსურათი).

$$B_x=b_x\cdot m \qquad (4.27)$$

b_x ფოტოგრაფირების ბაზისია სურათის მასშტაბში და წარმოადგენს მანძილს სურათის მთავარი წერტილიდან მომიჯნე აეროსურათის მთავარ წერტილამდე ამავე აეროსურათზე

$$b_x=\frac{l_x}{100}(100-P\%) \qquad (4.28)$$

l_x სურათის სიგრძეა ფრენის მიმართულებით სმ-ობით. ამგვარად, აეროსურათების რაოდენობა ერთ მარშრუტში იქნება:

$$n=\frac{C\cdot 10^7}{l_x(100-P\%)m}+3, \qquad (4.29)$$

მაშინ აეროსურათების რაოდენობა მთლიანი უბნისთვის გამოითვლება:

$$N=k\cdot n. \qquad (4.30)$$

აეროსურათის მთლიანი რაოდენობა შეიძლება განისაზღვროს სხვა გზითაც:

$$N=\frac{S}{s} \qquad (4.31)$$

სადაც S გადასაღები უბნის ფართობია და განისაზღვრება ფორმულა (4.21)-ით. s აეროსურათის სასარგებლო ფართია და მოიძებნება ფორმულით:

$$s=B_x\cdot B_y=b_x\cdot b_y\cdot m^2. \qquad (4.32)$$

განსაზღვრავენ საჭირო აეროფირის l_s სიგრძეს (იმ მოსაზრებით, რომ კადრებს შორის ინტერვალი 1 სმ ტოლია) მაშინ

$$l_s=(l_x+1)N. \qquad (4.33)$$

აქ საჭიროა გავითვალისწინოთ აგრეთვე სასინჯი ფოტოგადაღებებიც და ფირის თავსა და ბოლოში დარჩენილი არაექსპონირებული ფირის ნაწილის სიგრძეც.

შემდეგ გამოითვლიან ექსპოზიციებს შორის ინტერვალს (t დროს) ისე, რომ უზრუნველყონ გრძივი გადაფარვა.

$$t=\frac{B_x}{W} \qquad (4.34)$$

სადაც W თვითმფრინავის ფრენის სიჩქარეა მ/სეკ.

აეროგადაღებისას გამოსახულების ხარისხიანი მიღებისათვის დიდი მნიშვნელობა აქვს ექსპოზიციას (ექსპოზიცია დროის ის მონაკვეთია, რომლის განმავლობაშიც, აეროფოტოაპარატის ობიექტივის საკეტი ღიაა ფოტოგრაფირებისათვის. ექსპოზიციის ხანგრძლივობა თანამედროვე აეროფოტოაპარატებში გრძელდება 1/10 — 1/1000 სეკუნდამდე), ვინაიდან აეროგადაღება წარმოებს მოძრავი (მფრინავი) აპარატებიდან. არსებული ინსტრუქციების თანახმად ექსპოზიციის დრო ისე უნდა იქნეს შერჩეული, რომ ფირზე ასახული წერტილების გადაადგილება (დამახინჯება) ექსპოზიციის გავლენით არ უნდა აღემატებოდეს $б\leqslant 0{,}1$ მმ. ექსპოზიცია $\Theta_{\text{დპ}}$ განისაზღვრება ფორმულით:

$$\Theta_{\text{დპ}}=\frac{б_{\text{м}}}{W} \qquad (4.35)$$

არშრუტების გასატარებლად საჭირო T_s დროს ითვლიან ფორმულით:

$$T_s = \frac{Ls}{W} \qquad (4.36)$$

სადაც L_s ყველა მარშრუტის სიგრძეთა ჯამია და გამოითვლება ფორმულით:

$$L_s = K(C + 3B_s). \qquad (4.37)$$

გარდა ამისა, გამოთვლილ დროს უმატებენ დროს აეროდრომიდან ობიექტამდე მისასვლელად და უკან დასაბრუნებლად, აგრეთვე მარშრუტზე თვითმფრინავის გაყვანისას.

საწვავისა და საზეთი მასალის აუცილებელ რაოდენობას საზღვრავენ არსებული საწარმოო ნორმატივებით, რაც გათვალისწინებულია შერჩეული თვითმფრინავისათვის.

აეროგადაღებას აწარმოებენ კარგ ატმოსფერულ პირობებში უღრუბლო დღეებში, როდესაც აეროლანდშაფტს მზე უკეთესად ანათებს. პირველი მარშრუტის გატარებისას აღნიშნავენ რიგ ორიენტირებს, რომლებზედაც მან უნდა გაიაროს მომდევნო მარშრუტის გატარებისას, იმისათვის, რომ უზრუნველყონ მარშრუტების პარალელობა. პირველი ორი მარშრუტის გატარება წარმოებს დიდი ყურადღებით და სიზუსტით, რომ საბოლოოდ დადგინდეს კურსის მიმართულება და ექსპოზიციებს შორის ინტერვალი.

მფრინავების გარდა ეკიპაჟის შემადგენლობაში შედიან აგრეთვე შტურმანი და ოპერატორი. შტურმანი უზრუნველყოფს თვითმფრინავის გაძღოლას (მართვას), ხოლო ოპერატორი კი აეროფოტოაპარატის მუშაობას. ხშირად ამ ოპერაციებს ერთი შტურმანი-ოპერატორი ასრულებს.

ორ სხვადასხვა მასშტაბში აეროფოტოგადაღებისას უმჯობესია თვითმფრინავში დამაგრდეს ორი სხვადასხვა ფოკუსურმანძილიანი აეროფოტოაპარატი (ერთი გრძელფოკუსურმანძილიანი კადრის ფორმატით 30×30 სმ და მეორე ორჯერ ნაკლები f_k და 18×18 სმ კადრის ფორმატით). ასეთი გადაღება მიზანშეწონილია დეშიფრირებისთვის და ეგმების შესადგენად.

გადასაღები სამუშაოების დამთავრებისას აეროდრომზე დაბრუნებული თვითმფრინავიდან ექსპონირებული აეროფირის კოსეტებს აბარებენ ფოტოლაბორატორიას.

4.11. აეროფოტოგადაღების დროს აეროფოტოალჭურვილობაზე მუშაობის თანამიმდევრობა

აეროფოტოგადამღები ხელსაწყოების კომპლექსის თვითმფრინავში დალაგებისა და შემოწმების შემდეგ, ბორტოპერატორი ყოველდღე გაფრენის წინ აკონტროლებს მათ მუშაობას., ოპერატორის მუშაობა პირობითად იყოფა ოთხ ნაწილად: 1. წინასწარი მომზადება: 2. გაფრენისწინა მომზადება; 3. მუშაობა ჰაერში; 4. ფრენის შემდეგ დათვალიერება.

განვიხილოთ ბორტოპერატორის მიერ შესრულებული სამუშაოების თანამიმდევრობის ოპერაცია მათი თეორიული დასაბუთების გარეშე.

წინასწარი მომზადება ექსპედიციის (პარტიის) ბაზაზე:

1. აეროფოტოდანადგარის დამაგრების, მისი ამორტიზაციისა და სანიველირო ხრახნების ზღვართა შემოწმება;

2. აეროფოტოაპარატის კამერის დაყენება და მისი შემოწმება, სხვადასხვა კუთხით დაყენებისთვის ბრუნვის შესაძლებლობანი;

3. თვითმფრინავის დეტალების მიმართ ᲐᲤᲐ-ს კამერის მდებარეობისა და დამატების შემოწმება.

4. აეროფოტოაპარატის კამერის ნაწილში კასეტების დამაგრების სიმკვრივის შემოწმება;

5. სტატოსკოპის, რადიოსიმაღლემზომისა და მათი ფოტომარეგისტრირებელთა დამაგრების შემოწმება;

6. გამოირთოს ყველა აღჭურვილობა და შესრულდეს რამოდენიმე სასინჯი გადაღება;

7. შემოწმდეს სტატოსკოპის მანომეტრული მილაკების სითხით შევსება და მუშაობა;

8. შემოწმდეს კასეტების დატენვის საბორტო ბნელი კაბინის მდგომარეობა, კასეტები დაიტენოს ფოტოფირითა და დაეწყოს კაბინაში თავის ადგილზე.

გაფრენისწინა მომზადება

1. მოიხსნას გამოყენებითი ჩარჩოსა და ბლენდას სახურავი. შემოწმდეს მთელი ოპტიკური სისტემისა და ფირის გამასწორებელი მინის მდგომარეობა ვიზუალურად.

2. შემოწმდეს აეროფოტოაპარატის ჩახმახის მუშაობა გაშუქებაზე და მარეგისტრირებელი ხელსაწყოების განათებულობა.

3. ᲐᲤᲐ-ში ჩაიდოს კასეტა, მიუერთდეს საჰაერო შლანგი და შე-

მოწმდეს მისი მუშაობა კომპოსტერის ღილაკიდან ან საკომანდო მოწყობილობიდან. გირომოწყობილობის ავტობალანსირის ტვირთი გადაყვანილ იქნეს საწყის მდგომარეობაში.

4. ჩაიდოს კასეტები სტატოსკოპისა და რადიოსიმაღლმზომის ფოტორეგისტრირებებში და შემოწმდეს მათი მუშაობა საბორტო ქსელიდან.

5. საკომანდო მოწყობილობაზე დაინიშნოს ფოტოგრაფირების ინტერვალი 10 სეკუნდი და შემოწმდეს მთელი აღჭურვილობა საკონტროლო ხელსაწყოებზე თვალყურის დევნებით.

6. დაიქოქოს საათი და დაინიშნოს დრო ბორტსაათის მიხედვით. მრიცხველზე დაინიშნოს ანათვალი „00".

7. სიმაღლმზომზე ისარი გაჩერდეს ანათვალზე, რომელიც აეროდრომის დონის წნევის ტოლია და ჩაიწეროს ჰაერის ტემპერატურა.

8. შემოწმდეს ფოტოლუკის მუშაობა. გაფრენის წინ გიროდანადგარი დაყენებული უნდა იქნეს ხელით გამჩერებელზე.

მ უ შ ა ო ბ ა ჰ ა ე რ შ ი

1. აეროფოტოგადაღებათა სანავიგაციო გაზომვების შესრულების შემდეგ ჩაირთოს რადიოსიმაღლმზომი (სასურველია 30 წთ ადრე), წინასწარ მორეგულირდეს მისი შლილი. გადაღების დაწყებამდე 5 — 10 წუთით ადრე ჩაირთოს გიროდანადგარი და სტატოსკოპი.

2. პირველი მარშრუტის შესვლის ორიენტირზე საკომანდო მოწყობილობაზე დავაყენოთ საჭირო ინტერვალი, დახანების დრო, შეიბრუნდეს АФА მოცურვის კუთხეზე და გაკეთდეს ფოტოლაბორატორიისთვის 2 — 3 სურათი. ჩაწერილი იქნეს მრიცხველიდან ჩამოუკრელი მაჩვენებელი.

3. გავხსნათ ფოტოლუკი და შტურმანის განკარგულებით ჩავრთოთ АФА.

4. მარშრუტზე ფრენის დროს თვალყური ვადევნოთ მთელი კომპლექსის მუშაობას. საბორტო სამზერით პერიოდულად ვაწარმოოთ ფოტოგრაფირების საჭევარი, (შტურვალი). ჩავინიშნოთ ტემპერატურა ვითმფრინავის სალონისა და მის გარეთ.

5. მარშრუტზე გადაღების დამთავრების შემდეგ გამოვრთოთ АФА, ოლო სტატოსკოპი და სიმაღლმზომი ამ დროს არ გამოირთოს. გიროდანადგარი გადავრთოთ მაღალი სიჩქარის კორექციის რეჟიმზე.

6. მომიჯნე მორიგი მარშრუტები გამოვყოთ 2 — 3 კადრით კასეტის უქმი გადახვევით. იგივე გაკეთდეს სტატოსკოპისა და რადიოსიმაღლმზომის კასეტისთვისაც.

7. მეორე მარშრუტზე შესვლამდე დავაყენოთ АФА-ზე მოცურების კუთხე და მორიგი ფოტოგრაფირების ინტერვალი, ხოლო გიროდა-

ნადგარი გადავიყვანოთ მორიგ „საჩერზე“ და შესაბამისი „კომანდით“ ჩავრთოთ ᲐᲤᲐ.

8. აეროგადაღების ყველა მარშრუტზე მუშაობის თანამიმდევრობა გავიმეოროთ. ბოლო მარშრუტის გადაღების შემდეგ მარშრუტის სურათებით გამოყოფის მერე გავაკეთოთ რამოდენიმე გადაღება ფოტოლაბორატორიისთვის და გამოვრთოთ ᲐᲤᲐ და გიროდანადგარი. სტატოსკოპი გამოირთვება 2 — 3 წუთის შემდეგ, ხოლო რადიოსიმაღლმზომი — ორი უქმი ციკლის შემდეგ.

9. დავხუროთ ფოტოლუკი და გიროდანადგარი დავაყენოთ ხელის „საჩერის“ მდგომარეობაზე. გამოვრთოთ საბორტო ქსელი.

დათვალიერება ფრენის შემდეგ

1. ჩავიწეროთ მრიცხველთა ჩვენებები საკომანდო მოწყობილობის, ᲐᲤᲐ-ს და კასეტის.

2. ბნელ კაბინაში მოვხსნათ და დავცალოთ ᲐᲤᲐ-ს და ფოტომარეგისტრირებელთა კასეტები.

3. დავაყენოთ მაქსიმალურ დაყოვნებაზე გამოყენებითი ჩარჩოს სახურავი და ბლენდა.

4. აეროფოტოაღჭურვილობა დავაჩალითოთ.

4.12. ᲡᲐᲕᲔᲚᲔ ᲤᲝᲢᲝᲚᲐᲑᲝᲠᲐᲢᲝᲠᲘᲣᲚᲘ ᲓᲐ ᲤᲝᲢᲝᲒᲠᲐᲛᲛᲔᲢᲠᲘᲣᲚᲘ ᲡᲐᲛᲣᲨᲐᲝᲔᲑᲘ

აეროფოტოგადაღებითი მასალების საველე დამუშავებაში იგულისხმება ფოტოლაბორატორიული და ფოტოგრამმეტრიული სამუშაოები.

ფოტოლაბორატორიული სამუშაოები შედგება ნეგატიური და პოზიტიური პროცესებისაგან.

ნეგატიური პროცესები შედგება ექსპონირებული აეროფირის გამომჟღავნებისაგან, გამოსახულების ფიქსირებისაგან (დამაგრებისაგან) და გარეცხვისაგან.

გამომჟღავნების პროცესის ქიმიური თვალსაზრისი მდგომარეობს იმაში, რომ შუქმგრძნობიარე ფირის იმ ნაწილში, სადაც იმოქმედა შუქმა, აღდგენილი იქნას ჰალოიდური ვერცხლი ლითონისებურ მდგომარეობამდე. გამომჟღავნების შემდეგ აეროფირს რეცხავენ სუფთა წყალში და გამოსახულებას უკეთებენ ფიქსირებას. ფიქსირების არსი მდგომარეობს იმაში, რომ დარჩენილი ჰალოიდური ვერცხლი გაიხსნას თიოსულფატის ნატრიუმით, რომელსაც ფიქსაჟი შეიცავს. თანაც ამ დროს ფოტოგრაფიული გამოსახულება, რომელიც შედგება ლითონისებური ვერცხლისაგან, არ შეიცვლება. ამასთანავე ემულსია შუქისადმი უგრძნობი გახდება და გამოსახულებაც ფირზე დამაგრდე-

ბა. 10 — 15 წუთის ფიქსირების შემდეგ ფირისგან ფიქსაჟის ჩამოსაცილებლად საჭიროა აეროფირი კარგად გაირეცხოს მრავალჯერ, სუფთა წყალში, რადგანაც ცუდად გარეცხილი ფირი დარჩენილი ფიქსაჟის ხსნარით ყვითლდება.

შავ-თეთრი ექსპონირებული ფირის დასამუშავებლად იყენებენ სპეციალურ ავტომატურ გამოსამჟღავნებელ ხელსაწყოებს (АПП — 85), რომლებიც დამზადებულია უჟანგავი ფოლადისაგან, ხოლო გამომჟღავნებლად კი იყენებენ პროფ. ჩიბისოვის სტანდარტულ ხსნარს, რომელიც შემდეგი შემადგენლობისაა:

მეთოლი	1 გ
უწყლო ნატრიუმის სულფატი	26 გ
ჰიდრო ქინონი	5 გ
უწყლო სოდა	20 გ
ბრომოვანი კალიუმი	1 გ
წყალი	1 ლ

20°-იან გამამჟღავნებელ ხსნარში გამომჟღავნება გრძელდება 6 — 8 წუთს. აეროფირის ფიქსირებისათვის იყენებენ შემდეგ რეცეპტს:

ცხელი წყალი (60 — 70°C-მდე)	500 მლ
კრისტალური ნატრიუმის თიოსულფატი	200 გ
კალიუმის მეტაბისულფიდი	20 გ
ცივი წყალი	1 ლ

ამგვარად, ხსნარში ფიქსირების ხანგრძლივობა მიმდინარეობს 5 — 10 წუთი. უფრო სწრაფი ფიქსირების ხსნარის მისაღებად საჭიროა ერთ ლიტრ ხსნარს დაემატოს 25 — 40 გ ამონიუმისქლორიდი. როგორც ადრე იყო აღნიშნული, იმისათვის, რომ ნაკლები დეფორმაცია ჰქონდეს გამრეცხ წყალს, საჭიროა დაემატოს 4 — 6 % გლიცერინი.

გამომჟღავნებულ ნეგატივებს აშრობენ საშრობ აპარატზე სპეციალურ ოთახში. რადგანაც გამომჟღავნების პროცესის კონტროლი ვიზუალურად მიმდინარეობს, ამიტომ შეიძლება მივიღოთ ნორმალური, მცირე და ჭარბი ექსპოზიციის ნეგატივები. ნორმალური ექსპოზიციის ნეგატივს აქვს საშუალო სიმკვრივე და კონტრასტობა, კარგად დამუშავებული დეტალები და მცირე ვუალი. ნეგატივების სიშავე შეიძლება შესუსტდეს ხსნარით, რომელიც მიღებულია 1 ლიტრ წყალში 10 გრამი ჰიპოსულფიდის ან წითელსისხლოვანი მარილის გახსნით. სუსტი ნეგატივების გასაძლიერებლად კი იყენებენ ხსნარს, რომელიც მიღებულია 1 ლიტრ წყალში 10 გრამი ბიქრომატის კალიუმითა და 5 სმ^3 მარილმჟავას გახსნით. ბოლოს ნეგატივებს ისევ რეცხავენ და კარგად აშრობენ.

ფერადი ფირის გამოსამჟღავნებლად იყენებენ შემდეგი სახის ხსნარებს:

1. ფერადი გამამჟღავნებელი;
2. შემაჩერებელი ხსნარი;
3. დამთრიმლავი ხსნარი;
4. ფიქსაჟი;
5. ვერცხლისებრი გამოსახულების ჩამომცილებელი ხსნარი;

აქაც ისევე, როგორც შავ-თეთრი ფოტოგრაფიის დროს, გამომჟღავნების პროცესში მიმდინარეობს გაშუქებული ჰალოიდური ვერცხლის ლითონისებურ მდგომარეობამდე აღდგენა. განსხვავება მდგომარეობს მხოლოდ იმაში, რომ ფერად გამომჟღავნებელ ნივთიერებათა მჟავადი პროდუქტების წარმონაქმნები მაშინვე შედიან რეაქციაში ორგანულ კომპონენტებთან, რომელსაც შეიცავს ფირის ემულსიის ყოველი ფენა. ამ რეაქციებით კი მიიღება მღებავი ნივთიერებანი, რომლებიც იძლევიან ფერად გამოსახულებას: ზედა ფენაში — ყვითელს, შუალედში — მეწამულს და ქვედაში — ცისფერს. მაშასადამე, ფერადი გამომჟღავნებისას ნეგატივზე წარმოიშობა ორი გამოსახულება: პირველი, როგორც შავ-თეთრის პროცესში — შედგება ლითონისებური ვერცხლისაგან და მეორე — ფერადი.

შემაჩერებელი ხსნარი აჩერებს გამომჟღავნებას, ხოლო დამთრიმლავი ხსნარის ამბაზანა კი ამაღლებს ფირის ემულსიის ფენის თბოგამძლეობას. ფირი გამოსახულების ფიქსირების შემდეგ წყალში გაურეცხავად და ამოვლების გარეშე გადააქვთ ხსნარში, რომელიც ჩამოაცილებს ლითონისებრ ვერცხლს, შემდეგ მიმდინარეობს წყალში კარგად გარეცხვა.

1. ფერადი გამომჟღავნებლის რეცეპტი:

ეთილოქსიეთილპარაფინილენდიამინსულფადი	3,5 გ
უწყლო ნატრიუმის სულფადი	2 გ
უწყლო სოდა	40 გ
ბრომისებური კალიუმი	0,2 გ
ბენზოტრიაზოლი (0,3 %-იანი ხსნარი)	3 მლ
ადუღებული წყალი	1 ლ

2. შემაჩერებელი ხსნარის რეცეპტი:

გოგირდმჟავანატრიუმის კრისტალი	50 გ
ძმარმჟავას ყინული	5 მლ
წყალი	1 ლ

ხსნარისათვის იყენებენ სუფთა სასმელ წყალს, აუდუღარს. ხსნარს ამზადებენ სამუშაოს დაწყების წინ.

3. დამთრიმლავი ხსნარის რეცეპტი:

ქრომის შაბი	10 გ
წყალი	1 ლ

შაბი გამოიყენება იისფერი კრისტალების სახით, რომელიც დაფქვის (და დანაყვის) შემდეგ იხსნება გამთბარ სასმელ წყალში.

4. ფიქსაჟის ხსნარის რეცეპტი:

კრისტალური ნატრიუმის თიოსულფატი	250 გ
უწყლო ნატრიუმის სულფიდი	20 გ
ბორმჟავა	15 გ
წყალი	1 ლ

ხსნარის მისაღებად ჯერ გახსნიან თბილ წყალში (70 — 80) სულფიდს, შემდეგ ბორის მჟავას და ნატრიუმის სულფატს. ფიქსაციის დასაჩქარებლად უმატებენ 25 — 50 გ ამონიუმქლორიდს, რომელიც იხსნება ცალკე ცხელ წყალში.

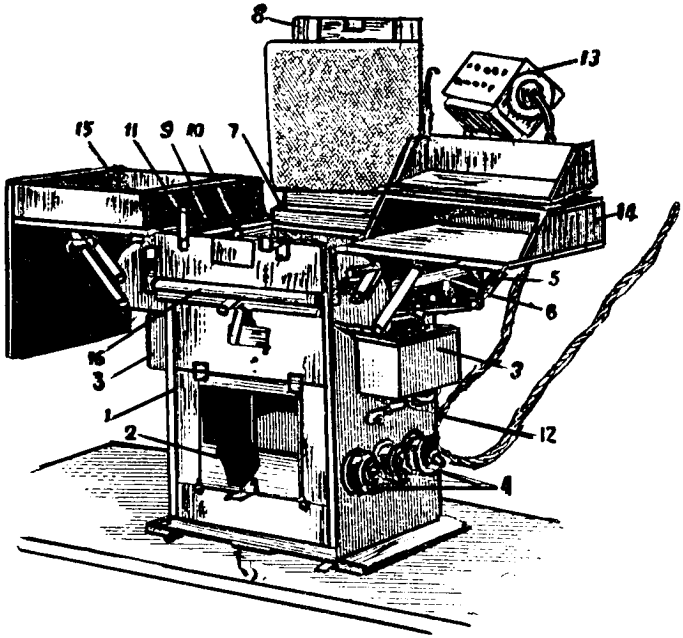
5. ვერცხლისებრი გამოსახულების ჩამომცილებელი ხსნარი მიიღება 1 ლიტრ ადუღებულ წყალში 30 გ სისხლის წითელი მარილის გახსნით.

ყველა ზემოჩამოთვლილ ხსნარს აუცილებლად გაფილტრავენ და გამომჟღავნების დროს შეარჩევენ საცდელი გამომჟღავნებით ვიზუალურად. ინფრაწითელ შუქზე ნორმალურად ექსპონირებული ნეგატივები მჟღავნდება თბილ (20°C) ხსნარებში 8 — 9 წუთის განმავლობაში ფირის უწყვეტად მოძრაობით. თუ ვუალი დიდია, მაშინ ბენზოტრიაზოლის რიცხვს ზრდიან თანდათანობით. თუ საჭიროა, რომ ნეგატივი დიდხანს ინახებოდეს დამატებით, მას დაამუშავებენ სამი წუთის განმავლობაში 15%-ანი ნატრიუმის თიასულფადის ხსნარით და შემდეგ 20 წუთის განმავლობაში კარგად გარეცხავენ და გააშრობენ.

ნეგატივების მიღების შემდეგ სპეციალური საველე დენსიტომეტრით ზომავენ სენსიტოგრამულ სიმკვრივეს და შემდეგ აგებენ მახასიათებელ მრუდებს (იხ. ნახ. 4.9). აეროფირის სწორი და კარგი გამომჟღავნება განისაზღვრება კონტრასტულობის კოეფიციენტით (ტყიანი ადგილისათვის $\gamma = 1{,}0 - 1{,}4$) აეროფილმის საშუალო ვუალი ტოლი უნდა იყოს $Д = 0{,}7 - 1{,}0$.

პოზიტიური პროცესი შედგება ნეგატივიდან შუქმგრძნობიარე ქაღალდზე პროექციული ან კონტაქტური ანაბეჭდის მიღებისგან.

კონტაქტური ბეჭდვა წარმოებს სპეციალური ასლის გადასაღები ხელსაწყოთი, რომლის საშუალებითაც ნეგატივსა და ქაღალდს შორის კონტაქტი ხორციელდება სახურავით (აეროსურათი და ქაღალდი ემულსი-



ნახ. 4.11 ფოტოასლის გადამღები ხელსაწყო

ებით ერთიმეორეს ემთხვევა). შემდეგ ახდენენ ექსპონირებას და ფოტოქაღალდის გამომჟღავნებით ღებულობენ (ანალოგიურად ნეგატივის) პოზიტიურ გამოსახულებას.

4.11 ნახაზზე ნაჩვენებია ფოტოასლის გადამღები ხელსაწყო, რომელიც შედგება: 1. გამნათებელი კამერის; 2. გამნათებელი კამერის კარების; 3. შიგა განათების წითელი ფარნის ბუდეების; 4. გამნათებელი კამერის შუქგამომრთველების; 5. ბრჯენის სახელურის; 6. კოჭურას ღერძის; 7. ასლის ამაღლების ჩარჩოს; 8. მიმჭერი სახურავის; 9. მიმმართველი და რეზინის ლილვაკის; 10. გამნათებელი კამერის ნათურების გამომრთველი კონტაქტის; 11. მიმჭერი სახურავის საცობის; 12. უკანა ფანჯრის გამღები ბერკეტის; 13. გარე განათების წითელი ფარნის; 14. ფოტოქაღალდის ყუთის; 15. ექსპოხირებული ფოტოქაღალდის ყუთისა და 16. მქრქალი მინის ჩარჩოსაგან.

დღეისათვის უკვე ფართოდ იყენებენ ელექტრონული ასლის გადამღებ და საპროექციო ხელსაწყოებს, როგორიცაა „ЭКП“, „ელკოპ“, „ეკ“-10“, „სინტელ“ და სხვა. პროექციული ბეჭდვისთვის კი „ბელორუსი-5“.

კონტაქტურ და პროექციულ (ფოტოტრანსფორმატორის გამოყენებით) ანაბეჭდებს (აეროსურათებს) აშრობენ გაჭიმულ დოლბანდზე რომ არ მოხდეს მათი დეფორმაცია.

ფოტოქაღალდის ზედაპირი შეიძლება იყოს პეწიანი, მქრქალი და ნახევრად მქრქალი.

ფოტოქაღალდის ძირითად მახასიათებლად ითვლება კონტრასტულობის კოეფიციენტი γ, რომელიც იცვლება 1-დან 3,6-მდე. კონტრასტის მიხედვით, არსებობს სხვადასხვა ნომრის ფოტოქაღალდი (№ 1 — № 7). კონტრასტული ფოტოქაღალდი (№ 4 და №5), ან მაღალკონტრასტული (№ 6 — № 7) გამოიყენება რბილი და სუსტი ნეგატივებისათვის. რადგანაც ფოტოქაღალდებს ახასიათებს სხვადასხვა შუქმგრძნობიაროზა, დახანება ჯობია შეირჩეს თითოეული ნორმის ფოტოქაღალდის წინასწარი გამოცდით. კონტაქტურ ანაბეჭდებს ამზადებენ იმდენ ეგზემპლარს, რამდენიც ეს გათვალისწინებულია ტექნიკური პროექტით.

საველე ფოტოგრამმეტრიულ სამუშაოებს მიეკუთვნება: ნეგატივების დანომვრა სარკული გამოსახულების წესით, სურათების დაფენითი მონტაჟის შედგენა და აეროფოტოგადაღების ხარისხის შეფასება.

ყველა აერონეგატივი, მათ შორის სასინჯიც, ზუსტად უნდა იქნეს დანომრილი და აღრიცხული. ნომერაცია ისე უნდა მოხდეს ნეგატივზე, რომ სურათის კონტაქტურ ანაბეჭდზე იგი გამოისახოს ჩრდილოაღმოსავლეთის კუთხეში, რისთვისაც ნეგატივზე ემულსიის მხარეზე ასოებითა და ციფრებით სარკული გამოსახულებით წაწერენ გადაღების შიფრს, გადაღების თარიღსა და ნეგატივის რიგით ნომერს. მაგალითად: ю 215 $\frac{121X}{83}$ 158 ე. ი. გადაღება მომხდარა 12 სექტემბერს 1983 წელს, სურათის რიგითი ნომრით 158. თანამედროვე აეროფოტოაპარატებში მათი ფიქსირება აეროფირზე ხდება ავტომატურად გადაღების პროცესში. ნეგატივებიც და კონტაქტური ანაბეჭდებიც რეგისტრირებული უნდა იქნეს სპეციალურ ჟურნალში.

სურათების დაფენით მონტაჟს ასრულებენ სპეციალურ ხის დაფაზე. აეროსურათებს თანამიმდევრობით დაფენენ მარშრუტების გასწვრივ. ერთიმეორეზე ამონტაჟებენ (გადაფარვის მიხედვით ერთნაირი გამოსახულების კონტურების შეთავსებით) მთლიანი გადაღებული ტერიტორიის სურათებს და ამაგრებენ ჰიკარტებით.

დაფენით მონტაჟზე აკეთებენ თეთრი ხაზებით (სქელი ძაფით) ტრაპეციის ჩარჩოებს, დასახლებული პუნქტების ან სატყეო უბნების წარწერებს და შემცირებულ მასშტაბში ამზადებენ მის რეპროდუქციას. შემდგომ ამოირჩევენ სურათებს საველე და კამერალური სამუშაოებისთვის.

დაფენით მონტაჟს იწყებენ ჩრდილოეთის მარშრუტის აღმოსავლეთის განაპირა სურათით. დაფაზე მიკრულ პირველ სურათზე გრძივი გადაფარვის შიგნით ერთსახელა კონტურებით ამონტაჟებენ მეორე სუ-

რათს, მესამეს და ა. შ. შემდეგ ამონტაჟებენ მომიჯნე სამხრეთ მარშრუტს. მონტაჟს იწყებენ აღმოსავლეთის სურათით.

შემდეგ სურათებს აწყობენ ერთსახელა კონტურების როგორც გრძივი, ისე განივი გადაფარვის მიხედვით უკეთესი შეთავსებით. მონტაჟის ასეთი შესრულების დროს აეროსურათების ნომრები, რადგანაც ისინი მოთავსებულია ჩრდილო-აღმოსავლეთის კუთხეში, ყოველთვის ღიად დარჩებიან. ამგვარად, დაფენენ ყველა მარშრუტის სურათებს ისე, რომ ერთსახელა კონტურებში გადახრა არ აღემატებოდეს 1-1.5 სმ-ს. მომიჯნე მარშრუტებში მიღებულ სხვაობებს გადაანაწილებენ თანაბრად მთელ მონტაჟზე. თუ გრძივი ან განივი გადაფარვა ნაკლებია წინასწარ მოცემულზე, წარმოქმნის ეგრეთწოდებულ ფოტოგრამმეტრიულ ფანჯარას. თუ სურათებს შორის გადაფარვა არ არის, მაშინ წარმოიშობა ფიზიკური ფანჯარა როგორც პირველ, ისე მეორე შემთხვევაში ეს ფანჯრები ... ხურება ერთი ან ორი ახალი მარშრუტის გატარებით. საერთო ... მხურავი მარშრუტების რაოდენობაცა და სიგრძეც ... ზღვრება დაფენითი მონტაჟის მიხედვით. დასახური მარშრუტების გადაღება, როგორც წესი, უნდა მოხდეს გადაღების მომდევნო დღესვე.

ჩვენში და საზღვარგარეთაც იყენებენ გამოსახულების გადაცემის ახალ მეთოდებსაც. პირველ რიგში უნდა აღინიშნოს ელექტროფოტოგრაფია — ქსეროგრაფია. დღეისათვის ქსეროგრაფია იძლევა გამოსახულების ტონების კარგ გადმოცემას და საკმაო გარჩევითობითაც ხასიათდება. ასეთი სურათები მუშავდება რამოდენიმე წამში.

უახლოეს მომავალში სატყეო აეროფოტოგადაღებაში დიდ როლს შეასრულებს ტელევიდეო ტექნიკაც. ამ შემთხვევაში აეროფოტოაპარატის მაგიერ თვითმფრინავზე დამაგრებული იქნება ტელეკამერა და გამოსახულებას გადასცემენ დედამიწაზე ან ჩაიწერება ვიდეო მაგნიტოფირზე.

სურათების დაფენითი მონტაჟის რეპროდუქციის შედგენის შემდეგ მიმართავენ აეროფოტოგადაღებითი სამუშაოების ხარისხის შეფასებას.

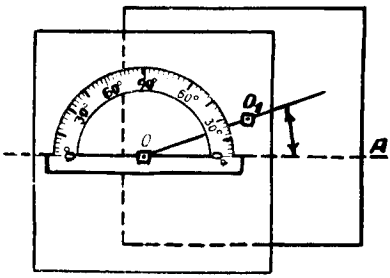
4.13. მოთხოვნილებანი აეროფოტოგადაღების ხარისხისადმი

აეროფოტოგადაღებითი სამუშაოების მასალებს უყენებენ მრავალ მოთხოვნას, რომელიც უნდა აკმაყოფილებდეს არსებული ინსტრუქციების ნორმატივებს. ამათგან მნიშვნელოვანია შემდეგი:

1. აეროფოტოაპარატები, რომლებიც გამოიყენება გადაღებაში უნდა აკმაყოფილებდნენ შემდეგ მოთხოვნებს: სურათის კადრის ფორმა დანიშნულების მიხედვით უნდა იყოს 18×18 სმ, 24×24 სმ ან 30×30 სმ. 70-100 მმ ფოკუსური მანძილის ობიექტივის შემთხვევაში გარჩევითუნარიანობა უნდა იყოს ცენტრში არანაკლები 40 — 60 ხაზი, ხოლო კიდეებში — 30 ხაზი. ობიექტივის დისტორსია არ უნდა აღემატებოდეს 0,04 — 0,02 მმ;

2. გრძივი და განივი დაფარვა წინასწარ უნდა შეირჩეს და აკმაყოფილებდეს 4.7 და 4.8 ცხრილებში მოყვანილ სიდიდეებს.

3. ადგილის რელიეფისა და მთლიანი გადასაღები უბნის ფართობის შესაბამისად გადასაღებ ტერიტორიას ყოფენ უბნებად, რომელთა მარშრუტების ნორმალურ სიგრძედ მიღებულია ცხრილ 4.6-ში მოცემული სიდიდეები.



ნახ. 4.12 «Елочка»

4. აეროფოტოგადაღების მარშრუტები უნდა იყოს ტრაპეციის ჩარჩოების პარალელური და საზღვრებს უნდა ცდებოდეს ფოტოგრაფირების ერთი ბაზისით მაინც. დიდი დასახლებული ქალაქების გადაღების შემთხვევაში მიზანშეწონილია მარშრუტები განვალაგოთ წრფივი სახის ორიენტაციის მქონე ობიექტების პარალელურად. აეროგადაღების მარშრუტები უნდა იყოს სწორხაზოვანი და უწყვეტი.

5. ფოტოგრაფირების სიმაღლეთა ცვალებადობა საშუალო სიბრტყისადმი არ უნდა აღემატებოდეს 3%-ს ვაკე და 5%-ს მთიანი რაიონებისათვის.

6. სურათის გვერდისა და ფოტოგრაფირების ბაზისის მიმართულების არაპარალელობა «Елочка» არ უნდა აღემატებოდეს 5°.

7. აერონეგატივების ფოტოგრაფიული ხარისხი უნდა აკმაყოფილებდეს განსაკუთრებულ მოთხოვნილებებს (ვუალი, კონტრასტი და სხვა).

8. ცალკეული აეროსურათებისათვის უნდა არსებობდეს სტატოსკოპისა და რადიოსიმაღლმზომის ჩვენებათა ჩანაწერი, თუკი სურათები გამოიყენება შემდგომ სტერეოფოტოგრამმეტრიულ აგეგმვებში.

პრაქტიკული მაგალითი:

1. გ რ ძ ი ვ ი დ ა გ ა ნ ი ვ ი დ ა ფ ა რ ვ ი ს პ რ ო ც ე ნ ტ ი ს დასადგენად დაფენით მონტაჟზე სახაზავით გაზომავენ გადაფარვის სიგრძეს და გაყოფენ სურათის ფორმატის ზომაზე. ვთქვათ, აეროსურათის ფორმატია 18×18 სმ. გრძივი გადაფარვა გავზომეთ და გამოვიდა 11,9 სმ, მაშინ

$$P_{\%} = \frac{11.9\ \text{სმ}}{18.0\ \text{სმ}} \cdot 100\% = 65.1\%$$

ვთქვათ განივი გადაფარვა მარშრუტებს შორის დაფენით მონტაჟზე ტოლია 6,2 სმ, მაშინ განივი გადაფარვა პროცენტებით იქნება:

$$q_{\%} = \frac{6.2\ \text{სმ}}{18.0\ \text{სმ}} \cdot 100\% = 34.4\%.$$

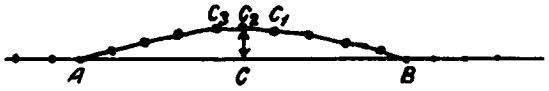
2. ფ ო ტ ო გ რ ა ფ ი რ ე ბ ი ს ს ი მ ა ღ ლ ი ს გ ა ნ ს ა ზ ღ ვ რ ა. შესადგენი გეგმის მასშტაბის ყოველი ტრაპეციისათვის საშუალო ფოტოგრაფირების ფაქტობრივ სიმაღლეს განსაზღვრავენ ფორმულით:

$$H_{საშ.} = f_k \cdot M \frac{2d}{d_1 + d_2}$$

სადაც f_k აეროფოტოაპარატის ფოკუსური მანძილია, M — შესადგენი გეგმის მასშტაბის მნიშვნელი, d — ტრაპეციის დიაგონალის სიგრძე გეგმის მასშტაბში (ამოიწერება ტრაპეციის ზომების ცხრილებიდან სმ-ობით); d_1 და d_2 — დაფენით მონტაჟზე გაზომილი ტრაპეციის დიაგონალის ზომები სმ-ობით. ცალკეული აეროსურათებისთვის ფოტოგრაფირების სიმაღლეთა ცვალებადობა განისაზღვრება სტატოსკოპისა და რადიოსიმაღლმზომის ჩვენებით;

3. ს უ რ ა თ ი ს გ ვ ე რ დ ი ს ა და ფ ო ტ ო გ რ ა ფ ი რ ე ბ ი ს ბ ა ზ ი ს ი ს ა რ ა პ ა რ ა ლ ე ლ ო ბ ა. ეს არის O_1 OA კუთხე (ნახ. 4.12), რომელიც მოთავსებულია OA ხაზსა და OO_1 -ს ფოტოგრაფირების ბაზისს შორის.

OA ხაზი პარალელურია სურათის გვერდისა. კუთხეს გაზომავენ ტრანსპორტირის საშუალებით და როგორც ზემოთ აღვნიშნეთ, არ უნდა აღემატებოდეს 5°. ტრანსპორტირის ნულოვან დიამეტრს შეათავსებენ 0A ხაზს ისე, რომ ტრანსპორტირის ცენტრი შეუთავსდეს სურათის მთავარ 0 წერტილს. მაშინ მეორე სურათის მთავარი წერტილის შემაერთებელი სხივი OO_1 მოგვცემს ტრანსპორტირზე საძიებელი კუთხის სიდიდეს — «Елочка»-ს.



ნახ. 4.13 მარშრუტების არასწორხაზოვნება.

4. მ ა რ შ რ უ ტ ი ს ა რ ა ს წ ო რ ხ ა ზ ო ვ ნ ო ბ ი ს გ ა ნ ს ა ზ ღ ვ რ ა. აეროფოტოგადაღების მარშრუტის არასწორხაზოვნებას უწოდებენ აეროსურათების მთავარი წერტილების C_1, C_2, C_3 გადახრას AB სწორი ხაზიდან (ნახ. 4.13). დაფენითი მონტაჟის მთავარ A და B წერტილებს შორის მრუდის უბანზე გაატარებენ სწორ ხაზს, რომელზედაც მთავარი წერტილებიდან გადაიზომება გაღუნვის უდიდესი CC_2 ისრის მონაკვეთი. არასწორხაზოვნება კი განისაზღვრება CC_2 ისრისა და მრუდის AB სიგრძის ფარდობით, რომელიც როგორც უკვე აღვნიშნეთ, არ უნდა აღე-

მატებოდეს 3% ვაკე და 5% – მთიანი ტერიტორიისათვის. ე. ი.

$$\frac{CC_2}{AB} \leqslant 3\%.$$

ზემოჩამოთვლილ მოთხოვნილებათა შემოწმების შემდეგ ყოველ გადაღებულ უბანს შეაფასებენ დადებითად ან შესაბამისად.

V თ ა ვ ი

კოსმოსური გადაღებები

5.1. კოსმოსური გადაღების არსი და ამოცანები

კოსმოსურ გადაღებას უწოდებენ დედამიწის ზედაპირის გადაღებას კოსმოსიდან საგანგებო აპარატურით, რომელიც დამაგრებულია კოსმოსურ საფრენოსნო აპარატებზე (კოსმოსურ ხომალდზე, დედამიწის ხელოვნურ თანამგზავრზე, ორბიტალურ სადგურზე ან ბალისტიკურ რაკეტაზე).

კოსმოსური კვლევის პროგრამა, რომელიც ხორციელდება, მიმართულია კოსმონავტიკის მიღწევების სახალხო მეურნეობაში და სამეცნიერო ტექნიკური პროგრესის საჭიროების გამოყენებისათვის.

კოსმოსური გამოკვლევები ადამიანს საშუალებას აძლევს შეისწავლოს გარემომცველი სამყაროს საერთო კანონზომიერებანი, გადაწყვიტოს ისეთი მნიშვნელოვანი პრობლემები, როგორიცაა ატმოსფეროს და წყლის აუზების გაჭუჭყიანებისაგან დაცვა, რესურსების შესწავლა, ქვეყნის შორეული და აგრეთვე მიუდგომელი ადგილების გამოკვლევა და სხვა მრავალი ამოცანა.

კოსმოსური გადაღებების მეთოდები, რომელიც აეროფოტოგადაღების შემადგენელი ნაწილია, როგორც დედამიწის შემსწავლელი დამოუკიდებელი მეცნიერება, შეიძლება დავყოთ განვითარების სამ ეტაპად: 1. გადაღებები ბალისტიკური რაკეტების გამოყენებით დაწყებული 1936-1946 წწ. დამთავრებული 1957-1961 წწ. (დღეისათვის ფართოდ იყენებენ ავსტრალიაში, არგენტინაში, საფრანგეთში, იაპონიაში, ჩინეთში). 2. კოსმოსური გადაღებების პირველი ექსპერიმენტები დაწყებული 1960-1961 წწ დამთავრებული 1966-1972 წწ. 3. კოსმოსური სურათების პრაქტიკული და სამეცნიერო-კვლევითი სამუშაოები გამოიყენება დაწყებული 1966-1972 წწ-დან. კოსმოსური მეთოდებით დედამიწის შესწავლის წინა ისტორიად ჩაითვლება არა მარტო ბალისტიკური რაკეტებიდან სურათების მიღება 10-20 კმ და მეტი სიმაღლიდან, არამედ კოსმოსურ სურათებზე დედამიწის ზედაპირის ობიექტების გამოსახულების ინტერპრეტაციაც ანუ დეშიფრირება.

პირველი კოსმოსური სურათები მიიღეს 1945 წ. აშშ ბალისტიკური რაკეტა U-2"-ით 120 კმ სიმაღლიდან (თვითმფრინავიდან 35 კმ-ის

სიმაღლიდან აეროფოტოსურათები პირველად მიიღეს 50-იან წლებში თვითმფრინავ „U-2“ აშშ, რომელიც შემდგომ სამხედრო დაზვერვის მიზნებისთვის შემოიჭრა ყოფილ საბჭოთა კავშირის ტერიტორიაზე და ჩამოგდებული იქნა (რაკეტით). კოსმოსური გადაღებას დიდი შესაძლებლობანი განუსაზღვრა დედამიწის პირველმა ხელოვნურმა თანამგზავრმა, რომელიც ყოფილ საბჭოთა კავშირში გაუშვეს 1957 წლის 4 ოქტომბერს, ხოლო აშშ-ში 1958 წლის პირველ თებერვალს.

განსაკუთრებულ მნიშვნელოვან ნაბიჯად უნდა ჩაითვალოს 1961 წლის 12 აპრილს კოსმოსში ადამიანის (ი. გაგარინის) პირველი გაფრენა პილოტირებულ კოსმოსურ ხომალდ „ვოსტოკ 1“-ით, ხოლო 1962 წლის 20 თებერვალს ამერიკის შეერთებულ შტატებში „მერკური MA-4“-ით, (ჯონ გლენი). პირველი ფერადი ფოტოსურათები კი გადაიღო გ. ტიტოვმა 1961 წლის 6-7 აგვისტოს. დღემდე კოსმოსური გადაღებები, როგორც დისტანციური მეთოდის ერთ-ერთი სახე, სამყაროს შესწავლის საქმეში ფართოდ ვითარდება. კოსმოსურ ფოტოგამოსახულებათა პირველი ინტერპრეტაცია იწყება მეტეოროლოგიიდან (ღრუბლები, მყინვარები), ხმელეთი კი ჰიდროლოგიიდან (თოვლის საფარის შესწავლა). შემდგომ მნიშვნელოვან ნაბიჯებად კი ითვლება გეოლოგიურ-გეოგრაფიული ინტერპრეტაცია, რომელიც მოგვიანებით დიფერენცირებული იქნა (გეომორფოლოგია, გეობოტანიკა, ნიადაგთმცოდნეობა და სხვა). უკანასკნელი ათი წლის განმავლობაში კოსმოსური გადაღებების სახალხო მეურნეობებში ფართოდ გამოყენების მიზნით ინტენსიური კვლევითი სამუშაოები მიმდინარეობს, სადაც მნიშვნელოვანი ადგილი დათმობილი აქვს სატყეო და სოფლის მეურნეობას, გეოგრაფიას, გეოლოგიას და სხვა.

კოსმოსური გადაღებების ექსპერიმენტები ძირითადად ითვალისწინებს სხვადასხვა სახის ტექნიკური საშუალებებით გამოსახულებათა მიღებას (ფოტოგრაფიულის, ფოტოტელევიზიურის, რადიომეტრიულისა და სხვა), რომელთა შორის განსაკუთრებულ ინტერესს იმსახურებს ისეთი გამოსახულების მიღება, რომლის ფოტოგრამმეტრიული დამუშავებებით მივიღებთ ობიექტის გეომეტრიულ აღწერას, რაც ფართოდ გამოიყენება მრავალი სამეცნიერო ტექნიკური ამოცანის გადასაწყვეტად. თუ კოსმოსურ გადაღებას შევადარებთ გეგმურ აეროფოტოგადაღებას, შეიძლება გამოვყოთ შემდეგი თავისებურებანი:

1. გამოსახულების არაფოტოგრაფიულობის ხასიათი. რადიოლოკაციური და ინფრაწითელი სპექტრით მიღებული სურათები არ წარმოადგენენ ობიექტის ხილული ზედაპირის ანარეკლს. იგი უფრო პასუხობს სურათის მიღების ფიზიკურ კანონებს, რომელიც უნდა გავითვალისწინოთ მათი დამუშავებისას.

2. ზოგიერთი სახის გამოსახულებაში დამახინჯება მნიშვნელოვნად უფრო დიდია ვიდრე ფოტოგრაფიულზე, რომელიც მიღებულია ტოპო-

გრაფიული აეროფოტოაპარატით. მაგალითად, ტელეგამოსახულებაში მნიშვნელოვან პროცენტს შეადგენს ხაზოვანი დამახინჯება, რის გამოც გეომეტრიულ შეცდომებს კოსმოსურ გადაღებაში დიდი ყურადღება ექცევა;

3. ორბიტის ელიფსურობის გამო მნიშვნელოვნად იცვლება გადაღების სიმაღლე ერთი და იგივე მარშრუტის სურათებისათვის (ბუნებრივი რესურსების შესწავლისას იყენებენ წრიულ ორბიტას ან მასთან ახლოს).

4. გადამღები კამერების ოპტიკური ღერძის მიმართულების არასტაბილურობა (მისი გადახრა მერყეობს ნოლიდან ათეულ გრადუსამდე);

5. სურათის წვრილმასშტაბიანობა – ყოველ სურათზე გამოისახება ობიექტის მნიშვნელოვანი ფართობი და მათი ფოტოგრამმეტრიულად დამუშავებისას საჭიროა გავითვალისწინოთ დედამიწის სიმრუდით გამოწვეული დამახინჯებები.

კოსმოსური გადაღების სპექტრის სხვადასხვა ზონის მასალების გამოყენების ამოცანები შეიძლება დავყოთ ექვს ძირითად მიმართულებად:

1. პლანეტარული გამოკვლევები;

2. კოსმოსური გადაღების მასალების მაღალი სიზუსტით გაზომვები კარტოგრაფიის, ფოტოგრამმეტრიისა და სხვა მიზნებისათვის;

3. ბუნებრივი რესურსების რაციონალურად გამოყენების შესწავლა;

4. მსოფლიო ოკეანეების გამოკვლევა;

5. ატმოსფეროს და ოკეანეების გაჭუჭყიანების, გარემოს დაცვის, იშვიათი მოვლენებისა და დინამიური პროცესების შესწავლა;

6. კოსმოსურ გადაღებათა საშუალებებისა და მიღებული ინფორმაციის დამუშავების მეთოდების შემუშავება;

პირველი საკითხის კომპლექსს მიაკუთვნებენ გეოდეზიურ და კარტოგრაფიულ სამუშაოებს, რომელიც სრულდება კოსმოსური გადაღების მასალებით (მაგალითად დედამიწისა და მთვარის თემატიური და ტოპოგრაფიული რუკების შედგენა).

ფოტოფირის გამომჟღავნების მეთოდიკა არსებითად განსხვავდება აეროფოტოგადაღებისაგან, რაც აიხსნება თითოეული ნეგატივის ოპტიმალური გამომჟღავნების მოთხოვნილებით, რადგანაც გადაღება სრულდება ნაკლებად ცნობილ პირობებში. ამგვარად, კოსმოსური სურათების მიღების ამოცანები მოითხოვს ფოტოგრაფირების პირობებს, ტექნიკურ საშუალებათა ანალიზს, რომლებიც გამოიყენება კოსმოსური გადაღებისას, და მასალების დამუშავების ზუსტ აღრიცხვას.

კოსმოსური სურათის საინფორმაციო მოცულობის მზარდი მოთხოვნილებანი განაპირობებს ფერადი ფოტოგრაფიის როლის გაზრდას, რამდენადაც ბევრი მკვლევარისთვის აუცილებელია ისეთი დამატებითი ინდიკაციური ნიშან-თვისება, როგორიცაა ფერი. კოსმოსური ხო-

მალდების ფრენის დროს ფერადი გადაღებები საჭიროა ტოპოგრაფებისთვის, გეოლოგებისთვის, ოკეანოლოგებისთვის, გეომორფოლოგებისთვის და სხვა სპეციალისტებისათვის.

მრავალი ობიექტის გამოვლენის შესაძლებლობა მნიშვნელოვნად ფართოვდება თუ ფოტოგრაფირება სრულდება სპექტროზონალურ ფირზე, რომელიც ობიექტებს გადმოგვცემს პირობით ფერებში, ობიექტის ხილული და უხილავი სპექტრის სხვადასხვა სიკაშკაშის კოეფიციენტით.

დღეისათვის დაგროვილია საკმარისი გამოცდილება მრავალზონალურ გადაღებებში, რომელიც დედამიწის ზედაპირის ობიექტების სურათზე ამოცნობის ამაღლების საშუალებას იძლევა.

კოსმოსური ფოტოგრაფირების არსებითი უპირატესობაა მათი მიმოხილვადობა, რომელიც საშუალებას გვაძლევს თვალი გავადევნოთ გეოლოგიურ თანაფარდობებს დიდ ფორთობზე და გავერკვეთ სხვადასხვა ობიექტებისა და მოვლენების მსხვილ რეგიონალურ და პლანეტარულ კავშირში.

ოკეანოლოგიაში კოსმოსური მეთოდები გვეხმარება შევისწავლოთ ზღვების ყინულთა ტიპები და მათი გავრცელება, მათი მდგომარეობის დახასიათება. კოსმოსური სურათები შეიძლება გამოვიყენოთ აგრეთვე ზღვის ფსკერის რელიეფის შესწავლაში, რადგანაც გადაღების სიმაღლის გაზრდით მნიშვნელოვნად იზრდება სიღრმეში ჩახედულობა.

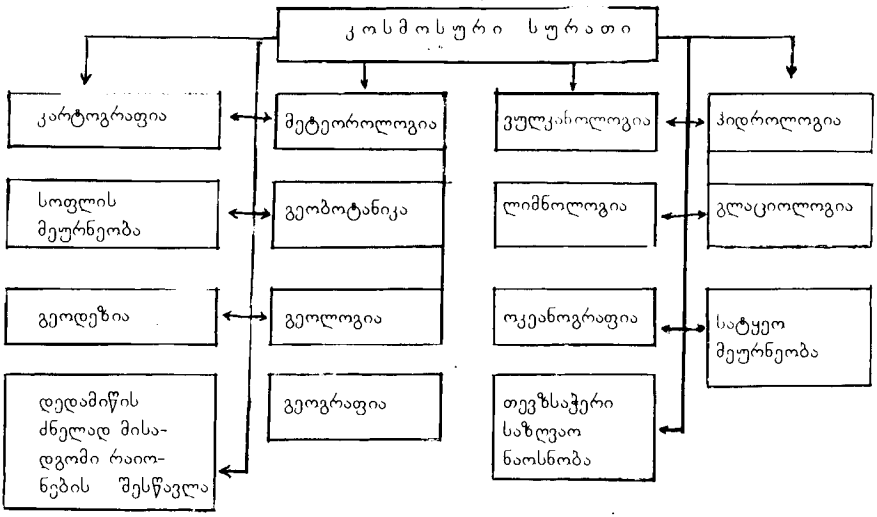
კოსმოსური სურათებით შეგვიძლია განვსაზღვროთ ზღვებისა და ოკეანეების გაჭუჭყიანება, შევადგინოთ ჰიდროლოგიური რუკები დატბორილი ჭალების საზღვრების დატანითა და წყალნაკადთა ხასიათებით. გამოვიკვლიოთ სამთო წყალვარდნილობის სიმძლავრეები, თოვლსაფარის საზღვრები ვაკეზე და თოვლსაფარის წყლის მარაგი.

კოსმოსურ გადაღებებს იყენებენ აგრეთვე ნიადაგების რუკების შედგენისას, სწავლობენ მლაშე და დანესტიანებული ნიადაგების გავრცელებას.

კოსმოსური სურათებით სწავლობენ მცენარეულ საფარს, ბიომასის პროდუქტიულობას, ახდენენ ნათესების შეფასებას, მონიშნავენ სატყეო ტაქსაციური სამუშაოების კომპლექსს, განსაზღვრავენ ლანდშაფტის ტერიტორიულ სტრუქტურას, ადგენენ სოფლის მეურნეობის სავარგულებისა და კულტურების რუკებს, განსაზღვრავენ მეურნეობის საწარმოო მიმართულებებსა და სხვა.

კოსმოსური სურათები მიღებული პილოტირებული ხომალდებიდან დღეისათვის დიდი საწარმოო მნიშვნელობისაა. მაგალითად: ᲐᲔᲮ „სოიუზით“ და სადგურ „სალუტით“ შესრულებულია დიდი მოცულობის კვლევითი სამუშაოები გეოლოგების, კარტოგრაფების, გეომორფოლოგებისა და სხვა მიმართულების სპეციალისტთა მიერ. 5.1 ცხრილში

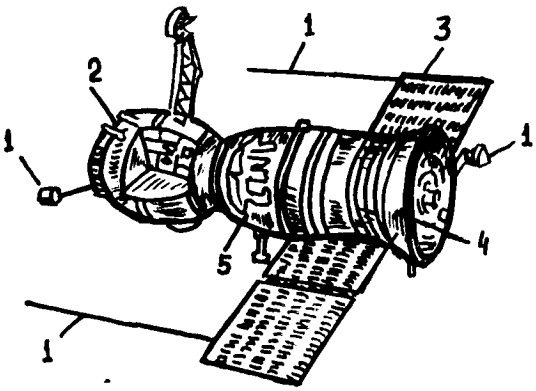
ნაჩვენებია დედამიწის ზედაპირის კოსმოსურ გადაღებათა მასალების გამოყენების ძირითადი დარგები.



5.2. კოსმოსური საფრენოსნო აპარატები

კოსმოსური საფრენოსნო აპარატები განკუთვნილია იმ ფართო ამოცანების გადასაწყვეტად, რომელიც დაკავშირებულია კოსმოსური სივრცის გამოკვლევასა და ათვისებასთან. ყოველივე ამან განაპირობა დიდი რაოდენობის სხვადასხვა ტიპისა და სახის აპარატების შექმნა. კოსმოსურ საფრენოსნო აპარატებს არჩევენ: კონსტრუქციული ნიშან-თვისებების, დანიშნულების, მართვის ხერხების, ეკიპაჟის, აპარატის გაბარიტებისა და მასის, ტრაექტორიის და ა.შ. მიხედვით.

კოსმოსური აპარატები შემდეგი სახისაა: დედამიწის ხელოვნური თანამგზავრები, პილოტირებული კოსმოსური ხომალდები, საპლანეტთაშორისო ავტომატური სადგურები და თანამგზავრები. დანიშნულების მიხედვით გამოყოფენ სამეცნიერო-საკვლევ და გამოყენებითი დანიშნულების აპარატებს. ეკიპაჟის მიხედვით საფრენოსნო აპარატები იყოფიან პილოტირების გარეშე და ცვლადი ეკიპაჟის ხომალდებად. მასის მიხედვით გამოყოფენ მსუბუქ (300 კგ), საშუალო (2000 კგ), მძიმე (7000 კგ-მდე) და ზემძიმე (7000 კგ-ზე მეტი) აპარატებს. კავშირის დამყარების მიხედვით შეიძლება იყოს ძსა დედამიწასთან კავშირით, კავშირის გარეშე და ორმხრივი კავშირით. ორიენტაციის მიხედვით ძსა იყოფა ორიენტირებულად და არაორიენტირებულად. უკან დაბრუნე-



ნახ. 5.1 „სოიუზის" სქემატური ნახაზი: 1 ანტენა; 2 ორბიტალური აპარატი; 3 მზის ბატარეა; 4 ხელსაწყო-აგრეგატული ნაკვეთი; 5 უკან დასაბრუნებელი აპარატი.

ბის მიხედვით შეიძლება იყოს დაბრუნებადი, ნაწილობრივად დაბრუნებადი და დაუბრუნებელი ᲙᲡᲐ. კონსტრუქციის მიხედვით შეიძლება იყოს კომპაქტური, გამშლელი და გასაბერი. კოსმოსური საფრენოსნო აპარატების გაშვება ხდება კოსმოდრომიდან. 5.1 ნახ-ზე ნაჩვენებია კოსმოსური ხომალდი „სოიუზის" სქემატური ნახაზი.

კოსმოსური საფრენოსნო აპარატის კოორდინატების განსაზღვრისათვის და ორბიტის პარამეტრების დასაზუსტებლად მისი ფრენის ტრასის გასწვრივ განლაგებულია მრავალი გამზომი პუნქტი. კოსმოსური საფრენოსნო აპარატის ფრენის გაანგარიშებულ ორბიტაზე გაყვანა ხდება მრავალსაფეხურიანი მატარებელი რაკეტით, რომლის ამწევი ძალა რეაქტიული პრინციპის შემთხვევაში იქმნება აირთა ნაკადის მოქმედებით გამომდინარე წვის კამერიდან – სპეციალური საქშენიდან.

ორბიტის მოცემულ წერტილში კოსმოსური ფოტოგადაღებისათვის წარმოებენ ᲙᲡᲐ-ის ორიენტაციას მართვისა და ორიენტაციის სისტემით.

დღეისათვის ძირითადად გამოიყენება შემდეგი სერიის ᲡᲙᲐ: დედამიწის ხელოვნური თანამგზავრები „მეტეორი", „კოსმოსი", პილოტირებული კოსმოსური ხომალდი „სოიუზი", გრძელვადიანი ორბიტალური სადგური „სალუტი" და ავტომატური საპლანეტთაშორისო სადგური „ვენერა", „ვეგა", „მარსი", „ზონდი". ამერიკის შეერთებულ შტატებში გავრცელება ჰპოვა: დედამიწის ხელოვნურმა თანამგზავრებმა „ლანდსეტმა", „ტაიროსმა", „ნიმბუსმა" და სხვა. პილოტირებულმა კოსმოსურმა ხომალდებმა „ჯემინი", „მერკური", „აპოლონი" და მრავალ-

ჯერადი გაშვების „შატლი“, „ბურანი“, (ამ უკანასკნელთ შეუძლიათ თვითმფრინავის მსგავსად კოსმოდრომიდან ეკიპაჟით აფრინდეს კოსმოსში და უკანვე დაბრუნდეს კოსმოდრომზე. შემდეგ კვლავ გამოყენებული იქნეს იგივე მიზნებისათვის) და ორბიტალური სადგური „სკაილაბი“.

5.2.1 მეტეოროლოგიური თანამგზავრები

ატმოსფეროს გლობალური პროცესების შესწავლაში, ამინდის პროგნოზების შედგენაში, სხვა საჭირო მეტეოროლოგიური ინფორმაციის მიღებასა და ბუნებრივი რესურსების შესწავლაში ფართოდ იყენებენ თანამგზავრებს „მეტეორს“ და „კოსმოსს“, რომლებიც აღჭურვილია სათანადო აპარატებით. ასეთი საშუალებით ხდება ღრუბლების, დედამიწის ზედაპირის, მსოფლიო ოკეანეების აკვატორიის ხილულ და უხილავ სპექტრში კოსმოსური ფოტოგადაღება. ეს სისტემა პრაქტიკულად უზრუნველყოფს ამინდის სამსახურის ძირითადი ამოცანების გადაწყვეტას გლობალურ მასშტაბში. მიღებული მონაცემებით აზუსტებენ სინოპტიკურ რუკებს, ადგენენ ამინდის პროგნოზს 1 – 3 დღით წინასწარ. მეტეოროლოგიური თანამგზავრის გამოყენების რენტაბელობა დადასტურებულია სახალხო მეურნეობის ბევრ დარგში.

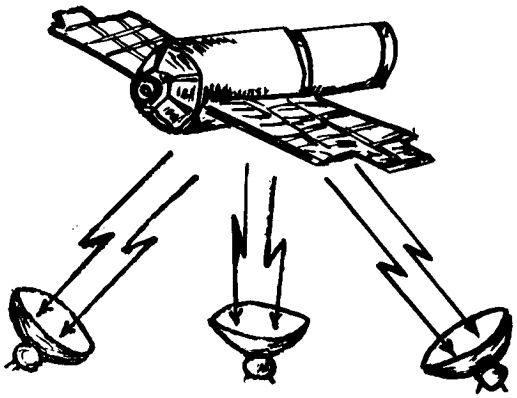
აშშ ეკონომიკური ექსპერტების საბჭოს შეფასებით 5 დღე-ღამით ადრე ამინდის სარწმუნო პროგნოზის შედგენით წლის განმავლობაში ეკონომიური ეფექტი შეადგენს 5720 მილიონ დოლარს, რომელიც სხვადასხვა დარგებზე ასე ნაწილდება:

1. წყალთა მეურნეობა	—	2500	მლნ დოლარი
2. სოფლის მეურნეობა	—	3000	—„—
3. სახმელეთო ტრანსპორტი	—	100	„
4. საცალო ვაჭრობა	—	75	—„—
5. სატყეო მრეწველობა	—	45	—„—

მაშინ, როდესაც მეტეოროლოგიური თანამგზავრის გაშვება კი ჯდება მხოლოდ 3 მლნ დოლარი.

ჰიდრომეტეოსამსახურის მონაცემებით მატერიალურ ფასეულობათა დაცვისა და შენარჩუნებისათვის კოსმოსურ გადაღებათა ფართოდ გამოყენება იძლევა 500-700 მლნ მანეთს.

მეტეოროლოგიური თანამგზავრები აღჭურვილია დაკვირვების, დამახსოვრებისა და გადაცემის რთული ელექტრონული ხელსაწყოებით. იგი აღჭურვილია აგრეთვე მზის ელექტრობატარეებით. „მეტეორის“ უკანასკნელი სერიის თანამგზავრებზე გამოიყენება მცირე ფორმატის სატელევიზიო კამერები დედამიწის ზედაპირზე ღრუბლების, ყინულისა და თოვლის საფარის გადასაღებად და სხვა. ამ თანამგზავრებზე გამო-



ნახ. 5.2 მეტეოთანამგზავრი „მეტეორი“.

ყენებულია აგრეთვე სტაციონარული ამძრავები. თანამგზავრის სტაბილიზებისთვის იყენებენ მაკორექტირებელ ამძრავებს, ამ უკანასკნელთათვის კი მზისა და პლაზმის ენერგიას. თანამგზავრ „მეტეორის“ ორბიტის სიმაღლე 630-900 კმ-ია, რაც კარგად უზრუნველყოფს გადაღების ზოლის ფართო გადაღებას ყველა სახის აპარატურით.

მეტეოროლოგიურ თანამგზავრებს უშვებენ აგრეთვე აშშ — „ტაიროს“, „ტოს“, „ესსა“, „ნოაას“, „იტოს“, „ერტს“, „ნიმბუს“, „ლანდსეტ“, საფრანგეთში — „ეოლს“, იტალია — „სან-მარკოსს“ და სხვა სახელმწიფოები.

თანამგზავრებს უშვებენ წრიულ ორბიტაზე 1400 კმ-მდე. თანამგზავრის მოხმარების ვადაა 7-10 თვე. ორბიტაზე გაყვანილი თანამგზავრის ბრუნვის ღერძი ორიენტირებულია ისე, რომ ყოველთვის პერპენდიკულარულადაა ორბიტის სიბრტყისადმი და ტელეკამერა, რომელიც დაყენებულია ვერტიკალისადმი 26° დახრის კუთხით, ყოველთვის იღებს დედამიწის ზედაპირს.

5.2.2 კოსმოსური საფრენოსნო აპარატი „სოიუზი“

ამჟამად კოსმოსური ხომალდების სერიების ბაზად აღებულია „სოიუზი“, ორბიტალური სადგურების კი „სალუტი“. „სოიუზი“ შედგება (ნახ. 5.1) უკან დასაბრუნებელი აპარატისაგან (5), რომელშიაც თავსდება ეკიპაჟი; ორბიტალური მონაკვეთებისაგან (2) კოსმონავტების დასასვენებლად, სამეცნიერო ექსპერიმენტის შესრულებისათვის და ხელსაწყო-აგრეგატებისათვის, სადაც მოთავსებულია ძრავები და დანადგარები (4). დასაბრუნებელ აპარატსა და ორბიტალურ მონაკვეთს აქვთ ილუმინატორები. ილუმინატორებიდან ხდება ფოტოგრაფირება და ვიზუალური დაკვირვებები. ხომალდის მასა 7 ტონაა, სიგრძე — 75 მ. მაქსიმალური დიამეტრი 2,75 მ (საცხოვრებელ მონაკვეთში 2,2 მ).

მზის ბატარეები ორი „ფრთის“ სახის (3) დამაგრებულია ხელსაწყოაგრეგატების მონაკვეთზე, მის ბოლოებში კი — ტელემეტრიის, ულტრამოკლე ტალღის და მოკლე ტალღების რადიო კავშირის ანტენები (1).

„სოიუზის“ მთლიანი სასტარტო მასა მატარებელი-რაკეტებით შეადგენს 300 ტ. სტარტის დროს პირველი და მეორე რაკეტა ჩაირთვება ერთდროულად. პირველი რაკეტის მოცილების შემდეგ მეორე რაკეტა აგრძელებს და მესამე რაკეტა ჩაირთვება მაშინ, როდესაც მეორე საფეხურის რაკეტა ამთავრებს მუშაობას. მას „სოიუზი“ გაჰყავს საჭირო ორბიტაზე. რის შემდეგადაც ისიც მოეხსნება.

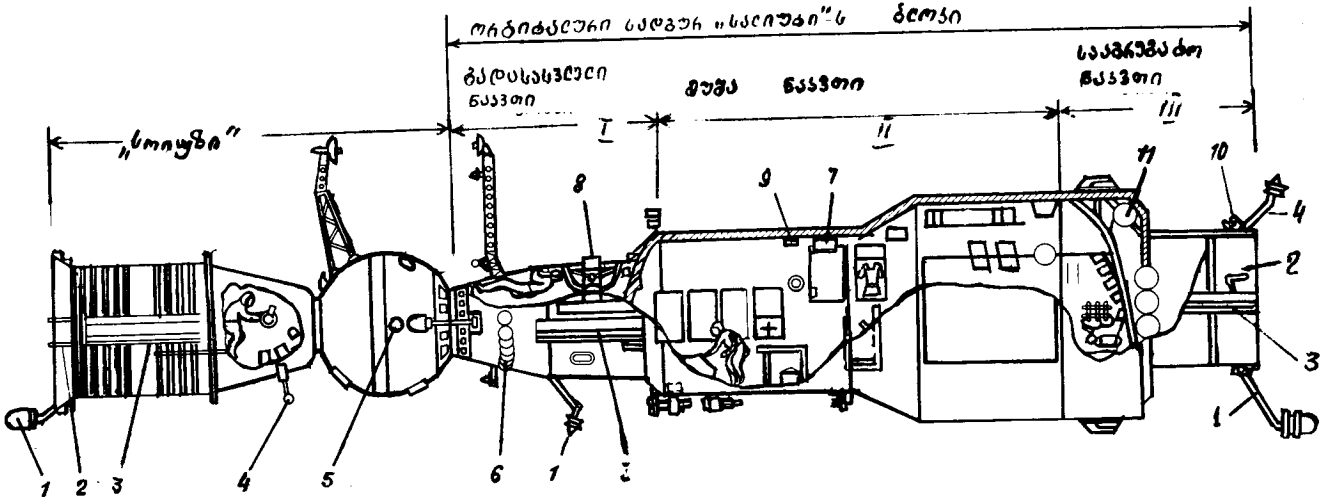
კოსმოსური გადაღებები ᲐᲡᲐ „სოიუზით“ მიმდინარეობდა ყველა ეკიპაჟის მიერ. პირველ საწარმოო დანიშნულების გადაღებებზე კი იმუშავეს „სოიუზ-9“ მფრინავმა კოსმონავტებმა ა. ნიკოლაევმა და ვ. სევასტიანოვმა, რომლებმაც დედამიწაზე ჩამოიტანეს ათასზე მეტი შავთეთრი, ფერადი და სპექტროზონალური, სხვადასხვა მასშტაბის სურათები. ეს კი მიგვითითებს ᲐᲡᲐ „სოიუზის“ კარგ შესაძლებლობებზე ფოტოგრაფიული ექსპერიმენტების ჩასატარებლად.

5.2.3. ორბიტალური პილოტირებული სადგური „სალუტი“ (სსრკ) და „სკაილები“ (აშშ)

კოსმონავტიკის განვითარებამ შესაძლებლობა მოგვცა შექმნილიყო საფრენოსნო აპარატები კოსმოსურ სივრცეში თავისუფლად სამართავი სისტემებით, რომლებიც შეასრულებდნენ მანევრირებას. 1963 წელს მსოფლიოში პირველად გაუშვეს სწორედ ასეთი კოსმოსური აპარატი „პალიოტ-1“. მანამდე კოსმოსში გაშვებულ არცერთ სხეულს არ შეეძლო შეეცვალა თავისი ორბიტა. მანევრირებელი აპარატების შექმნამ საფუძველი ჩაუყარა კოსმოსში მუდმივმოქმედ ორბიტალურ სამეცნიერო სადგურების შექმნას, სადაც შესაძლებელი გახდა ეკიპაჟის ცვლა და რთული სამეცნიერო-ექსპერიმენტული სამუშაოების შესრულება, როგორც დედამიწის, ისე სხვა პლანეტების შესასწავლად. ორბიტალური პილოტირებული სადგურის ერთ-ერთ მთავარ ამოცანად ითვლება აგრეთვე საბორტო სისტემების კონსტრუქციის ცალკეული ელემენტების გამოცდა, სადგურის ორბიტაზე მანევრირება მისი ხანგრძლივად არსებობის მიზნით და პილოტირებულ ხომალდებთან „სოიუზთან“ შეპირაპირებისთვის კარგი პირობების შექმნის შემუშავებისათვის, სადგურის ორიენტაციისა და ნავიგაციის საშუალებებისა და მეთოდების დახვეწისთვის. ფრენის დროს სრულდება მედიკურ-ბიოლოგიური გამოკვლევის ფართო კომპლექსი, რომელიც გამიზნულია ადამიანის ორგა-

ნიზმის კოსმოსში ხანგრძლივად ყოფნის შემთხვევაში მისი გამძლეობის განსასაზღვრად, დედამიწის ბუნებრივი რესურსების შესწავლის მიზნით სამეცნიერო ფოტოგრაფიული ექსპერიმენტების ჩასატარებლად და სხვა მრავალი სამეცნიერო, ტექნიკური და გამოყენებითი ხასიათის ექსპერიმენტისათვის. ორბიტალური პილოტირებული სადგური ორბიტაზე გაჰყავთ მრავალსაფეხურიანი რაკეტა მატარებლებით. ბოლო რაკეტა მატარებლის ჩამოცილების შემდეგ სადგური იწყებს ფრენას ორბიტაზე დედამიწის გარშემო 200-250 კმ-ის სიმაღლეზე. პილოტირებული ორბიტალური სადგურების სერიების ბაზად აღებულია „სალუტი“, რომლის მასა 19 ტონაა, სიგრძე 14 მ და შედგება სამი ძირითადი განაკვეთისაგან: გადასასვლელი (I), სამუშაო (II) და სააგრეგატო (III) (ნახ. 5.3). გადასასვლელი განაკვეთი, რომლის სიგრძე 3 მეტრია, ხოლო დიამეტრი 2 მ, სადგურის ერთ-ერთი განაკვეთი საცხოვრებელი ადგილია და განკუთვნილია აგრეთვე სამეცნიერო დაკვირვებებისა და ექსპერიმენტების ჩასატარებლად. აქვეა შესაპირაპირებელი კვანძიც, რომელიც შესაძლებლობას იძლევა დედამიწიდან წამოსული პილოტირებული ხომალდი ორბიტაზე მრავალჯერ შეიპირაპიროს. კოსმონავტების გადასვლა და ტვირთის გადატანაც ხორციელდება შინაგანი ლიუკ-დარბაზით. სამუშაო ნაკვეთში, რომელიც თავის მხრივ შედგება ორი ნაწილისაგან (პირველის სიგრძეა 3,8 მეტრი, მეორის 4,1 მ), სადაც განლაგებულია სამეცნიერო მოწყობილობანი, მათ შორის ფოტოკამერა (7), კინოკამერა (9) და მართვის სისტემის ხელსაწყოები, სიცოცხლის უზრუნველსაყოფი აგრეგატები და სხვა, სამეცნიერო ექსპერიმენტების, სანავიგაციო ორიენტაციის ოპერაციებისა, ფოტოგრაფირებისა და ვიზუალური დაკვირვებების ჩატარების მიზნით მას აქვს 20-მდე ილუმინატორი. სამუშაო მონაკვეთი წარმოადგენს სადგურის ძირითად საცხოვრებელსაც (მოთავსებულია შუა ნაწილში), სამუშაო და დასასვენებლებსაც. აქ მიმდინარეობს მრავალი მედიკურ-ბიოლოგიური გამოკვლევა. მუშაობა სანავიგაციო ხელსაწყოებთან. მასში ისეთივე პირობებია (ტემპერატურა, სინოტივე, ჰაერის შედგენილობა, ავეჯი, სპორტული სავარჯიშოები და სხვა), როგორც დედამიწაზე. სამუშაო განაკვეთს მოსდევს არაჰერმეტული აგრეგატული ნაკვეთი, სადაც მოთავსებულია ძრავათა დანადგარები (2), საწვავი ავზები (11), რადიოანტენები (1), ენერგომომარაგების სისტემები (3) მზის ბატარეებით და ქიმიური წყაროებით, მიკროძრავები კორექციისათვის (10), ოპტიკური სამზერები (4) და სხვა.

ორბიტალური კომპლექსი „სოიუზ“-„სალუტი“ უზრუნველყოფს კოსმონავტების ხანგრძლივი დროით შრომისუნარიანობასა და დიდი კომპლექსით სამეცნიერო-ტექნიკურ გამოკვლევებს. სადგურ „სალუტის“ მასა ხომალდის გარეშე 18900 კგ-ია, ხოლო მთლიანი სისტემის „სოიუზ“-„სალუტისა“ — 25 ტ, სისტემის სიგრძე კი 21,4 მ, გერმეტული ნაკვეთის მთლიანი მოცულობაა 100 $მ^3$, ხოლო მზის ბატარეებისა — 42 $მ^2$.



ნახ. 5.3 ორბიტალური გრძელვადიანი სადგური „სალიუტი" (სსრკ).

მრავალკამერული მეთოდით (მრავალზონალური) გადაღებისათვის პირველად გამოიყენეს „სალუტ-4“, რომელზედაც დამუშავდა და შემდგომ დაინერგა თემატური დეშიფრირების მიზნით სხვადასხვა სპექტრის ზონის კოსმოსური სურათები. „სალუტ-5“ ეკიპაჟმა კი გადაიღო ჩვენი ქვეყნის ზოგიერთი ტერიტორიის გეგმური და პერსპექტიული შავ-თეთრი, ფერადი და სპექტროზონალური კოსმოსური სურათები.

1985 წელს გაგრძელდა კოსმონავტ ვ. ჯანიბეკოვისა და ვ. სავინიხის კოსმოსური ვახტი „სალიუტ-7“ ორბიტალურ სამეცნიერო სადგურში, რომელნიც მონაწილეობდნენ კომპლექსურ ექსპერიმენტებში დისტანციური მეთოდებით გეოსისტემების დინამიკის შესწავლის ვრცელი პროგრამის ფარგლებში. ექსპერიმენტები ხორციელდებოდა ამიერკავკასიის სამეცნიერო პოლიგონის რაიონში დედამიწის ბუნებრივი რესურსების კვლევის, გარემოს შესწავლის მეთოდებისა და საშუალებების სრულყოფის მიზნით.

„სალიუტ-7“—„სოიუზ-ტ-13“—„კოსმოს-1669“ ორბიტალური კომპლექსის ფრენამ კიდევ ერთხელ დაგვიდასტურა კოსმოსიდან დისტანციური მეთოდების გამოყენების დიდი შესაძლებლობანი სამეცნიერო ტექნიკური პროგრესის გადასაჭრელად.

ამერიკის შეერთებულ შტატებში ორბიტალური სადგურების სერიების ბაზად აღებულია ორბიტალური ციური სამეცნიერო ლაბორატორია — „სკაილები“, რომელიც გამოიყენება სამეცნიერო-ტექნიკური კომპლექსური ამოცანების გადასაწყვეტად. ეკიპაჟის ტრანსპორტირება ხდება კოსმოსურ ხომალდ „აპოლონის“ მეშვეობით, რომელიც შედგება საკომანდო და ამოძრავების მონაკვეთისაგან. მთელი კომპლექსის „სკაილებ“ — „აპოლონის“ სიგრძეა 36 მ, უდიდესი დიამეტრი 7 მ, მასა 80 ტონაზე მეტი. უკანასკნელ წლებში აშშ-ში შექმნილია და ექსპლუატაციაშია შესული, როგორც უკვე აღვნიშნეთ, მრავალჯერ გაფრენის კოსმოსური ხომალდი თვითმფრინავი „შატლ“, რომელსაც კარგი მანევრირების უნარი აქვს, როგორც ჰაერში, ისე კოსმოსში და მეტად პერსპექტიულია კოსმოსური სივრცის ათვისებისათვის, კერძოდ კოსმოსურ სივრცეში ორბიტალურ სადგურებთან ტვირთის მისატანად და მგზავრების მისაყვანად.

5.2.4. საპლანეტთაშორისო ავტომატური სადგურები (სას)

პირველი საპლანეტაშორისო ავტომატური სადგური გაუშვეს 1959 წლის 2 იანვარს. რაც რაკეტა-მატარებელმა გადალახა დედამიწის მიზიდულობა, გაიყვანა ავტომატური სადგურები „ლუნა“ და „ზონდი“ მთვარის გარშემო ორბიტაზე. მას შემდეგ გეგმაზომიერად

ხორციელდება კოსმოსური სივრცისა და პლანეტების მთვარის, ვენერას და მარსის შესწავლა.

1962 წელს 1 ნოემბერს გაუშვეს სას „მარსი-1“, სადაც ახალი ამოცანები პრინციპულად გადაწყვეტილი იყო. კერძოდ, საჭირო იყო, რომ მოსური აპარატი ყოფილიყო მნიშვნელოვანი მასის, ყველა აგრეგატს უნდა ემუშავა კოსმოსში ხანგრძლივად, საჭირო იყო რადიოკავშირის დამყარება ასობით მილიონ კილომეტრზე, შექმნილიყო მრავალსაფეხურიანი მატარებელი-რაკეტა, შემუშავებული ყოფილიყო სამეცნიერო და რადიოტექნიკური კომპლექსი დედამიწის მიზიდულობის გადასალახავად, სას-ს უნდა ეფრინა მზის მიმართულებით 34 კმ/სეკ. სიჩქარით. ე. ი. გაესწრო დედამიწისთვის მის ორბიტალურ მოძრაობაში 3-4 კმ/სეკ. სიჩქარით. ორბიტის შერჩევის დროს მხედველობაში იყო მიღებული აგრეთვე მარსის ორბიტის დახრილობა დედამიწის ორბიტის სიბრტყის მიმართ, აგრეთვე პლანეტის განათებულობა ფოტოგრაფირებისათვის. რაკეტის ორბიტაზე გაყვანის ტრაექტორია უნდა ყოფილიყო ძალზე ზუსტი, რადგანაც რაკეტის სიჩქარეში დაშვებული შეცდომაც კი სულ მცირე 3 სმ/სეკ. ანუ სიჩქარის მიმართულების შეცდომა ერთი კუთხური წუთით გამოიწვევდა მარსიდან გადახრის გაზრდას 20 ათას კმ-ზე. ყოველივე ზემოთ აღწერილი გადაწყდა მაღალ მეცნიერულ-ტექნიკურ დონეზე და ბრწყინვალედ იქნა გაშვებული სას „მარსი-1“, რომლის მასა 893,5 კგ იყო. სადგურის საბორტო მოწყობილობაში შედიოდა რადიოტექნიკური აპარატურა ანტენებით, რომლითაც ხდებოდა ტრაექტორიული და ტელემეტრული გაზომვების გადმოცემა, აგრეთვე რადიოტელესკოპები კოსმოსში რადიოგამოსხივების, პროტონებისა და ელექტრონების რეგისტრაციისათვის. მართვა სრულდებოდა როგორც ავტომატურად, ისე რადიოკავშირით მიწისზედა პუნქტების განკარგულებით. სისტემაში გამოიყენეს ოპტიკური გადამცემები, რომლებიც მიმართული იყო მზისა და ვარსკვლავებისაკენ. ნახევარსფეროს რადიატორები უზრუნველყოფდნენ თერმორეგულირებას. კოსმოსურ გადამღებ აპარატურაში შედიოდა ფოტოტელევიზიური კამერა პლანეტის გარსის მაგნიტური ველის მოსანახავად და კოსმოსში მაგნიტური ველის გასაზომად, აგრეთვე გარსზე რადიაციის გასაზომი ხელსაწყოები. ტელემეტრული ინფორმაციის გადმოცემა სრულდებოდა სპეციალური აპარატებით, რომელთა ინფორმაციის სეანსები შედიოდა დასამახსოვრებელ სისტემებში. მიღებული ინფორმაცია მუშავდება ეგმ-ზე საკორდინაციო გამოთვლით ცენტრში. იქ ანალიზდება და შემდეგ მიიღება გადაწყვეტილება ტრაექტორიის კორექციაზე. ამგვარად სას წარმოადგენს რთულ რადიოტექნიკურსა და სამეცნიერო საფრენოსნო აპარატებს, რომლებიც განკუთვნილია პლანეტების ზედაპირის პანორამული ფოტოგრაფირებისათვის, პლანეტის ატმოსფეროს ხასიათისა და დინამიკის შესწავლისათვის, მისი სითბური რეჟიმისათვის.

1975 წლის 8 და 14 ივნისს გაუშვეს გაუმჯობესებული ასს-ები „ვენერა-9“ და „ვენერა-10“, რომლებიც კონსტრუქციულად შედგებიან ორბიტალური და დასაშვები სისტემებისაგან.

5.2.5. კოსმოსური საფრენოსნო აპარატების (კსა) ფრენის ძირითადი პარამეტრები

პარამეტრები, რომლებიც ერთნაირიად განსაზღვრავენ საფრენოსნო აპარატების მდებარეობას სივრცეში, უწოდებენ ორბიტის ელემენტებს. მათ მიეკუთვნება ელემენტები, რომლებიც ახასიათებენ ორბიტის სიბრტყის მდებარეობას სივრცეში მის ფორმასა და ზომებს. აგრეთვე ელემენტები, რომლებიც განსაზღვრავენ კოსმოსურ საფრენოსნო აპარატებს (კსა) ორბიტაზე. ორბიტა ციურ ეკვატორს გადაკვეთს აღმავალ და დაღმავალ წერტილებში, რასაც ორბიტის აღმავალ და დაღმავალ კვანძებს უწოდებენ. კუთხურ მანძილს აღმავალი წერტილიდან გაზაფხულის ბუნიობის წერტილამდე, უწოდებენ ორბიტის აღმავალი კვანძის პირდაპირ აღმასვლას და α_φ აღნიშნავენ. ორბიტის სიბრტყის დახრილობას ეკვატორის სიბრტყის მიმართ კი აღნიშნავენ i-თი. ელემენტები α_φ და განსაზღვრავენ ორბიტის ორიენტაციას სივრცეში. ორბიტის ფორმა განისაზღვრება ექსცენტრისიტეტით (e). რომელიც გამოითვლება ფორმულით:

$$e=\frac{c}{a}$$

სადაც a ორბიტის დიდი ნახევარღერძია; ხოლო c — მანძილი ორბიტის ცენტრსა და ფოკუსს შორის. ექსცენტრისიტეტის მნიშვნელობის შესაბამისად ორბიტა შეიძლება იყოს: წრიული $e=0$; ელიფსური $(0<e<1)$; პარაბოლური $(e=1)$ და ჰიპერბოლური $(e>1)$.

აპოცენტრისა და პერიცენტრის პროექციას ციურ სფეროზე (ეს არის შესაბამისად აპოგეა და პერიგეა), რკალის კუთხურ მანძილს ორბიტის აღმავალი კვანძიდან პერიცენტრამდე უწოდებენ პერიცენტრის გრძედს (w). თანამგზავრის ორბიტაზე მდებარეობა ხისიათდება ჭეშმარიტი ანომალიით (v) ან იმ დროით (T), რომელსაც თანამგზავრი გადის პერიგეიზე გავლის მომენტიდან მოცემულ მომენტამდე. ამგვარად, თანამგზავრის სივრცეში მდებარეობა მთლიანად განისაზღვრება ექვსი ელემენტით: α_φ, i, a, e, w, v (T), რომელიც შეესაბამება რომელიმე დროის მომენტს t და უწოდებენ ელემენტების ეპოქას.

გარდა აღნიშნულისა, ორბიტას აქვს უამრავი პარამეტრი, რომლებითაც შეიძლება ისინი ერთმანეთისაგან გავარჩიოთ. ამათგან შეიძლება გამოვყოთ ზოგიერთი ძირითადი ნიშანი, რომლითაც შეიძლება დავახასიათოთ ორბიტის ტიპები.

ორბიტებს ყოფენ ძსა-ს დახრილობით, მოძრაობის მიმართულებით, ბრუნვის პერიოდითა და ფრენის სიმაღლით.

ორბიტა (i) შეიძლება იყოს: დახრილი, ეკვატორიული და პოლარული (ან პოლუსური). თუ ეკვატორიული ორბიტის დახრილობა ნულის ტოლია (i=0), მაშინ ძსა გადაუფრენს ეკვატორს თავზე. თუ დედამიწის ზედაპირის მიმართ მისი სიმაღლე H=35786 კმ-ს მაშინ ძსა-ს ბრუნვის პერიოდი და დედამიწის ბრუნვის პერიოდი ერთმანეთს დაემთხვევა, ხოლო თუ მათი მოძრაობის მიმართულებაც დაემთხვევა, მაშინ ძსა პლანეტის ერთი და იგივე წერტილში დაკიდებულივით იქნება ყოველთვის.

პოლუსურ ძსა-ს ის განსაკუთრებულობა ახასიათებს, რომ მას შეიძლება ვუმზიროთ დედამიწის ზედაპირის ნებისმიერი წერტილიდან. დედამიწის ბრუნვის გამო პოლუსური ძსა ტრაექტორიის პროექცია ყოველი ახალი შემობრუნებისას გადაადგილდება დასავლეთით. ძსა შეიძლება დავყოთ პირდაპირ და შებრუნებულ მიმართულებად. მაგალითად, პირდაპირი თანამგზავრი მოძრაობს დასავლეთიდან აღმოსავლეთისაკენ და მის ორბიტას აქვს დახრილობა $0 \leqslant i \leqslant 90^\circ$ ხოლო შებრუნებული თანამგზავრი მოძრაობს აღმოსავლეთიდან დასავლეთისაკენ.

ფრენის სიმაღლის მიხედვით ძსა არის მფრინავები: 500 კმ-მდე; 500-2000 კმ-მდე და 36000-40000 კმ-მდე. 500 კმ-მდე უშვებენ „კოსმოსის" სერიის ხელოვნურ თანამგზავრებს, პილოტირებულ კოსმოსურ ხომალდებსა და სხვა ძსა-ს. 500-2000 კმ-მდე უშვებენ მეტეოროლოგიურ, გეოდეზიურ, ასტრონომიულ და სხვა დედამიწის ხელოვნურ თანამგზავრებს 36000-40000 კმ-მდე გაჰყავთ თანამგზავრები ძირითადად კავშირგაბმულობის მიზნით ან გლობალურ მასშტაბში ღრუბლების წარმოქმნაზე და დედამიწის ზედაპირზე დაკვირვებისათვის.

თანამგზავრს უწოდებენ გეოსტაციონარულს თუ მისი ექსცენტრისიტეტი e=0, სიმაღლე კი დედამიწის ზედაპირიდან H=35786 კმ. მათ მიეკუთვნება საბჭოთა თანამგზავრები „ეკრანის", „რადუგას" ტიპები და ამერიკული თანამგზავრები „ატს", „მარსიატი", „ინტელსატი" და სხვა.

კოსმოსური საფრენოსნო აპარატების (ძსა) ორბიტების გასაანგარიშებლად, კოსმოსური გადაღებისათვის, გეომეტრიული პარამეტრების განსაზღვრისათვის (მოძრაობის ტრასის განსაზღვრისათვის) (ე. ი. დედამიწის ზედაპირზე ორბიტის პროექციისათვის), მიწისზედა გამზომი კომპლექსების მუშაობის კოორდინაციისათვის და სხვა, საჭიროა ვიცოდეთ ზუსტად თუ რომელ კოორდინატთა სისტემაშია მოცემული ძსა-ს მდებარეობა. კოორდინატთა სისტემა კი შეიძლება იყოს მართკუთხა, სფერული, მბრუნავი ან არამბრუნავი (ინერციული), ეკვატორული, ეკლიპტიკური და სხვა.

კორდინატთა სისტემები განსხვავდებიან ათვლის საწყისებით,

ძირითადი სიბრტყის მდებარეობითა და მთავარი ღერძის მიმართულებით. კოორდინატთა სისტემებს, სათავის მდებარეობის მიხედვით არჩევენ: ჰელიოცენტრულს, გეოცენტრულს, ტოპოცენტრულს, ბარიცენტრულს, სელენოცენტრულს და პლანეტოცენტრულს, რაც შეესაბამება მათ კოორდინატთა სათავეს მდებარეობის შესაბამისად — მზის, დედამიწის მასის ცენტრს, დედამიწის ზედაპირიდან მზერის წერტილს, ჯსა-ს მასის ცენტრს, მთვარის მასის ცენტრს, პლანეტის მასის ცენტრს.

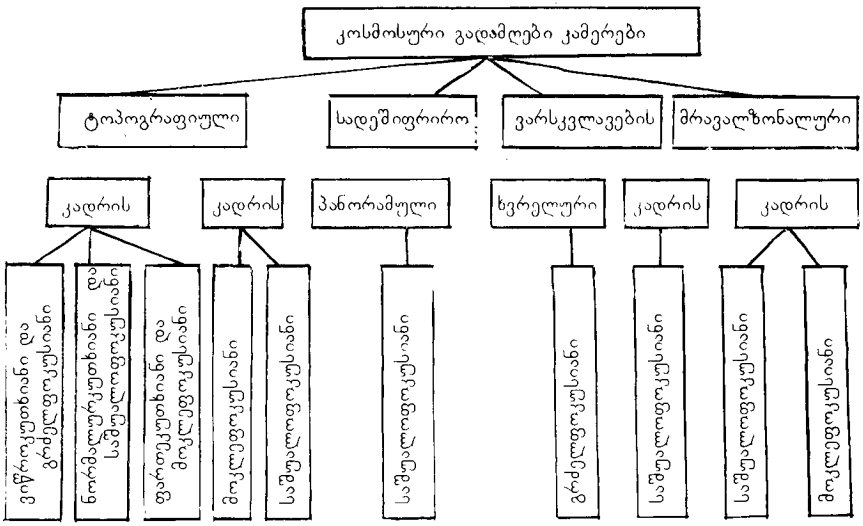
5.3. კოსმოსური გადამღები აპარატების კლასიფიკაცია

კოსმოსიდან ფოტოგრაფირება ხდება ხელის კამერებითა და აეროფოტოაპარატებით, მათ შორის სპეციალურად კოსმოსიდან გადასაღები აპარატებით, რომლებიც შეიძლება იყოს ერთ ან მრავალობიექტივიანი კადრის ზომებით 7×7, 13×18, 18×18, 24×24, 30×30 სმ, რომელთა ფოკუსური მანძილების დიაპაზონი შეიძლება მერყეობდეს ათობითი მილიმეტრიდან მეტრზე მეტადაც. მაგალითად, ამერიკულ კოსმოსურ ხომალდზე „ჯემინი-5“ დამაგრებული იყო კამერები f_K=200 მმ, f_K= =1270 მმ, ხოლო თანამგზავრ „სამოს“-ზე f_K=3 მ-ს. ეს დამოკიდებულია იმაზე, თუ რა სიმაღლიდან და რა მიზნით ხდება ეს გადაღება. თუ გადაღება მიმდინარეობს დაბალი სიმაღლიდან, მაშინ იყენებენ ფართოკუთხიან და მოკლე ფოკუსურ მანძილიან ფოტოაპარატებს, ხოლო მაღალი სიმაღლის ორბიტიდან თუ საჭიროა მივიღოთ გამოსახულების კარგი დეტალიზაციით — ვიწრო კუთხიან და გრძელფოკუსურ მანძილიან აპარატებს. კოსმოსური გადამღები კამერები გადასაღები მასალების დანიშნულების მიხედვით, გადაღების მეთოდებისა და გეომეტრიული პარამეტრების მიხედვით არის ოთხნაირი: ტოპოგრაფიული, სადეშიფრირო, ვარსკვლავური და მრავალზონალური. თითოეულ მათგანს წაყენებული აქვს სპეციალური მოთხოვნები, რომელიც მოცემული სახისთვისაა დამახასიათებელი და საერთო, — რომელიც ყველასთვისაა დამახასიათებელი. 5.2. ცხრილში ნაჩვენებია კოსმოსური გადამღები კამერების ძირითადი ტიპები, რომლებიც გამოიყენება დანიშნულების მიხედვით.

ტოპოგრაფიული კოსმოსური გადამღები კამერები განკუთვნილია გეგმური სურათების მისაღებად დედამიწისა და მთვარის ზედაპირის სტერეოფოტოგრამმეტრიული მეთოდით ტოპოგრაფიული რუკების შესადგენად. კოსმოსური ნეგატივი ამ შემთხვევაში წერტილების კ ო ო რ დ ი ნ ა ტ ე ბ ი ს გ ა ნ ს ა ზ ღ ვ რ ა ს უ ნ დ ა ი ძ ლ ე ო დ ე ს, გაზომვის სიზუსტეს — ±10 მკმ საშუალო კვადრატული შეცდომით. ამავე დროს, ნეგატივის განაპირა ველზე უნდა ჩაიბეჭდოს სურათის კოორდინატთა

ჭდეები — გადაღების მიმართულების, ნეგატივის დეფორმაციისა და სურათის მთავარი წერტილის განსაზღვრისათვის. დღეისათვის ფართოდ

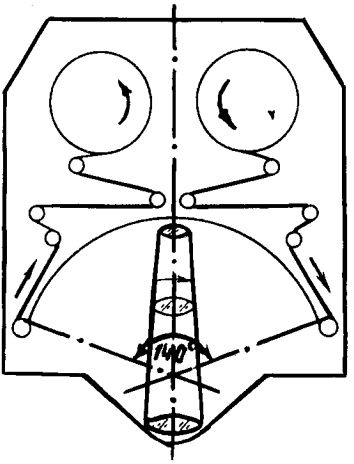
ცხრილი 5.2



გამოიყენება კოსმოსური ფოტოკამერა KATЭ-140, რომლის ფოკუსური მანძილიც 140 მმ-ია. კადრის ზომა კი 18×18 სმ.

სადეშიფრირო გადამღები კამერები საჭიროა იმ სურათების მისაღებად, რომლებიც განკუთვნილია ფოტოგეგმის, ფოტოსქემის, თემატური რუკების შესადგენად და ობიექტების ამოცნობის კომპლექსური სამუშაოების ჩასატარებლად. როგორც წესი, ასეთი სურათები დიდი კადრისა და გრძელფოკუსმანძილიანია ($f_к > 300$ მმ). ასეთ კამერებში დისტორსიაც და ფირის გასწორების სიზუსტეც მეტ-ნაკლებად დაბალია.

პანორამული გადაღების მეთოდი ორგვარია: პერსპექტიული და გეგმურ-პერსპექტიული. პანორამული ფოტოგრაფირების არსი მდგომარეობს იმაში, რომ გამოსახულების ადგილა ხდება ვიწრო სხივთა კონით, რომელიც ბრუნავს ფოტოგრაფირების დროს ობიექტივის უკანა კვანძურ წერტილზე. გამოსახულების პროექტირება შეიძლება მოხდეს ცილინდრულ ან კონუსურ სიბრტყეზე. ადგილის ფოტოგრაფირება სრულდება ფრენის მიმართულების მიმართ მართობულად ჰორიზონტიდან — ჰორიზონტამდე.



ნახ. 5.4 პანორამული აეროფოტოაპარატის სქემა მბრუნავი ობიექტივით.

5.4 ნახ-ზე ნაჩვენებია პანორამული აფა-ს სქემა მბრუნავი (140°-მდე) ობიექტივით. ობიექტივთან ერთად სინქრონულად ბრუნავს მაექსპონირებელი ხვრელიც. ფარდობითი ხვრელის სიგანით განისაზღვრება ექსპონირების დრო. საფრენოსნო აპარატის სწრაფი მოძრაობის გამო გამოსახულების ძვრების კომპენსაციისათვის ჩაყენებული აქვს დოლისებრი ლინზა.

პერსპექტიულ პანორამულ სურათს კადრის ერთი ნაპირიდან მეორე ნაპირამდე ახასიათებს მასშტაბის მნიშვნელოვანი ცვალებადობა, რისთვისაც საჭიროა გამოვიყენოთ სპეციალური ფოტოტრანსფორმატორი. დიდი ტერიტორიის გადაღების უნარის გამო პერსპექტიული პანორამული გადაღება თანდათან დომინირებული ფაქტორი ხდება.

ვარსკვლავების გადამღები კამერებით ღებულობენ ვარსკვლავთა ცის სურათებს, რომლის საშუალებითაც განსაზღვრავენ საფრენოსნო აპარატების კოორდინატებს მოცემულ კოორდინატთა სისტემაში და ტოპოგრაფიული კამერის მუშაობისა და მისი ზუსტი ორიენტირებისთვის. ასეთ ნეგატივებზე ვარსკვლავების გაზომვა უნდა ხდებოდეს არაუმეტეს 5 მკმ საშუალო კვადრატული შეცდომით. ამიტომ კოსმოსური ვარსკვლავების კამერას უნდა ჰქონდეს ობიექტივი მცირე დისტორსიისა და დიდი შუქძალის. ოპტიმალურ ფოკუსურ მანძილად მიღებულია fк=150-200 მმ.

მრავალზონალური კოსმოსური კამერები განკუთვნილია დედამიწის ზედაპირის სხვადასხვა სპექტრში ერთდროული გადაღებისათვის. კოსმოსური გადაღება შეიძლება მოვახდინოთ ერთ ფირზე ერთი აპარატის მრავალი კამერით ან რამოდენიმე ფირზე რამოდენიმე კამერით, თითოეულისათვის ვიწრო უბნის შუქ-ფილტრების გამოყენებით. მრავალზონალური კამერა პირველად გამოიყენეს 1973 წ. კოსმოსური კომპლექსის „სოიუზ-4“ ფრენის დროს (კოსმონავტები ვ. სევასტიანოვი და პ. კლიმუკი). გადაღება წარმოებდა მოცემულ მომენტში ერთდროულ ოთხი კამერით, სხვადასხვა ან ერთი და იგივე ფირზე. დღეისათვის აეროკოსმოსურ გადაღებებში ფართოდ იყენებენ მოდერნიზებულ მრავალზონალურ ექვსობიექტივიან კამერას, რომლის fк= 125 მმ კადრის ზომებია 6×8 სმ, ადგილზე გარჩევითუნარიანობა 20-25 მ.

1:2,4 მილიონიანი მასშტაბის სურათისთვის. მრავალზონალური კამერა შექმნილია ყოფილი საბჭოთა და გდრ-ის სპეციალისტების ერთობლივი მუშაობით (აშშ კოსმოსური ფოტოკამერით რომლის $f_k = 1270$ მმ-ია კოსმოსური ხომალდიდან „ჯემინი"-დან 3000 კმ სიმაღლიდან მიიღეს 1:200000 მასშტაბის კოსმოსური სურათები, რომლის გარჩევითუნარიანობა ადგილზე შეადგენდა 5-10 მეტრს).

5.3 ცხრილში მოყვანილია МКФ-6 М თითოეული კამერის სპექტრული დიაპაზონი.

ცხრილი 5.3

არხი	დიაპაზონი		სპექტრო უბანი
პირველი	460	500	ლურჯ-მწვანე
მეორე	520	560	ყვითელ-მწვანე
მესამე	580	620	ყვითელი
მეოთხე	640	680	წითელი
მეხუთე	700	740	ახლო ინფრაწითელი
მეექვსე	780	860	ახლო ინფრაწითელი

МКФ-6-ის ტექნიკური მახასიათებლები:

ობიექტივი (პინტარ 4/125) (ცალი) 6
ფოკუსური მანძილი (მმ) . . . . . $125 \pm 0{,}5$
კასეტა (ცალი) 6
ფირის თადარიგი (მ) 26
ექსპოზიციის დიაპაზონი (სეკ) . . . . . $1/20 \div 1/200$
შუქძალა . . . . . $1{:}4 \div 1{:}13{,}5$
დისტორსია (მკმ) 3

იმისათვის, რომ შევქმნათ ფერადი გამოსახულება ნატურალურ ან პირობით ფერებში, აპარატურის კომპლექტს თან ახლავს მასინთეზირებელი პროექტორი.

პროექტორზე შესაძლებელია დავათვალიეროთ ოთხი კერძო გამოსახულება, რომელიც თანმიმდევრულად თავსდება ეკრანზე. ამავე დროს, შეიძლება დავიანგარიშოთ ობიექტის ფართობებიც, რომელთაც ერთნაირი პირობითი ფერები აქვთ. მასინთეზირებელ პროექტორზე შესაძლებელია აგრეთვე სურათების ბეჭდვაც ფერად და შავ-თეთრი გამოსახულების ფოტოქაღალდზე. მრავალზონალური ფოტოკამერების გარდა ფართოდ იყენებენ აგრეთვე მრავალსპექტრულ გამშლელებს.

5.3.1. კოსმოსური სურათების კლასიფიკაცია

კოსმოსური გადაღების მასალები მრავალსახეობისაა, როგორც მათი მიღების ხერხებით, ისე მასშტაბებით, ინფორმატიულობით, სპექტრული გარჩევითობით, მიმოხილვადობით და სხვა. ამიტომ მიზანშეწონილია მათი კლასიფიკაციაც განისაზღვროს როგორც თვისებებით (რომელიც განსაზ ღვრავს მათ შესაძლებლობებსა და გამოყენებებს), ისე დეშიფრირების (ინტერპრეტაციის) თავისებურებებით. კოსმოსური სურათები მიმოხილვადობით ოთხგვარია:

1. გლობალური გამოსახულებით, რომელზედაც ასახულია პლანეტის განათებული ნაწილი ან მთელი მატერიკები. ასეთ გადაღებებს მიმართავენ 20-30 ათიათას კმ-ის სიმაღლეზე და მიიღება 1:100 მილიონიანი მასშტაბის სურათები, რომლის ადგილზე ობიექტის გარჩევითუნარიანობა ათეულ კილომეტრებს აღწევს და სატყეო საქმეში პრაქტიკულად არ გამოიყენება;

2. რეგიონალური-სურათები, რომლებზედაც გამოისახება მატერიკების გარკვეული ნაწილი ან დიდი რეგიონები. ადგილზე ობიექტის გარჩევითუნარიანობა შეადგენს ასობით მეტრს (1:1 მილიონი — 1:10 მილიონიანი მასშტაბის სურათები ძირითადად გამოიყენება მეტეოროლოგიაში).

3. ლოკალური — 1:1 მილიონი — 1:500000 მასშტაბის სურათები, რომლის ადგილზე ობიექტების გარჩევითობაც ათობით მეტრებშია და თავისი ინფორმაციით შეესაბამება 1:100000 — 1:1 მილ. გეორგაფიულ რუკებს. ასეთი სურათები მიიღება ფოტოგრაფიული სისტემებით საშუალო ფოკუსურმანძილიანი ფოტოაპარატებითა და ტელევიზიური სისტემებით.

4. დეტალური სურათები, რომლებზედაც ასახულია ობიექტის (ადგილის) ცალკეული ნაწილი 1:1 მილიონი — 1:100000 მასშტაბში. ადგილზე ობიექტის გარჩევითობაა ერთეული მეტრები და უფრო ნაკლები. გადაღებას აწარმოებენ გრძელფოკუსურმანძილიანი აპარატებით 200 კმ-ის ორბიტის სიმაღლიდან.

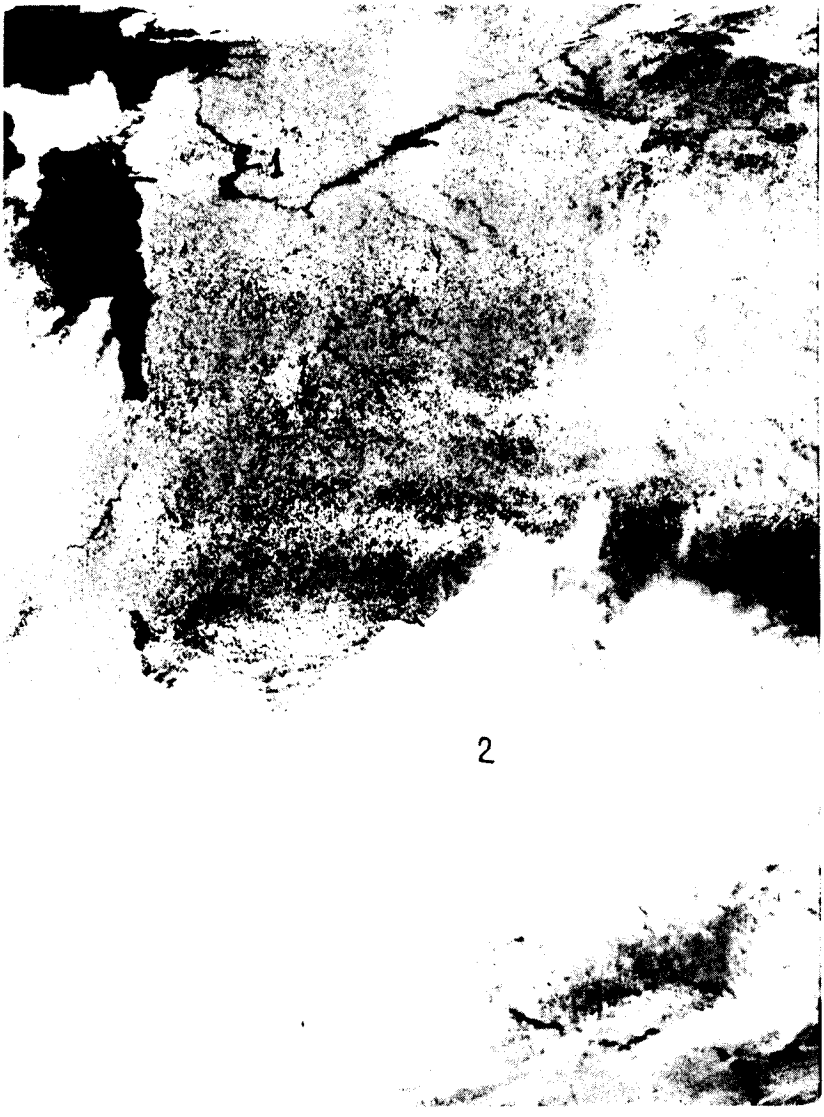
რეგიონალური, ლოკალური და დეტალური კოსმოსური სურათები სატყეო საქმეში გამოიყენება მეურნეობის მრავალი ამოცანის გადაწყვეტისას — ტყის ფონდის შესწავლის, მათი მდგომარეობის დადგენასა და გაკონტროლებისას.

მ ა ს შ ტ ა ბ ი ს მიხედვით კოსმოსური სურათებიც ისევე როგორც აეროსურათები პირობითად სამგვარია: წვრილმასშტაბიანი (1:100 მლნ — 1:10 მლნ), საშუალო (1:10 მლნ — 1:1 მლნ) და მსხვილი (1:1 მლნ და უფრო მსხვილი).

ი ნ ფ ო რ მ ა ც ი უ ლ ო ბ ი ს მიხედვით სურათები ძირითადად ხასიათდება გარჩევითუნარიანობის მიხედვით, რომელიც თავის მხრივ ხუთგვარია:

ძალიან დაბალი გარჩევითობის, ე. ი. ადგილზე შეადგენს ათობით კილომეტრს. ასეთი გარჩევითობა ახასიათებს სურათებს, რომლებიც მიიღება თანამგზავრებით დიდი სიმაღლის ორბიტიდან, საპლანეტო ორბიტალურ სადგურებიდან, რადიომეტრული სკანერებით.

დაბალი გარჩევითობის — ადგილზე შეადგენს 1 კმ. ახასიათებს ტელევიზიურ სურათებსა და მეტეოროლოგიური თანამგზავრებიდან მიღებულ სურათებს.



ნახ. 5.5 წვრილმასშტაბიანი კოსმოსური სურათი. 1 ჰიდროგრაფიული ქსელი; 2 ღრუბლები.

საშუალო გარჩევითობის ადგილზე შეადგენს 100 მეტრს. მიეკუთვნება ტელევიზიური სურათები, რომელებიც მიიღება რესურსების შემსწავლელ თანამგზავრებიდან „მეტეორი", „ლანდსატი", „კოსმოსი" და ფოტოგრაფიული სურათები მიღებული ფაროეკუთხიანი ფოტოაპარატებით პაძ და გრძელვადიანი ორბიტალური სადგურებიდან (ბოს);

მაღალი გარჩევითობის ადგილზე შეადგენს ათობით მეტრებს. ფოტოგრაფიული სურათები, რომლებიც მიიღებიან მაღალხარისხიანი ფოტოაპარატებით აძხ, ბოს და პძხ-დან;

ძალიან მაღალი გარჩევითობის ადგილზე შეადგენს ერთეულ მეტრებს ან ათეულ სანტიმეტრებს. ასეთი სურათები მიიღება დაბალი ორბიტებიდან მაღალხარისხოვანი გრძელფოკუსურმანძილიანი ფოტოაპარატებით;

გამოსახულების დეტალურობით რომელიც დაკავშირებულია გარჩევითუნარიანობასთან. იგი იყოფა სამ ჯგუფად:

მცირე დეტალურობის რომელსაც აქვს გარჩევითობა 1 (მმ-ში) ხუთი ხაზი და ერთეულ ფართობზე შეიცავენ შედარებით დაბალ ინფორმაციას. ეს არის ძირითადად მეტეოროლოგიური სურათები.

საშუალო დეტალურობის რომლის გარჩევითუნარიანობაა 1 (მმ-ში) 10 ხაზი. შეიცავს მნიშვნელოვან ინფორმაციას ფართობის ერთეულზე და შეიძლება გავადიდოთ სურათები 5 -10-ჯერ.

ინფორმაციული – რომლის გარჩევითუნარიანობა შეადგენს 1 (მმ-ში), 20 ხაზს და სურათები შეიძლება გავადიდოთ 10×30-ჯერ. ასეთი სურათები მიიღება МКФ-6-ით.

რაც შეეხება ფოტომასალებს კოსმოსური გადაღებისათვის, მათ უფრო დიდ მოთხოვნილებებს უყენებენ. ვიდრე აეროფოტოგადაღებისას. ისინი უფრო დიდი გარჩევითუნარიანობით, მაღალი კონტრასტულობით ($\gamma = 2,5-3,0$), დიდი შუქმგრძნობიარობითა და ფართო სენსიბილიზაციურობით უნდა ხასიათდებოდნენ. ჩვენში ძირითადად იყენებენ შავ-თეთრი გამოსახულების (იზოპანქრომის ტიპის 17, 18, 27, 28), ფერად სპექტროზანალურ (СН-8) და ნატურალური ფერების (ЦН-3) ფერად ფოტოფირებს, რომლებიც კოსმოსურ გადაღებებში ხასიათდებიან, როგორც დიდი ინფორმაციის გადამტანები. ადგილზე ათობით მეტრიდან ერთეულ მეტრამდე და მცირე ობიექტების გარჩევითუნარიანობით, რაც საშუალებას იძლევა სახალხო მეურნეობის სხვა მრავალ ამოცანასთან ერთად წარმატებით გადავწყვიტოთ სატყეო-სამეურნეო ამოცანებიც. სხვა სახის გადაღებები კოსმოსიდან შედარებით უფრო დაბალი ინფორმატიულობით ხასიათდება და მნიშვნელოვნად ჩამორჩება



ნახ. 5.6. კასპიის ზღვა და აფშერონის ნახევარკუნძული (აზერბაიჯანის რესპუბლიკა) კოსმოსურ სურათზე.

ფოტოგრაფიულ გადაღებებს, რის გამოც ნაკლებად ან არ გამოიყენება სატყეო-სამეურნეო საქმეებში, რაც შეეხება ტყეების კოსმოვიზუალურ დათვალიერებას, პირველად ჩატარდა 1979 წელს კოსმონავტ ვ. ლიახოვისა და ვ. რიუმინის მიერ „სალიუტ-6“-დან. ექვსთვიანი ფრენის დროს მათ დაგვიდასტურეს, რომ მიზანშეწონილია სისტემატურად ჩატარდეს კოსმოსური გადაღებები და კოსმოვიზუალური დაკვირვებები სატყეო-სამეურნეო ინტერესებისათვის.

დისტანციური ზონდირების ძირითადი პრინციპები

6.1 დისტანციური დაკვირვებების ფიზიკური საფუძვლები

ადამიანი გარემოზე (სადაც მას უხდება არსებობა) დაკვირვებისა და მისი შესწავლისას იყენებს ყნოსვის, მხედველობის, შეგრძნებისა და სმენის ორგანოებს, რაც ობიექტის გამოსხივების ხასიათის შესაბამისად გარკვეულ წარმოდგენას გვაძლევს მათ შესახებ. სითბოს ან სიცივის შეგრძნების შედეგად შეგვიძლია დავახასიათოთ ჩვენგან დაცილებული რომელიმე ენერგიის წყარო. ყოველივე ეს კი წარმოადგენს დისტანციური დაკვირვების ბუნებრივ ფორმას.

ობიექტზე ან მოვლენების შესახებ ადამიანის შეხების გარეშე ინფორმაციის მიღებაში ძალზე დიდ როლს ასრულებს მხედველობა.

მხედველობის დისტანციური დაკვირვების ძირითადი კომპონენტებია თვალი და თავის ტვინი. ხილული ენერგია (შუქის სახით), რომელიც აირეკლება ან სხივდება უშუალოდ ობიექტიდან, ხვდება თვალის შუქმგრძნობიარე უჯრედებს, რომელიც დაკავშირებულია მხედველობის ნერვით თავის ტვინთან, სადაც დროის რეალურ მასშტაბში მყისვე გადამუშავდება მიღებული ინფორმაცია. ადამიანის თვალი შეიგრძნობს როგორც გამოსხივების ინტენსიურობის, ისე მისი ტალღების რხევის სიხშირეს, რომლითაც ხასიათდება ენერგიის ნაკადი.

ჩვენ შეგვიძლია გავარჩიოთ სიკაშკაშის ინტერვალი და ფერების ტონი. თავის ტვინში კი იმავე წამს გადამუშავებული მონაცემები სინთეზირდება და წარმოისახება გამოსახულება (გარეგნობა). თავის ტვინიც აგრეთვე ინფორმაციის დამგროვებელი ერთგვარი ბანკია, სადაც მართალია დიდხანს არ ინახება ადრე შექმნილი სახეები, მაგრამ ზოგიერთი აზრობრივი შედარებით შეიძლება მოცემულ მომენტში მიღებული გამოსახულება შევადაროთ ან შევაფარდოთ წინათ მიღებულ სახეებთან ინფორმაციულად და დავუპირისპიროთ მათ. სწორედ ასეთსავე პრინციპზეა აგებული ხელოვნური (ტექნიკური) საშუალებების დახმარებით დისტანციური დაკვირვევები, რომელიც საშუალებას იძლევა, ბუნებრივი სისტემისაგან განსხვავებით, აღვადგინოთ უწინდელი მონაცემები სხვადასხვა სიჩქარით. მაგალითად, ზოგიერთი ბუნებრივი მოვლენა შეიძლება გამოვიკვლიოთ დინამიკაში დაფიქსირებული მონაცემების შენელებითი აღდგენით; შევადაროთ სხვადასხვა დროს მიღებული ინფორმაცია მაღალი სიზუსტით. გავაძლიეროთ ესა თუ ის გამოსახულება და შევასუსტოთ მეორე, ან ხაზიც კი გავუსვათ ამა თუ იმ მოვლენას, ცალკე გამოვყოთ და ა. შ. განვიხილოთ დღეისათვის არსებული ზოგიერთი საშუალებები, რომლებიც ფართოდ გამოიყენება აეროკოსმოსურ მეთოდებში.

6.2. დისტანციური დაკვირვებები ტექნიკური მოწყობილობების საშუალებით

ადამიანმა გამოიგონა, შექმნა და განავითარა სხვადასხვა სახის სპეციალური ხელსაწყო, რითაც ბუნების მიერ ნაბოძები დისტანციურად დაკვირვების შეზღუდული უნარი მნიშვნელოვნად გააფართოვა.

ქვემოთ განხილული იქნება ის ფიზიკური მოვლენები, რომლებიც საფუძვლად უდევს აეროკოსმოსურ მეთოდებში შესაბამისი ხელსაწყოებისა და აპარატების მუშაობის პრინციპებს.

ძ ა ლ ი ს მ ი ე რ ი ვ ე ლ ი. დედამიწის შემსწავლელმა ყველა მეცნიერმა კარგად იცის თუ რა გამოვლინებები და კანონები აქვს გრავიტაციული და მაგნიტური ველის ძალებს. გრავიტაცია ეს ის ძალაა, რომლითაც ჩვენი სამყაროს ნებისმიერი სხეული ზემოქმედებას ახდენს ნებისმიერ სხვა სხეულზე. იგი პირდაპირპროპორციულია ნებისმიერი წყვილი სხეულის მასათა ნამრავლისა და უკუპროპორციულია ამ მასების ცენტრებს შორის უმოკლესი მანძილის კვადრატისა. გრავიტაციის გამომწვევი მიზეზი ჩვენთვის დღემდე უცნობია, მაგრამ ჩვენ შეგვიძლია იგი გავზომოთ და მიღებული შედეგი გამოვიყენოთ. მაგალითად, დედამიწის ქერქის აგებულების შესწავლაში, დედამიწის როგორც პლანეტის გეოფიზიკური წარმოდგენის დასასაბუთებლად. ხოლო მაგნეტიზმი წარმოადგენს იმ ძალას, რომლითაც გარკვეული მინერალები და დედამიწა მიიზიდავენ სხვებს, განსაკუთრებით კი რკინას. მინერალების ასეთი მაგნიტური თვისება საშუალებას იძლევა გეომაგნიტური აგეგმვებით ვეძიოთ მათი სამრეწველო მარაგი, ჩვეულებრივ დისტანციურ დაკვირვებაში არჩევენ „აქტიურ“ და „პასიურ“ მეთოდებს. „პასიურ“ მეთოდში მარეგისტრირებელი მოწყობილობა აფიქსირებს ენერგიას, ან ძალას, რომელიც გამომდინარეობს თვით დასაკვირვებელ ობიექტიდან ანდა „მესამე“ წყაროდან. „აქტიური“ სისტემები კი მუშაობს სიგნალების რეგისტრაციის პრინციპზე, რომელიც შექმნილია ხელოვნურად. ამის ცნობილი მაგალითია რადარი. კონტროლირებულ პირობებში გენერირებული ელექტრომაგნიტური სიგნალებით, რომელიც მიმართულია რომელიმე ობიექტისაკენ, შეგვიძლია დავადგინოთ ამ ობიექტის თვისებები და ხასიათი. თუ გამოიყენებენ აკუსტიკურ ენერგიას, მაშინ ასეთ აქტიურ სისტემას უწოდებენ ს ო ნ ა რ ს.

ე ლ ე ქ ტ რ ო მ ა გ ნ ი ტ უ რ ი ე ნ ე რ გ ი ა. გარემოს დისტანციურ დაკვირვებებში ელექტრომაგნიტურ გამოსხივებას მნიშვნელოვანი როლი მიეკუთვნება. იგი გამოირჩევა სხვადასხვაგვარი თვისებებითა და გამოვლინებებით. ელექტრომაგნიტური გამოსხივების ველის მნიშვნელობა იმდენად დიდია, რომ ზოგიერთი მეცნიერის აზრით სხვა მოვლენების გამოყენება საჭიროებას აღარ წარმოადგენს.

ელექტრომაგნიტური გამოსხივების ჩვენთვის ცნობილ ფორმას წარ-

მოადგენს ხილული სხივი. გამოსხივებას, რომელიც ადამიანის თვალით ფერების შესაბამისი თანამიმდევრობით შეიგრძნება, უწოდებენ „ხილულ სპექტრს“ (იგი უნდა განვასხვავოთ უფრო ფართო მცნების „ელექტრომაგნიტური სპექტრისაგან, პირველი წარმოადგენს მეორის მხოლოდ უმცირეს ნაწილს). სისტემას „თვალი — თავის ტვინი“, შეუძლია გამოყოს გამოსხივების მთლიანი სპექტრიდან მხოლოდ უმცირესი უბანი. იმისათვის, რომ გავერკვეთ დისტანციური დაკვირვების სხვადასხვა მეთოდში, წარმოდგენა უნდა გვქონდეს ელექტრომაგნიტურ სპექტრზე, მოხერხებულობის მიზნით მას ყოფენ მრავალ სპექტრულ უბნად, რომლის საზღვრებზედაც მიგვანიშნებს ტალღის სიგრძე, სიხშირე და ფოტონების ენერგია.

1. ტ ა ლ ღ ი ს ს ი გ რ ძ ე — უკიდურესი მოკლე ტალღებიდან (კოსმოსური სხივები) ძალიან გრძელ (ელექტრომაგნიტური) ტალღებამდე. ტალღის სიგრძე ამასთანავე იცვლება მეათასედი სანტიმეტრიდან ასობით კილომეტრამდე.

2. ს ი ხ შ ი რ ე — ტალღის სიგრძე და სიხშირე უკუპროპორციულ დამოკიდებულებაში იმყოფება. ყველა ტალღა გადაადგილდება ერთი სიჩქარით — სინათლის სიჩქარით. გრძელტალღიანი გამოსხივება ხასიათდება დაბალი სიხშირით, ხოლო მოკლე ტალღები უფრო მაღალი სიხშირით და მათ ზომავენ ჰერცებში.

3. ფ ო ტ ო ნ ე ბ ი ს ე ნ ე რ გ ი ა — ფოტონის ენერგია პირდაპირპროპორციულია ტალღის სიხშირისა. გრძელტალღიანი გამოსხივება იქმნება დაბალი ენერგიის ფოტონებისაგან, ხოლო მოკლე ტალღებისა კი პირიქით. ფოტონების ენერგია იზომება ჯოულებში ან ვატ-სეკუნდებში.

სპექტრის ფარგლებში ვნახულობთ ჩვენთვის ნაცნობ უბნებსაც, რომელიც შეესაბამება გამა-გამოსხივებას, რენტგენის, ულტრაიისფერ, ინფრაწითელ სხივებს და რადიოტალღებს. საერთოდ სპექტრის უბანთა საზღვრები ზუსტი არ არის, რადგანაც მეზობელი სპექტრის უბნები ერთმანეთს საკმაოდ გადაფარავენ. დღემდე არ არის დადგენილი მათი ერთიანი ტერმინოლოგიაც.

მზის გამოსხივება არის ფართო სპექტრული დიაპაზონის ელექტრომაგნიტური ტალღები, რომლებიც ტალღის სიდიდის შესაბამისად შეიძლება წარმოვადგინოთ სპექტრის სკალის მიხედვით. ტალღის სიგრძე გამოისახება მიკრომეტრებში (მკმ), მილიმეტრის მეათასედებში ან ნანომეტრებში (ნმ) — მიკრომეტრის მეათასედებში. სპექტრის იმ უბანს, რომლის ტალღის ინტერვალი 10 მმ ნაკლებია, უწოდებენ რენტგენულს, 10-400 ნმ ულტრაიისფერს (უი), 400-750 ნმ-ხილულს, 750 ნმ-დან 100 მკმ-მდე ინფრაწითელს (იწ), 100 მკმ-დან ზევით რადიატალღურს. (უი) — სპექტრის უბანს ყოფენ კიდევ სამ ზონად: ახლო (400-300 ნმ), შორეული (300-200 ნმ) და ვაკუმური (200-10 ნმ). (იწ) სპექტრის უბანსაც ყოფენ ახლო — (750-25000 ნმ) და შორეულად (25-1000 მკმ).

მზიური გამოსხივების ფართო სპექტრული დიაპაზონის გამოსხივება და არეკვლა დედამიწის ზედაპირიდან საშუალებას გვაძლევს გამოვიყენოთ სხვადასხვაგვარი მარეგისტრირებელი მოწყობილობანი. დღეისათვის პრაქტიკაში უფრო ფართო გამოყენება ჰპოვა აერო და კოსმოსურმა ფოტოგრაფირებამ, თუმცა იგი გამოიყენება მხოლოდ სპექტრის ვიწრო ზონისათვის – ხილვადი და ახლო ინფრაწითელი (400-1000 ნმ) ზონისათვის, რომელთა ზღვრებშიცაა ბუნებრივი წარმონაქმნები, კერძოდ მცენარეულობა. ამჟამად უკვე შექმნილია და დაიწყეს გადაღების ახალი სახეების პრაქტიკაში გამოყენება. მაგალითად, გაშლილი სისტემები (სკანერები), გადაღებებს ერთდროულად აწარმოებს სპექტრის სხვადასხვა ზონაში, დაწყებული ულტრაიისფერიდან – ინფრაწითელამდე (300-400 ნმ). ინფრათბო (ით) გადაღებით შეიძლება მივიღოთ ადგილის გამოსახულება (იწ) ზონაში 1-14 მკმ ტალღის დიაპაზონში. იგი ემყარება ობიექტების ტემპერატურულ განსხვავებებს. რადიოტალღათა 0.86-3.3 სმ-ის დიაპაზონი გამოიყენება რადარულ გადაღებებში და სხვა.

6.3. აეროკოსმოსური გადაღების დისტანციური სისტემები

დღეისათვის საჭიროება მოითხოვს დიდი ინფორმაციის მიღებასა და მის ოპერატიულ გადამუშავებას საკვლევი ობიექტისა და მოვლენების სხვადასხვაგვარი მახასიათებლების მისაღებად. ამგვარი ამოცანის გადაწყვეტა აეროკოსმოსური გადაღებების ფართოდ გამოყენებით სრულდება.

საფრენოსნო აპარატებიდან მიღებული მრავალსახეობის ინფორმაცია ძირითადად შეიძლება დავყოთ სამ ჯგუფად, ესენია:

1. გ ა ზ ო მ ვ ი თ ი ა მ ო ც ა ნ ე ბ ი: დედამიწის ფორმისა და ზომების განსაზღვრა (აგრეთვე სხვა პლანეტებისაც), მიღებული სურათებით გეოდეზიური და სელენოდეზიური საყრდენი ქსელის აგება: დედამიწის (წვრილმასშტაბებში და ზეწვრილმასშტაბებში) რუკების შედგენა; ტოპოგრაფიული რუკების განახლება.

2. დედამიწის ბუნებრივი რესურსების გამოკვლევა გეოლოგიის, გლაციოლოგიის, ოკეანოლოგიის, სოფლის მეურნეობის, ნავთობისა და გაზის საძიებო, დედამიწის წიაღისეული სიმდიდრეების მომპოვებელი სპეციალისტების მიერ;

3. იშვიათი მოვლენების გამოკვლევა და გარემოს დაცვა, ტაიფუნების წარმოშობა, მძლავრი ციკლონების, მიწისძვრების, ვულკანური მოქმედება და სხვა; ატმოსფეროს, ზღვებისა და ოკეანეების გაჭუჭყიანება.

ცხოვრების ახალმა ამოცანებმა ახალი მოთხოვნილებანი წაუყენა აეროკოსმოსურ სისტემებსაც, რომლის საშუალებებითაც აწარმოებენ გადაღებას. მათი პარამეტრების შერჩევა უნდა ხდებოდეს ყველა იმ ფაქტორის მკაცრი გათვალისწინებით, რომელიც გავლენას ახდენს ფოტოგრაფიული გამოსახულების ავებაზე მაქსიმალური გარჩევითობის გათვალისწინებით.

აეროკოსმოსური გადაღებისას საჭიროა გადამღები სისტემების პარამეტრების შერჩევას კომპლექსურად მივუდგეთ, რისთვისაც საჭირო ხდება ახალი სპეციალური ფოტოგრაფიული სისტემების, დიდი გარჩევითუნარიანობის ახალი შუქმგრძნობიარე მასალების და ახალი პირობებისათვის გადაღების მეთოდიკის შექმნა.

გამოსხივების მიმღებების სახეების მიხედვით აეროკოსმოსურ გადაღებას არჩევენ: ფოტოგრაფიულ, ტელევიზიურ, ინფრაწითელ (თბო) და რადიომეტრიულს.

ფოტოგრაფიული მეთოდი, რომელიც ზემოთ განვიხილეთ, ითვალისწინებს შუქმგრძნობიარე (აეროფოტოფირი, ფოტოფირფიტები) მასალებსა და გამოსახულების ასაგებად ოპტიკურ სისტემებს. აეროფირის სპექტრული მგრძნობიაროზა ფოტოგრაფირების საშუალებას გვაძლევს 0,35-0,90 მკმ დიაპაზონში. რაც შეეხება დიდი დიაპაზონის (ნანომეტრებიდან მეტრებში) ელექტრომაგნიტური ტალღების რეგისტრაციას ფოტოფირზე ან მაგნიტოლენტზე უწოდებენ არატოპოგრაფიულ გადაღებას და მიაკუთვნებენ აეროკოსმოსური გადაღების დისტანციური მეთოდების სპეციალურ სისტემებს. მათ მიეკუთვნებიან რადიოლოკაციური, ტელევიზიური, ინფრაწითელი (თბო); ლაზერული გადამღები სისტემები და სხვა.

ამგვარად, შეგვიძლია გამოვიყენოთ ის ძირითადი გადამღები სახეები, რომლებიც სრულდება თვითმფრინავებითა და საფრენოსნო კოსმოსური აპარატებით:

1. აეროკოსმოსური ფოტოგრაფირება

აეროკოსმოსური ფოტოგრაფირება შეიძლება შემდეგი სახის:

ა. ფრენის მოცემულ წერტილში ერთარხიანი გადაღება 0,4-1,0 მკმ დიაპაზონში შავ-თეთრი, ფერად და სპექტროზონალურ ფირზე ერთი სურათის მიღებით;

ბ. ერთი და იგივე ტერიტორიის ფრენის მოცემულ წერტილში მრავალარხიანი (მრავალზონალური) გადაღება 0,4-1,0 მკმ დიაპაზონში შავთეთრ ფირზე n სურათების მიღებით ვიწრო ზონის შუქფილტრებით;

გ. ერთი და იგივე ტერიტორიის ფრენის მოცემულ წერტილში მრავალარხიანი გადაღება ერთი და იგივე ან სხვადასხვა მასშტაბში n რაოდენობის სურათების მიღებით 0,4-1,0 მკმ დიაპაზონში (ორ ან სამკამერიანი გადამღებით) შავ-თეთრი, ფერადი და სპექტროზონალური ფირით.

2. აეროკოსმოსური გადაღების ელექტრონული სისტემები

აეროკოსმოსური გადაღების ელექტრონული სისტემებია:

ა. სპექტრის ხილულ, ახლოინფრაქრომატულ და ულტრაიისფერი

დიაპაზონით ერთარხიანი ტელევიზიური გადაღება;

ბ. იმავე დიაპაზონით (რაც II ა-ში) მრავალარხიანი ტელევიზიური გადაღება;

გ. ინფრაწითელი (თბო) გადაღება (საშუალო და შორეულ ინფრაქრომატულ 3-30 მკმ დიაპაზონით);

დ. რადიოლოკაციური გადაღება (10-1000 მმ დიაპაზონით);

ე. რადიომეტრული გადაღება (1-5 მმ დიაპაზონით);

6.4. აეროკოსმოსური გადაღების ტელევიზიური სისტემები

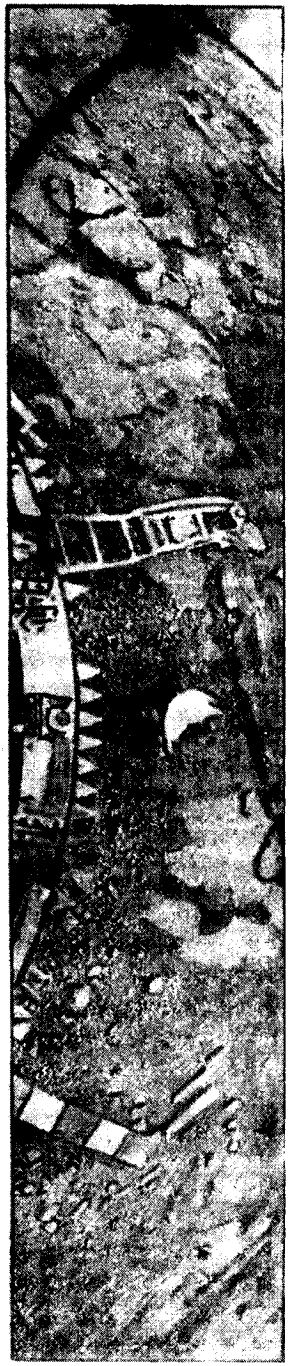
დედამიწის, მთვარის, მზიური სისტემების პლანეტების ზედაპირის გამოსახულების მიღების პროცესს ოპტიკური, ელექტრონული და რადიოტექნიკური საშუალებებით, რომელიც დამაგრებულია თვითმფრინავზე ან კოსმოსურ საფრენოსნო აპარატებზე (ცსა) ტელევიზიურ გადაღებას უწოდებენ. აეროკოსმოსური ტელევიზიური გადაღების მეთოდები იყოფა: გამშლელი სახეების, სპექტრული დიაპაზონის, საინფორმაციო არხების რაოდენობით, ინფორმაციის გადაცემის ხერხის, გადაღებული მასალების დანიშნულების მიხედვით და სხვა.

ფოტოტელევიზიური გამოსახულება შეიძლება მივიღოთ როგორც შავ-თეთრი, ისე ფერადი. ტელევიზიურ სისტემებს კლასიფიკაციას უკეთებენ იმის მიხედვით, თუ როგორი ამოცანები წყდება ამ სისტემებით — დედამიწის და მთვარის ზედაპირის გადამღები და ღრუბელთა საფარის მეტეოროლოგიური დაკვირვებების სისტემები, მზიური სისტემის პლანეტების ზედაპირის გადამღები სისტემები რეტრანსილაციის სისტემები, ვიდეოტელემეტრიული სისტემები და კოსმოხედვის საბორტო ხელსაწყოები (კოსმონავტების მდგომარეობაზე კონტროლის გასაწევად); ასტრონომიული დაკვირვების სისტემები, სხვა კოსმოსურ საფრენოსნო აპარატების მოძრაობაზე და მდგომარეობაზე მეთვალყურეობისა და კონტროლის სისტემები და სხვა.

ტელევიზიურ გადამღებ სისტემებს აქვთ მაღალი, საშუალო და მცირე გარჩევითუნარიანობა. მაღალი გარჩევითუნარიანი სისტემა უზრუნველყოფს ადგილის 80 მეტრიანი დეტალების ამოცნობას და 185 კმ სიგანის ვიწრო ზოლის გადაღებას, საშუალო — შესაბამისად 140-250 მ და 1400 კმ ზოლს, ხოლო მცირე — 1 კმ ზომის ობიექტებსა და 2000 კმ სიგანის ზოლს.

ტელევიზიური აეროკოსმოსური გადაღებებით დღეს მრავალი ამოცანის გადაწყვეტა ხდება მეტეოროლოგიაში, კარტოგრაფიაში, მსოფლიო ოკეანეების გეოლოგიური რესურსების შესწავლაში, გარემოსა და ბუნების დაცვის საკითხებში და სხვა.

მაღალი ხარისხის ტელევიზიური გამოსახულების მისაღებად იყე-



სებენ სპექტრის სხვადასხვა ზონაში მომუშავე სხვადასხვა ტექნიკური ხასიათის სატელევიზიო კამერებს. ადგილის ობიექტების გამოსახულების მიღება ტელევიზიური სურათების სახით. დაკავშირებულია ისეთი ცალკეული პროცესების რთულ კომპლექსურ რეალიზაციასთან, როგორიცაა გადასაღები ობიექტის ოპტიკური გამოსახულების წარმოქმნა. ოპტიკური გამოსახულებიდან ვიდეოსიგნალის ფორმირება. გარდაქმნა. გადაცემა და რადიოარხებით ვიდეოსიგნალების მიღება. ხილული გამოსახულების მიღება კინოსკოპის ეკრანზე და კინოსკოპის ეკრანზე მიღებული გამოსახულების ფოტოგრაფირების გზით ტელევიზიური სურათის მიღება. ტელევიზიური გადაღებებისას საჭირო ხდება ელექტრონული ოპტიკის, რადიოელექტრონიკის, ფოტოგადაღებისა და ფოტოგრაფიული სამუშაოების ერთობლივი გამოყენება. ტელევიზიური გადაღების მასალებისა და მიბმის ხარისხობრივი დამუშავებისათვის საჭიროა ფოტოგრამმეტრიის, გეოდეზიისა და კარტოგრაფიის ცოდნა.

ტელევიზიურ გადაღებას თვითმფრინავიდან ტელეკამერებით სატყეო უბნების გადაღებას და ვიდეოჩაწერას დიდი პერსპექტივები ესახება სატყეო საქმეშიც.

პანორამული სკანერული (გამშლელი) ტელევიზიური გადაღება შეიძლება მოხდეს წვრილ და მსხვილ მასშტაბში. ასეთ ცნობილ ოპტიკურ-მექანიკურ სკანერს წარმოადგენს „ფოტოსკანერი-4", რომელიც

ნახ. 6.1 პლეტა ვენერას პანორამული გამოსახულების ნიმუში. მიღებულია საპლანეტთაშორისო ავტომატური სადგური (სას) „ვენერა-13"-ით.

განკუთვნილია ადგილის ობიექტის მრავალარხიანი გადაღებისათვის.

6.1 ნახაზზე ნაჩვენებია პლანეტა ვენერას პანორამული გამოსახულების ნიმუში, რომელიც მიღებულია სას „ვენერა-13"-ით.

სისტემებს, საფრენოსნო აპარატებზე დამაგრებამდე უკეთებენ კალიბრირებას. კალიბრირების შედეგებით განსაზღვრავენ გადამღები კამერის შიგაორიენტირების ელემენტებსა და ოპტიკურ დისტორსიას, რომელთა განსაზღვრის სიზუსტე არ უნდა აღემატებოდეს ±10 მკმ. კორდინატთა ჭდეებიც, რომლებიც თანაბრადაა განლაგებული, განსაზღვრული უნდა იყოს არანაკლები 1-2 მკმ სიზუსტით.

6.3. ინფრაწითელი გადაღება

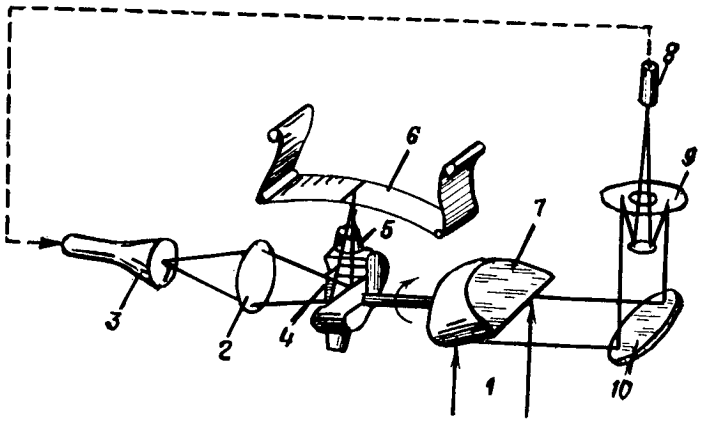
ინფრაწითელი გადამღები სისტემები მუშაობენ სპექტრის სამ უბანში: ახლო უბანი, რომელიც მოიცავს სპექტრულ დიაპაზონს 0,7-2,5 მკმ, საშუალო უბნის 3,4-4,2 მკმ სპექტრის დიაპაზონს და შორეული — 8,0-12,2 მკმ.

სპექტრის ახლო უბანში ინფრაწითელი გადაღებისას აყენებენ მასალების მიღების იმ ამოცანებს, რომლებიც საჭიროა კარტოგრაფიული მიზნებისათვის — ზედაპირის მრავალმხრივი გეოგრაფიული ანალიზისათვის, ნიადაგების მასივის ტენიანობის შესწავლისათვის, მცენარეული საფარის ზოგიერთი ფორმაციის კლასების გამოკვლევისათვის. გადაღების დროს გამოსახულების გარჩევითუნარიანობა ზოგიერთი სისტემისათვის სპექტრის ახლო უბანში შეადგენს 120-150 მ-ს. სპექტრის საშუალო დიაპაზონში გადაღებისას რეგისტრირდება ბუნებრივი წარმონაქმნების არაერთგვაროვან გამოსხივებათა უნარი. აღნიშნულ ზონაში გადაღებების მასალები გამოიყენება დედამიწის თბოგამოსხივების დრო-სივრცული სტრუქტურული ველის შესწავლაში, ვულკანური მოქმედების გამოკვლევებში, ოკეანურ დინებათა ტემპერატურულად არაერთგვაროვანი ზედაპირული წყლების გამოკვლევებში, ნიადაგური მასივების ტენიანობის ცვალებადობაში და ა. შ. სპექტრის საშუალო უბნის ინფრაწითელი გადაღებით მიღებული სურათების გარჩევითუნარიანობა შეადგენს 3-50 კმ-ს.

შორეულ ინფრაწითელ უბანში მომუშავე გადამღები სისტემებით ღებულობენ ადგილის გენერალიზებულ გამოსახულებას, რომელზედაც გამოიყოფა ღრუბლების გავრცელების ზონალური და ლოკალური სითბური არაერთგვაროვნება. ეს მასალები ემსახურება გეოლოგიურ კარტირებას, ვულკანური მოქმედების შესწავლას, ტემპერატურული რუკების შედგენასა და სხვა. მეზოკლიმატის შესწავლისას ამ მასალებზე ტონალური განსხვავებით გამოავლენენ ქარების ექსპოზიციას და ზედა-

პირზე ქარების გავლენას. კარგად გაირჩევა გრუნტის წყლების გამოსვლა ზღვაში ჩამდინარე უფრო თბილი მდინარეების ნაკადის მიმართულება; კვამლიან ღრუბლების ქვეშ ცეცხლის კერების მდებარეობა და განვითარება. თანამედროვე ინფრაწითელი გადამღები სისტემები საშუალებას იძლევა რეგისტრირება გავუკეთოთ ობიექტების სითბურ ცვალებადობათა ხასიათს სიზუსტით 3-4 კმ დღისით და 6-10 კმ ღამით — გადაღების პირობებში.

ინფრაწითელი გადაღებები სრულდება როგორც თვითმფრინავიდან, ისე ძსა-დან სპეციალური სკანერებით, რომლებიც მგრძნობიარეა სპექტრის განსაზღვრული ზონის მიმართ. სიგნალი, რომელიც შემოდის ინფრაწითელი გამოსხივების მიმღებზე, დამოკიდებულია ფოტოგრაფიული ობიექტის ზედაპირის რადიაციულ ტემპერატურაზე, რომელზედაც გავლენას ახდენს მრავალი ფაქტორი, მათ შორის: მეტეოროლოგიური ფაქტორი, რომელიც განსაზღვრავს ნიადაგების მდგომარეობასა და ზედაპირის არაერთგვაროვნებას; ატმოსფეროს ტენიანობა და სხვა. 6.2 ნახაზზე ნაჩვენებია ინფრაწითელი გადაღების სისტემის ერთ-ერთი სქემა. ინფრაწითელი სხივი შედის მოწყობილობის მგრძნობიარე ელემენტზე — დეტექტორზე (1), რომელიც შემოსულ გამოსხივებას — რხევას გარდაქმნის ელექტრომაგნიტურ სიგნალებად და ოპტიკური (2) სისტემების დახმარებით გადაცემს გამაძლიერებელს (3). გაძლიერების შემდეგ სიგ-



ნახ. 6.2 ინფრაწითელი გადაღების ერთ-ერთი სისტემის სქემა: 1 მხედველობის კუთხე; 2 ობიექტივი; 3 ელექტრონული სხივის მილაკი; 4 პრიზმა; 5 მბრუნავი ობიექტივი; 6 ფოტოფირი; 7 პრიზმა; 8 მიმღები; 9. 10 ოპტიკური სისტემა.

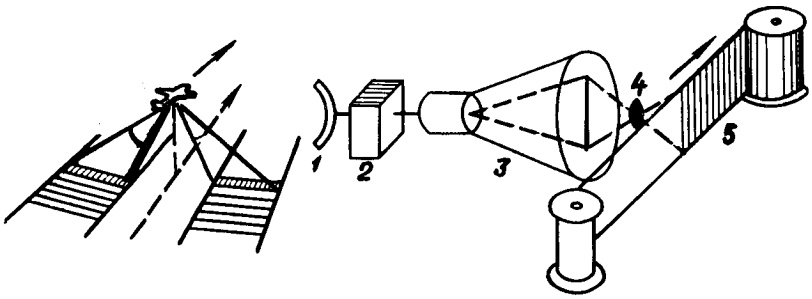
ნალი მოდულირდება მოდულატორზე (4) და შემდეგ შუქმგრძნობიარე ფენაზე (5) წერტილოვანი ნათურიდან ინტენსიურად მოდულირებული სხივური ნაკადით მიმდინარეობს უწყვეტი ბრწყალური ჩაწერა.

ინფრაწითელი გამოსახულების გაზომვითი თვისება დამოკიდებულია მრავალ ფაქტორზე, რომელიც განსაზღვრავს გადაღების პირობებსა და ადგილის ობიექტის ასახვას. მგრძნობიარე მოწყობილობის ოპტიკურ სისტემას მხედველობის არე მუდმივი აქვს. დედამიწის ზედაპირის გარჩევითობა დამოკიდებულია სკანირების კუთხეზე, ფოტოგრაფირების სიმაღლეზე, სისტემის მხედველობის არეზე და დახრილ მანძილზე (მანძილი გადასაღებ ობიექტამდე).

6. 6. რადიოლოკაციური გადაღება

უკანასკნელ წლებში დედამიწისა და სხვა პლანეტების ახალი დისტანციური მეთოდებით გამოკვლევაში გამოყენებულია რადიოლოკაციური გადაღება. რადიოლოკაციური გადაღებით ამინდის პირობების მიუხედავად ელექტრონულ-სხივურ მილაკის ეკრანზე ღებულობენ ადგილის გამოსახულებას, რომელიც თავისი სახვითი თვისებებით ახლოსაა წვრილმასშტაბიან ფოტოგამოსახულებასთან.

რადიოლოკაციურ გამოსახულებას აფიქსირებენ ფოტოგრაფირებით ან მაგნიტურ ლენტზე ჩაწერით. რადიოლოკაციური გამოსახულებებით ანალიტიკური ან ფოტოგრამმეტრიული მეთოდებით ადგენენ რადიოლოკაციურ რუკებს. რადიოლოკატორებში გამოყენებულ რადიოტალღებს უფრო მეტი სიგრძე აქვთ, ვიდრე სინათლეს, ამიტომ ისინი ადვილად გადიან ღრუბლებში და ჯანღში ისე, რომ არ იცვლიან გავრცელების მიმართულებას. გადამცემი ანტენით გამოსხივებული რადიოტალღის იმ-



ნახ. 6.3 რადიოლოკაციური გადაღების სქემა: 1 — ანტენა; 2 - მიმღებ-გადამცემი; 3 - ელექტრონული მილაკი 4,5 - ფოტორეგისტრატორი;

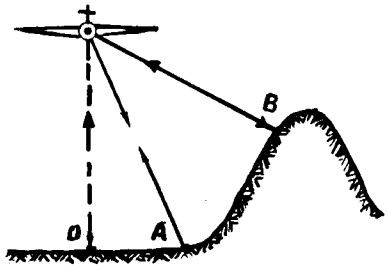
პულსი როდესაც დედამიწის ზედაპირს მიაღწევს, აირეკლება მისგან უკან და მიმღები ანტენით შედის მიმღებში. მიმღების გასასვლელში წარმოიქმნება ელექტროძაბვა, რომელიც გადაეცემა ინდიკატორს. ინდიკატორზე კი ფორმირდება ადგილის ზედაპირის გამოსახულება. თითოეული იმპულსის ხანგრძლივობა დაახლოებით მიკროსეკუნდს უდრის. ანტენები მაგრდება თვითმფრინავის ფიუზელაჟის ქვეშ ისეთნაირად, რომ დედამიწის მიმართულებით რალიოტალღებს წინააღმდეგობას არაფერი არ უწევდეს. ამგვარად, რადიოლოკაციური სურათი არის რადიოსხივების არეკვლით მიღებული ადგილის გამოსახულება, რომელიც წარმოადგენს სხვადასხვა ტონის კონტურების ერთობლიობას.

არსებობს ორი სახის რადიოლოკაციური სადგური. წრიული ხედვის სადგური (აზიმუტურ სიბრტყეში ვიწრო დიაგრამის მიმმართველს აფორმირებს), ფართე — ვერტიკალური. მიმმართველების დიაგრამის სიგანე ჰორიზონტალურ სიბრტყეში განსაზღვრავს სისტემის გარჩევითუნარიანობას აზიმუტისკენ, ხოლო მზონდირებელი სიგნალის იმპულსის ხანგრძლივობა კი განსაზღვრავს გარჩევითუნარიანობას სიშორის მიხედვით.

კარტოგრაფიული მიზნებისთვის ტოპოგრაფიული და თემატური რუკების განახლებისათვის გამოიყენება გვერდითი ხედვის რადიოლოკაციური სადგური, რომელიც ადგილის გამოსახულებას ღებულობს ფრენის მიმართულების პარალელურად ზოლის სახით. გვერდითი ხედვის რადიოლოკაციური სადგურის გარჩევითუნარიანობა სიშორეზე 15 მ-ია, ხოლო აზიმუტზე 20 მ, რაც რამოდენიმეჯერ უფრო მეტია ვიდრე წრიული ხედვის რადიოლოკაციური სადგურისა.

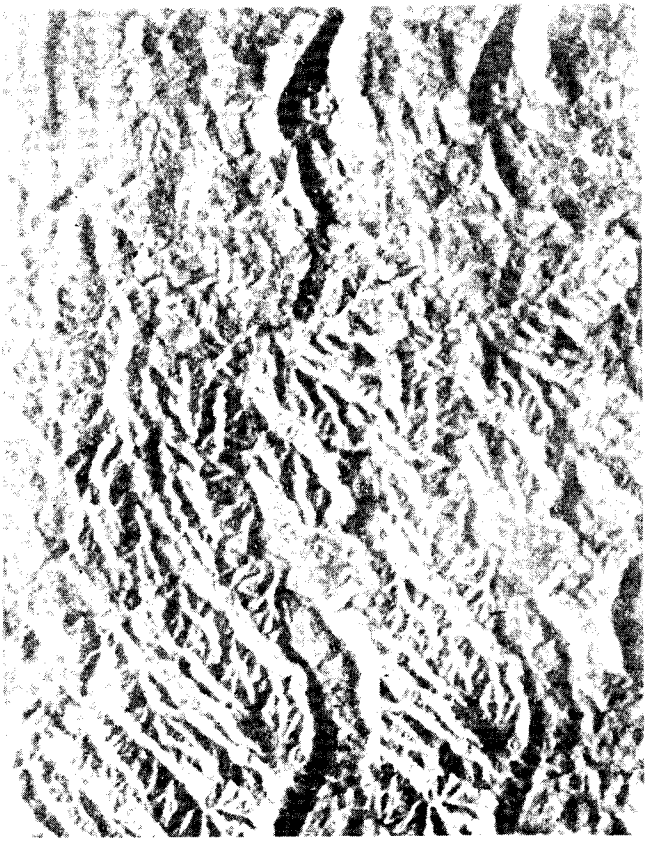
რადიოლოკაციური გამოსახულების გეომეტრია მნიშვნელოვნად განსხვავდება აეროფოტოგამოსახულებისაგან. აეროფოტოგამოსახულება მიიღება აეროფოტოაპარატებით. სადაც გამოსახულება იგება ცენტრალური პროექციის კანონებით და ყველა მიმართულებით ერთი და იგივე თვისებებით ხასიათდება. ეს შეიძლება ითქვას რადიოლოკაციურ გამოსახულებაზე, რომელსაც ფრენის მიმართულებითა და მის პერპენდიკულარულად გეომეტრიული აგების სხვადასხვა თვისება ახასიათებს. მაგალითად, მუდმივი სიჩქარით გადაადგილებისას ადგილის ტოლი შონაკვეთები აირეკლებიან რლს-ზე ტოლმონაკვეთებად, რაც არ შეიძლება ითქვას აეროფოტოსურათზე. ფრენის პერპენდიკულარული მიმართულებით დამახინჯებები სხვა ხასიათისაა, რადგანაც რადიოლოკაციური სისტემები მანძილმზომი სისტემებია და გამოსახულება ამ მიმართულებით აიგება სხივის ობიექტამდე და უკან დაბრუნების (იხ. ნახ. 6.4) სვლის დროზე დამოკიდებულებით; ე. ი. OB წერტილი, რომელიც ფრენის ღერძიდან შორს მდებარეობს, მაგრამ აქვს ადგილის ამაღლება, რადიოლოკაციურ სურათზე ამიტომ გამოისახება უფრო ახლოს, ვიდრე OA

წერტილი, რომლის მანძილი ნაკლებია ფრენის მიწაზე პროექციის ხაზამდე. ასეთი გამოსახულებების სურათები მოითხოვს სპეციალურ დამუშავებას. ამიტომაცაა, რომ რადიოლოკაციურმა გადაღებებმა ძირითადად გამოყენება ჰპოვა დედამიწის გეოლოგიური აგებულების შესწავლისას, მადნეულის სამარხების დაზვერვის, ჰიდრომეტეოროლოგიური და სხვა გეოფიზიკური დაკვირვებების დროს.



ხაჩ. 6.4 რადიოსხივების არეკვლა ადგილის რელიეფიდან.

რადიოლოკაციური სურათები სტერეოდამუშავებისთვის ვარგისია მხოლოდ იმ შემთხვევაში, თუ გადაღების მარშრუტები მკაცრად პარალელურია და ბაზისის ფარდობა სიმაღლესთან შეადგენ 13-15 მეტრს.





ნახ. 6.6 მსხვილმასშტაბიანი რადიოლოკაციური სურათი (რესპუბლიკა პანამა. კოლუმბია).

ამჟამად შექმნილია სინთეზირებული ანტენები, რომელთაც მახვილი მიმართულებები აქვთ და შეუძლიათ უზრუნველყონ მაღალი გარჩევითუნარიანობა, რაც კიდევ უფრო გააფართოვებს რადიოლოკაციური სურათების გამოყენების სფეროს.

6.7. ლაზერული გადაღება

მეცნიერებისა და ტექნიკის სწრაფმა განვითარებამ განაპირობა ლაზერული აეროგადაღების შესაძლებლობა. ლაზერული გადაღება დედამიწის ზედაპირის ღამით გადაღების საშუალებას იძლევა (ლაზერულ აეროგადაღებამდე ღამე გადაღება ხდებოდა სპეციალური აპარატებით მანათობელი ბომბების გამოყენებით, იგი ძალზე შეზღუდული იყო და სურათიც არ გამოდიოდა ხარისხიანი, რადგანაც მანათობელი ბომბები თანაბრად ვერ ანათებდა ადგილის ობიექტს), რასაც ხშირად მოითხოვს სახალხო მეურნეობისა და ქვეყნის თავდაცვის ინტერესები.

ლაზერულ გადაღებას საფუძვლად უდევს გამოსხივებული ლაზერული სიგნალის დედამიწის ზედაპირის ქვაფენილიდან არეკვლის რეგისტრაცია. ლაზერული გადაღება შეიძლება ორი რეჟიმის დაცვით: 1. დღისით, მზით დედამიწის ზედაპირის განათებულობის სარგებლობითა და 2. ღამე, თუ მნათობად ვისარგებლებთ მიმართული გამოსხივების ლაზერით. ამორჩეული რეჟიმის მიუხედავად ლაზერული გამოსახულების გეომეტრია ერთი და იგივეა, თუმცა მათი დეშიფრირების განსაკუთრებულობა სხვადასხვაა, რაც აუცილებლად უნდა გავითვალისწინოთ.

სკანირების კანონი ლაზერული გამოსახულების გეომეტრიას ინფრაწითელი გამოსახულების გეომეტრიის მსგავსს ხდის, რაც მნიშვნელოვნად ამარტივებს ფოტოგრამმეტრიული ხელსაწყოების დამუშავებასა და დამზადებას.

ღამით აეროგადაღების იდეა ეფუძნება ლაზერული სხივის უკუსვლის პრინციპს, რომელიც იკრიბება ლინზაში და აირეკლება დეტექტორზე საწყისი სხივის თანამიმდევრული მოდულირებით, რომელიც ჩაიწერება ფოტოფირზე. ლაზერული სხივის უკუსვლის ინტენსიურობა იცვლება ადგილის არეკვლის — უნარიანობის ფუნქციის სახით.

ლაზერული გამოსახულების მისაღებად იყენებენ სკანირების აპარატებს, რომლებიც ლაზერით გამოსხივებულ სიგნალს მიმართავს გადასაღები ობიექტისკენ. სინათლის (ლაზერის) ვიწრო კონა სარკის დახმარებით თანამიმდევრობით ასხივებს ადგილს მოცემული ხედვის კუთხით. სხივი სკანირდება გამშლელი მოწყობილობით ფრენის მიმართულების პერპენდიკულარულად.

VII თავი

აეროსურათის გეომეტრიული ანალიზი

7.1. აეროსურათი როგორც ცენტრალური პროექცია

აეროსურათები, რომლებზედაც გამოსახულია სატყეო ტერიტორიის ობიექტები, სატყეო საქმეში გამოიყენება როგორც მასალები მათი აღწერის, გაზომვებისა და შესწავლისათვის, ე. ი. სხვადასხვა კატეგორი-

ის ტყეებისათვის, ტყით დაუფარავი არასატყეო ფართობებისათვის და ასევე ტოპოგრაფიულ მასალებად — როგორც საფუძველი სატყეო გეგმებისა და რუკების შესადგენად. ყოველივე ამისათვის კი საჭიროა დავადგინოთ თუ რას წარმოადგენს აეროფოტოსურათი გეომეტრიული თვალსაზრისით და რა ძირითადი თვისებებით ხასიათდება იგი.

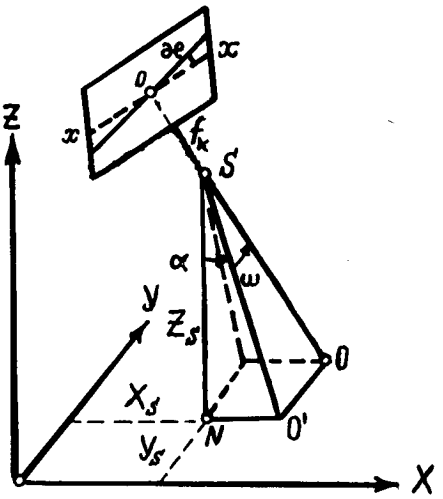
აეროსურათი წარმოადგენს ცენტრალურ პროექციას ანუ ფოტოგრაფიული ადგილის პერსპექტივას.

ცენტრალურ პროექციას უწოდებენ ადგილმდებარეობის (ობიექტების) გამოსახვას სიბრტყეზე პროექცირებით სხივების ერთ წერტილში გავლით. თვით ამ წერტილს კი უწოდებენ პროექციის ცენტრს და აღნიშნავენ S ასოთი.

აეროფოტოგადაღებისას პროექციის ცენტრია აეროფოტოაპარატის ობიექტივის კვანძური წერტილი. სურათის სიბრტყედ მიღებულია ნეგატივის სიბრტყე. ვერტიკალურ მანძილს ობიექტივის კვანძური წერტილიდან სურათის (ნეგატივის) სიბრტყემდე ფოკუსურ მანძილს უწოდებენ და აღნიშნავენ $f_к$ ასოთი. შვეულ მანძილს პროექციის ცენტრიდან ადგილის სიბრტყემდე უწოდებენ ფოტოგრაფირების სიმაღლეს და აღნიშნავენ H ასოთი.

სურათის გამოსახულებას უწოდებენ პოზიტიურ გამოსახულებას, თუ სურათის სიბრტყე მოთავსებულია პროექციის ცენტრსა და ადგილის სიბრტყეს შორის (ამ შემთხვევაში მიიღება პირდაპირი გამოსახულება).

თუ პროექციის ცენტრი მდებარეობს სურათსა და ადგილის სიბრტყეს შორის, მაშინ სურათზე მიღებულ გამოსახულებას ნეგატიურ გამოსახულებას უწოდებენ.



ნახ. 7.1 აეროსურათის ორიენტირების ელემენტები.

სურათის მდებარეობა პროექციის ცენტრის მიმართ (ნახ. 7.1.) განისაზღვრება სურათის შიგა ორიენტირების ელემენტებით, რომელთა რიცხვიც სამია: $f_к$ — ფოკუსური მანძილი x_o და y_o სურათის მთავარი წერტილის კოორდინატები (წარმოადგენს პროექციის ცენტრის გეგმილს სურათის სიბრტყეზე).

აეროსურათის მდებარეობა ადგილის სიბრტყისადმი ფოტოგრაფირების მომენტში განისაზღვრება ექვსი ელემენტისაგან, რომლებსაც გარე ორიენტირების ელემენტებს

უწოდებენ. ესენია: X_s, Y_s, Z_s პროექციის S ცენტრის კოორდინატები სივრცეში: α აეროსურათის გრძივი დახრილობა:

ω — აეროსურათის განივი დახრილობა;

$\varkappa$ — სურათის შემობრუნების კუთხე თავის სიბრტყეში.

ამგვარად, თუ ვიცით აეროსურათის შიგა ორიენტირების ელემენტები, შეგვიძლია შესაბამისი პროექტირებით აღვადგინოთ სხივთა კონა, რომლითაც გამოისახა ადგილის გამოსახულება შუქმგრძნობიარე ფირზე. გარე ორიენტირების ელემენტების მნიშვნელობებით კი ვაორიენტირებთ აღდგენილ სხივთა კონას სივრცეში.

ჰორიზონტალურ აეროსურათზე თუ გამოსახულია ადგილის ჰორიზონტალური ზედაპირი (იხ. ნახ. 7.2 ა), მაშინ ის შეიძლება განვიხილოთ როგორც ამ ადგილის კონტურული გეგმა. ასეთი აეროსურათის მასშტაბი განისაზღვრება ფორმულით:

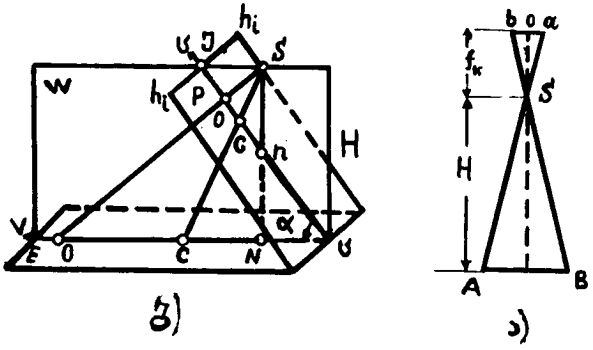
$$\frac{1}{m}=\frac{ab}{AB}=\frac{f_k}{H}, \qquad (7.1)$$

სადაც ab სურათზე გაზომილი მონაკვეთის სიდიდეა. AB ადგილზე ab მონაკვეთის შესაბამისი სიდიდე.

ფორმულა (7.1) გამოიყენება ნაკლები სიზუსტით გაზომვებისას. თანამედროვე ტექნიკური აღჭურვილობის პირობებში ჯერ კიდევ პრაქტიკულად მიუღწეველია ჰორიზონტალური აეროსურათების მიღება. ამიტომ აეროსურათის მასშტაბი დამახინჯებულია ᲐᲤᲐ ოპტიკური ღერძის დახრილობით და ასეთ დამახინჯებას პერსპექტივით გამოწვეულ დამახინჯებას უწოდებენ. სურათის პერსპექტივით გამოწვეული დამახინჯების მოსპობა შესაძლებელია მხოლოდ აეროსურათების ტრანსფორმირებით.

აეროსურათზე რაც უფრო დიდი რელიეფიანი ადგილია გამოსახული, მით უფრო დიდია სურათზე დამახინჯებებიც. ამიტომ, აეროსურათი ჰორიზონტალურიც რომ იყოს (თუნდაც ტრანსფორმირებული სურათი), მასზე მაინც ადგილი ექნება დამახინჯებებს, გამოწვეულს ადგილის რელიეფით. სწორედ ეს ორი ძირითადი მიზეზი განასხვავებს აეროსურათს— როგორც ცენტრალურ პროექციას, გეგმისაგან, რომელიც მიიღება ადგილის ორთოგონალური პროექციით. აეროსურათის გეგმისაგან განმასხვავებელი მიზეზების აღმოსაფხვრელად იყენებენ ფოტოგრამმეტრიულ მეთოდებს, რომლებიც გვაძლევს საშუალებას აეროსურათებით მივიღოთ ადგილის ობიექტების, როგორც რაოდენობითი და ხარისხობრივი დახასიათება, ისე ამ სურათების გარდაქმნით ზუსტი გეგმები და რუკები. ყოველივე ამისათვის კი საჭიროა ვიცოდეთ აეროსურათის ძირითადი წერტილები და წრფეები.

ნეგატივი და პოზიტივი, როგორც ვიცით, სიმეტრიულადაა განლაგებული პროექციის ცენტრის მიმართ და გამოსახულება ურთიერთშებრუნებულია 180°-ით. თუ ჩვენ ნეგატივს შემოვაბრუნებთ 180°-ით, მაშინ პოზიტივის და ნეგატივის ყველა წერტილი ერთმანეთს შეუთავსდება. ამიტომ ცენტრალური პროექციით მიღებული გამოსახულების ანალიზისას სულ ერთია რომელს განვიხილავთ — ნეგატივს თუ პოზიტივს.



ნახ. 7.2 აეროსურათის ძირითადი წერტილები და ხაზები.

7.2 ნახაზზე ნაჩვენებია ადგილის ჰორიზონტალური E სიბრტყე და სურათის P — სიბრტყე. S პროექციის ცენტრია, O — სურათის მთავარი წერტილი, რომელიც მიიღება პროექციის S ცენტრიდან სურათის მთავარ vv ვერტიკალზე მართობის დაშვებით. სურათის მთავარი vv ვერტიკალი არის კვალი, რომელსაც დატოვებს პროექციის ცენტრზე გამავალი ვერტიკალური სიბრტყე, ხოლო ადგილის E სიბრტყეზე VV-ს უწოდებენ ფოტოგადაღების მიმართულებას. ჰორიზონტალური სიბრტყე, გამავალი S პროექციის ცენტრზე აეროსურათზე მოგვცემს hi hi კვალს, რომელსაც ჭეშმარიტი ჰორიზონტის წრფეს უწოდებენ. იგი სურათის მთავარ ვერტიკალთან გადაკვეთაში იძლევა მთავარი შეკრების I წერტილს. კუთხე OIS=α წარმოადგენს სურათის დახრის კუთხეს. პროექციის S ცენტრიდან დაშვებული შვეული სურათის მთავარ ვერტიკალს გადაკვეთს n ნადირწერტილში, ხოლო VV ხაზზე — ადგილის ნადირ N წერტილში. α კუთხის ბისექტრისა გამოსული პროექციის ცენტრიდან სურათზე მოგვცემს ნულოვანი დამახინჯების c წერტილს.

ყველა hh პარალელურ წრფეს, რომელიც გადის J, C, O, n წერტი-

ლებზე სურათის მთავარი vv ვერტიკალის მართობულად, აღნიშნული წერტილების ჰორიზონტალური ხაზები ეწოდება (იგი პარალელურია აგრეთვე სურათის ფუძისაც).

რადგანაც SO=$f_к$, ამიტომ მანძილი O მთავარი წერტილიდან n, C და J წერტილებამდე მთავარ ვერტიკალზე განისაზღვრება შემდეგი ფორმულებით:

$$on = f_k tg\alpha \quad (7.2)$$
$$oc = f_k tg^{\alpha}/_{2} \quad (7.3)$$
$$oJ = f_k ctg\alpha \quad (7.4)$$
$$SJ = f_k/\sin\alpha \quad (7.5)$$
$$Sn = f_k/\cos\alpha \quad (7.6)$$
$$nJ = 2f_k/\sin 2\alpha \quad (7.7)$$
$$NO = Htg\alpha \quad (7.8)$$

მთავარი წერტილის მდებარეობა სურათზე განისაზღვრება აეროსურათზე გამოსახულ კოორდინატთა ჭდეებზე გამავალი წრფეების გადაკვეთით. სურათზე გამოსახულ ჭეშმარიტ ჰორიზონტზე მთავარ o წერტილიდან დაშვებული მართობი კი განსაზღვრავს მთავარი vv ვერტიკალის მიმართულებას.

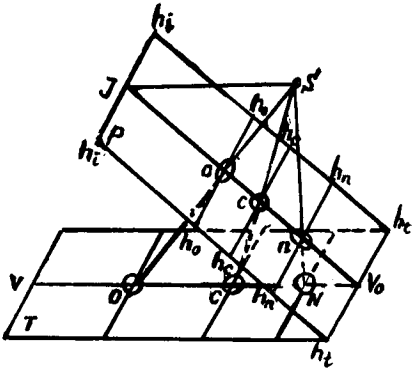
ჰორიზონტალური აეროსურათისათვის $\alpha=0$, ამიტომ ნადირწერტილი და ნულოვანი დამახინჯების წერტილი დაემთხვევა მთავარ წერტილს, ჭეშმარიტი ჰორიზონტის წრფე კი გადაადგილდება უსასრულობაში.

სხივთა ერთობლიობას, რომელიც გვაძლევს გამოსახულებას სურათზე უწოდებენ სხივთა კონას.

7.3. დამახინჯებები გეგმურ აეროსურათზე

აეროფოტოაპარატის ოპტიკური ღერძის შვეულიდან გადახრა ფოტოგრაფირების მომენტში და ადგილის რელიეფი აეროფოტოსურათზე, როგორც აღვნიშნეთ, იწვევს გამოსახულების დამახინჯებებს (წერტილების ხაზოვან გადაადგილებას). განვიხილოთ დამახინჯებების მოკლე არსი, რომელიც ახასიათებს გეგმურ და პერსპექტიულ აეროსურათებს.

ფოტოგრაფირების მომენტში, როდესაც ოპტიკური ღერძი გადახრილია შვეულიდან, მაშინ ადგილის კვადრატები აეროსურათზე გამოისახებიან ტრაპეციებად ან რომბების სახით (ე. ი. ოპტიკური ღერძი გადახრილია როგორც XX მიმართულებით, ისე YY ღერძების მიმართ).



ნახ. 7.3 პერსპექტიული სურათის მასშტაბი o. n, c — წერტილებში.

ცხადია, აეროსურათის სხვადასხვა ნაწილში მოზომილი ყოველი ერთი სანტიმეტრი არ მოგვცემს ერთსა და იმავე სიგრძეს ადგილზე. ეს კი ლაპარაკობს იმაზე, რომ პერსპექტიული აეროსურათის მასშტაბი ცვალებადია. 7.3 ნახაზზე ნაჩვენებია პერსპექტიული სურათის მასშტაბი წერტილებში.

სურათის ნებისმიერ წერტილში გამავალი ჰორიზონტალური ხაზის (რომელიც მართობია სურათის მთავარ ვერტიკალის) მასშტაბი განისაზღვრება:

$$\frac{1}{m_{h,a}} = \frac{f_k}{H}\left(\cos\alpha - \frac{x_a}{f_k}\sin\alpha\right) \qquad (7.9)$$

აეროსურათის მთავარ ვერტიკალზე ნებისმიერ წერტილში მასშტაბი იქნება:

$$\frac{1}{m_{v,a}} = \frac{f_k}{H}\left(\cos\alpha - \frac{x_a}{f_k}\sin\alpha\right)^2 \qquad (7.10)$$

აღნიშნული ფორმულები (7.9 და 7.10) სამართლიანია თუ კოორდინატთა სათავედ მიღებულია აეროსურათის მთავარი წერტილი.

აეროსურათის მთავარ წერტილზე გამავალ ჰორიზონტალზე მასშტაბი ტოლია:

$$\frac{1}{m} = \frac{f_k}{H}\cos\alpha \qquad (7.11)$$

ნადირწერტილზე გამავალ ჰორიზონტალზე მასშტაბი ტოლია:

$$\frac{1}{m_{h,a}} = \frac{f_k}{H\cos\alpha}, \qquad (7.12)$$

ხოლო ნულოვანი დამახინჯების წერტილში გამავალ ჰორიზონტალზე მასშტაბი ტოლია:

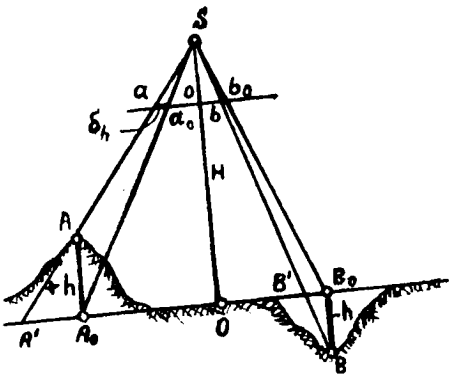
$$\frac{1}{m_{h,c}} = \frac{f_k}{H} \qquad (7.13)$$

ჰორიზონტალური (ვაკე) ადგილის ასეთი აეროსურათი კი წარმოადგენს გეგმას.

რელიეფიანი ადგილისათვის

$$\frac{1}{m_{h.c}} = \frac{f_k}{H-h} \qquad (7.14)$$

ადგილის მნიშვნელოვანი რელიეფი იწვევს წერტილების ხაზოვან გადაადგილებას (დამახინჯებას) ნადირწერტილისაკენ ან მის საწინააღმდეგო მიმართულებით (ნახ 7.4), ე. ი. დამახინჯების მიმართულება დამოკიდებულია იმაზე, რელიეფი დაბლდება თუ მაღლდება საშუალო დონის ზედაპირის მიმართ.



ნახ. 7.4 რელიეფით გამოწვეული დამახინჯებანი.

7.4. ნახაზიდან გამოდის რომ

$$aa_0 = \delta_h = \frac{rh}{H} = \frac{rh}{mf_k}. \qquad (7.15)$$

ფორმულა (7.15) მართალია, მთლად ზუსტი არაა, მაგრამ თუ $\alpha < 3°$, მაშინ იგი უზრუნველყოფს პრაქტიკული მიზნებისათვის საკმარის სიზუსტეს და შეცდომა δ_h განსაზღვრა არ აღემატება 0,1-0,2 მმ.

(7.15) ფორმულის ანალიზი გვიჩვენებს:

1. თუ $h=0$ ან $r=0$, მაშინ $\delta_h=0$, ე. ი. წერტილი მდებარეობს ან საწყის სიბრტყეზე, ან ემთხვევა ნადირწერტილს.

2. რაც უფრო დიდია h და r, მით δ_h გადაადგილების სიდიდეც დიდია.

3. რელიეფით გამოწვეული გადაადგილება მცირდება, რაც უფრო იზრდება ფოტოგრაფირების სიმაღლე H.

4. დადებითი (შემაღლებული) რელიეფის შემთხვევაში აეროსურათზე გამოსახულების მასშტაბი იზრდება, ხოლო უარყოფითი რელიეფით კი გამოისახება შემცირებულ მასშტაბში, ე. ი. ერთი და იგივე სურათზე სიმაღლეთა სხვაობის ცვალებადობა იწვევს მასშტაბის ცვალებადობას.

თუ წინასწარ მოცემულია δ_h ზღვრული შეცდომა, რომელიც არ აღემატება ამ ზღვრულ სიდიდეს, ეგრეთ წოდებულ აეროსურათის მუშა ფართზე აეროსურათი შეიძლება განვიხილოთ როგორც ადგილის გეგმა. მუშა ფართის რადიუსი აეროსურათზე განისაზღვრება ფორმულით:

$$r = \frac{\delta_h \cdot H}{h}. \qquad (7.16)$$

მ ა გ ა ლ ი თ ი 1. განვსაზღვროთ რელიეფით გამოწვეული ხაზოვანი

დამახინჯება სურათზე, თუ $h=\pm 50$ მ, $H_ფ=3000$ მ და r=70 მმ. ვისარგებლოთ 7.15 ფორმულით.

$$\delta_n=\frac{r\cdot h}{H}=\frac{50\ მ\cdot 70\ მმ}{3000\ მ}=1{,}17\ მმ\approx 1{,}2\ მმ$$

მ ა გ ა ლ ი თ ი 2. განვსაზღვროთ აეროსურათზე იმ ფართობის რადიუსი, სადაც რელიეფით გამოწვეული შეცდომა არ აღემატება 0,5 მმ, თუ მოცემულია H=2000 მ, h=20 მ. ვისარგებლოთ ფორმულა 7.16-ით.

$$r=\frac{\delta_n\cdot H_ფ}{h}=\frac{0{,}5\ მმ\cdot 2000\ მ}{20\ მ}=50\ მმ=5\ სმ.$$

7.1. ცხრილში მოცემულია δ_n სიდიდე გეგმური აეროსურათის კიდეებისათვის (r=90 მმ) სხვადასხვა h და H მნიშვნელობისას.

ც ხ რ ი ლ ი 7.1

h, მ	$H_ფ$, მ		
	1000	2000	3000
±25	±2,2	±1,1	±0,8
±50	±4,5	±2,2	±1,5
±100	±9,0	±4,5	±3,0
±200	±18,0	±9,0	±6,0

7.1 ცხრილიდან ჩანს, რომ რელიეფით გამოწვეული დამახინჯების მოსპობა მთლიანად შეუძლებელია, მისი შემცირება შეიძლება, თუ გავზრდით ფოტოგრაფირების სიმაღლეს, რაც იწვევს აეროსურათის მასშტაბის შემცირებას. სწორედ ამიტომ, მთიანი რელიეფის აეროფოტოგადაღებისას საჭიროა ღრმად გავაანალიზოთ როგორც რელიეფის გავლენა, ისე აეროფოტოაპარატის შერჩევაც, რათა მისაღები აეროსურათი აკმაყოფილებდეს, როგორც შერჩეულ მასშტაბს, ისე მასზე გამოწვეულ დამახინჯებას.

ზემოთ აღნიშნული იყო, რომ აეროსურათზე დამახინჯებები გამოწვეულია აგრეთვე თვით აეროსურათის პერსპექტივით. მაგალითად, პერსპექტიულ აეროსურათზე აღებული კუთხეები საგრძნობლად მახინჯდებიან ადგილზე მის შესაბამის კუთხეებთან შედარებით. დაუმახინჯებელი რჩება მხოლოდ ის კუთხეები, რომელთა სათავეც ნულოვანი დამახინჯების წერტილიდან იწყება (ნახ. 7.5). მათთვის

$$\operatorname{tg}\psi=\operatorname{tg}\psi_0 \qquad (7.17)$$

ნადირწერტილთან შექმნილი კუთხე უფრო პატარაა სიდიდით, ვიდრე მისი შესაბამისი იგივე კუთხე ადგილზე, ანუ

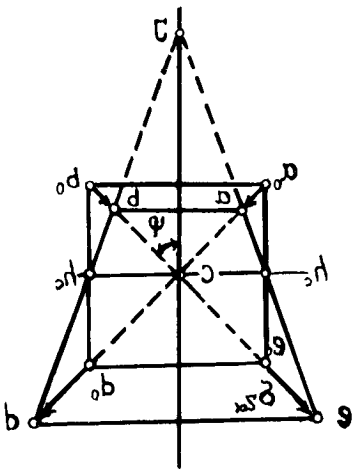
$$tg\varphi = tg\varphi_0 \cos\alpha, \qquad (7.18)$$

ხოლო კუთხე აეროსურათის მთავარ წერტილთან უფრო დიდად გამოისახება ვიდრე იგივე კუთხე ადგილზე, მაშინ

$$tg\varphi = \frac{tg\varphi_0}{\cos\alpha} \qquad (7.19)$$

მაგალითად, გეგმური აეროსურათისათვის ვაკე ადგილზე მდებარე კუთხეები სურათის მთავარ წერტილში დამახინჯდება 2-3-ით.

მნიშვნელოვანი რელიეფის შემთხვევაში კი ეს სიდიდე უფრო მეტად დამახინჯდება ადგილის რელიეფის გავლენითაც.



ნახ. 7.5 სურათის პერსპექტივით გამოწვეული დამახინჯება.

პერსპექტიულ აეროსურათზე წერტილების გადაადგილება ხდება ფოტოგრაფირების მომენტში სურათის დახრილობით. გეგმური აეროსურათისთვის წერტილების ხაზოვანი δ_α გადაადგილების სიდიდეს, გამოწვეულს სურათის დახრის კუთხით, პრაქტიკულად ითვლიან ფორმულით:

$$\delta_\alpha = -\frac{r^2}{f_k}\sin\alpha \cdot \cos\varphi, \qquad (7.20)$$

სადაც α სურათის დახრის კუთხეა;

r_c რადიუს-ვექტორია ნულოვანი დამახინჯების C წერტილიდან მოცემულ წერტილამდე;

φ – კუთხე, რომელიც იქმნება მოცემულ წერტილზე გამავალი მიმართულებით და აეროსურათის მთავარი ვერტიკალის მიმართულებით.

მაგალითად, თუ გეგმური აეროსურათის დახრილობა $\alpha = 3°$; $r = 60$ მმ, $f_k = 100$ მმ და $\varphi = 45°$, მაშინ პერსპექტივით გამოწვეული დამახინჯება სურათზე იქნება:

$$\delta_\alpha = \frac{60 \cdot 60 \cdot 0.052 \cdot 0.707}{100} = 1.3 \text{ მმ}.$$

მომიჯნავე სურათზე ადგილის ერთი და იგივე ობიექტის კონტურები არ ემთხვევა მათი სხვადასხვა მასშტაბში გამოსახვის გამო. ეს კი გამოწვეულია ფოტოგრაფირების სიმაღლეთა ცვალებადობით.

თუ აღვნიშნავთ დამახინჯებული წერტილის დაშორებას სურათის მთავარ წერტილიდან r, მაშინ ორ ურთიერთგადამფარავ მომიჯნე სურათებზე სხვადასხვა მასშტაბურობით გამოწვეული დამახინჯება გამოითვლება ფორმულით:

$$\delta_{r\,\text{VII}} = \frac{r_{\text{VII}}}{H}. \qquad (7.21)$$

ვთქვათ მოცემულია r=60 მმ. H=3000 მ და △H=30 მ, მაშინ დამახინჯება $\delta_{r_{\text{VII}}}$=0,6 მმ.

ზემოთ განხილული დამახინჯებები იწვევენ აეროსურათზე გამოსახული ობიექტების ფართობების დამახინჯებასაც, რომელთაგან ჩვენთვის უფრო საყურადღებოა რელიეფით გამოწვეული ფართობების დამახინჯება.

ვთქვათ, ჰორიზონტალურ აეროსურათზე მოცემულია abde გვერდებისგან შედგენილი ტრაპეციის კონტური, რომელსაც ადგილზე შეესაბამება დახრილ სიბრტყეზე ადგილის АВДЕ მართკუთხა ნაკვეთი, მაშინ S ფართობი აეროსურათით განისაზღვრება შემდეგი ფორმულით:

$$S = S_0 \frac{H^2}{H^2 - h^2}\left(1 + \frac{r_{\text{სათ}} \cdot \cos\varphi}{f_k} \operatorname{tg}\nu\right), \qquad (7.22)$$

სადაც $r_{\text{სათ}}$ რადიუს-ვექტორია სურათის მთავარი წერტილიდან სურათზე გამოსახული კონტურის ცენტრამდე;

φ — კუთხე, რომელიც იქმნება $r_{\text{სათ}}$ მიმართულებასა და ტრაპეციის ცენტრზე გამავალი ხაზის მართობს შორის;

S_0 — აეროსურათზე მართკუთხა abde კონტურის ფართობია;

ν — ადგილზე აღებული ფართის დახრის კუთხეა.

ფორმულა (7.22) საკმაოდ ზუსტია და შეიძლება გამოვიყენოთ მნიშვნელოვანი სიდიდის რელიეფისათვის.

თუ რელიეფის დახრილობა არ აღემატება 10-15°, მაშინ მისი სიმცირის გამო შეიძლება ამოვიღოთ (7.22)-დან h^2-ის მნიშვნელობა და $S-S_0$ ფართობის სხვაობებით მივიღებთ რელიეფით გამოწვეული ფართობის დამახინჯების ფორმულას:

$$\Delta S_h = S - S_0 = S_0 \frac{r_{\text{სათ}} \cdot \cos\varphi}{f_k} \operatorname{tg}\nu.$$

რელიეფით გამოწვეული დამახინჯებული ფართობის განსაზღვრის ფარდობითი შეცდომა გამოითვლება:

$$\frac{\Delta S_h}{S_0} = \frac{r_{\text{სათ}} \cdot \cos\varphi}{f_k} \operatorname{tg}\nu. \qquad (7.23)$$

ამ ფორმულის (7.23) ანალიზი გვიჩვენებს, რომ ფართობის დამახინჯება მით მეტია, რაც უფრო დიდია r_{max}, დახრის კუთხე ν და ნაკლებია სურათის ფოკუსური მანძილი $f_к$. დამახინჯება ნულის ტოლია, თუ $\Psi=90°$.

აეროსურათებით ფართობების განსაზღვრა რელიეფიანი ადგილისათვის მოითხოვს მაღალ კვალიფიკაციას და დიდ სიფრთხილეს მისი სირთულის გამო, განსაკუთრებით კონტურის კონფიგურაციის მიმართულების დადგენისას და ერთი და იგივე უბნის რთული რელიეფის პირობებში. ყოველივე აღნიშნული განაპირობებს იმას, რომ ფართობების გასაზომად სურათების გამოყენება მიზანშეწონილი არ არის.

7.4. აეროსურათების ტრანსფორმირება

დახრილი (პერსპექტიული) აეროსურათის გარდაქმნას ჰორიზონტალურ აეროსურათად და ერთ სასურველ მასშტაბში მის მოყვანას უწოდებენ აეროსურათების ტრანსფორმირებას. აეროსურათების ტრანსფორმირებით ისპობა კუთხური და ხაზოვანი დამახინჯებებიც და ტრანსფორმირებული სურათი შეიძლება განვიხილოთ, როგორც ფოტოგრაფირებული ადგილის გეგმა. ამგვარი სამუშაოს შესრულება წარმოებს სპეციალურ ოპტიკურ-მექანიკურ ხელსაწყოებით – ფოტოტრანსფორმატორებით. სამუშაო პრინციპის მიხედვით ფოტოტრანსფორმატორები იყოფა პირველი და მეორე სახის ფოტოტრანსფორმატორებად.

პირველი სახის ფოტოტრანსფორმატორებით ტრანსფორმირების დროს ხდება საპროექციო სხივთა კონის ისეთივე აღდგენა, რომელსაც ადგილი ჰქონდა აეროგადაღების დროს, ე. ი. შიდაორიენტირების ელემენტები ისეთივე უნდა იყოს, როგორიც ჰქონდა აეროფოტოაპარატს, რომლითაც მივიღეთ ეს სურათები. ტრანსფორმირების სხვადასხვა კოეფიციენტების დროს კი საჭიროა ის შევცვალოთ ტრანსფორმატორის ობიექტივის შესაბამისად, რის გამოც ასეთი ფოტოტრანსფორმატორების გამოყენება უხერხულია. დღეისათვის ფოტოტრანსფორმირებას აწარმოებენ მხოლოდ მეორე სახის ფოტოტრანსფორმატორებით.

მეორე სახის ფოტოტრანსფორმატორებით ტრანსფორმირება ხდება გარდაქმნილ საპროექციო სხივთა კონით, ე. ი. ფოტოგრაფირების მომენტში წარმოქმნილი სხივი განსხვავებულია ანუ გარდაქმნილია ფოტოტრანსფორმატორის პროექციის ცენტრის გადაადგილებით. ამგვარი გარდაქმნა ხდება ისე, რომ აეროსურათების პერსპექტივით გამოწვეული დამახინჯების მოსპობისას იცვლება აეროსურათის მასშტაბიც. ძირითადად გავრცელებულია ვერტიკალური კონსტრუქციის მეორე სახის **ФТБ** – დიდი და **ФТМ** – პატარა (ნახ. 7, 6 ა) ფოტოტრანსფორმატორები სურათის ფორმატით – არაუმეტეს 30×30 სმ და განკუთვნილია გეგმური და პერსპექტიული აეროსურათების ტრანსფორმირები-

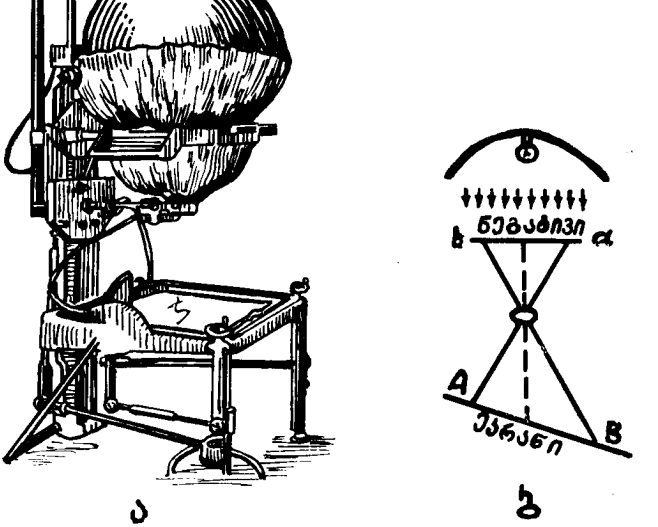
ათვის. დაყოვნება ხორციელდება შუქფილტრებით ექსპერიმენტულად.

ეკრანზე საჭირო მასშტაბში სურათის გამოსახულების მისაღებად (შემდგომ ფოტოგეგმის შესადგენად), ფოტოტრანსფორმატორები უნდა აკმაყოფილებდეს ტრანსფორმირების გეომეტრიულ და ოპტიკურ პირობებს.

ოპტიკური პირობების დაცვა, რომელიც წარმოებს მასშტაბური ინვერსორებით, უზრუნველყოფს ჰორიზონტალურ ეკრანზე (ნებისმიერი მასშტაბისათვის) სურათის მკაფიო გამოსახულებას.

ფოტოტრანსფორმირების გეომეტრიული პირობების უზრუნველყოფა კი ნიშნავს, რომ ეკრანზე მიღებული გამოსახულება იყოს შესაბამისი ადგილის მსგავსი. გეომეტრიული პირობები სხვადასხვა კონსტრუქციის ფოტოტრანსფორმირებაში გადაწყვეტილია სხვადასხვაგვარად (გრძივი და განივი დეცენტრირების შეტანით.).

ფოტოტრანსფორმატორის ეკრანს რომ მივცეთ საჭირო მდგომარეობა, საჭიროა ყოველ აეროსურათზე გვქონდეს არანაკლები ოთხი საყრდენი კონტურული წერტილი (1′, 2′, 3′, 4′), განლაგებული სურათის მუშა ფართის კუთხეებთან და ცნობილი იყოს მათი გეგმური და სიმაღლური მდებარეობა ადგილზე (1, 2, 3, 4 იხ. ნახ. 7.7). ამ წერტილებს უწოდებენ სატრანსფორმაციო წერტილებს.



ა ბ

ნახ. 7.6 ფოტოტრანსფორმატორი ФТМ და მუშაობის პრინციპული სქემა.

ტრანსფორმირების დაწყებამდე განსაზღვრავენ დეფორმაციის კოეფიციენტს K_l, რომელიც გამოწვეულია პლანშეტზე დადებული ფოტოქაღალდის სისქით (ფოტოქაღალდის სისქე პრაქტიკულად მერყეობს საშუალოდ 0,5-1,5 მმ-მდე, რომლის შესაბამისადაც შეარჩევენ მუყაოს ქაღალდის ნაჭერს, რასაც „ქვესაფენს“ უწოდებენ). ამისათვის ფოტოტრანსფორმატორში ათავსებენ საკონტროლო ბადეს და აპროექციორებენ ეკრანზე, სადაც მოთავსებულია ის ფოტოქაღალდი, რომლებზედაც უნდა მოხდეს ტრანსფორმირება. ფოტოლაბორატორიული დამუშავებისა და გაშრობის შემდეგ განსაზღვრავენ აღებული შესაბამისი ხარისხის ფოტოქაღალდის დეფორმაციის კოეფიციენტს ფორმულით:

$$K_l = \frac{l_{გან.} - l}{l},$$

სადაც $l_{გან.}$ ფოტონაბეჭდზე გაზომილი მონაკვეთია;

l — საკონტროლო ბადეზე შესაბამისი მონაკვეთის სიგრძე;

K_l-ს მნიშვნელობას განსაზღვრავენ საკონტროლო ბადის გრძივი, განივი და დიაგონალური მიმართულებებით და გამოჰყავთ საშუალო. შემდეგ განსაზღვრავენ ტრანსფორმირების კოეფიციენტს.

$$K_l = \frac{m}{M} \qquad (7.24)$$

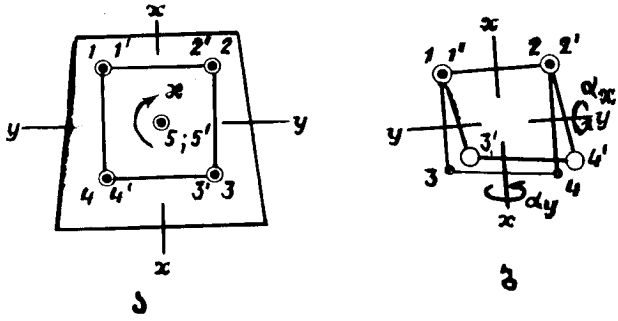
აქ m აერონეგატივის (ფოტოსურათის) მასშტაბის მნიშვნელია;

M — გეგმური საფუძვლის მასშტაბის მნიშვნელი.

თუ ვიცით ფოტოტრანსფორმატორის ობიექტივის F ფოკუსური მანძილი და ზემოთ მითითებული კოეფიციენტები, გამოვითვლით „ქვესაფენის“ სისქეს (მმ-ბით):

$$a = F(1 + K_l)K_e. \qquad (7.25)$$

ფოტოტრანსფორმატორის ეკრანს რომ მივცეთ საჭირო მდგომარეობა, საჭიროა ყოველ აეროსურათზე გვქონდეს ოთხი საყრდენი კონტურული წერტილი, განლაგებული სურათის მუშა ფართის კუთხეებთან და ცნობილი იყოს მათი გეგმური და სიმაღლური მდებარეობა ადგილზე. ამ წერტილებს უწოდებენ სატრანსფორმაციო წერტილებს. ტრანსფორმირება ხდება შემდეგნაირად: ნეგატივს (ემულსიით ეკრანისკენ) ჩადებენ ტრანსფორმატორის კასეტაში. ნეგატივის სწორად ჩადების შემდეგ ეკრანზე ვღებულობთ პოზიტიურ გამოსახულებას. შემდეგ ტრანსფორმატორის ეკრანზე დადებენ „ქვესაფენს“, ზემოდან დაადებენ საყრდენ პლანშეტს (რომელზედაც სატრანსფორმაციო წერტილები დატანილია წინასწარ განსაზღვრულ მასშტაბში - შესადგენი გეგმის მასშტაბში) და დააფარებენ მიმჭერ მინას, შემდეგ ჩართავენ ფოტოტრანსფომატორის



ნახ. 7.7 ფოტოტრანსფორმირება საყრდენი წერტილებით. სქემა ФТБ და ФТМ-ზე 1 5 საყრდენი წერტილები პლანშეტზე 1' 5' სატრანსფორმაციო წერტილები ნეგატივზე:

ნათურას და აერონეგატივზე არსებულ გამოსახულებას აპროექტირებენ ეკრანზე ისე, რომ ნეგატივზე ჩაჩხვლეტილი წერტილების (1′, 2′, 3′, 4′) პროექცია (სხივი) შეუთავსდეს საყრდენ პლანშეტზე შესაბამის წერტილებს (1, 2, 3, 4), ყოველივე ეს სრულდება ტრანსფორმატორის ობიექტივის, კასეტას და ეკრანის მოძრაობებით. წერტილებს შორის შეუთავსებლობა დასაშვებია 0,3 მმ, ხოლო მე-5 საკონტროლო წერტილზე — 0,5 მმ. წერტილების შეთავსების მომენტში ვღებულობთ ეკრანზე გამოსახულებას, რომელიც არ შეიცავს დამახინჯებებს სურათის პერსპექტივის გამო. შემდეგ გამოვცვლით „ქვესაფენს“ და საყრდენ პლანშეტზე მინის ქვეშ ვათავსებთ ფოტოქაღალდს, რომლის ექსპონირებისა და ფოტოლაბორატორიული დამუშავების შემდეგ მივიღებთ გეგმურ სურათს, რომელიც დამახინჯებას არ შეიცავს, თუმცა ადგილის რელიეფის გავლენით გამოწვეული დამახინჯებისგან თავისუფალი არ არის, მისი მოსპობისათვის კი იყენებენ სპეციალურ მეთოდებს.

თუ აეროსურათზე ასახულია ვაკე ადგილის ობიექტი, მაშინ ტრანსფორმირებას ახდენენ საყრდენ წერტილებში რელიეფით გამოწვეულ დამახინჯებათა შესწორების შეტანის გარეშე, ე. ი. შესწორება არ აღემატება დასაშვებ მნიშვნელობებს. საჭირო გაანგარიშებები შეიძლება მოვახდინოთ ფორმულა 7.15-ით, საიდანაც

$$h_{max} = \frac{\delta_h \cdot H}{r} \qquad (7.26)$$

თუ $\delta_n \leqslant 0{,}5$ მმ, $H = 3000$ მ და $r = 80$ მმ, მაშინ $h_{max} = 19$ მ; ხოლო $2h_{max} = 38$ მ ≈ 40 მ. ე. ი. ტრანსფორმირება ასეთ სურათზე, სადაც რელიეფის ცვალებადობა არ აღემატება $2h_{max} = 40$ მ, შეიძლება შევასრუ-

ლოთ რელიეფით გამოწვეული დამახინჯების შესწორების შეტანის გარეშე.

აეროსურათებისათვის, რომელზედაც გამოსახულია მთიანი რელიეფი, ტრანსფორმირება ხდება სიმაღლებრივი ზონებით, რისთვისაც ანგარიშობენ მაქსიმალურ სიმაღლეს. h_{max} საშუალო სიბრტყისადმირომლის დროსაც ტრანსფორმირებულ აეროსურათებზე დამახინჯება არ [illegible] ($\delta_{rh} \leqslant 0.4$–$0.5$ მმ) ბეტი[illegible]ულა (7.15)-ის მსგავსად შეიძლება დავწეროთ:

$$\delta_{rh} = \frac{r \cdot h_{max}}{H} K_t, \qquad (7.27)$$

სადაც K_t ტრანსფორმირების კოეფიციენტია ($K=0{,}4 \div 5{,}0$). ამ ფორმულიდან (7.26-ის მსგავსად) განისაზღვრება h_{max} დადებითი და უარყოფითი ნიშანი მიუთითებს იმაზე, თუ h_{max} საშუალო სიბრტყის მი-

$$\pm h_{max.} = \frac{0{,}5 \cdot H}{r \cdot K_t} \qquad (7.28)$$

მართ სად არის აღებული. ზონების ზღვარი კი გამოითვლება $\Delta H = H_{max} - H_{min}$ ფორმულით.

ყოველი წერტილისათვის, რომელიც მდებარეობს მოცემული სიმაღლის ზონაში, დამახინჯება უნდა იყოს არა უმეტეს $\delta \leqslant 05$ მმ-სა.

ზონების n რაოდენობას ერთ სურათზე საზღვრავენ ფორმულით:

$$n = \frac{\Delta H}{2h_{ზღვ.}}, \qquad (7.29)$$

სადაც $2h_{ზღვ.}$ — ზონის ზღვრული სიმაღლეა და გამოითვლება ფორმულით:

$$2h_{ზღვ.} = 0{,}002 \frac{f_k M}{r} - \delta_h. \qquad (7.30)$$

დანარჩენი აღნიშვნები ადრინდელია; ხოლო ცალკეული ზონის საშუალო სიბრტყეების სიმაღლეებს გამოითვლიან:

$$H_I = H_{min} + h_{max.}$$

$$H_{II} = H_I + 2H_{max}$$

$$H_{III} = H_{II} + 2h_{max}$$

რადგანაც ზონებით ტრანსფორმირება სრულდება სატრანსფორმაციო წერტილებით, ამიტომ საყრდენ პლანშეტზე (1, 2, 3, 4), წერტილებში შეაქვთ შესწორება რელიეფის გავლენის გამო (წერტილების ორთოგონალურ მდებარეობას გადაადგილებენ).

ზონებით ტრანსფორმირება შეიძლება სხვანაირადაც: საყრდენ

პლანშეტზე სატრანსფორმაციო წერტილებში შესწორება შეაქვთ მხოლოდ პირველი (ყველაზე დაბალი) ზონისათვის. შემდეგ ზონებში კი გადადიან ეკრანებზე ტრანსფორმირებული გამოსახულების მასშტაბის შეცვლით. ამისათვის იყენებენ მანძილებს კოორდინატთა ჭდეებს შორის. თუ აღვნიშნავთ ამ მანძილს პირველი ზონისთვის l_1-ით, მაშინ მეორე ზონისთვის ამ მონაკვეთის სიდიდე შეიცვლება Δl-ით, შეიძლება დავწეროთ პროპორცია:

$$\frac{\Delta l}{l_1}=\frac{2h_{max.}}{H_1}$$

აქედან

$$\Delta l=l_1\frac{2h_{max}}{H_1} \qquad (7.31)$$

აგრეთვე

$$\Delta l=l_1-l_2$$

მიღებულია, რომ ერთი აეროსურათის ტრანსფორმირების მაქსიმალურ ზონათა რაოდენობა არ უნდა აღემატებოდეს ხუთს. ტრანსფორმირების დროს მიღებულ გამოსახულებას საყრდენ პლანშეტს გამოაცლიან და შეცვლიან ფოტოქაღალდით, რომელზედაც წარმოებს ექსპონირება.

ექსპონირებული ფოტოქაღალდების ფოტოლაბორატორიული დამუშავების შემდეგ ღებულობენ ტრანსფორმირებულ აეროფოტოსურათებს, რომლისგანაც ადგენენ ფოტოგეგმებს. ფოტოგეგმებმა დიდი გამოყენება ჰპოვა სახალხო მეურნეობაში და კერძოდ სატყეო მეურნეობაშიც, მაგრამ მთიანი რაიონებისთვის მისი მონტაჟი საკმაოდ შრომატევადია და ამავე დროს დიდ შეცდომებსაც შეიცავს. ასეთი სურათების ტრანსფორმირება ყველაზე ეფექტურად და პრაქტიკულად უშეცდომოდ შეიძლება მოხდეს დიფერენციალური ტრანსფორმირებით. დიფერენციალურ ტრანსფორმირებას საფუძვლად უდევს სურათის პატარა უბნების ვიწრო ხვრელით დაპროექცირება ფოტოქაღალდზე. გამოსახულების პროექცირება დაკავშირებულია სტერეოფოტოგრამმეტრიული უნივერსალური ხელსაწყოს სივრცით საზომ მარკასთან. საზომი მარკის გადაადგილება ჰორიზონტალური მიმართულებით გადააადგილებს პროექციის ხვრელს, ხოლო საზომი მარკის სტერეომოდელის სიმაღლის მიხედვით გადაადგილება კი იწვევს საპროექციო სისტემის გამადიდებლობის კოეფიციენტის შეცვლას, ე. ი. მანძილი პროექციის ცენტრიდან ეკრანამდე (სადაც მოთავსებულია ფოტოქაღალდი) განუწყვეტლივ იცვლება ადგილის რელიეფის მიხედვით, რაც უზრუნველყოფს სურა-

თის ერთი და იგივე მასშტაბში გამოსახვას. ასეთ სურათს უწოდებენ ორთოფოტოსურათს. ორთოფოტოსურათების მისაღებად შექმნილია ხვრელური ფოტოტრანსფორმატორი და ორთოფოტოსტერეოგრაფი. გერმანიაში — ცეისის ფირმის სტერეოტრიგომატი ფოტოპოკარტი და ორთოპროექტორი „გიგას“, აშშ-ში — ორთოფოტოსკოპი და სხვა.

7.5. ფოტოგეგმის მონტაჟი

ფოტოგეგმა ეწოდება ადგილის ფოტოგრაფიულ გამოსახულებას, რომელიც სიზუსტით აკმაყოფილებს იმავე ადგილის გეგმის მოთხოვნილებას.

ფოტოგეგმის მონტაჟი სრულდება ტრანსფორმირებული აეროსურათებით. დღეისათვის აეროფოტოგადაღების დროს ფართოდ იყენებენ გიროსტაბილიზატორებს, რომლებიც მაგრდება აეროფოტოაპარატის ტანზე (კორპუსზე) და აეროსურათების დახრის კუთხე არ აღემატება ($\alpha \leqslant 10\text{-}15'$) დასაშვებ სიდიდეს. ამიტომ ტრანსფორმირებას ცვლიან აეროსურათების ერთ საჭირო მასშტაბში მოყვანით.

აეროსურათის საჭირო მასშტაბში მოსაყვანად აეროსურათის გამოსახულებას ზრდიან к-ჯერ და ცხადია, დამახინჯებებიც (წერტილების გადაადგილება) α კუთხის გამოწვევით გაიზრდება к-ჯერ.

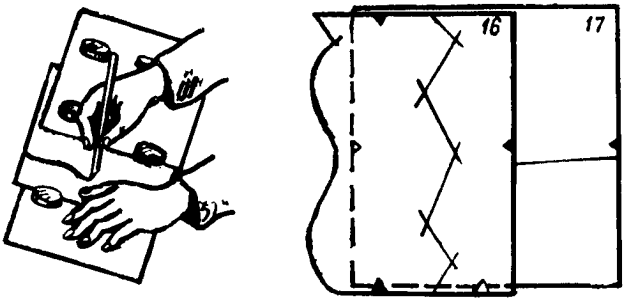
თუ წავუყენებთ ისეთ მოთხოვნილებას, რომ $\delta\alpha K \leqslant 0{,}3$ მმ (რაც შეესაბამება ტრანსფორმირების სიზუსტეს) მაშინ

$$\alpha \leqslant \frac{0{,}3 \cdot f_k}{k \cdot r^2_{max.}}. \qquad (7.32)$$

დავუშვათ, რომ $f_к = 100$ მმ, აეროსურათის მასშტაბი 1:m 1:20000, გეგმის მასშტაბი 1:M 1:10000, ე. ი. $K=2$; ჩავთვალოთ, რომ $r=70$ მმ. $\rho = 3438'$, მაშინ $\alpha \leqslant 10'$. ცხადია ასეთი ზღვრული დახრის კუთხის მქონე აეროსურათებით შეიძლება შევადგინოთ ფოტოგეგმა აეროსურათების ერთ მასშტაბში მოყვანით ტრანსფორმირების გარეშე. თუ ცნობილია ფოტოგრაფირების სიმაღლე, ან არანაკლები ორი საყრდენი სატრანსფორმაციო წერტილი აეროსურათზე, ირჩევენ ძირითადად მთავარ წერტილთან ახლოს მდებარე კონტურულ წერტილებს.

თუ აეროსურათები წარმოადგენენ მთიანი რელიეფის გამოსახულებას (60% გადაფარვით) და საჭიროა ზონებით ერთ მასშტაბში მოყვანა, სარგებლობენ სამი საყრდენი (სატრანსფორმაციო) წერტილით, მეოთხე კონტროლისთვის, რომელთა გეგმური მდებარეობაც განისაზღვრება ფოტოტრიანგულაციით, ან სხვა რომელიმე ხერხით. ფოტოგეგმას ადგენენ მყარ საფუძველზე ტრანსფორმირებული სურათების მონტაჟით, რომელზედაც წინასწარ დატანილია ტრაპეციის ჩარჩოები, საყრდენი

გეოდეზიური პუნქტები და სატრანსფორმაციო წერტილები. ყველა აღნიშნული წერტილი წინასწარ ჩაიხვრიტება (1 მმ დიამეტრის სიდიდით) პუანსონით და შემდეგ შეუთავსებენ საფუძველზე დატანილ შესაბამის წერტილებს ისე, რომ ჩახვრეტილი აეროსურათებიდან ეს წერტილები მოჩანდნენ. აეროსურათებს მარშრუტების მიხედვით თანდათან დაალაგებენ და გაწონასწორების შემდეგ სურათებს ჭრიან ბასრი ლანცეტით ისე, რომ ურთიერთგადაფარებული მომიჯნე სურათების კონტურე-



ნახ. 7.8 ტრანსფორმირებული სურათების დაჭრა ლანცეტით:

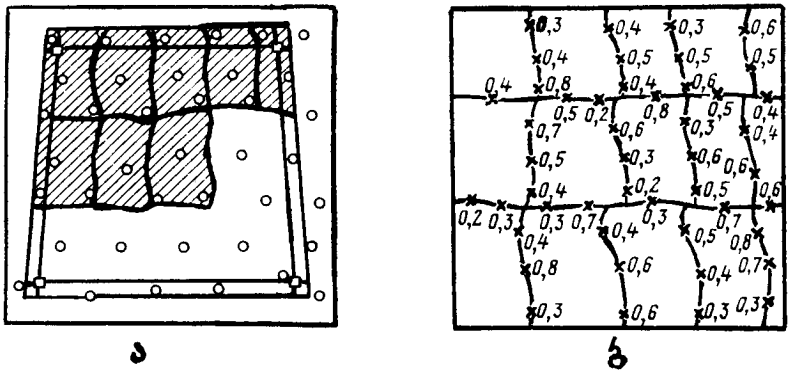
ბი ერთმანეთს ზუსტად ემთხვეოდეს (ამოწმებენ ნემსის ჩაჩხვლეტით), შეუთავსებლობა დასაშვებია 0,7 მმ. სასურველია, რომ გაჭრის ხაზმა, რაც შეიძლება გვერდი აუაროს კონტურებს და გადაკვეთონ ისინი შედარებით მართი კუთხით. ეს ხაზი არ უნდა გასდევდეს ტყეებსა და ნათესების საზღვრებს, გზებს, მდინარეებსა და სხვა წრფივ კონტურებს (ნახ. 7.8).

ჩამოჭრილი აეროსურათების ცენტრალურ ნაწილებს აწებებენ რეზინის ან ცელულოიდის წებოთი. ყველა ჩამონაჭერს უკანა მხარეზე აწერენ შესაბამისი სურათის ნომერს და იყენებენ ფოტოგეგმის შეფასებისათვის (კორექტურისათვის). პლანშეტის მონტაჟის დამთავრების შემდეგ ჩარჩოს გარეთ გამოსული სურათების ნაპირებს ჩამოჭრიან და ინახავენ მეზობელი პლანშეტების შეპირაპირებისთვის.

ზონებით ტრანსფორმირებული მეზობელი სურათების მონტაჟი იმით განსხვავდება, რომ აქ ყოველი სურათისთვის გვაქვს ზონების რიცხვის ტოლი რამდენიმე ტრანსფორმირებული ანაბეჭდი. მონტაჟს იწყებენ ყველაზე დაბალი ზონის ანაბეჭდიდან. ზევიდან დაადებენ მეორე ზონის ანაბეჭდს საყრდენი (სატრანსფორმაციო) წერტილების შეთავსებით და ჭრიან ორივე სურათს ერთდროულად. მოაცილებენ ზედა ანაბეჭდიდან ამოჭრილ პირველი ზონის ფართობს და მის ადგილას პლანშეტზე აწებებენ ამონაჭრებს ქვედა სურათიდან, რომელიც პირველ ზონას ეკუთ-

ვნის, ხოლო დარჩენილ ნაწილებს იყენებენ კორექტირებისათვის. შემდეგ სატრანსფორმაციო წერტილებით დებენ მესამე ანაბეჭდს და ჭრიან მეორე და მესამე ზონის საზღვარზე. მეორე ზონის ამონაჭერს აწებებენ პლანშეტზე (საფუძველზე) და ასე შემდეგ. ასეთი წესით დამზადებულ ფოტოგეგმას უწოდებენ მოზაიკურ ფოტოგეგმას (ნახ. 9 (ა).

როდესაც ფოტოგეგმის ჩარჩოების სიზუსტე არ შეესაბამება შესაბამისი მასშტაბის ტოპოგრაფიული გეგმის ნომენკლატურის ჩარჩოებს, ასეთ ფოტოგეგმებს უწოდებენ მიახლოებით ორიენტირებულს.



ა ბ

ნახ. 7.9 ა) ფოტოგეგმის მონტაჟი; ბ) ფოტოგეგმის კორექტურა:

ფოტოგეგმის სიზუსტის შეფასება ხდება ფოტოგეგმის კორექტირებით, რომელიც ხასიათდება სამი ძირითადი მაჩვენებლით:

1. სურათზე ჩაჩხვლეტილი საყრდენი (სატრანსფორმაციო) წერტილების შეთავსებით მის შესაბამის პლანშეტზე დატანილ წერტილებთან (დასაშვებია $б_1 \leqslant 0{,}4$ მმ). გამოითვლება ფორმულით:

$$m = \sqrt{\frac{[\Delta^2]}{n}} \qquad (7.33)$$

სადაც Δ წერტილების შეუთავსებლობაა; n — წერტილების რაოდენობა.

2. მომიჯნე აეროსურათების გაჭრის ხაზზე კონტურების შეთავსებით (ნახ. 7.9 ბ), (დასაშვებია $б_2 \leqslant 0{,}7$ მმ ან $б_2 \approx 1$ მმ მთიანი რაიონებისათვის), გამოითვლება ფორმულით:

$$m = \sqrt{\frac{[\Delta^2]}{2n}}; \qquad (7.34)$$

3. მეზობელი ფოტოგეგმების ჩარჩოებთან კონტურების შეთავსებით

(საერთოდ ჩარჩოს გარეთ ფოტოგამოსახულებას ტოვებენ არანაკლები 4-8 მმ-ს).

თუ კორექტირების დროს აღმოჩნდა დასაშვებზე მეტი სიდიდის შეუთავსებლობანი, მაშინ ფოტოგეგმის შესაბამისი ნაწილი უნდა გადაკეთდეს.

ფოტოგეგმის გაფორმება მთავრდება იმით, რომ მასზე ტუშით გამოხაზავენ ტრაპეციის ჩარჩოებს წარწერებით და გეოდეზიურ პუნქტებს. გამრავლების მიზნით მას გადაუღებენ სურათს ფოტოგეგმის რეპროდუქციის მისაღებად.

როგორც უკვე აღვნიშნეთ, ბოლო წლებში საზღვარგარეთ შეიქმნა ორთოგონალური ფოტოპროექტორები, რომელთა გამოყენება მნიშვნელოვნად გაზრდის ფოტოგეგმის მიღების სიზუსტეს.

სატყეო დეშიფრირებისათვის, ტყის მასივების სწრაფად შესწავლის მიზნით ან ფოტოგრაფიული ადგილის მიმოხილვითი ინფორმაციის მისაღებად და დეშიფრირებისათვის, როდესაც დიდი სიზუსტე არ არის საჭირო, იყენებენ ადგილის ფოტოსქემებს. ფოტოსქემას უწოდებენ ადგილის ფოტოგრაფიულ გამოსახულებას, რომელიც შედგენილია ერთი ან რამოდენიმე მარშრუტის არატრანსფორმირებული აეროფოტოსურათების მონტაჟით. ფოტოსქემის მონტაჟი ისევე ხდება, როგორც ფოტოგეგმის. ფოტოსქემა თუ შედგენილია ვაკე ადგილების გიროსტაბილიზებული სურათებით, მაშინ ის შეიძლება ჩავთვალოთ მიახლოებით ფოტოგეგმად და ვისარგებლოთ გაზომვებისთვისაც. მთიანი რელიეფიანი სურათებით შედგენილი ფოტოსქემისთვის საზღვრავენ საშუალო მასშტაბს.

$$\frac{1}{m}=\frac{l_{საშ.}}{L\cdot M}$$

სადაც l, L შესაბამისი მონაკვეთებია გაზომილი ფოტოსქემაზე და რუკაზე;

M — რუკის მასშტაბის მნიშვნელია, რომელსაც იყენებენ მიახლოებითი სიდიდეების დასადგენად.

7.6. ფოტოტრიანგულაციის ზოგადი ცნობები

აეროსურათებით კამერალურ პირობებში საყრდენი გეოდეზიური საფუძვლის გახშირებას და აგრეთვე კონტურული და სატრანსფორმაციო წერტილების კოორდინატების განსაზღვრას ფოტოგრამმეტრიული ქსელის აგებით, ფოტოტრიანგულაციას უწოდებენ.

ფოტოტრიანგულაცია ძირითადად ორგვარია:

1. გეგმური ფოტოტრიანგულაცია, რომლის დროსაც განისაზღვრება

წერტილების გეგმური მდებარეობა სიბრტყეზე, ე. ი. წერტილების X და Y კოორდინატები;

2. სივრცითი ფოტოტრიანგულაცია — განისაზღვრება წერტილების სივრცითი მდებარეობა, ე. ი. წერტილების X, Y და Z კოორდინატები.

ფოტოტრიანგულაცია მიზნად ისახავს შრომატევადი საველე ტოპოგეოდეზიური სამუშაოების მაქსიმალურად შემცირებას და მათი კამერული ფოტოგრამმეტრიული მუშაობით შეცვლას. ადგილის წერტილების კოორდინატების განსაზღვრისათვის აეროსურათებით აგებენ ფოტოგრამმეტრიულ ქსელს, რომელიც ეყრდნობა საველე გეოდეზიური ქსელის შეზღუდული რაოდენობის წერტილებს.

არსებობს ფოტოგრამმეტრიული ქსელის აგების სხვადასხვაგვარი ხერხი. სივრცითი ფოტოტრიანგულაციური ქსელი აიგება მაშინ, როდესაც საჭიროა განვსაზღვროთ სამივე კოორდინატი. ამ შემთხვევაში იყენებენ უნივერსალურ ხელსაწყოებს ან ანალითური ფოტოტრიანგულაციის ხერხებს ელექტრონული გამოთვლითი მანქანების გამოყენებით. თუ საჭიროა მხოლოდ გეგმური კოორდინატები, აგებენ გეგმურ ქსელს, ხოლო იმ შემთხვევაში, როცა მხოლოდ სიმაღლეა განსასაზღვრავი — სიმაღლურ ქსელს. გეგმური ფოტოტრიანგულაცია იყოფა: გრაფიკულ და ანალითურ ხერხებად.

გრაფიკული ხერხით ქსელის აგება დაბალი სიზუსტის გამო ძალზე შეზღუდულია ან აღარ გამოიყენება. სატყეო-სამეურნეო სამუშაოებში მისი გამოყენება მიზანშეწონილია ეკონომიკური თვალსაზრისით (ფოტოგეგმის შესადგენად, აეროსურათების ტრანსფორმირებაში, სატყეო რუკების კორექტირებისა და განახლებისას, აგრეთვე პატარა ფართის ახლად აგეგმვისას და სხვა).

გრაფიკული ფოტოტრიანგულაცია დამყარებულია იმ პრინციპზე, რომ ნულოვანი დამახინჯების წერტილიდან გავლებული მიმართულებები არ მახინჯდება აეროსურათის დახრის გამო და მათ შორის შექმნილი კუთხეები გეგმაზე, ადგილზე შესაბამისი კუთხეების ტოლია. ნადირწერტილიდან გავლებული მიმართულებები კი არ მახინჯდებიან რელიეფის გავლენის გამო.

გეგმური აეროგადაღების დროს ეს წერტილი ახლოს მდებარეობს აეროსურათის მთავარ წერტილთან, ამიტომ მიმართულება, რომელიც გავლებულია მთავარი წერტილიდან, პრაქტიკულად ძალიან მცირედ არის დამახინჯებული. ცენტრალურ წერტილად ირჩევენ მკვეთრად გამოსახულ წერტილს წრეწირის ფარგლებში, რომელიც შემოიხაზება აეროსურათის მთავარი წერტილიდან r რადიუსით.

$$r = 0{,}02\ f_k \qquad (7.35)$$

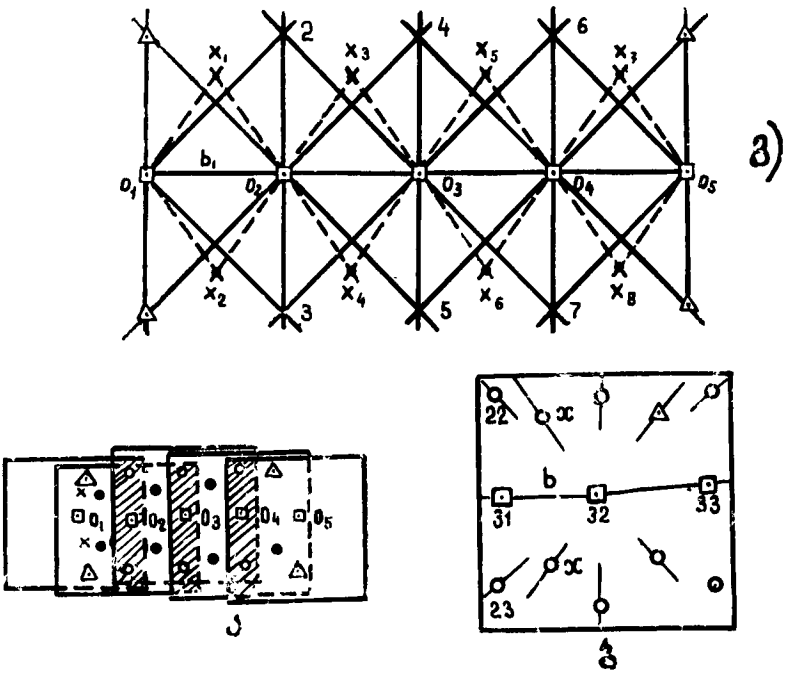
სადაც f_k აეროფოტოაპარატის ფოკუსური მანძილია.

მთიანი რელიეფისათვის კუთხური სიდიდეების დამახინჯება ხშირად განსაზღვრული სიზუსტის ზღვარს აღემატება და ამიტომ ცენტრალურ წერტილად იღებენ პირობით ნადირწერტილს, რომელიც განისაზღვრება კოორდინატებით:

$$\left.\begin{aligned} x_n &= -f_k\alpha \\ y_n &= -f_k\omega \end{aligned}\right\} \qquad (7.36)$$

გრაფიკული ფოტოტრიანგულაციით ქსელის აგების ერთ-ერთი გავრცელებული ფორმაა ერთმარშრუტიანი რომბული ფოტოტრიანგულაციის მწკრივი, რომლის ასაგებად საჭიროა, რომ აეროსურათების (უმჯობესია აერონეგატივები ნაკლები დეფორმირების გამო) გრძივი გადაფარვა იყოს არანაკლები 60%. ყოველ სურათზე, გარდა ამ სურათის ცენტრალური წერტილისა, ამოიცნობენ აგრეთვე მომიჯნე სურათების ცენტრალურ წერტილებს. ამ ცენტრალური წერტილების შემაერთებელ წრფეებს უწოდებენ საწყის მიმართულებებს და წარმოადგენენ ფოტოგრაფირების ბაზისებს აეროსურათის მასშტაბში. აეროსურათებზე ამოიცნობენ ყველა გეოდეზიურ და გეგმურ ამონაცნობ წერტილებს, რომელთა კოორდინატებიც ცნობილია, ჩაჩხვლეტენ და აღნიშნავენ სამკუთხედებად ტუშით (გვერდის ზომა 9-8 მმ). ჩაჩხვლეტის სიზუსტე უნდა იყოს არა უმეტეს 0,1 მმ. შემდეგ სამმაგი გადაფარვის ზონაში შეარჩევენ დამაკავშირებელ (ნახ. 10 ბ) წერტილებს (ცენტრთან არ უნდა იყოს 5 სმ ახლოს და სურათის კიდეებთან კი ერთი სმ-ით), შემოავლებენ წრეს 4-5 მმ რადიუსით და აღნიშნავენ არაბული ციფრებით. დამაკავშირებელ წერტილებად იღებენ კარგ კონტურულ წერტილებს. სურათის მუშაფართის კუთხეებში ჩაჩხვლეტენ აგრეთვე სატრანსფორმაციო წერტილებს, აღნიშნავენ ტუშით 1 სმ რადიუსის წრეხაზით და მიუწერენ x_i; ასოს. ამგვარად, ყოველ აეროსურათზე გვექნება სამი ცენტრალური წერტილი (ანუ ორი მთავარი მიმართულება), ექვსი დამაკავშირებელი წერტილი (ცენტრალური წერტილების გასწვრივ ზემოთ და ქვემოთ), ოთხი სატრანსფორმაციო წერტილი (ფოტოგრაფირების ბაზისის შუაზე ზემოთ და ქვემოთ) და საყრდენი გეოდეზიური ან გეგმური ამონაცნობი წერტილები. ყველა წერტილს გადაიტანენ სურათის ზომის წინასწარ დაჭრილ კალკის (ან ცელულოიდის შაბლონზე) ფურცლებზე და ტუშით გაავლებენ სურათის მთავარი (ცენტრალური) წერტილიდან მიმართულებებს.

პირველად აგებენ პირველ და მეორე ფურცელს (ისე, რომ ყველა ფურცელი დაეტიოს საერთო ფურცელზე) და უთავსებენ მათ მთავარ



ნახ. 7.10 ფოტოტრიანგულირება.

მიმართულებებს. ფურცლების დამაგრების შემდეგ ერთსახელა სხივების გადაკვეთაში ვღებულობთ მე-2 და მე-4 წერტილების მდებარეობას (ნახ. 10 გ).

შემდეგ შეუთავსებენ მესამე ფურცელს და ა. შ. აქვე უნდა აღინიშნოს, რომ პირველი ორი კალკის (ლივის) ცენტრალური წერტილების შემაერთებელ ხაზს უწოდებენ პირველ ბაზისს და განსაზღვრავს მწკრივის (ქსელის) აგების მასშტაბს.

მესამე და შემდეგ მომდევნო ცენტრალურ წერტილებს ღებულობენ დამაკავშირებელი წერტილებით შებრუნებული ამოცანის გადაკვეთის წესით. მიმართულებების გადაკვეთისას დამაკავშირებელ წერტილებში თუ წარმოიქმნა შეცდომების სამკუთხედები, მათი გვერდების სიდიდე არ უნდა აღემატებოდეს 0,4-0,6 მმ. ასეთ შემთხვევაში წერტილები ჩაიჩხვლიტება სამკუთხედების ცენტრებში.

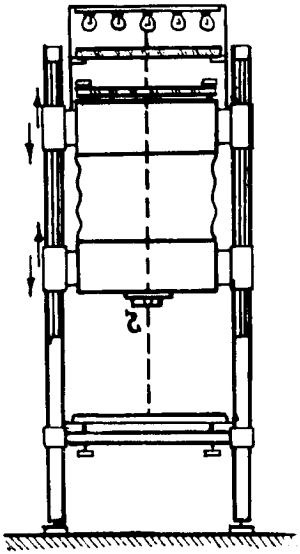
მიღებული ფოტოტრიანგულაციური რომბული მწკრივი (ქსელი) აგებულია თვითნებურ მასშტაბში და არ არის გაორიენტირებული გეოდეზიური საყრდენი პუნქტების მიმართ. ასეთ ქსელს უწოდებენ თავისუფალს. თავისუფალი (ნახ. 10 გ) ქსელის საჭირო მასშტაბში მოყვანასა და გეოდეზიური საყრდენი პუნქტების მიმართ მისი გაორიენტირე-

ბის პროცესს რედუცირებას უწოდებენ, რომელსაც ასრულებენ გრაფიკული ან ოპტიკურ-მექანიკური რედუცირებით სპეციალური ხელსაწყო-ფოტორედუქტორით (ნახ. 7.11).

გრაფიკული რედუცირების დროს მწკრივის ყველა საყრდენ, გეგმურ ამონაცნობს, სატრანსფორმაციო და დამაკავშირებელ წერტილებს გადაჩხვლეტენ კრებსით კალკაზე. საყრდენ პლანშეტზე დაიტანენ რომელიმე მყარ A და B წერტილებს შესადგენი გეგმის მასშტაბში. ტრიანგულაციის ქსელის მასშტაბში ab და გეგმის AB მონაკვეთების ფარდობით განსაზღვრავენ რედუცირების კოეფიციენტს:

$$K = \frac{ab}{AB}.$$

კრებსით კალკაზე შეარჩევენ ნებისმიერ m წერტილს, საიდანაც ქსელის წერტილზე გაატარებენ მიმართულებებს. შემდეგ a წერტილს შეუთავსებენ პლანშეტის A წერტილს, ab-ს გააორიენტირებენ AB მიმართულებით და პლანშეტზე გადაჩხვლეტენ ყველა წერტილს. შემდეგ b წერტილს შეუთავსებენ B წერტილს. ba-ს გააორიენტირებენ BA მიმართულებით, ისევ გადაჩხვლეტენ ყველა წერტილს და გაავლებენ ერთსახელა მიმართულებების გადაკვეთაში. მივიღებთ პლანშეტზე საძიებელი წერტილების გეგმურ მდებარეობას. M წერტილს იყენებენ მხოლოდ წერტილების გადატანის კონტროლისათვის. რედუცირებას ძირითადად მიმართავენ ცალკეული მარშრუტებისათვის.



ოპტიკურ-მექანიკური ფოტორედუქტორი წარმოადგენს ზუსტ საპროექციო დანადგარს, რომლის კასეტაში ჩადებენ კალკაზე დატანილ ფოტოტრიანგულაციურ ქსელს და დააპროექტებენ (გამჭირვალე კალკაზე დაშუქებით) რედუქტორის ეკრანზე დამაგრებულ პლანშეტზე. პლანშეტზე დატანილია ჩვენთვის საჭირველ მასშტაბში საყრდენი გეოდეზიური პუნქტები (არა ნაკლები 2 პუნქტისა). ზუსტად შეუთავსებენ საპროექციო კალკაზე და პლანშეტზე დატანილ შესაბამის საყრდენ წერტილებს, დანიშნავენ ფანქრით ცენტრალურ, დამაკავშირებელ და სატრანსფორმაციო წერტილებს. ამავარად, შესადგენი მომავალი გეგმის

[illegible] კოორდინატებით კამერალური საჭიროაოდენობის [illegible] ტრანსფორმირებისათვის.

აღნიშნული მეთოდით მიღებული წერტილების გეგმური მდებარეობის სიზუსტე დამოკიდებულია მრავალ ფაქტორზე, აეროსურათების დეშიფრირებაზე, მიმართულებების გატარების შეცდომებზე, ქსელის (მწკრივის) აგებაზე და თვით რედუცირებაზე, პრაქტიკული მიზნებისთვის საჭიროა ვიცოდეთ ფოტოტრიანგულაციის ქსელის (მწკრივის) შუა ნაწილში მდებარე წერტილების გეგმური მდებარეობის საშუალო კვადრატული შეცდომების სიდიდე, ამ შეცდომის პირველი მიახლოებისათვის იყენებენ გ. პ. ჟუკოვის ფორმულას:

$$m = \pm 0.35 K_t b \frac{m_p}{p^1} \sqrt{n^3}, \qquad (7.37)$$

სადაც K_t ტრანსფორმირების კოეფიციენტია, რომელიც ტოლია აეროგადაღების მასშტაბის მნიშვნელისა და შესადგენი გეგმის მასშტაბის მნიშვნელის შეფარდების:

$$K_t = m/M$$

b — ფოტოგრაფირების ბაზისია აეროსურათის მასშტაბში;

m — კალკაზე გავლებული მიმართულებების საერთო შეცდომა ($m_{\alpha} \approx 5'$);

n — ბაზისების რაოდენობა (აეროსურათების რაოდენობა ერთის გარეშე).

$$n^3 = \left(\frac{m\rho^1}{0.35 K_t b m_p} \right)^2 \qquad (7.38)$$

ფორმულა (7.38) ფართოდ გამოიყენება წერტილების გახშირებისას გეოდეზიური პუნქტების რაოდენობის დასადგენად. მრავალმარშრუტიანი ქსელის რედუქტორით რედუქცირებას იწყებენ იმ მწკრივიდან რომელიც ეყრდნობა მეტი რაოდენობის საყრდენ გეოდეზიურ პუნქტებს. პროექტირებული სხივის გადახრა პლანშეტზე შესაბამისი პუნქტიდან არ უნდა აღემატებოდეს 0,2 მმ. გაწონასწორებულ პლანშეტს (დატანილი წერტილებით) აფორმებენ არსებული ინსტრუქციის შესაბამისად.

მ ა გ ა ლ ი თ ი 1. განვსაზღვროთ მოსალოდნელი შეცდომა რომბული მწკრივის შუა ნაწილში შემდეგი მონაცემებით:

აეროსურათის მასშტაბია 1:17000

შესადგენი გეგმის მასშტაბი 1:25000

სურათზე ფოტოგრაფირების ბაზისი $b = 72$ მმ

მიმართულების შეცდომა $m = 5' \mathcal{Y}' = 3438$

ფოტოტრიანგულაციურ მარშრუტში აეროსურათების რაოდენობა

ექვსია (n=5). ვისარგებლოთ გ. ჟუკოვის (7.37) ფორმულით:

$$m = \pm 0.35 \frac{25000}{17000} \cdot 72 \text{ მმ} \sqrt{\frac{5}{3438}} = \pm 0.6 \text{ მმ}$$

მ ა გ ა ლ ი თ ი 2. ფორმულა (7.37)-ის გამოყენებით განვსაზღვროთ ფოტოტრიანგულირებისთვის მანძილი გეგმურ „ამონაცნობებს" შორის შემდეგი მონაცემებით:

წერტილების გეგმური მდებარეობის დასაშვები შეცდომა m=0,5 მმ;
აეროსურათის მასშტაბი 1:17000;
შესადგენი გეგმის მასშტაბი 1:25000;
სურათზე ფოტოგრაფირების ბაზისი b=72 მმ;
მიმართულების შეცდომა $m_\varepsilon = 5'$.

$$n^3 = \left(\frac{mp}{0{,}35 K_f b m_\varepsilon}\right)^2 = \left(\frac{0{,}5 \text{ მმ } (3438)}{0{,}35 \left(\frac{25000}{17000}\right) 72 \text{ მმ } 5'}\right)^2 \approx 92$$

$n = \sqrt[3]{92} \approx 4{,}5$. ე. ი. 4,5 ბაზისი

მანძილი გადაღების მასშტაბში ტოლია

$$d = n \cdot b = 4{,}5 \cdot 72 \text{ მმ} = 324 \text{ მმ} = 32{,}4 \text{ სმ}$$

რამდენადაც სურათის მასშტაბი 1:17000 (ანუ 1 სმ სურათზე ადგილზე შეესაბამება 170 მ), ამიტომ

$$D = 170 \text{ მ} \cdot 32{,}4 \text{ სმ} = 5508 \text{ მ} = 5{,}5 \text{ კმ}.$$

ე. ი. მარშრუტში გეგმური წერტილები უნდა განისაზღვროს ყოველ 5,5 კმ-ზე, რომ შეცდომა რომბულ მწკრივში (ქსელში) ფოტოტრიანგულირების დროს არ აღემატოს 0,5 მმ-ს.

7.7. აეროსურათების მიბმა

აეროსურათებზე ამოცნობილი წერტილის ადგილზე გეოდეზიური კოორდინატების განსაზღვრის სამუშაოებს აეროსურათების მიბმას უწოდებენ. ეს არის საველე და კამერული სამუშაოების ერთობლიობა, რომელიც დაკავშირებულია აეროსურათებზე კონტურული წერტილების შერჩევასთან, ადგილზე მათი ამოცნობისა და გეოდეზიური კოორდინატების განსაზღვრასთან. ეს წერტილები საჭიროა ფოტოტრიანგულაციური ქსელის ორიენტირების, აეროსურათების ტრანსფორმირებისა და მათი სტერეოფოტოგრამმეტრიული დამუშავებისათვის.

არჩევენ: გეგმური, გეგმურ-სიმაღლური და სიმაღლური სახის მიბმას. ამ ჩამოთვლილი სახეების შესრულება ხდება გეოდეზიური აგე-

გმვის სხვადასხვა მეთოდით. თუ აეროსურათების მიბმა წარმოებს მათი ტრანსფორმირებისათვის და ყველა წერტილის კოორდინატები განისაზღვრება გეოდეზიურად, მაშინ მას მთლიან მიბმას უწოდებენ, ხოლო თუ საზღვრავენ მხოლოდ რამდენიმე წერტილის კოორდინატებს (ფოტოტიანგულაციის ქსელის რედუცირებისათვის) მაშინ უწოდებენ მეჩხერულ მიბმას.

ადგილზე შერჩეულ წერტილებს, რომელთა კოორდინატები გეოდეზიურად არის განსაზღვრული და ამოცნობილია აეროსურათზე, უწოდებენ „ამონაცნობებს“.

აეროსურათების მიბმა, როგორც წესი, ტარდება აეროფოტოგადაღების შემდეგ. აეროსურათების დაფენითი მონტაჟის ფოტორეპროდუქციაზე ადგენენ მიბმის დეტალურ პროექტს, რისთვისაც იყენებენ ტოპოგრაფიულ რუკებს, სახელმწიფო გეოდეზიური ქსელის პუნქტებს, რომელსაც შემდგომ იყენებენ გეგმური და სიმაღლური მოსამზადებელი სამუშაოებისთვის. როგორც საყრდენ წერტილებს. დაფენითი მონტაჟის რეპროდუქციაზე აღნიშნავენ წერტილების მიბმის ზონის მდებარეობას, მოძებნიან აეროსურათს და მასზე 2 სმ დიამეტრით შემოხაზავენ ზონას, სადაც შემდეგში ადგილზე შეირჩევა მიბმისათვის ვარგისი კონტურული წერტილი. შერჩეულ წერტილს ადგილზე სურათზე ამოიცნობენ და შეადარებენ, ნემსით ჩაჩხვლეტენ და აეროსურათის



ნახ. 7.12 „ამონაცნობის“ აბრისის შედგენა.

მეორე გვერდზე ჩაჩხვლეტილ წერტილს ფანქრით შემოავლებენ წრეს და დააწერენ სურათის ნომერს. გაუკეთებენ აბრისს თვალზომური აგეგმვის წესით, რომელზედაც ისრით უჩვენებენ წერტილის კონტურულ მდებარეობას (ნახ. 7.12). ასეთ აეროსურათებს უწოდებენ ძირითადს. ამოცნობილ წერტილს სურათის გამოსახულების მხარეზე შემოავლებენ წითელი ტუშით წრეს და მიუწერენ მის ნომერს. ამონაცნობების საერთო რაოდენობა მარშრუტზე განისაზღვრება (7.38) ფორმულით, ხოლო მათ შორის მანძილი (ისე როგორც ზემოთ განვიხილეთ მაგალითში).

$$L = B(n-1) \qquad (7.39)$$

სადაც B ადგილზე ფოტოგრაფირების ბაზისის სიგრძეა.

ამონაცნობების განლაგების სქემა დამოკიდებულია სამუშაოს დანიშნულებაზე, ადგილმდებარეობის პირობებზე და გეოდეზიური მიბმის ხერხებზე.

სატყეო-სამეურნეო დანიშნულების სამუშაოების შესრულებისთვის შეიძლება არ გვქონდეს ტოპოგრაფიული რუკები გეოდეზიური პუნქტებით. ამიტომ ასეთ შემთხვევაში ფოტოტრიანგულაციური ქსელის რედუცირების ხარისხიანად ჩასატარებლად მარშრუტების გეგმური საფუძვლის შექმნა უმჯობესია იზოლირებული ბაზისების შექმნით (ბაზისის სიგრძე 1-2 კმ). ბაზისები დაგებული უნდა იყოს კარგად ამოცნობილ კონტურებს შორის და გაიზომოს ფოლადის ბაბთით არა ნაკლები 1:2000 სიზუსტით (ბაზისები გაზომილი შეიძლება იყოს თეოდოლიტური სვლითაც). იზოლირებული ბაზისები მართობი უნდა იყოს ფოტოგრაფირების ბაზისის მიმართულების და ისე უნდა იყოს განლაგებული, რომ ცენტრალურ კუთხეებთან გადაკვეთაში მოგვცეს კუთხე არანაკლები 30° და არა უმეტეს 120°. საჭიროა განისაზღვროს აგრეთვე ბაზისური მიმართულებების მაგნიტური აზიმუტები ფოტოტრიანგულაციური ქსელის გაორიენტირების მიზნით.

სიმაღლური ამონაცნობების განსაზღვრის სიზუსტე და მეთოდიკა დამოკიდებულია შესადგენი გეგმის მასშტაბზე, რელიეფის კვეთის სიმაღლის შერჩევაზე და თვით ადგილის რელიეფის პირობებზე. სიმაღლური ამონაცნობები შეიძლება განისაზღვროს დაწყებული გეომეტრიული ნიველირობით, დამთავრებული ბარომეტრული ნიველირობით თუ აკმაყოფილებს ამაღლების განსაზღვრის სიზუსტის მოთხოვნილებას. (მთიანი რაიონისათვის ეს შეცდომა არ უნდა აღემატებოდეს რელიეფის h კვეთის სიმაღლის 1/5-ს).

1:5000 და უფრო მსხვილმასშტაბიანი გეგმების მისაღებად აეროსურათების მთლიან სიმაღლურ მიბმას ატარებენ ისე, რომ ყოველი სტერეოწყვილი უზრუნველყოფილი იყოს არანაკლები ოთხი ამონაცნობით და განლაგებული იყოს სქემატურად სტერეოწყვილის კუთხეებში განივი გადაფარვის ზონის შუაში (მაგრამ არანაკლები 1 სმ დაცილებით აეროსურათის კიდეებიდან). ამონაცნობის აეროსურათებზე ამოცნობა და ჩაჩხვლეტა რეკომენდებულია მოხდეს უშუალოდ ადგილზე სტერეოსკოპის ქვეშ. წერტილის მდებარეობას აღწერენ მოკლედ და აღნიშნავენ მცენარეულთა საფარის სიმაღლეს (თუ ეს საჭიროა). ამონაცნობ და შუალედ წერტილებს შეაერთებენ მთლიანი სწორი ხაზებით აეროსურათებზე და მიუწერენ შესაბამის ნომერს.

კომბინირებული აგეგმვის არსი მდგომარეობს კონტურულ აეროგადაღების სურათებით ფოტოგეგმის შედგენაში და ფოტოგრაფიულ გამოსახულებაზე უშუალოდ ველზე გეოდეზიური ხერხებით ჰორიზონტალების გატარებაში.

რელიეფის აგეგმვას ამ შემთხვევაში ასრულებენ მენზულითა და კიპრეგელით ფოტოგეგმაზე. ფოტოსქემაზე ან ფოტოგეგმის დამზადებამდე ცალკეულ აეროსურათებზე.

კომბინირებულ აგეგმვას მენზულურთან ის უპირატესობა აქვს, რომ კონტურული საფუძველი (ფოტოგამოსახულება) უკვე არსებობს და რელიეფის ჰორიზონტალებში გამოხაზვისას მაქსიმალურად იყენებენ ადგილის ფოტოგამოსახულების რელიეფის გეომორფოლოგიას. კონტურების ამოცნობა და დატანა ხდება დეშიფრირების საფუძველზე. კომბინირებული აგეგმვისათვის ზოგჯერ იყენებენ ტაქეომეტრსა და ნიველირს. კომბინირებული აგეგმვა ამჟამად აღარ გამოიყენება და გამონაკლისს წარმოადგენს ვაკე ტყით დაფარული ტერიტორიის და მდინარის ნაპირების აგეგმვაში, ე. ი. როდესაც სტერეოფოტოგრამმეტრიული აგეგმვით რელიეფის ზუსტი გამოხაზვა ვერ ხერხდება.

აგეგმვის წინ, მენზულის დგომის წერტილებს ამოიცნობენ ადგილზე და განსაზღვრავენ მის სიმაღლეს გეომეტრიული ნიველირებით. ტრაპეციის ჩარჩოების გასწვრივ მეზობელ ტრაპეციასთან დასაკავშირებლად გაჰყავთ დამაკავშირებელი წერტილების სიმაღლური ქსელი, რომლის წერტილებსაც ამაგრებენ პალოებით და მის გარშემო უკეთებენ 0,5 მ რადიუსის წრიულ ღარაკს. რელიეფის აგეგმვის ყველა ილეთი, რაც მიღებული იყო სუფთა მენზულურ აგეგმვაში ძალაში რჩება, თუმცა არსებობს ზოგიერთი განმასხვავებელი სპეციფიკური ნიშნებიც, მაგალითად: კონტურული წერტილების სიმაღლის განსაზღვრისას კიპრეგელის ჭოგრს მიმართავენ უშუალოდ კონტურზე და მანძილს კი ამ წერტილამდე განსაზღვრავენ ფოტოგეგმაზე მასშტაბით. ამ შემთხვევაში ამაღლების ფორმულას ასეთი სახე ექნება:

$$h = D \cdot tg\alpha + i + r \qquad (7.40)$$

სადაც D მანძილია აღებული ფოტოგეგმიდან;

α — დახრის კუთხე;

i — ინსტრუმენტის სიმაღლე;

r — შესწორება დედამიწის სიმრუდისა და რეფრაქციისათვის.

ამ ფორმულაში ლარტყის სიმაღლე არ შედის, რადგანაც იგი მიღებულია ნულის ტოლად.

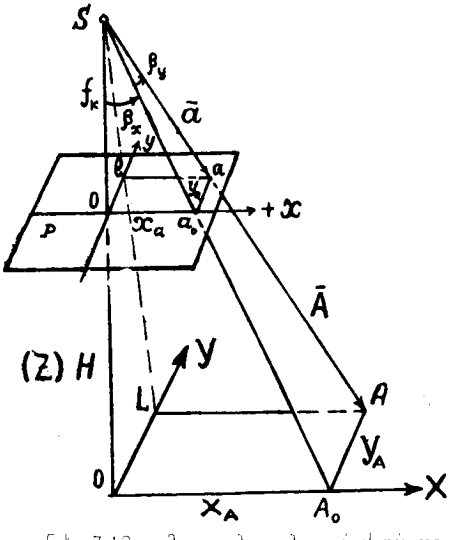
ტყით დახურული ადგილებისათვის ჰორიზონტალების გამოხაზვა

შეიძლება კამერულ პირობებში სტერეოსკოპის ქვეშ იმ პირობით, რომ შემდეგში ადგილზე იქნება შემოწმებული. რელიეფის აგეგმვის პარალელურად მიმართავენ ფოტოგამოსახულების გაშიფრვას ანუ ინტერპრეტაციას და გამოხაზავენ სათანადო პირობითი ნიშნებით.

7.9. აეროსურათის წერტილების კოორდინატები და მათი დამოკიდებულება ადგილის შესაბამისი წერტილების კოორდინატებთან

აეროსურათზე წერტილების მდებარეობა განისაზღვრება წინასწარ შერჩეულ მართკუთხა კოორდინატთა სისტემაში წერტილთა კოორდინატებით.

კოორდინატების საწყისად აეროსურათზე იღებენ ამავე აეროსურათის მთავარ წერტილს. თითოეული წერტილის მდებარეობა შეიძლება განისაზღვროს როგორც კუთხური, ისე ხაზოვანი სიდიდეებით. თუ



ნახ. 7.13 დამოკიდებულება აეროსურათისა და ადგილის წერტილების კოორდინატებს შორის.

აეროსურათზე წერტილის მდებარეობა განისაზღვრება კუთხური სიდიდეებით, მაშინ საძიებელი სიდიდეები იქნება კუთხეები β_x და β_y (ნახ. 7.13). $\triangle Soa_0$ და $\triangle Sa_0a$ მართკუთხა სამკუთხედების ამოხსნით შეიძლება დავამყაროთ დამოკიდებულება აეროსურათის ხაზოვან და კუთხურ კოორდინატებს შორის თუ მხედველობაში მივიღებთ, რომ $So=f_k$, მაშინ $\triangle Soa_0$-დან შეგვიძლია დავწეროთ:

$$tg\beta_x = \frac{x_a}{f_k}; \qquad Sa_0 = \frac{f_k}{\cos\beta_x}.$$

ვინაიდან სამკუთხედი Saa_0 მართკუთხაა ($\angle Sa_0a = 90°$), ამიტომ

$$tg\beta_y = \frac{y_a}{Sa_0} = \frac{y_a}{f_k}\cos\beta_x,$$

ამგვარად, ხაზოვან და კუთხურ კოორდინატებს შორის დამოკიდებულება განისაზღვრება თანაფარდობით:

$$\mathrm{tg}\beta_x = -\frac{x_a}{f_k}$$

$$\mathrm{tg}\beta_y = -\frac{y_a}{f_k}\cos\beta_x \qquad (7.41)$$

ნებისმიერი a_i წერტილის მდებარეობა აეროსურათზე აღნიშნულ კოორდინატთა სისტემაში გამოისახება ხაზოვანი სიდიდეებითაც:

$$a_i = (x_i,\ y_i,\ o),$$

ხოლო პროექციის ცენტრის კოორდინატები კი იმავე სისტემაში

$$S = (x_o,\ y_o,\ f_k) = (x_s,\ y_s,\ f_k),$$

მაშინ ამ კოორდინატთა სისტემისათვის Sa მონაკვეთი განისაზღვრება $\bar{a}$ ვექტორით, რომლის კომპონენტებია:

$$\bar{a} = \begin{pmatrix} x_a - x_o \\ y_a - y_o \\ -f_k \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} x_a - x_s \\ y_a - y_s \\ -f_k \end{pmatrix}$$

რადგანაც სურათზე $x_a = x_s = O$, აგრთვე $y_i = y_s = 0$, ამიტომ

$$\bar{a} = \begin{pmatrix} x_a \\ y_a \\ -f_k \end{pmatrix} \qquad (7.42)$$

აეროსურათების წერტილების $a(x_a, y_a)$ კოორდინატები ურთიერთკავშირში იმყოფებიან შესაბამისი ადგილის იმავე წერტილის A (x_A, y_A, z_A, კოორდინატებთან. ვექტორ a კოლინეარულია ვექტორი $\bar{A}$ და მიმართულია არიან SA მიმართულებით. ეს ორი ვექტორი ერთიმეორისაგან განსხვავდება მხოლოდ სიგრძით და თუ გამოვსახავთ ერთი და იმავე სისტემით, მაშინ ერთი იქნება სკალარული ჯერადი რიცხვი მეორისათვის, რის გამოც მივიღებთ პროექციულ განტოლებას, რომელიც შეიძლება გამოვსახოთ:

$$\begin{pmatrix} x_a - x_o \\ y_a - y_o \\ -f_k \end{pmatrix} = KM \begin{pmatrix} X_A - Xs \\ Y_A - Y_s \\ Z_A - Z_s \end{pmatrix} \qquad (7.43)$$

ან

$$\begin{pmatrix} X_A - X_s \\ Y_A - Y_s \\ Z_A - Z_s \end{pmatrix} = K^{-1} M^{-1} \begin{pmatrix} x_a - x_o \\ y_a - y_o \\ -f_k \end{pmatrix} \qquad (7.44)$$

სადაც K – მასშტაბის კოეფიციენტია

M – სამი კუთხით შემობრუნების (ორიენტირების) ჩვეულებ-

რივი ორთოგონალური მატრიცაა და განისაზღვრება:

$$M=\begin{pmatrix}a_{11}a_{12}a_{13}\\ a_{21}a_{22}a_{23}\\ a_{31}a_{32}a_{33}\end{pmatrix}=\begin{pmatrix}\cos X_x\cos Y_x\cos Z_x\\ \cos X_y\cos Y_y\cos Z_y\\ \cos X_z\cos Y_z\cos Z_z\end{pmatrix} \qquad (7.45)$$

სადაც $\cos Xx$ წარმოადგენს კოსინუსის სივრცით კუთხეს ობიექტის X ღერძსა და აეროსურათის x ღერძს შორის, იგივე იქნება მატრიცის სხვა ელემენტებისათვისაც.

M მატრიცის მოქმედება იმაში მდგომარეობს, რომ გარდავქმნათ ვექტორები ობიექტის სივრცით კოორდინატთა სისტემიდან აეროსურათის კოორდინატთა სისტემის ვექტორებად ან ტრანსპონირების გზით პირიქით.

მატრიცა (7.43)-ის ამოხსნა შეიძლება შესრულდეს ცალკე კომპონენტების მიხედვით, თუ პირველ და მეორე სტრიქონს გავყოფთ მესამეზე და მიღებულ შედეგს გავამრავლებთ f_k-ზე, მაშინ კოლინეარულობის განტოლება მიიღებს ასეთ სახეს:

$$(x_a-x_o)=-f_k\left[\frac{a_{11}(X_A-X_s)+a_{12}(Y_A-Y_s)+a_{13}(Z_A-Z_s)}{a_{31}(X_A-X_s)+a_{32}(Y_A-Y_s)+a_{33}(Z_A-Z_s)}\right. \qquad (7.46)$$

$$(y_a-y_o)=-f_k\left[\frac{a_{21}(X_A-X_s)+a_{22}(Y_A-Y_s)+a_{23}(Z_A-Z_s)}{a_{31}(X_A-X_s)+a_{32}(Y_A-Y_s)+a_{33}(Z_A-Z_s)}\right. \qquad (7.47)$$

ეს განტოლებები გამოსახავენ იმ პირობას, რომ S პროექციის ცენტრი აეროსურათის a წერტილი და ობიექტის A წერტილი ერთ წრფეზე ძევს. ამგვარად, აეროსურათზე გაზომილი ყოველი წერტილი მოგვცემს x-ისა და y-სათვის კოლინეარულობისათვის ორ პირობით განტოლებას, რომელიც კავშირს ამყარებს ცალკეული აეროსურათებისთვის და შეიძლება გამოვიყენოთ ნებისმიერი ფოტოგრამმეტრიული ამოცანების გადასაწყვეტად, თუ (2.46) და (2.47) განტოლებებში (X_A-X_s), (Y_A-Y_s) და (Z_A-Z_s) შეცვლით $\cos\alpha$, $\cos\beta$, $\cos\gamma$ მიმართულებების [illegible] ამოცანების [illegible]
[illegible]

თუ ცნობილია აეროსურათის ორიენტირების ელემენტები, მაშინ დამოკიდებულება აეროსურათის წერტილებისა და მისი შესაბამისი ადგილის იმავე წერტილების კოორდინატებს შორის განისაზღვრება შემდეგი სიდიდეებით:

$$X_A=\frac{H}{f_k}\cdot\frac{x_a}{\left(\cos\alpha-\frac{y_a}{f_k}\sin\alpha\right)}; \qquad (7.48)$$

$$Y_A = \frac{H}{f_k} \cdot \frac{y_a}{y_a} \qquad (7.49)$$
$$(\cos\alpha - \frac{}{f_k} \sin\alpha)\cos\alpha$$

VIII თავი

წყვილი აეროსურათის ანალიზი სტერეოფოტოგრამმეტრიული აგეგმვის ზოგადი ცნობები

8.1 სტერეოგრამმეტრიული აგეგმვის არსი

სატყეო გეგმებისა და რუკების შესადგენად დღეისათვის გამოიყენება მხოლოდ სერეოტოპოგრაფიული აგეგმვა, რომელიც ემყარება ორი ურთიერთგადამფარავი წყვილი აეროსურათის სტერეოფოტოგრამმეტრიულ დამუშავებას. თვით ამ წყვილ აეროსურათებს უწოდებენ სტერეოწყვილს და იგი მიიღება ფოტოგრაფირების ბაზისის ბოლოებიდან.

სტერეოფოტოგრამმეტრიული აგეგმვა ეფუძნება ორი თვალის ხედვის თვისებას, რაც წარმოადგენს სამზერი წერტილის სივრცით გადაკვეთას თვალების ბაზისის ბოლოებიდან მიღებული ერთი და იგივე ადგილის სტერეოწყვილით სივრცითი ფოტოგრაფიული გადაკვეთის მეთოდს, შეიძლება განვსაზღვროთ ფოტოგრაფიული ადგილის ნებისმიერი წერტილის სივრცითი X, Y და Z კოორდინატები, შევადგინოთ კამერალურ პირობებში ადგილმდებარეობის გეგმა ან რუკა და ჩავატაროთ ის გაზომვები, რომლებიც საჭიროა ზოგიერთი სატყეო ამოცანის გადასაწყვეტად.

სტერეოფოტოგრამმეტრიული აგეგმვის ძირითად მეთოდად დღეისათვის ითვლება მხოლოდ უნივერსალური მეთოდი. სპეციალური უნივერსალური ხელსაწყოებით წყვილი აეროსურათებით ღებულობენ ადგილის მოდელს. ამ მოდელის გაზომვების პროცესში ახდენენ რელიეფისა და კონტურების აგეგმვას. უნივერსალური მეთოდი ხასიათდება მაღალი სიზუსტის გაზომვებით, როგორც ვაკე, ისე მთიანი რელიეფიანი ადგილისთვის და მთელი სამუშაოების კომპლექსი სრულდება ერთ ხელსაწყოზე. ასეთი იარაღები წარმოადგენენ რთულ ოპტიკურ-მექანიკურ და ელექტრონულ ხელსაწყოებს და მათზე მუშაობა შეუძლია მხოლოდ მაღალკვალიფიციურ სპეციალისტებს.

სტერეოფოტოგრამმეტრიული აგეგმვის მნიშვნელოვანი ნაწილია სივრცითი ფოტოტრიანგულირება, რომლის საშუალებითაც ახდენენ გეოდეზიური წერტილების გახშირებას კამერულ პირობებში, ეს გარემოება საშუალებას გვაძლევს მოკლე დროში, ძვირად ღირებული და

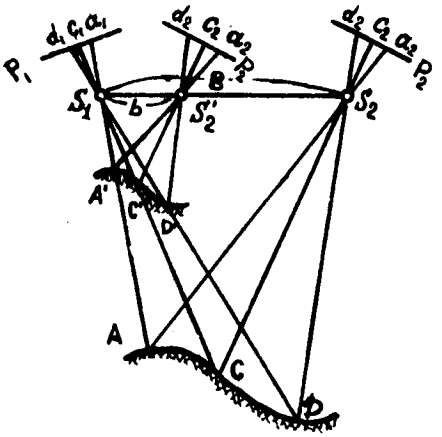
შრომატევადი საველე გეოდეზიური სამუშაოების მცირე შესრულებით. კამერულ პირობებში მივიღოთ ზუსტი გეგმა ან რუკა. სივრცითი ფოტოტრიანგულაცია დღეისათვის სრულდება ანალიზური მეთოდით — ელექტრონული გამოთვლითი მანქანების ფართოდ გამოყენებით. იმავითად იყენებენ უნივერსალურ მეთოდებსაც, რომელიც სრულდება უშუალოდ უნივერსალური ხელსაწყოებით.

ანალიზური მეთოდის ზუსტი სტერეოფოტოგრამმეტრიული ხელსაწყო — სტერეოკომპარატორით აეროსურათებზე ზომავენ საყრდენ და განსასაზღვრი წერტილების კოორდინატებს. მარშრუტის სექციის გაზომვის შედეგები შეაქვთ ელექტრონულ გამოთვლით მანქანაში, რომელიც მათი სპეციალური პროგრამით დამუშავების შემდეგ ტელეტაიპზე ბეჭდავს განსასაზღვრი წერტილების გეოდეზიურ კოორდინატებს.

სტერეოსკოპული მოდელი, რომელიც მიიღება წყვილი აეროსურათით, გამოიყენება არა მარტო სტერეოფოტოგრამმეტრიულ აგეგმვაში, არამედ სახალხო მეურნეობის მრავალ დარგშიც. წყვილი აეროსურათი იძლევა ადგილმდებარეობის სივრცით მოდელს, მათი სტერეოსკოპული დათვალიერება ბევრად ზრდის ამ მასალებით ინფორმაციის მიღებას ფოტოგრაფირებული ობიექტის შესახებ.

8.2 ადგილის გეომეტრიული მოდელი და მისი მასშტაბი

ადგილის გეომეტრიული მოდელის მისაღებად აეროსურათებს ათავსებენ სპეციალურ საპროექციო კამერებში და აღადგენენ პროექციის სხივთა კონას ისეთს, როგორიც იყო ფოტოგრაფირების მომენტში. ერთსახელა სხივების წყვილ-წყვილად გადაკვეთა წარმოქმნის სტერეომოდელს, რა თქმა უნდა, შემცირებული ფოტოგრაფირების ბაზისით. ამ შემთხვევაში მარცხენა და მარჯვენა აეროსურათის (ნახ. 8.1) შესაბამისი მაპროექცირებელი სხივები დარჩებიან იმავე პროექტირების ბაზისურ სიბრტყეში და გადაიკვეთებიან. ამგვარი ერთსახელა სხივების გადაკვეთა წარმოქმნის A′C′Д′ ზედაპირს, რომელსაც ადგილის გეომე-



ნახ. 8.1 ადგილის გეომეტრიული მოდელი.

ტრიულ მოდელს უწოდებენ და მსგავსია ფოტოგრაფირებული АСД ადგილის.

გეომეტრიული მოდელის მასშტაბი $1:M_ა$ მუდმივი სიდიდეა ყველა მიმართულებით და უდრის პროექტირების ბაზისს b შეფარდებას ფოტოგრაფირების B ბაზისთან, ე. ი.

$$\frac{l}{M_ი}=\frac{l}{M_ა}=\frac{b}{B}. \qquad (8.1)$$

გეომეტრიული მოდელის მასშტაბი, რომ მივიყვანოთ შესაქმნელი გეგმის მასშტაბში საჭიროა $k_ი=B:M$, ე. ი. $M_ა=M=M_ი$

თუ მაპროექცირებელი კამერების ფოკუსური მანძილი f_n ტოლი არაა აეროფოტოკამერის $f_к$ ფოკუსური მანძილის, მაშინ მიღებულ პროექციათა სხივთა კონა აღარ იქნება მსგავსი იმისა ფოტოგრაფირების მომენტში რომ იყო და ამ სხივთა კონას უწოდებენ გარდაქმნილს.

გარდაქმნილი მოდელის ვერტიკალური მასშტაბი განისაზღვრება ფორმულით:

$$\frac{l}{M_ა}=\frac{l}{M_ი}=K. \qquad (8.2)$$

სადაც $M_ი$ ჰორიზონტალური მასშტაბია და განისაზღვრება (8.1) ფორმულით.

ხოლო K გარდაქმნის კოეფიციენტია

$$K=\frac{f_n}{f_k}. \qquad (8.3)$$

აეროსურათების ურთიერთ ისეთ განლაგებაში მოყვანას, როგორიც მათ ეკავათ ფოტოგრაფირების მომენტში, ურთიერთორიენტირების პროცესს უწოდებენ.

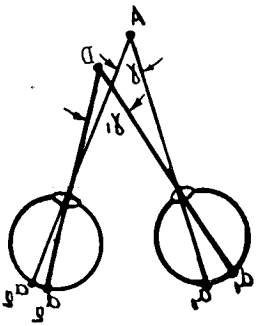
გეომეტრიული მოდელის სივრცეში სწორი გაორიენტირებისათვის ადგილის მიმართ, ე. ი. გარეორიენტირების ელემენტების აღსადგენად, რომელიც ჰქონდათ ფოტოგრაფირების მომენტში (გეგმის შესადგენი მასშტაბის გათვალისწინებით), საჭიროა მოდელი მოვიყვანოთ საჭირო მასშტაბში და შემოვაბრუნოთ. ასეთ მოქმედებას უწოდებენ გარე ანუ გეოდეზიურ ორიენტირებას, რისთვისაც აუცილებელია გვქონდეს რამოდენიმე საყრდენი გეოდეზიური წერტილი.

გეოდეზიურად გაორიენტირებული მოდელის გაზომვებით ღებულობენ ადგილმდებარეობის რუკებს (გეგმებს). ასეთი ამოხსნის გზა შეესაბამება აეროსურათების უნივერსალური მეთოდით დამუშავებას.

არჩევენ მონოკულარულ, ბინოკულარულ და სტერეოსკოპულ მხედველობას.

მონოკულარული მხედველობისას (მხედველობა ერთი თვალით), გარემომცველი სივრცე შეიგრძნება სიბრტყედ. თუმცა ზოგიერთი არაპირდაპირი ნიშან-თვისებებით (საგნების ურთიერთგანლაგებით და ზომებით) შეიძლება მათი დაცილების და განდგომის შეფასება.

ბინოკულარული მხედველობისას (მხედველობა ორივე თვალით) შორსმდებარე საგნები მოგვეჩვენება ისევე, როგორც მონოკულარული მხედველობისას, ხოლო უფრო ახლომდებარე საგნებზე ხედვისას წარმოიქმნება სტერეოსკოპული მხედველობა, რომელიც გარემომცველი საგნების სივრცითი შეგრძნების ბინოკულარული მხედველობაა.



ნახ. 8.2. სტერეოსკოპიული მხედველობის პრინციპი.

რომელიმე A წერტილზე დამზერისას თვალების შემობრუნების შედეგად მზერის ოპტიკური ღერძების მიმართულებები გადაიკვეთებიან დამზერილ A წერტილზე და შექმნიან კონვერგენციის γ კუთხეს. თვით წერტილის გამოსახულება აღიბეჭდება თვალის ყველაზე უფრო შუქმგრძნობიარე ყვითელი ლაქის (რომლის დიამეტრია $r \approx 0.4$ მმ) ბადურაზე (ნახ. 8.2).

ყვითელ ბადურას ახასიათებს სხვა მეზობელი წერტილების აღქმის და დანახვის უნარიც. მაგალითად, Д წერტილი. იგი ამ მეზობელი წერტილების გადაკვეთასთან წარმოქმნის γ^1 პარალაქტიკურ კუთხეს, რომელიც არ უდრის γ კონვერგენციის კუთხეს. γ და γ^1 კუთხეების უტოლობა იწვევს ამ წერტილების ასახვის $\vec{a}_1 d_1$ და $\vec{a}_2 d_2$ რკალების უტოლობას მარჯვენა და მარცხენა თვალის ყვითელ უჯრედიან ლაქაზე. ამ რკალების სხვაობას უწოდებენ ფიზიოლოგიურ პარალაქსს.

$$\sigma = \vec{a}_1 d_1 - \vec{a}_2 d_2 \qquad (8.4)$$

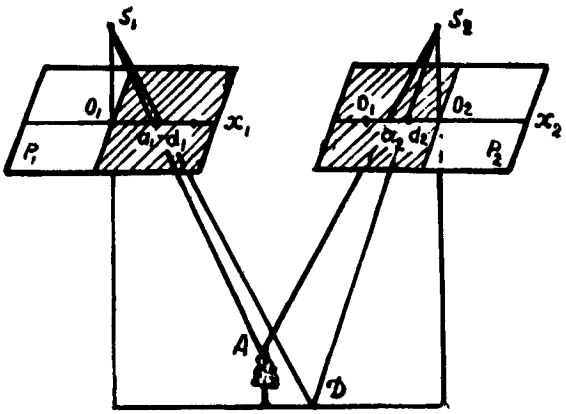
პარალაქტიკური კუთხის უმცირესი სიდიდით ცვალებადობის შეგრძნებას კი უწოდებენ სტერეოსკოპულ გამჭრიახობას, რომელიც ტოლია 20″ და ერთნახევარჯერ უფრო მაღალია, ვიდრე მონოკულარული მზერის გამჭრიახობა.

კონვენგერციის კუთხის აბსოლუტური სიდიდე ამ დროს დაბალი სი-

ზუსტით შეიგრძნება, ამიტომ სამზერი წერტილიდან განდგომაც მიახლოებით განისაზღვრება. ამავე დროს კი პარალაქტიკური კუთხის სიდიდის ცვალებადობა კონვენგერციულის მიმართ აღიქმება დიდი სიზუსტით. ეს მდგომარეობა განაპირობებს დამზერილ წერტილთან ახლოს მდებარე წერტილების ურთიერთდაცილების, უფრო მეტი სიზუსტით განსაზღვრას, ვიდრე მათ განდგომის მანძილს — მზერის წერტილის მიმართ.

სტერეოსკოპული მხედველობა გამოიყენება სურათებით ადგილის მოდელის სტერეოფოტოგრამმეტრიულ გაზომვებში.

თუ ავიღებთ ორ ურთიერთგადამფარავ სურათს, რომელიც მიღებულია ფოტოგრაფირების სხვადასხვა წერტილიდან და ურთიერთ გადავადგილებთ ისე, რომ სურათებზე გამოსახული ერთსახელა წერტილები ერთმანეთს შევუთავსოთ, წარმოიქმნება სტერეოსკოპული ეფექტი, ე. ი. დავინახავთ სურათებით ადგილის (ობიექტის) სივრცით მოდელს. იმისდა მიხედვით, თუ რომელი თვალით რომელ სურათს ვუმზერთ, შეიძლება მივიღოთ პირდაპირი და შებრუნებული სტერეოეფექტი. თუ

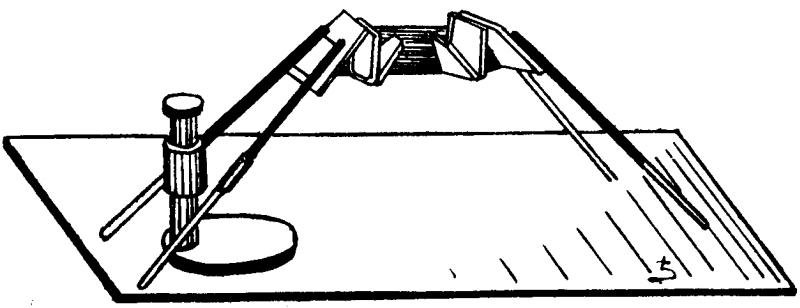


ნახ. 8.3 პირდაპირი სტერეოგამოსახულების მიღება.

მარცხენა თვალით ვუმზერთ მარცხენა სურათს, მარჯვენათი კი მარჯვენას ისე, რომ სურათების ბაზისი პარალელური იყოს თვალთა ბაზისისა, მივიღებთ პირდაპირ სტერეოეფექტს. გრძივი პარალაქსების* სხვაობის არსებობა წარმოშობს ფიზიოლოგიურ პარალაქსს, რის შედეგადაც დავინახავთ ადგილის სტერეოსკოპულ მოდელს (ნახ. 8.3), სადაც შემაღლებულ ადგილს დავინახავთ შემაღლებად და ჩადაბლებულს — ჩადაბლებად.

* წყვილ აეროსურათზე იდენტური წერტილების აბსცისების სხვაობას გრძივი პარალაქსი ეწოდება, ხოლო ორდინატების სხვაობას — განივი პარალაქსი (ობიექტების მოჩვენებითი გადაადგილება გამოწვეული მზერის წერტილის გადაადგილებით).

შებრუნებული სტერეოეფექტის მისაღებად კი საჭიროა მარცხენა თვალით დავმზიროთ მარჯვენა სურათს და მარჯვენათი — მარცხენა სურათს. რადგანაც გრძივი პარალაქსები შეიცვლიან ნიშანს, მივიღებთ შებრუნებული რელიეფის გამოსახულების მოდელს, ე. ი. შემაღლებული ადგილის მაგიერ დავინახავთ ჩადაბლებულს და პირიქით. თუ აეროსურათებს დავალაგებთ ისე, რომ თვალთა ბაზისი პერპენდიკულარული



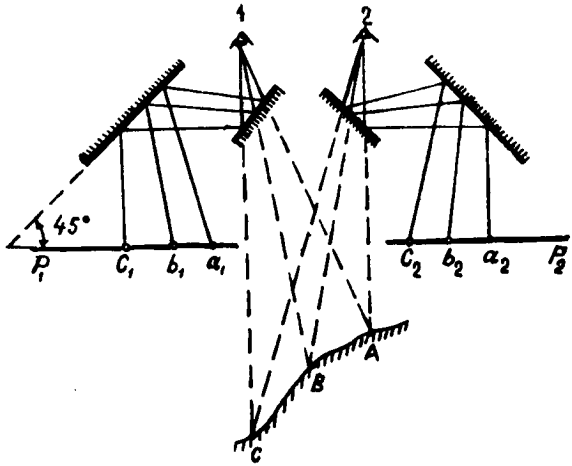
ნახ. 8.4 სტერეოსკოპი ЛЗ.

იქნება სურათების მთავარი მიმართულების (ბაზისის მიმართულების), მაშინ გრძივი პარალაქსები მიიღებენ ნულის მნიშვნელობას, გამოსახულებაც იქნება ბრტყელი, რასაც ნულოვან სტერეოეფექტს უწოდებენ (შემაღლებული და ჩადაბლებული ადგილები მოვაკდება).

სტერეოსკოპული ეფექტი შეიძლება მივიღოთ აგრეთვე ანაგლიფური ხერხით. იმისათვის, რომ დავინახოთ ცალკეული სურათი თითოეული თვალით ცალ-ცალკე. სურათებს სპეციალური შუქფილტრებით შეღებავენ, ერთს — ვთქვათ წითლად, მეორეს — მწვანედ. ასეთივე ფერის სათვალეებით სურათების განხილვისას დავინახავთ პირდაპირ სტერეოეფექტს. ანაგლიფური ხერხის უარყოფითი მხარე ის არის, რომ ფერების დაყოფა მთლიანად არ ხდება და გამოსახულებაც კარგავს მკაფიობას.

სტერეოსკოპული ეფექტი შეიძლება მივიღოთ სხვადასხვა სახის ოპტიკური სისტემებითაც. საბჭოთა კავშირში ფართოდაა გავრცელებული სარკიანლინზებიანი სტერეოსკოპი (ЛЗ). ეს პორტატული ხელსაწყო (ნახ. 8.4) შედგება წყვილი პარალელურად განლაგებული და ჰორიზონტალური სიბრტყისადმი 45° კუთხით დახრილი სარკეებისაგან. თითოეულ წყვილ სარკეს შორის მონტაჟდება სხვადასხვა გადიდების ოპტიკური ლინზები.

სტერეოსკოპით აეროსურათების განხილვა ხდება 100-110 მმ სიგრძით და 150-180 მმ სიგანის მხედველობის არეში.



ნახ. 8.5 სტერეოსკოპში მოდელის მიღების სქემა.

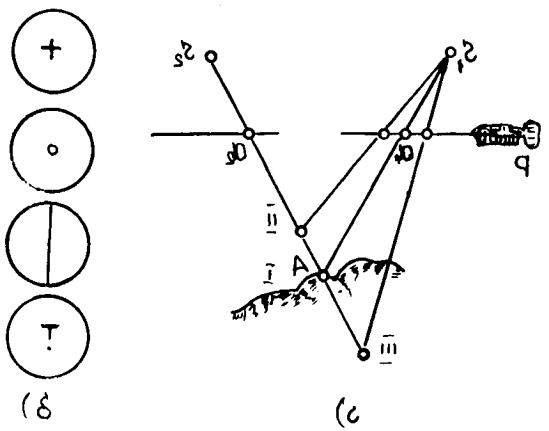
ოპტიკური სქემა, რომელიც საფუძვლად უდევს პრაქტიკულად ყველა სტერეოსკოპს ნაჩვენებია 8.5 ნახ-ზე. მუშაობის დაწყების წინ საჭიროა მოვახდინოთ სტერეოსკოპის იუსტირება (შეზუსტება. იუსტირებული ხელსაწყოსათვის ლინზების და სარკეების მთავარი ღერძები უნდა მდებარეობდეს ერთ ვერტიკალურ სიბრტყეში. სწორი ხაზი სტერეოსკოპულად განხილვისას უნდა დარჩეს სწორ ხაზად. თუ შეიმჩნევა ხაზის გარდატეხა, საჭიროა გავასწოროთ პატარა სარკეების გადახრილობით (მათი დასამაგრებელი ხრახნების საშუალებით). ლინზების გარეშე სტერეოსკოპის გამადიდებლობა ერთის ტოლია. მაღალთმიანი ადგილის განხილვისას სტერეოსკოპზე ამაგრებენ უარყოფით ლინზებს, ხოლო ვაკე ან უმნიშვნელო რელიეფის განხილვისას ცვლიან მათ დადებითი (გამადიდებელი) ლინზებით. მარცხენა სურათს მოათავსებენ მარცხენა ლინზათა სისტემის ქვეშ, მარჯვენა სურათს — შესაბამისად. სტერეოსკოპული ეფექტის მისაღებად ორივე აეროსურათზე შეარჩევენ იდენტურ კონტურებს (გზების გადაკვეთა და სხვა) და ზემოდან დადებენ საჩვენებელ თითებს. შემდეგ სტერეოსკოპში ცქერით სურათებს გადააადგილებენ ისე, რომ ორივე თითი დაემთხვეს ერთი თითის გამოსახულებას. როგორც კი მივაღწევთ ერთსახელა კონტურების შეთავსებას, წარმოიქმნება სტერეოეფექტი. შეიძლება გამოვიყენოთ სხვა ხერხებიც.

ადგილის სტერეოსკოპული გამოსახულება, როგორც წესი, დამახინჯებულია (ვერტიკალური მასშტაბის გადიდებით ან შემცირებით). ეს დამახინჯება განისაზღვრება სტერეომოდელის ფარდობითი პლასტიკური კოეფიციენტით C, რომელიც გამოითვლება ფორმულით:

$$c = 3{,}85\frac{b}{B}. \qquad (8.5)$$

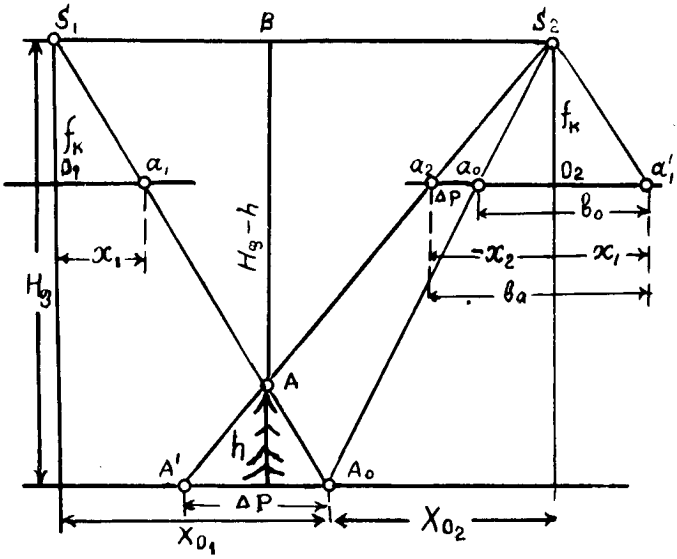
ოპტიკური ხერხით მიღებული მოდელის სტერეოსკოპული გაზომვებისათვის იყენებენ წარმოსახვითი (მოჩვენებითი) მარკის ხერხს.

თუ ავიღებთ ორი ცელულოიდის გამჭირვალე ფირფიტის ნაჭრებს, ორივე ფირფიტაზე გავაკეთებთ ნაჩხვლეტებს, შევღებავთ ფერადი ფანქრით და სტერეოსკოპული განხილვით ერთიმეორეს შევუთავსებთ (მარცხენა და მარჯვენა სურათებზე, ზემოდან ფირფიტების დალაგებით), დავინახავთ ერთ სივრცით მარკას (ნახ. 8.6). მარცხენა ფირფიტას თუ დავამაგრებთ მიკრომეტრიულ ხრახნზე (რომლის ათვლის სიზუსტე 0,01 მმ ტოლია), მაშინ ამ ფირფიტის აბსცისების გასწვრივ მოძრაობის ფიქსირებით, შეიძლება გავზომოთ მოდელის გრძივი პარალაქსები. მაგალითად, მარცხენა მარკას თუ გადავაადგილებთ მარჯვნივ, მისი გრძივი პარალაქსი უფრო დიდი გახდება, ვიდრე P_a წერტილის გრძივი პარალაქსი და მოდელის ზემოთ სივრცეში დავინახავთ ჩამოკიდებულ ერთ მარკას (ნახ. 8.6 გვერდით ნაჩვენებია მარკის სახეები).



ნახ. 8.6. ა) სტერეოსკოპული გაზომვის მარტივი პრინციპი, ბ) საზომი მარკების სახეები;

თუ მარცხენა მარკას მიკრომეტრული (ნახაზზე ნაჩვენები არ არის) ხრახნით გადავაადგილებთ მარცხნივ, გრძივი პარალაქსი გახდება მცირე, ვიდრე A წერტილსა და ამ შემთხვევაში დავინახავთ გაორებულ მარკას. ეს კი ნიშნავს, რომ სივრცითი მარკა მოდულის ზედაპირიდან „ჩაეფლო“ (მარკა A წერტილის დაბლა იმყოფება). ამგვარი მოძრაობით



ნახ. 8.7 გრძივი პარალაქსების სხვაობით ამაღლების განსაზღვრა.

სივრცითი მარკა შეიძლება შევახოთ სტერეომოდელის ზედაპირის ნებისმიერ A და B წერტილს. სხვადასხვა ... ტყეზე (სიმაღლეზე) მდებარე წერტილებს სხვადასხვა გრძივი პარალაქსების მნიშვნელობა შეესაბამება, რასაც გრძივი პარალაქსების სხვაობას უწოდებენ და აღნიშნავენ $\triangle P$-თი.

ანალოგიურად, 8.7 ნახ-ზე ნაჩვენებია თუ როგორ არის მიღებული S_1 და S_2 წერტილებიდან, რომელიღაც ჰორიზონტალური B ბაზისით, ორი ჰორიზონტალური აეროფოტოსურათი, რომელზედაც გამოისახება ადგილის ორი წერტილი A და A_0. ეს წერტილები სხვადასხვა სიმაღლეზე მდებარეობს და მათ შორის სიმაღლეთა სხვაობა ტოლია h. თუ აბსცისთა ათვლის საწყისად ავიღებთ მარცხენა და მარჯვენა სურათის მთავარ o_1 და o_2 წერტილებს, მაშინ ამ წერტილების აბსცისები ტოლი იქნება მარჯვენა სურათისთვის x_2, ხოლო მარცხენა სურათისთვის x_1, ხოლო ფოტოგრაფირების ბაზისი სურათის მასშტაბში $b = xo_1 - xo_2$. თანახმად ზემოთ განმარტებულისა (ნახ. 8.7), ორ წერტილს შორის გრძივი პარალაქსი ტოლი იქნება:

$$\Delta P = P_a - P_{a_0}$$

ანუ

$$\Delta P = (x_1 - x_2) - (x_{o1} - x_{o2}) = x_1 - x_2 - b.$$

გრძივი პარალაქსების სხვაობასა და ამაღლებას შორის კავშირის დასამყარებლად ნახაზზე S_2A ხაზი გავაგრძელოთ A^1 წერტილამდე, რაც მოგვცემს ადგილზე $\triangle P$ მნიშვნელობას, რომელიც ტოლი იქნება $\triangle P\frac{H}{f}$. სამკუთხედების მსგავსობიდან $\triangle A^1AA_0 \backsim \triangle S_2AS_1$, შეგვიძლია დავწეროთ:

$$\frac{h}{\Delta P}=\frac{H-h}{B}$$

$$hB=H\Delta P-h\Delta P$$

რამდენადაც ფოტოგრაფირების ბაზისი ნატურაში ტოლია სურათის ფოტოგრაფირების ბაზისი გამრავლებული $\frac{H}{f}$-ზე, მაშინ გამოსახულება სურათის მასშტაბისათვის მიიღებს შემდეგ სახეს:

$$hb=H\Delta P-h\Delta P$$

აქედან

$$\Delta P=\frac{h\cdot b}{H-h} \qquad (8.6)$$

სადაც b — ფოტოგრაფირების ბაზისია სურათის მასშტაბში;
h — ადგილზე ორ წერტილს შორის სიმაღლეთა სხვაობა;
H — ფოტოგრაფირების სიმაღლე.

ფორმულიდან (8.6) შეიძლება დავწეროთ:

$$h=\frac{\Delta P}{b+\Delta P}H. \qquad (8.7)$$

ამგვარად, როცა ვიცით ფოტოგრაფირების სიმაღლე, მაშინ აეროსურათებზე გრძივი პარალაქსების გაზომვებით შეიძლება განვსაზღვროთ როგორც ადგილზე წერტილებს შორის ამაღლება, ასევე კოროშში ხეების სიმაღლეებიც, როგორც ფორმულიდან ჩანს, თუ $h=0$, მაშინ $\triangle P=0$. რაც უფრო დიდია $\triangle P=$, მით ხეების სიმაღლეებიც დიდი იქნება. კოროშში ხეების სიმაღლეთა განსაზღვრის სიზუსტისათვის საჭიროა, რომ $\triangle P$ სიდიდე გაიზომოს $m_{\Delta P} \leqslant 0{,}001\text{-}0{,}02$ მმ სიზუსტით, როდესაც $\triangle P \leqslant 2$ მმ ნაკლებია ფორმულა 8.7-ის ნაცვლად შეიძლება ვისარგებლოთ გამარტივებული ფორმულით:

$$h=\frac{\Delta P}{b}H \qquad (8.8)$$

ფორმულაში მუდმივ სიდიდეს თუ აღვნიშნავთ

$$k=\frac{H}{b}$$

მაშინ

$$h=k\cdot\Delta P. \qquad (8.9)$$

წარმოსახვითი მარკის მოდელის გაზომვის დიდმა სიზუსტემ და პრაქტიკულად რეალიზაციის სიმარტივემ განაპირობა მისი გამოყენება ყველა თანამედროვე სტერეოფოტოგრამმეტრიულ ხელსაწყოში.

თუ ფორმულა (8.8-ში) ავიღებთ ყველა არგუმენტის წარმოებულს მივიღებთ:

$$dh=\frac{\Delta P}{b}dH+\frac{H}{b}d\Delta P-\frac{H\cdot\Delta P}{b^2}db,$$

შევცვალოთ $\Delta P/b$ მისი მნიშვნელობით (8.8) გამოსახულებიდან, მაშინ

$$dh=\frac{h}{H}dH+\frac{H}{b}d\cdot\Delta P-\frac{h}{b}db;$$

გადავიდეთ საშუალო კვადრატულ შეცდომებზე:

$$m_h^2=\left(\frac{h^2}{H}\right)^2m^2{}_H+\left(\frac{H}{b}\right)^2m^2\Delta p+\left(\frac{h}{b}\right)^2m^2{}_b$$

ვთქვათ

$$\left(\frac{h}{H}\right)^2m^2{}_H=\left(\frac{H}{b}\right)^2m^2{}_{\Delta p}=\left(\frac{h}{b}\right)^2m^2b,$$

მაშინ

$$\frac{m_h}{\sqrt{3}}=\frac{h}{H}m_H;\qquad \frac{m_h}{\sqrt{3}}=\frac{h}{b}m_b\qquad \frac{m_h}{\sqrt{3}}=\frac{H}{b}m_{\Delta p};$$

ან

$$m_H=0{,}6\frac{H}{h}m_H;\qquad m_{\Delta p}=0{,}6\frac{b}{H}m_h;\qquad m_b=0{,}6\frac{b}{h}m_h$$

მიღებული ფორმულებით შეგვიძლია გამოვითვალოთ ფოტოგრაფირების სიმაღლის, გრძივი პარალაქსების სხვაობისა და ბაზისის განსაზღვრის სიზუსტე, რომ ფორმულით (8.8) განვსაზღვროთ ამაღლება წინასწარ მოცემული სიზუსტით.

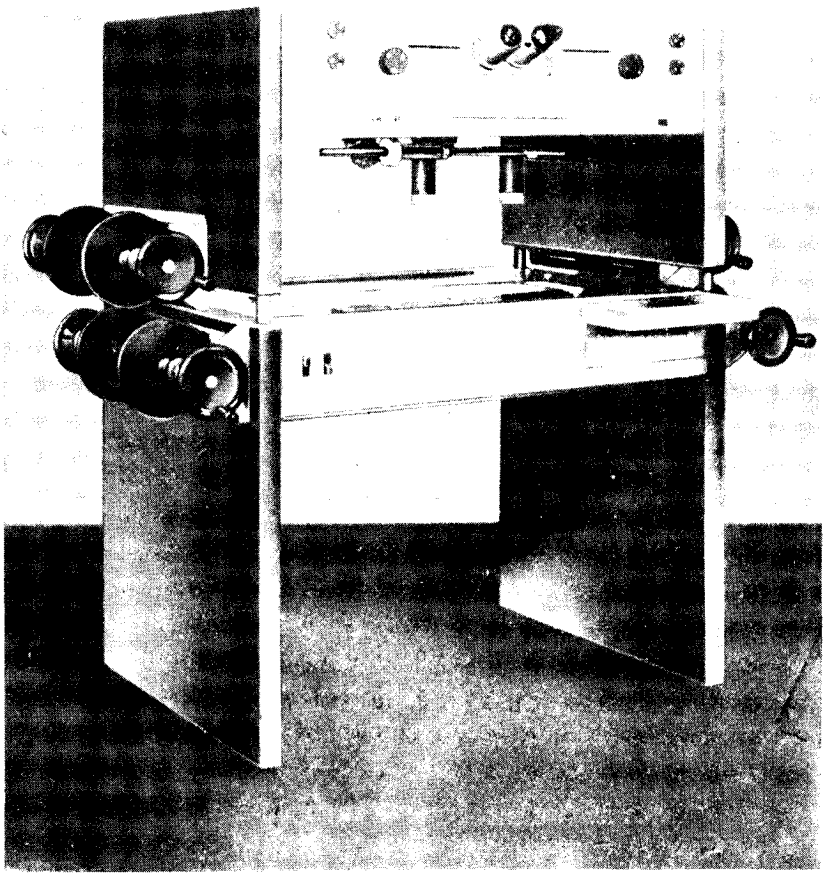
ვთქვათ, $H_ა=3000$ მ სურათების 60% გადაფარვისას $b=72$ მმ. რელიეფის კვეთის სიმაღლე $h=2{,}5$ მ, მთლიანი, მაქსიმალურ სიმაღლეთა

სხვაობა $h_{max}=60$ მ. თუ დავუშვებთ, რომ სიმაღლის განსაზღვრის შეცდომა არ უნდა აღემატებოდეს რელიეფის კვეთის სიმაღლის 1/3 ანუ

$$m_h=\pm\frac{2.5\ მ}{3}=\pm 0.8\ მ.$$

მაშინ ზემოთ მიღებული ფორმულით $m_H \approx \pm 25$ მ; $m_{\Delta P} \approx \pm 0.01$ მმ; $m_a \approx \pm 0.6$ მმ. ასეთი სიზუსტით უნდა განისაზღვროს ΔP, რომ მივიღოთ შესაბამისი სიზუსტით ამაღლება სტერეომოდელზე გაზომვებით.

დღეისათვის ფართოდ გამოიყენება როგორც ჩვენში, ისე უცხოეთში, სტაციონალური ტიპის უნივერსალური სტერეოსკოპი ინტერპრეტოსკოპი (ნახ. 8.8).



ნახ. 8.8 ინტერპრეტასკოპი.

ინტერპრეტოსკოპი (ამზადებენ ცეისის ქარხანაში — გერმანია) გამოიყენება სურათების კამერალური დეშიფრირებისათვის და სტერეოსკოპული გაზომვებისათვის. სამზერი სისტემის მოწყობილობით განსახილველი გამოსახულება შეიძლება გავადიდოთ 2x-დან 15x-მდე. მასზე შეიძლება სტერეოსკოპულად განვიხილოთ სხვადასხვა მასშტაბის ფოტოგამოსახულება, რის გამოც შეიძლება გამოვიყენოთ ფოტოგეგმაზე რელიეფისა და კონტურების სურათებიდან გადატანისათვის. მიღებულ სტერეოსკოპულ გამოსახულებას შეიძლება ერთდროულად დამზიროს ორმა დამკვირვებელმა, რაც რთულ სიტუაციაში სწორი აზრის გამოტანის საშუალებას იძლევა.

8.4 სტერეოსკოპის გამოყენებით აეროსურათებზე რელიეფის გამოხაზვა პიკეტებით

აეროსურათებზე რელიეფი რომ გამოვსახოთ სტერეოსკოპის გამოყენებით, საჭიროა წინასწარ ჯერ შევადგინოთ საპიკეტო წერტილების განლაგების პროექტი და შემდეგ განვსაზღვროთ მათი სიმაღლეები ტაქეომეტრულად ველზე ან ფოტოგრამმეტრიული გზით კამერულად.

საპიკეტო წერტილების განლაგების პროექტი სრულდება სტერეოწყვილის მარჯვენა აეროსურათზე სტერეოსკოპის გამოყენებით.

სტერეოსკოპის გამოყენებით აეროსურათების რელიეფის დათვალიერებისას, გეომორფოლოგიური თავისებურებების გათვალისწინებით საპიკეტო წერტილებს ავირჩევთ რელიეფის ყველა დამახასიათებელ წერტილზე, რათა სწორად შევასრულოთ წერტილებს შორის ინტერპოლირებით რელიეფის ფორმის გამოსახვა ჰორიზონტალებით.

მთიანი რაიონის აეროსურათებზე რელიეფის გამოხაზვისას მხედველობაში უნდა მივიღოთ ის ფაქტი, რომ აეროსურათის მასშტაბი რელიეფის გავლენით სხვადასხვა უბანში განსხვავებულია და ამიტომ დამრეცი რელიეფისათვის არ შეიძლება თანაბრად ვაწარმოოთ ინტერპოლირება მთლიანი დახრისადმი. ასეთ შემთხვევაში მასშტაბის ცვალებადობის გათვალისწინების მიზნით, სურათზე გამოყოფენ ისეთ ზონებს, სადაც შეიძლება ზონის ფარგლებში მასშტაბის ცვალებადობას არ მივაქციოთ ყურადღება და სიმაღლეებს შორის ინტერპოლობა მოვახდინოთ რელიეფის დახრილობის ხასიათის შესაბამისად.

ზონათა სიმაღლე გამოითვლება ფორმულით:

$$h = \frac{\Delta d}{d} H \qquad (8.10)$$

სადაც H — ფოტოგრაფირების სიმაღლეა წინა საფეხურისადმი;

Δd — ქვედებულის დასაშვები სხვაობა (გეგმის მასშტაბისათვის);

d — ჰორიზონტალების ქვედებული გეგმის მასშტაბში.

მაგალითად: თუ H=2000 მ, △d=0,2 მმ, d=2 მმ, მაშინ h=200 მ. ტყით დაფარული რელიეფის გამოხაზვისას საჭიროა გავითვალისწინოთ ტყის სიმაღლე. ცხადია, ასეთ სურათზე რელიეფის გამოხაზვა გაცილებით არაზუსტია, ვიდრე ღია ადგილისა.

აეროსურათზე გამოხაზული რელიეფის კონტროლი და მისი ხარისხის შეფასება სრულდება ორი ხერხით: 1. ჭარბი სიმაღლური წერტილებით, რომლებიც მონაწილეობას არ იღებდნენ ჰორიზონტალების გატარებაში (საკონტროლო წერტილები) და 2. მეზობელ სურათებზე ერთსახელა ჰორიზონტალების შეთავსებით.

პირველ შემთხვევაში კონტროლი და შეფასება სრულდება პიკეტების იმ სიმაღლეებით, რომლებიც მიღებულია გეოდეზიურად ან ფოტოგრამმეტრიული გზით და შევადარებთ იმავე წერტილების სიმაღლეებთან, რომელიც სურათზე განისაზღვრება გამოსახული ჰორიზონტალებით — ინტერპოლობით. შეფასებას გამოვითვლით ფორმულით:

$$m_h=\sqrt{\frac{[\delta^2]}{n-1}}, \qquad (8.11)$$

ცხრილი 8.1

№№ წერტილების	გეოდეზური სიმაღლები მ	სიმაღლეები განსაზღვრული ჰორიზონტალებით მ	δ_n მ	δ_n^2 მ
1	2	3	4	5
1	190,4	191,3	+0,9	0,81
2	157,2	158,4	+1,2	1,44
3	123,3	122,8	−0,5	0,25
4	250,7	250,0	−0,7	0,49
5	130,2	130,0	−0,2	0,04
6	178,6	177,9	−0,7	0,49
7	165,4	166	+1,0	1,00
8	201,5	201,4	−0,1	0,01

$$\delta\ 8.0\pm=_{n}^{m}$$

სადაც δ უალბათესი შეცდომაა ანუ ინტერპოლობით განსაზღვრული წერტილის ნიშნულების გადახრა იმავე წერტილების საკონტროლო ნიშნულებთან. n — საკონტროლო წერტილების რიცხვია.

თუ მიღებულ სიმაღლეებს შორის განსხვავება აღემატება აღებული

კვეთის სიმაღლის ნახევარს, მაშინ სურათებს ხელახლა ვალაგებთ სტერეოსკოპის ქვეშ და ვასწორებთ ჰორიზონტალების გამოხაზვაში დაშვებულ შეცდომებს.

ჭარბი სიმაღლური წერტილებით რელიეფის გამოხაზვის სიზუსტის შეფასების მაგალითი მოცემულია 8.1 ცხრილში (რუკის მასშტაბია 1:25000, ხოლო რელიეფის კვეთის სიმაღლე h=5 მ).

მეზობელ აეროსურათებზე ერთსახელა ჰორიზონტალების გამოხაზვის სიზუსტის შეფასება ხდება ორმაგი გაზომვების საშუალო კვადრატული შეცდომის ფორმულით:

$$m = \sqrt{\frac{|\delta^2|}{2(n-1)}} \qquad (8.12)$$

თუ შეცდომა აღემატება რელიეფის აღებული კვეთის სიმაღლეს, საჭირო იქნება ჰორიზონტალების გამოხაზვის ხელახლა შემოწმება და გამოხაზვა.

ჰორიზონტალების შეთავსებით, რელიეფის გამოხაზვის სიზუსტის შეფასების მაგალითი მოცემულია 8.2 ცხრილში (მასშტაბი და კვეთის სიმაღლე იგივეა, რაც პირველ მაგალითში იყო).

ცხრილი 8.2

№№ წერტ.	სიმაღლეები A, მ I სურათზე	სიმაღლეები A, მ II სურათზე	r_n, მ	r_n^2, მ
1	152.1	151.2	−0.9	0.81
2	160.4	160.9	+0.5	0.21
3	172.3	174.0	+1.7	2.89
4	180.5	179.4	−1.1	1.21
5	190.0	191.0	+1.0	1.00
6	198.8	198.0	−0.8	0.64
7	210.0	211.2	+1.2	1.44
8	320.5	319.8	−0.7	0.49

$$m_h = \pm 0.8 \text{ მმ}$$

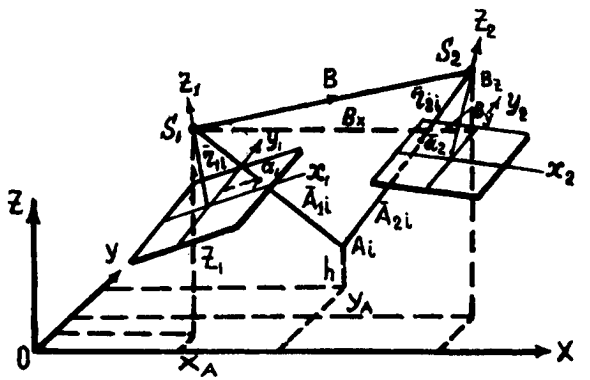
8.5 წყვილი აეროსურათის ძირითადი ფორმულები

ერთი აეროსურათის ინფორმაციით შეიძლება განისაზღვროს მხოლოდ მიმართულებები (და არა მანძილები) პროექციის ცენტრსა და ფო-

ტოგრაფიული ობიექტის წერტილებს შორის, რაც არ არის საკმარისი ობიექტის წერტილების სივრცითი კოორდინატების განსასაზღვრად.

ადგილის წერტილების სამი კოორდინატი შეიძლება განისაზღვროს თუ ისინი გამოისახნენ წყვილ აეროსურათზე, რომელიც მიღებულია ფოტოგრაფირების S_1 და S_2 წერტილებიდან (ნახ. 8.9).

ადგილის A_i წერტილის გამოსახულება სურათებზე აღვნიშნოთ a_{1i} და a_{2i}



ნახ. 8.9 წყვილი აეროსურათის ძირითადი ფორმულები.

ფოტოგრაფირების ბაზისის სიდიდე და მიმართულება აღვნიშნოთ $\bar{B}=S_1S_2$. ვექტორი $\bar{r}_{1i}$ და $\bar{A}_{1i}$, რომელიც განსაზღვრავს A_i წერტილზე მიმართულებას, კოლინეარულია. კოლინეარულნი არიან $\bar{r}_{2i}$ და $\bar{A}_{2i}$ ვექტორებიც და იმყოფებიან ერთ ბაზისურ სიბრტყეში, ე. ი. ისინი ურთიერთკომპალანარულნი არიან.

ფოტოგრაფირების ბაზისი შეიძლება გამოისახოს ვექტორის სახით:

$$\bar{B}=\begin{pmatrix}B_x\\B_y\\B_z\end{pmatrix}=\begin{pmatrix}X_{s2}-X_{s1}\\Y_{s2}-Y_{s1}\\Z_{s2}-Z_{s1}\end{pmatrix} \tag{8.13}$$

ობიექტის სივრცეში S_1 და A_i წერტილებს შორის გამოსახული $\bar{A}_{1i}$ ვექტორი, შეიძლება მივიღოთ აეროსურათის სივრცეში r_{1i} ვექტორით:

$$\bar{A}_{1i}=\begin{pmatrix}X_{Ai}\\Y_{Ai}\\Z_{Ai}\end{pmatrix}_2=M_1^{-1}\begin{pmatrix}x_{a1i}-x_0\\y_{1i}-y_0\\-f_k\end{pmatrix}_1=M_1^{-1}\bar{r}_{1i} \tag{8.14}$$

ანალოგიურად, S_2 ფოტოგრაფირების წერტილიდან შეიძლება მივიღოთ $\bar{A}_{2i}$ ვექტორი:

$$\bar{A}_{2i}=\begin{pmatrix}X_{Ai}\\Y_{Ai}\\Z_{Ai}\end{pmatrix}_2=M_2^{-1}\begin{pmatrix}x_{2i}-x_0\\y_{2i}-y_0\\-f_k\end{pmatrix}_{11}=M_2^{-1}\bar{r}_{2i} \tag{8.15}$$

სამივე $\bar{B}$, $\bar{A}_{1i}$ და $\bar{A}_{2i}$ ვექტორი, რადგანაც ერთბაზისურ სიბრტყეში მდებარეობენ, კომპლანარულნი არიან.

მართკუთხა კოორდინატთა სისტემაში კომპლანარობის პირობითი განტოლება დაიწერება, როგორც დეტერმინანტი.

$$\begin{pmatrix}B_xB_yB_z\\A_{x1i}A_{y1i}A_{z1i}\\A_{x2i}A_{y2i}A_{z2i}\end{pmatrix}=0 \tag{8.16}$$

ანუ ვექტორული სახით

$$|B(A_{1i}XA_{2i}|=0 \tag{8.17}$$

(8.17) ფორმულით განისაზღვრება ურთიერთორიენტირების კრიტერიუმი, ე. ი. თუ მაპროექტირებელი სხივები აღდგენილია, მაშინ ასეთ კრიტერიუმს უნდა აკმაყოფილებდეს ისეთი მოთხოვნილება, რომ ყველა ერთსახელა სხივი გადიკვეთოს. ეს კი მოგვცემს ფოტოგრაფირებული ადგილის გეომეტრიულ მოდელს. მაშინ (8.17) ფორმულა შეიძლება გადმოვწეროთ ასეც:

$$\bar{B}(\bar{r}_{1i}\times\bar{r}_{2i})=0 \tag{8.18}$$

განტოლება (8. 17) და (8.18) გვიჩვენებს, რომ ერთსახელა მაპროექტირებელი სხივების გადაკვეთისას მათი ვექტორები კომპლანარულია და ცალკეულად მართობნი ბაზისური სიბრტყეებისადმი, ეს უკანასკნელნი შექმნიან ორწახნაგა კუთხეების ერთობლიობას საერთო წიბოთი (პროექცირების ბაზისზე). მაშინ ნებისმიერი სამეული A_1, A_2 და A_3 წერტილების ბაზისური სიბრტყისათვის სამართლიანი იქნება ტოლობა:

$$(\bar{r}_{11}\times\bar{r}_{21})\times(\bar{r}_{12}\times\bar{r}_{22})\times(\bar{r}_{13}\times\bar{r}_{23})=0 \tag{8.19}$$

გამოსახულება (8.19) აკავშირებს რამოდენიმე წერტილის ვექტორებს. აქ თითქოს აშკარად არ ჩანს B ვექტორი, რომელიც განსაზღვრავს ფოტოგრაფირების ბაზისის მიმართულებას. სინამდვილეში კი გამოსახულია ფარულად ვექტორულ გამრავლებაში:

$$(\bar{r}_{11}\times\bar{r}_{21})\times(\bar{r}_{12}\times\bar{r}_{22})=\bar{B} \tag{8.20}$$

თუ ჩავსვამთ (8.20) გამოსახულებას (8.19)-ში მივიღებთ სამი ვექტორის პირობითი კომპლანარობის (8.18) განტოლებას.

წყვილი აეროსურათების ურთიერთორიენტირება (ე. ი. სურათების ურთიერთ ისე დაყენებას, როგორც იმყოფებოდნენ ერთმანეთის მიმართ ისინი ფოტოგრაფირების დროს) შეიძლება ორი ხერხით:

1. უძრავი ბაზისის მიმართ ორივე სურათის კუთხური შემობრუნებით (ნახ. 8.10).

2. მხოლოდ ერთი მაპროექტირებელი კამერით (სურათით), მაგალითად მარჯვენა ბრუნავს უძრავი მარცხენა კამერის (სურათის) მიმართ.

შესაბამისად არჩევენ სურათების ურთიერთორიენტირების ორ სისტემას. პირველ სისტემაში კოორდინატთა სათავედ მიღებულია მარცხენა პროექციის S_1 ცენტრი. X_1 ღერძს უთავსებენ ფოტოგრაფირების R_n ბაზისს, ხოლო Z_1 ღერძი მოთავსებულია მარცხენა სურათის მთავარ ბაზისურ სიბრტყეში, მართობულად ზემოთ, Y_1 კი მიმართულია მთავარი ბაზისური $S_1O_1S_2$ სიბრტყის მიმართ (მარცხენა სურათისთვის) მართობულად.

აქ ურთიერთორიენტირების ელემენტებად მიღებულია: α_1, α_2, $\varkappa_1$, $\varkappa_2$ და ω_2. სადაც α_1 არის კუთხე, რომელიც იქმნება მარცხენა სურათის მთავარ ბაზისურ სიბრტყეში, ფოტოგრაფირების ბაზისის Z_1 მართობსა და სხივთა კონის მთავარ სხივს შორის;

α_2 — კუთხე მარცხენა სურათის X_1Z_1 მთავარ ბაზისურ სიბრტყეში, ბაზისის მიმართ Z_2 მართობსა და მარჯვენა სურათის სხივთა კონის მთავარ სხივს შორის;

$\varkappa_1$ — მარცხენა სურათის თავის სიბრტყეში შემობრუნების კუთხე;

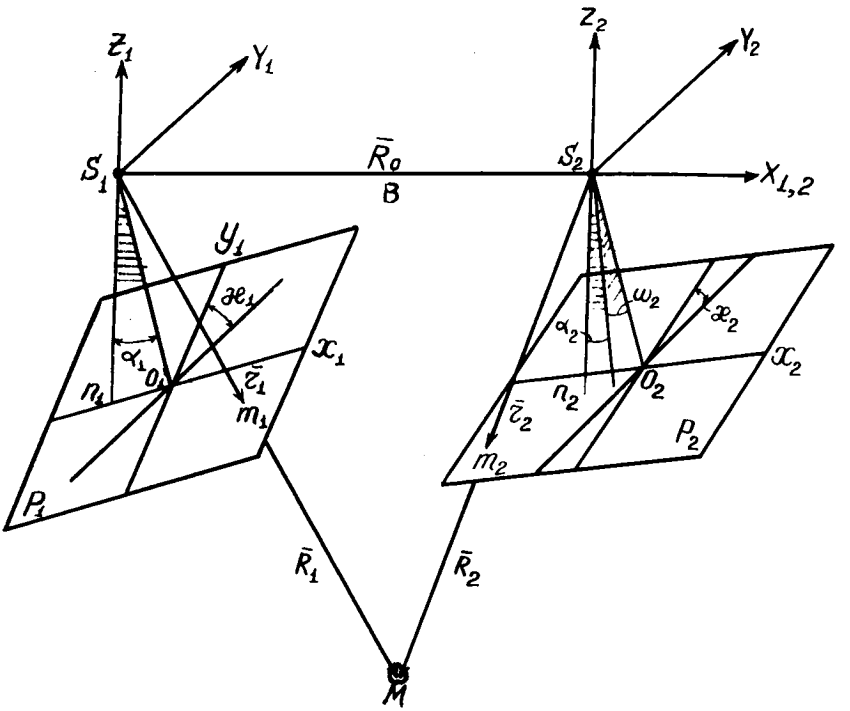
$\varkappa_2$ — მარჯვენა სურათის თავის სიბრტყეში შემობრუნების კუთხე;

ω_2 — კუთხე, რომელიც იქმნება მარცხენა სურათის მთავარ ბაზისურ X_1Z_1 სიბრტყეზე, მარჯვენა სხივთა კონის მთავარი სხივის პროექციასა და მთავარ სხივს შორის.

თუ სურათები ურთიერთორიენტირებულია, მაშინ ერთსახელა წერტილების გადაკვეთას უნდა აკმაყოფილებდეს კომპლანარობის (8.18) პირობა. კოორდინატულ ფორმაში (8.18) პირველი სისტემისათვის დაიწერება:

$$\begin{pmatrix} B & O & O \\ X_{1i} & Y_{1i} & Z_{1i} \\ X_{2i} & Y_{2i} & Z_{2i} \end{pmatrix} = Y_{1i}Z_{2i} + Z_{1i}Y_{2i} = O \qquad (8.21)$$

აქ B,O,O არის პროექციის ცენტრის კოორდინატები S_1 პროექციის ცენტრის კოორდინატთა სისტემაში;



ნახ. 8.10 წყვილი აეროსურათის ურთიერთორიენტირების პირველი სისტემა.

X_{1i}, Y_{1i}, Z_{1i} — წერტილების კოორდინატები მარცხენა სურათზე, S_1 პროექციის ცენტრის კოორდინატთა სისტემაში:

X_{2i}, Y_{2i}, Z_{2i} — მარჯვენა სურათის m_2 წერტილების კოორდინატები S_1 — პროექციის ცენტრის კოორდინატთა სისტემაში:

სივრცითი კოორდინატები a_{1i} მოიძებნება (7.45), (7.46), (7.47) ფორმულებით, როგორც X_{ai} და Y_{ai} სიბრტყითი კოორდინატთა და ურთიერთორიენტირების ელემენტების α_1 და $\mathcal{H}_1$ ($\omega=0$) ფუნქციები.

a_{2i} წერტილის სივრცითი კოორდინატები მოიძებნება იმავე ფორმულებით, როგორც X_{a2} და Y_{a2} სიბრტყითი კოორდინატებისა და α_2, ω_2, $\mathcal{H}_2$, ურთიერთორიენტირების ელემენტების ფუნქციები

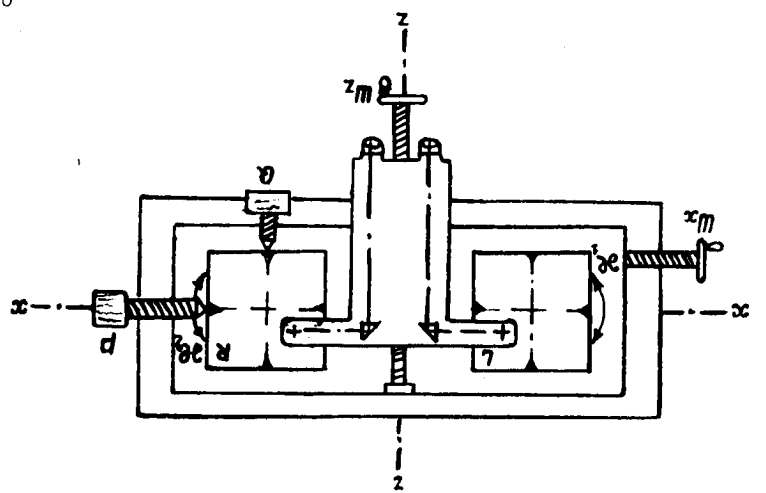
განტოლება (8.21) წარმოვადგინოთ ასეთი სახით:

$$Y_{1i}Z_{2i}-Z_{1i}Y_{2i}=\varphi(\alpha_1\alpha_2\mathcal{H}_1\mathcal{H}_2\omega_2) \qquad (8.22)$$

წყვილი შესაბამისი წერტილებით შეიძლება შევადგინოთ მხოლოდ ერთი (8.22) განტოლება. აქედან გამომდინარე ურთიერთორიენტირების ელემენტების განსაზღვრისათვის საჭიროა სტერეოწყვილზე შეირჩეს არანაკლები ხუთი წერტილისა და გაიზომოს მათი x და y სიდიდეები.

8.7. სტერეოკომპარატორი

სტერეოკომპარატორი პრეციზიული ხელსაწყოა, რომლითაც იზომება სურათების წერტილების x,y კოორდინატები, აგრეთვე გრძივი და განივი პარალაქსები. ხელსაწყოში გამოიყენება სტერეოსკოპული გაზომვის ოპტიკური ხერხი ორი მარკის მეშვეობით. არსებობს სხვადასხვა ტიპის სტერეოკომპარატორი, მაგრამ მიუხედავად ამისა, ყველა ხელსაწყოს პრინციპული სქემა ერთი და იგივეა (ნახ. 8.11) და მათ შორის განსხვავება შეიძლება იყოს ოპტიკურ სისტემებში, ამთვლელი მექანიზმების მოწყობილობებში, კოსეტის ზომებში და განათების სისტემაში.

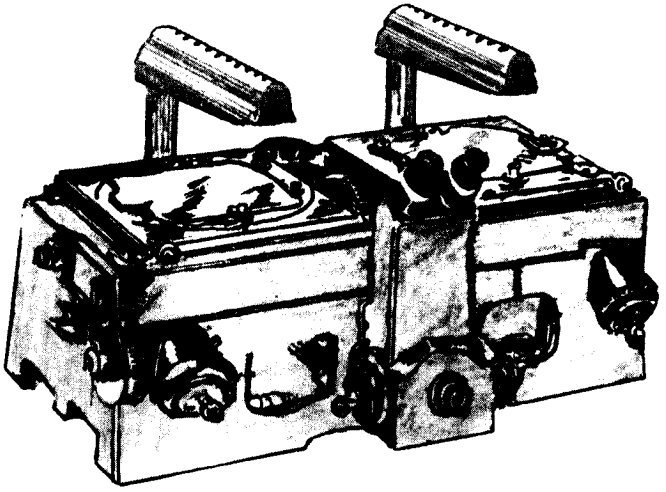


ნახ. 8.11 სტერეოკომპარატორის პრინციპული სქემა.

მარჯვენა კარეტას P და Q შტურვალებით გადაადგილების სიდიდე აითვლება მათი შესაბამისი სკალებით (ხელსაწყოს ტიპის მიხედვით 0,01-0,001 მმ სიზუსტით), ორივე კოსეტა L და R ერთობლივად გადაადგილდება x ღერძის მიმართულებით III_x შტურვალით, ხოლო სამზერი სისტემა z ღერძის (მიღებულია y ღერძის მაგიერ) მიმართ გადაადგილდება III_z შტურვალით: ეს გადაადგილებანი სრულდება მარცხენა სურათის წერტილების x და z კოორდინატების გასაზომად, რისთვისაც მარცხენა საზომ მარკას III_x და III_z შტურვალებით შეუთავსებენ მარცხენა სურათის რომელიმე წერტილს, ხოლო მარჯვენა P და Q შტურვალებით (მიკრომეტრიული ხრახნებით) მარჯვენა სურათის იდენტურ წერტილებს. ასეთ მდგომარეობაში სტერეოკომპარატორის სკალებზე იღებენ x, z, p, q ანათვლებს.

არის სტერეოკომპარატორები, რომლითაც შეიძლება გაიზომოს სუ-

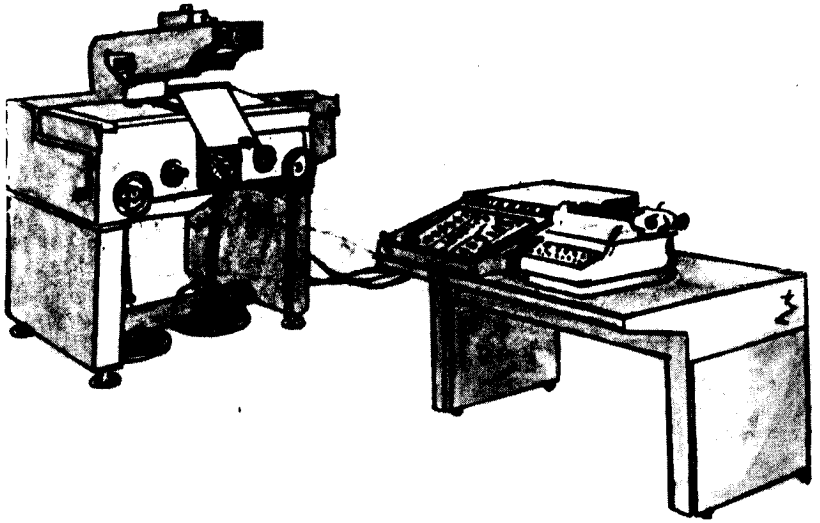
რათების მხოლოდ მარცხენა X_1, Z_1 და მარჯვენა x_2, z_2 წერტილების კოორდინატები.



ნახ. 8.11-ა სტერეოკომპარატორი 1818 (ფირმა „ცეისი").

ბოლო წლებში მეტად გავრცელდა „კარლ ცეის იენას" სტერეოკომპარატორი 1818 (ნახ. 8.11ა), რომელსაც შეუძლია გაზომოს კოორდინატები და პარალაქსები 0,003-0,005 მმ სიზუსტით.

უფრო დიდი სიზუსტით 0,002 მმ გაზომვები შეუძლია უზრუნველყოს სტეკომეტრმა (ნახ. 8.12). სტეკომეტრზე შეიძლება გაიზომოს 23×23 სმ-მდე ფორმატის სურათები; მას შეუძლია გაზომილი შედეგე-



ნახ. 8.12 სტეკომეტრი (ფირმა „ცეისი").

ბის ავტომატური რეგისტრირება ელექტროსაბეჭდ მანქანაზე ან უშუალოდ პერფოლენტაზე, რის გამოც შრომის ნაყოფიერებას საგრძნობლად (2,5-5-ჯერ) ზრდის.

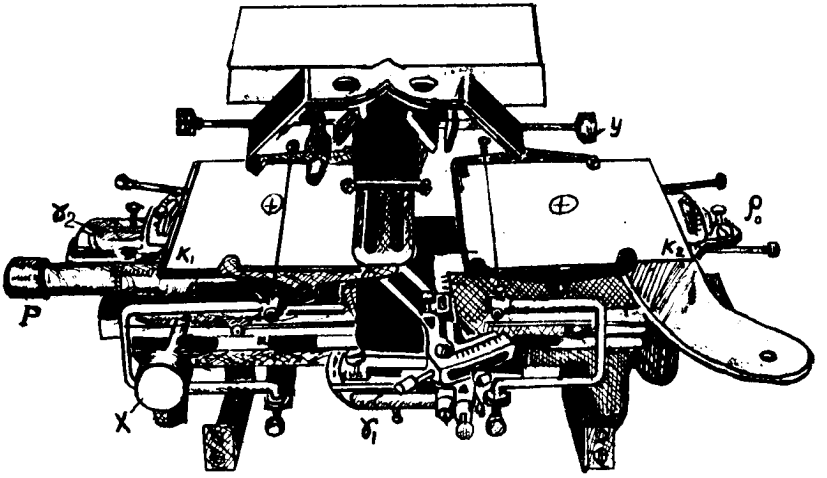
დღეს რუსეთში შექმნილია სტეკომეტრის მსგავსი პრეციზიული სტერეოკომპარატორი СКВ-1 (რომლის გაზომვის სიზუსტეა 0.001 მმ) და ანალოგიური სტერეოკომპარატორი СКВ-18.

სამუშაოს დაწყების წინ საჭიროა სტერეოკომპარატორების შესაბამისი ინსტრუქციით შემოწმება-იუსტირება.

8.8. ტოპოგრაფიული სტერეომეტრი СТД-2

ტოპოგრაფიული სტერეომეტრები შექმნა პროთ. ფ. ვ. დობიშევმა 1932 წელს, რომელიც გამოიყენებოდა რუკების დიფერენციალური მეთოდით შექმნისას, კერძოდ გეგმურ აეროსურათებზე რელიეფის გამოსახაზავად. ტოპოგრაფიული სტერეომეტრი არის გამარტივებული სტერეოკომპარატორი, (ნახ. 8.13), რომელსაც შეუძლია მხოლოდ გრძივი პარალაქსების გაზომვები. ხელსაწყოს აქვს ექვსი კორექციული მოწყობილობა (კორექტორები), რის დახმარებითაც გაზომილი გრძივი პარალაქსების სხვაობაში მექანიკური წესით შეაქვს შესწორება (8.23) ფორმულის შესაბამისად.

$$\delta_p = \frac{x_2}{f_k}\Delta H_0 - \frac{x^2_2}{f_k}\Delta\alpha_x - \frac{x_{2y}}{f_k}\Delta\omega + y\Delta\varkappa_0 + \frac{\Delta P x_2}{f_k}(2\alpha_{x1} - \gamma) + \frac{\Delta P y}{f_k}\omega_1 + \frac{2\Delta p b}{f_k}\alpha_{x1} \qquad (8.23)$$



ნახ. 8.13 სტერეომეტრი СТД 2.

8.23 ფორმულაში ნაჩვენებია კორექტორების დასახელება, რომელიც ხსნის ფორმულის შესაბამის ნაწილს. ფორმულის ბოლო კომპონენტს არა აქვს თავისი კორექტორი და საჭიროების შემთხვევაში (ადგილის მნიშვნელოვანი რელიეფისას) გამოითვლიან და შეიტანენ შესწორების სახით პარალაქტიკური ხრახნის ანათვალში.

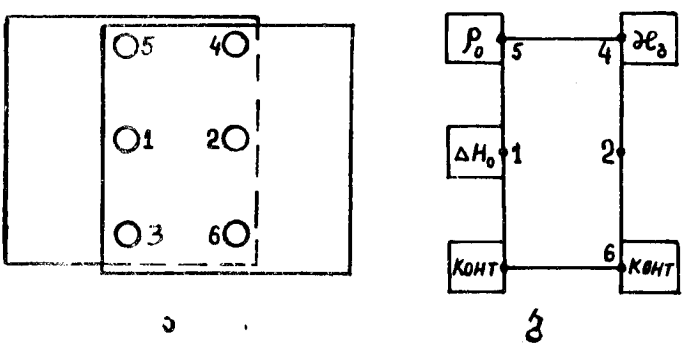
აღნიშნული კორექტორებიდან ΔH_0, Δs, q_0 და $\mathcal{H}_3$ ძირითადია. კორექტორი γ_1 და γ_2 დამატებითია და ჩართავენ მაშინ, როდესაც ადგილი მნიშვნელოვნად რელიეფიანია.

აეროსურათები, რომლებიც დაწებებულია მინაზე, დაცენტრავენ სტერეომეტრის კოსეტებში (სურათის მთავარი წერტილი უნდა ემთხვეოდეს კოსეტას ბრუნვის ცენტრს) და აორიენტირებენ საწყისი მიმართულებით. სურათების სტერეოსკოპულად განხილვისას მარჯვენა და მარცხენა კოსეტების ბრუნვით მოსპობენ განივ პარალაქსს და კორექტირებებზე q_0, Δs, γ_1, γ_2-ზე დააყენებენ ანათვალს ნულზე, ხოლო კორექტორი $\Delta H = 100$ მმ ან მასთან ახლოს. τ_1 და τ_2 განსაზღვრავენ B (კუთხე ბერკეტებს შორის) და დააყენებენ $\varkappa$ კორექტორზე.

სურათების ორიენტირება წარმოებს ექვსი ან ოთხი სტანდარტულად განლაგებულ სიმაღლური საყრდენი წერტილებით (ნახ. 8.14), რისთვისაც ჯერ გამოითვლიან წერტილების გრძივი პარალაქსების სხვაობას საწყისი წერტილის მიმართ ფორმულით (8.6)

$$\Delta p = \frac{h \cdot b}{H - h}$$

უფრო მოხერხებულია სურათების ოთხი წერტილით ორიენტირება, რომელთა სიმაღლეებიც ცნობილია. ორიენტირება მიმდინარეობს თანდათანობითი მიახლოების მეთოდით და ფორმდება სათანადო ჟურნალში. გაორიენტირების არსი მდგომარეობს იმაში, რომ კორექტორების



ნახ. 8.14 სტერეომეტრ CTJI-2-ზე სტანდარტული განლაგების საყრდენი წერტილებით ორიენტირების სქემა.

საჭირო მდებარეობა განისაზღვროს გაზომილი გრძივი პარალაქსების სხვაობის შედარებებით მათ გეოდეზიურ ნიშნულებთან (როგორც ჭეშმარიტ მნიშვნელობებთან). სხვაობა არ უნდა აღემატებოდეს 0.03 მმ.

ორიენტირების შემდეგ მარჯვენა სურათზე რელიეფს გამოსახავენ ჰორიზონტალებში პიკეტების ნიშნულების განსაზღვრით ან მარკის ტრასირებით (ტარებით). მარკის ტარების ხერხის გამოყენებისას პარალაქტურ ხრახნზე აყენებენ წინასწარ გამოთვლილ ჰორიზონტალის შესაბამის ანათვალს და სტერეომოდელზე აღნიშნავენ მის ზედაპირზე მარკის შეხების ყველა წერტილს, რომელთა შეერთება ფანქრით მოგვცემს ჰორიზონტალს. სურათზე გამოსახული ჰორიზონტალები შემდეგ გადააქვთ ფოტოგეგმაზე სტერეოსკოპის ან ფოტოტრანსფორმატორის დახმარებით. ფოტოგეგმაზე დააქვთ აგრეთვე კონტურებიც.

სტერეომეტრის სატყეო მიზნებისთვის გამოყენების შემთხვევაში, თუ სურათები გიროსტაბილურია, კორექტორების ჩართვა არ არის საჭირო. ამიტომ ყველა სტერეოსაზომ ხელსაწყოს, რომლითაც შეიძლება გაიზომოს გრძივი პარალაქსები ფართოდ იყენებენ სატყეო საქმეებში.

კერძოდ, სტერეომეტრით სურათების გაზომვისას შეგვიძლია ავაგოთ ტრასის პროფილი (სტერეოფოტოგრამმეტრიული ნიველირებით), განვსაზღვროთ ხეების სიმაღლეები, ადგილის დახრის კუთხეები, ქანობი და სხვა. ადგილის დახრის კუთხე განისაზღვრება ფორმულით:

$$\operatorname{tg}\upsilon = \frac{\triangle P_{f_k}}{(b + \triangle \bar{P})\, l_0}; \qquad (8.24)$$

სადაც l_0 სურათზე გაზომილი ხაზია რელიეფის გავლენის გათვალისწინებით. (თუ $\upsilon \leqslant 20°$, მაშინ შეცდომა არ აღემატება $30' \ldots 1°$).

8.9. აეროსურათების ორიენტირება ტოპოგრაფიულ სტერეომეტრზე

აეროსურათების გაორიენტირება ტოპოგრაფიულ სტერეომეტრზე ნიშნავს დავაყენოთ სტერეომეტრის კორექტორებზე ისეთი ანათვლები, რომლის შემდეგაც სტერეომეტრზე გაიზომება დაუმახინჯებელი გრძივი პარალაქსების სხვაობა. მუშაობის დაწყებამდე სურათებზე აღნიშნავენ მთავარ წერტილებს და კოსეტებში მათი ჩაწყობისას დაცენტრავენ სტერეომეტრის კასეტის ბრუნვის ცენტრზე, რის შემდეგაც მათ საწყის მიმართულებებს შეუთავსებენ სტერეომეტრის აბსცისთა ღერძს.

ორიენტირება სტერეომეტზე შეიძლება ორგვარად:

1. გამოთვლილი ორიენტირების ელემენტების მნიშვნელობების ანათვლებზე დაყენებით, რისთვისაც გამოიყენება კორექტორების ნუ-

ლის ადგილის მნიშვნელობები ან 2. მოცემული საყრედი წერტილების სიმაღლეებით, რომლის დროსაც კორექტორებზე ანათვლების დაყენება ხორციელდება თანდათანობით მიახლოების წესით, რომლის დროსაც აღწევენ მოცემული საყრდენი წერტილების ნიშნულების გრძივი პარალაქსების ტოლობას გამოთვლისა და გაზომილს შორის.

დავუშვათ, რომ რომელიმე წერტილისათვის და საწყისი წერტილისთვის გაზომილია გრძივი პარალაქსების სხვაობა ΔP^1, რამდენადაც ამ წერტილების ნიშნულები ცნობილია, შეგვიძლია გამოვთვალოთ მათ შორის ჭეშმარიტი გრძივი პარალაქსების სხვაობა ΔP

$$\Delta P = \frac{h}{H-h} b$$

სხვაობა $\sigma_p = \Delta p^1 - \Delta p$ იქნება ნულის ტოლი, თუ შესაბამისი კორექტორი დაყენებულია სწორად. ყოველ შემთხვევაში საჭირო იქნება შევარჩიოთ კორექტორზე ისეთი დაყენება, რომლის დროსაც $\sigma_p = 0$, ე. ი. $\Delta P^1 = \Delta P$. ასეთი ოპტიკურ-მექანიკური ორიენტირება სტერეომეტრზე შეესაბამება 8.23 განტოლების მათემატიკურ ამოხსნას. ორიენტირების შესასრულებლად არსებობს ორი სქემა: ექვსი საყრდენი წერტილითა და ოთხი საყრდენი წერტილით (ნახ. 8.14ბ). ჩვენ აქ განვიხილავთ ოთხი საყრდენი წერტილის გამოყენებით სურათების ორიენტირებას, რამდენადაც მნიშვნელოვნად ამცირებს სიმაღლური წერტილების შრომატევადი გეოდეზიური განსაზღვრის სამუშაოების მოცულობას.

ამ შემთხვევაში ორიენტირების კონტროლისათვის წინასწარ განსაზღვრავენ Δ_{κ} ურთიერთგრძივ დახრილობას, განივ დახრილობას, რომლითაც გამოითვლება

$$\varrho_0 = \frac{r}{f_k} \Delta\omega = -\frac{r}{f_k} \varepsilon \qquad (8.25)$$

სურათებზე წერტილების განლაგების სქემა ისეთივეა, როგორც 6 წერტილისთვის (ნახ.8.14) მხოლოდ 1 და 2 წერტილები გამორიცხულია. ჭეშმარიტი გრძივი პარალაქსების სხვაობის გამოსათვლელად საწყის წერტილად მიღებულია მე-4 სტანდარტული წერტილი.

კორექტორებზე ნული ანათვლების დაყენებისა და სურათების საწყისი მიმართულებით ორიენტირების შემდეგ სივრცით მარკას სტერეოსკოპულად შევუთავსებთ მე-4 საწყის წერტილს. მიღებულ ანათვალს პარალაქტიკურ ხრახნზე (მაგ. 68, 60) ჩაიწერენ ორიენტირების ჟურნალის მე-5 გრაფაში (იხ. ცხრილი 8.3), შემდეგ ვუმზერთ მე-6 წერტილს, პარალაქტიკურ ხრახნზე ავიღებთ P_6 ანათვალს (66, 78) და ვითვლით ამავე ანათვალს — უნდა იყოს (უ.ი.) ფორმულით:

$$P_{6\text{ გაზ}} = P_4 + \triangle P_{6-4} = 68{,}60 - 1{,}52 = 67{,}08 \text{ მმ},$$

რომელიც განსხვავებულია გაზომილისგან (1 0,30) მეოთხე კორექტორის არასწორად დაყენების გამო (სხვაობა დასაშვებია 0.03 მმ). დაუშვებელი სხვაობის მოსასპობად გრძივი პარალაქსების ხრახნზე ვაყენებთ გაზომილი და გამოთვლილი მნიშვნელობის საშუალოს:

$$P_6^1 = \frac{P_6 + P_{6\text{ გაზ}}}{2} = 66{,}93 \text{ მმ}$$

შემდეგ $\Delta H_{\text{გაზ}}$ კორექტორის საშუალებით სივრცით მარკას ვუთავსებთ მოდელის მე-6 წერტილს. ეს გამოიწვევს მე-4 წერტილზე საწყისი ანათვლის შეცვლას. ამიტომ $\Delta H_{\text{გაზ}}$ კორექტორის თანდათან მიახლოებით ვაყენებთ საჭირო ანათვალზე. ამ მიზნით დაუშვებელი ნახევარი სხვაობის მოსპობის შემდეგ დავუბრუნდებით მე-4 წერტილს, ვუმზერთ სივრცითი მარკით, მივიღებთ ანათვალს პარალაქტიკურ ხრახნზე და კვლავ მე-6 წერტილზე გაზომილი და გამოთვლილი ანათვლების სხვაობას მოვსპობთ $\Delta H_{\text{გაზ}}$ კორექტორით. აღნიშნულ მოქმედებას ვიმეორებთ მანამდე, სანამ მე-6 წერტილზე აღებული ანათვალი და მისი „უნდა იყოს“ ტოლი არ გახდება (განსხვავება დასაშვებია 0,03 მმ), ე. ი. $P_4 = 68{,}45$ და $P_6 = 66{,}91$, შემდეგ წინასწარ გამოთვლილ P_5 უ. ი. ანათვალს

$$P_{5\text{ გაზ}} = P_4 + \triangle P_{5-4} = 68{,}45 + 0{,}73 = 69{,}18$$

დავაყენებთ პარალაქტიკურ ხრახნზე და მოდელის ამავე წერტილზე სივრცით მარკას შევუთავსებთ ΔH კორექტორის ზედა მცოცით. შემდეგ ვუმზერთ მე-3 წერტილს, დაუშვებელ სხვაობას გაზომილ და გამოთვლილ ანათვლებს შორის ნახევრად ვსპობთ ΔH კორექტორის საშუალებით. ასეთი მოქმედების შედეგად 5 და 3 წერტილებზე შემდეგში გაზომილი და გამოთვლილი ანათვლების სხვაობა ნიშნით სხვადასხვა იქნება და აბსოლუტური მნიშვნელობით დაახლოებით ტოლი. მიღებულ დაუშვებელ სხვაობას მოვსპობთ P_6 კორექტორით 5 და 3 წერტილებზე, რისთვისაც ერთ-ერთი მათგანის „უნდა იყოს“ მნიშვნელობას დავაყენებთ პარალაქტიკურ ხრახნზე და სივრცით მარკას ამავე წერტილთან შევუთავსებთ P_6 კორექტორით, რაც გამოიწვევს მეორე მათგანის შესწორებასაც.

აღწერილ მოქმედებას შემდეგში ვიმეორებთ ოთხივე სტანდარტულ წერტილზე, მანამდე, სანამ გაზომილი და გამოთვლილი ანათვლები ტოლი არ გახდება. განსხვავება არ უნდა აღემატებოდეს ოთხივე წერტილზე 0.03 — 0.05 მმ-ს.

8.3 ცხრილში მოცემულია სურათების ორიენტირება სტერეომეტრზე ოთხი საყრდენი წერტილით.

მთიანი რაიონების სურათების დამუშავებისას ფორმულებით გა-

მოითვლიან γ_1 და γ_2 კორექტორების კუთხეების მნიშვნელობებს და ანათვლებს დააყენებენ შესაბამისად γ_1 და γ_2 კორექტორების სკალებზე. რის შემდეგაც ვიწყებთ მეორე მიახლოებით ორიენტირებას ჩვეულებრივი წესით. ორიენტირების დამთავრების შემდეგ საკონტროლო წერტილებზე არ უნდა იყოს დარჩენილი დასაშვებზე მეტი შეცდომა.

სტერეომეტრზე ოთხი წერტილით სურათების ორიენტირების

ჟ უ რ ნ ა ლ ი

სტერეოწყვილი 37 38; f_k=97 მმ; $H_{საშ.}$=2000 მ

ცხრილი 8.3

წერტილ. №№	ხიშხულები A, მ.	ამაღლება h, მ	ΔP მმ	ანათვლები მმ		სხვაობა	შენიშვნა
				გაზომილი	უ. ი.		
1	2	3	4	5	6	7	8
4/16	181.1						$\beta = \Delta\alpha = +0°48'$
6/54	140.3	—40.8	—1.52				$\varepsilon = +0°36'$
5/90	200,1	+19,0	+0.73				$p_0 = -\frac{80}{97}(+0°36') =$ $-0°30'$
3/62	138.7	—42,4	—1.59				
4				68.60			$\Delta p = \frac{h.b}{H_4 - h}$
6				66.78	67.08	—0.30	$b = 69,223$
4				68.45	67.08	—0.30	$H_1 = 2000 - 181.1 =$ 1818.9 მ
						$\Delta\varepsilon_0$	
6				66.71	66,93	—0,02	$\Delta H = +0.09$ მმ
5				69,39	69,18	+0,21	$\Delta\varkappa_0 = +0°15'$
						ΔH	ΔH
5				69.22	69.18	+0.04	
4				6848			
6				66.94	66.96	—0.02	
5				69.23	60.21	+0.02	
7				6690	66.89	+0.01	

სურათების ორიენტირების დამთავრების შემდეგ იწყებენ რელიეფის გამოხაზვას ჰორიზონტალებით, რისთვისაც განსაზღვრავენ მოცემული სტერეოწყვილისათვის ჰორიზონტალების რაოდენობასა და პარალაქტიკურ ხრახნზე დასაყენებელ მოცემული კვეთის სიმაღლით თითოეული ჰორიზონტალის შესაბამის ანათვალს. ჰორიზონტალების რაოდენობის განსასაზღვრავად სტერეომოდელში გაზომავენ $P_{max.}$ და P_{min} მაშინ ამ ანათვლების სხვაობით პირველი წერტილის ანათვალთან

$$\Delta P_{min} = P_{min.} - P_1 \qquad \text{და} \qquad \Delta P_{max.} = P_{max.} - P_1$$

გამოვითვლით აღებული წერტილების ამაღლებას პირველი წერტილის მიმართ

$$h_{min.} = \frac{H_1}{b} - = \Delta P_{min.} \qquad \text{და} \qquad h_{max.} = \frac{H_1}{b} \Delta P_{max.}$$

შემდეგ კი მათ ნიშნულებს

$$A_{min.} = A_1 + h_{min.}$$
$$A_{max.} = A_1 + h_{max.}$$

ამ გამოთვლებში P ანათვლებს ამრგვალებენ 0,1 მმ-მდე და მიახლოებით მიღებული ყველაზე დაბალი და ყველაზე მაღალი ნიშნულებით გამოყოფენ სტერეოწყვილის ყველა ჰორიზონტალს. რელიეფის კვეთის $h = 5$ მ სიმაღლის ჰორიზონტალების განაწილება ნაჩვენებია 8.4 ცხრილის 1 გრაფაში.

ჰორიზონტალის პირველ წერტილთან ამაღლებით გამოითვლიან ΔP-ს ცნობილი ფორმულით:

$$\Delta P = \frac{b \cdot h}{H_1 - h}$$

გარდა ამისა, მთიანი რაიონებისთვის გაითვალისწინებენ აგრეთვე შესწორებას δp_1 ფორმულით:

$$\delta p_1 = - \frac{\Delta d \cdot \Delta P}{d_1}$$

დაუმატებენ შესწორებულ პარალაქსების სხვაობას $\Delta P + \delta p_1$, პირველი წერტილის ანათვალს (ცხრილში ეს ანათვალია 66,70) და მიიღებენ დასაყენებელ ანათვლებს ყველა ჰორიზონტალისთვის.

რელიეფის სტერეოსკოპული დათვალიერებისა და მისი „ჩონჩხის“ გამოვლენის შემდეგ იწყებენ ჰორიზონტალების გატარებას, რისთვისაც პარალაქტიკურ ხრახნზე ვაყენებთ წინასწარ გამოთვლილ მის შესაბამის ანათვალს. შემდეგ გადავაადგილებთ ძირითად კარეტას და სამზერ

ცხრილი 8.4

დასაყენებელი ანათვლების ცხრილი

ჰორიზონტალების ნიშნულები	h_1, მ	Δp, მმ	σ_p მმ	$\Delta p + \sigma_p$ მმ მმ	დასაყენებელი ანათ	შენიშვნა
1	2	3	4	5	6	7
165	0	0	0	0	66,70	$b = 66,2$ მმ
145	−20	−0,72	+0,02	−0,70	66,00	$H_{ს.ს.} = 2000$ მ
150	−15	−0,54	+0,01	−0,53	66,17	
155	−10	−0,36	+0,01	−0,35	66,35	$f_k = 99,1$ მმ
160	−5	−0,18	0	−0,18	66,52	
165	0	0	0	0	66,70	$\Delta d = 2,1$ მმ
170	+5	+0,18	0	+0,18	66,88	$d_1 = 99,7$ მმ
175	+10	+0,36	−0,01	+0,35	67,05	
180	+15	+0,55	−0,01	+0,54	67,24	$\sigma_{p_1} = -\frac{\Delta d \cdot \Delta p}{d_1}$
185	+20	+0,73	−0,02	+0,71	67,41	
190	+25	+0,92	−0,02	+0,90	67,60	

მოწყობილობას. მარკის მოდელის ზედაპირზე შეხების წერტილებს აღვნიშნავთ ფანქრით გასატარებელი ჰორიზონტალების მარჯვენა სურათზე. შემდეგ მომდევნო ჰორიზონტალს და ა. შ. ტყიანი რელიეფის გამოხაზვისას ჰორიზონტალის პარალაქტურ ანათვალს ემატება ხეების საშუალო სიმაღლის შესაბამისი პარალაქსების სხვაობა. ჰორიზონტალების გამოხაზვას ვამოწმებთ ტყეში ღია ადგილების ნიშნულების განსაზღვრით. რელიეფის გამოხაზვის დამთავრების შემდეგ კვლავ ამოწმებენ სურათების ორიენტირებას ზემოთ აღწერილი ხერხით. რათა დავრწმუნდეთ კორექციულ მოწყობილობებზე ანათვლების უცვლელობაში. კონტროლი ხორციელდება სიმაღლური (საკონტროლო) წერტილებით, რომელიც მონაწილეობას არ ღებულობდნენ ჰორიზონტალების გამოხაზვაში. ის ფორმები, რომლებიც არ გამოისახება ჰორიზონტალებით, გამოსახავენ ნახევარჰორიზონტალებში ან შესაბამისი პირობითი ნიშნებით.

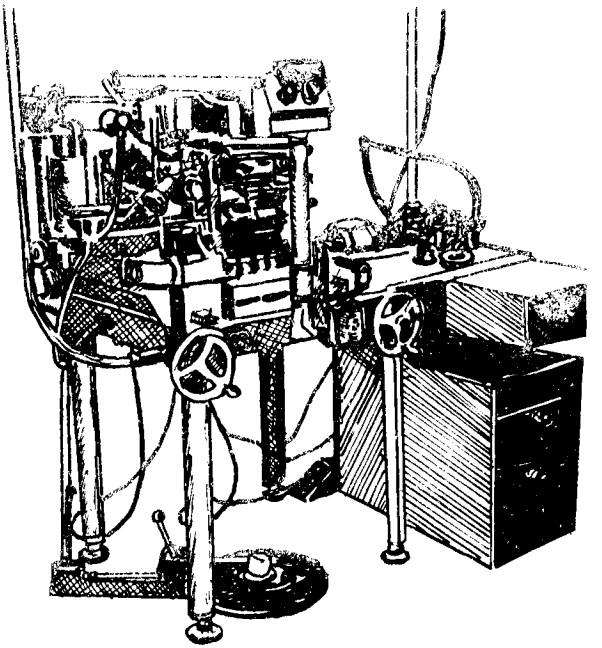
ბოლოს რელიეფის გამოხაზვას ასრულებენ ყავისფერი ტუშით და საჭირო ადგილებში ვაწერთ ნიშნულებს. მთავარ ჰორიზონტალებს გამოვყოფთ შავი ტუშით.

უნივერსალური სტერეოხელსაწყოები გამოიყენება ტოპოგრაფიული რუკების, ორთოფოტორუკებისა და სურათებით ადგილის ციფრობრივი მოდელების შესადგენად.

უნივერსალურ სტერეოხელსაწყოებზე სრულდება ყველა ის პროცესი, რაც საჭიროა სურათების გეგმებად ან რუკებად გარდაქმნისათვის. სახელდობრ: სურათების ორიენტირება, სტერეომოდელის აგება და შემდგომ მისი გეოდეზიური (გარე) ორიენტირება, ცალკეული წერტილის კოორდინატების განსაზღვრა და რელიეფისა და კონტურების აგეგმვა. უნივერსალურ სტერეოხელსაწყოებზე შეიძლება საყრდენი გეოდეზიური ქსელის გახშირებაც, ე. ი. ფოტოტრიანგულაციური ქსელის აგებაც, მაგრამ ამ მხრივ უფრო ზუსტი და მწარმოებლურია ანალითური ფოტოტრიანგულაცია. სტერეოკომპარატორისა და ЭЗМ-ის გამოყენებით.

პროექტირებული სხივთა კონისა და მოდელის აგების ხერხების მიხედვით, უნივერსალური სტერეოხელსაწყოები შეიძლება დაიყოს ოთხ ჯგუფად: 1. ოპტიკური (სხივთა კონის და მოდელის აგება წარმოებს ორი ან მეტი საპროექციო კამერებით). 2. მექანიკური (სხივთა კონისა და მოდელის აგება წარმოებს პრეციზიული ბერკეტების ან სახაზავების მეშვეობით); 3. ოპტიკურ-მექანიკური (სხივთა კონის აღდგენა წარმოებს ოპტიკურად, მოდელის კი მექანიზმებით) და 4. ანალითური (სტერეოკომპარატორისა და ЭЗМ-ის გამოყენებით გამოითვლიან წერტილების კოორდინატებს და ЭЗМ-ზე ჩართული პროგრამული მართვის კოორდინატოგრაფით ადგენენ რუკებს.

ჩვენში ჩამოთვლილიდან უფრო მეტი გავრცელება ჰპოვა მექანიკური ხერხის სტერეოხელსაწყოებმა, რომლებიც მუშაობენ გარდაქმნილი მაპროექტებელი სხივთა კონით. ასეთ ხელსაწყოებს მიეკუთვნება პროფ. ფ. დრობიშევის კონსტრუქციის სტერეოგრაფი СД (ნახ. 8.15) და პროფ. გ. რომანოვსკის კონსტრუქციის სტერეოპროექტორი СПР (ნახ. 8.16). არსებობს ორივე ხელსაწყოს რამოდენიმე მოდელი, რომელთაგან უფრო სრულყოფილად ითვლება ბოლო გამოშვების СД-3 და СПР-3 მოდელი. ეს ხელსაწყოები განკუთვნილია ნებისმიერი მასშტაბის ტოპოგრაფიული რუკების შესადგენად და სივრცითი ფოტოტრიანგულირებისათვის. ხელსაწყოებზე მუშავდება 18×18 სმ ფორმატის გეგმური აეროსურათები. სურათებისა და შესადგენი გეგმის მასშტაბების თანაფარდობა $K=0{,}5\div 3$-მდე (ამჟამად შექმნილია უნივერსალური ხელსაწყო СП, რომლის $K=6$). სტერეომოდელის მაქსიმალური ამაღლება არ უნდა იყოს 0,35H და 0,65H ხელსაწყოს შესაბამისად. (სადაც H ფოტოგრაფირების სიმაღლეა საშუალო სიმაღლის მიმართ). რელიეფის დიდი ამაღლების შემთხვევაში სურათების დამუშავება



სახ. 8.15 სტერეოგრაფი СД.

მიმდინარეობს ზონების მიხედვით საპროექციო კამერების ფოკუსური მანძილების გამუდმებული ცვლით, რისთვისაც ხელსაწყოებს აქვს კორექციული მექანიზმები. ორივე ხელსაწყოს ძირითადი ჯვანძებია: სურათების დასამაგრებელი კორეტები, ბაზისური მოწყობილობა, მაპროექცირებელი ბერკეტები, კორექციული მექანიზმები, ოპტიკური საშუალო სისტემა და კოორდინატოგრაფი.

მუშაობის დაწყების წინ საჭიროა ხელსაწყოების შემოწმება მათთვის განკუთვნილი შესაბამისი ინსტრუქციებით, რომელიც გვაცალებს, რომ განვსაზღვროთ ყველა სკალის ხულის ადგილი და საპროექციო კამერების ფოკუსური მანძილები. მაგალითად, სტერეოგრაფის კორექციული სიბრტყეების ხულის ადგილი არის ანათვალი K_x და K_y სკალაზე, რომელიც შეესაბამება კორექციული სიბრტყეების პორიზონტალურ მდებარეობას. განსაზღვრავენ აგრეთვე ბაზისური კომპონენტების b_x, b_y და b_z სკალებისა და დეცენტრაციის სკალების ხულის ადგილს. ყველა შემოწმება სრულდება საკონტროლო ბადეებითა და სპეციალური ინდიკატორების გამოყენებით.

მუშაობის დაწყების წინ საჭიროა შეკამზადოთ:

1. სამუშაო პროექტი, განსაზღვროთ სტერეოწყვილის დამუშავების თანამიმდევრობა;

2. დიაპოზიტივები და კონტაქტური ანაბეჭდები საყრდენი წერტილებით;

3. საველე დეშიფრირების მასალები;

4. პლანშეტი, რომელზედაც დატანილია საყრდენი წერტილები მოცემულ მასშტაბში.

შემდეგ აეროსურათების საშუალო მასშტაბით და სიმაღლური ნიშნულებით დაადგენენ მოდელის მასშტაბს კოორდინატოგრაფისათვის და სიმაღლეთა მრიცხველისათვის შეარჩევენ შესაბამის გადამცემ კბილანებს.

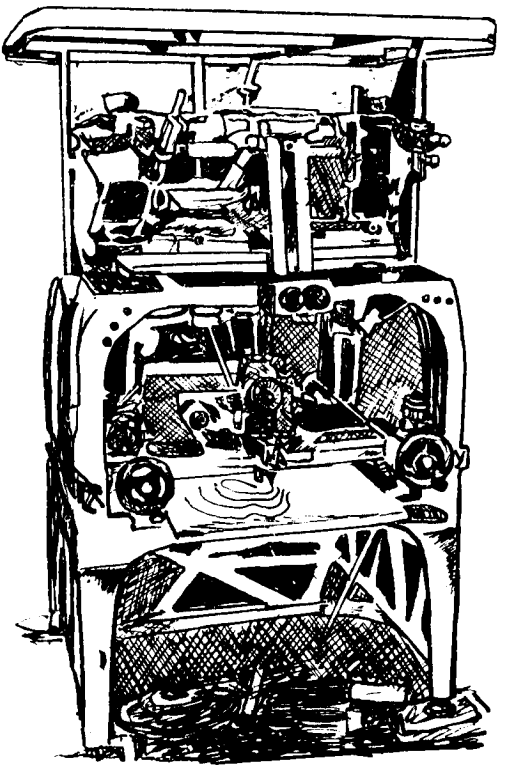
მუშაობის პირველ ეტაპად ითვლება ხელსაწყოში ჩალაგებული სურათების ურთიერთორიენტირება, რაც თანამიმდევრობითი მიახლოებით ხდება. ჯერ მოსპობენ სტანდარტული სქემის მიხედვით (8.14) ხუთ წერტილზე განივ პარალაქსებს ორივე კამერისა და კორექციული სიბრტყეების მოძრაობით ($\mathcal{H}_1$, $\mathcal{H}_2$, K_{φ_1}, K_{ω_2}, K_{ω_1} (ბოლო მეხუთე წერტილზე განივ პარალაქსს სპობენ ნახევრად K_{ω_1} და ნახევრად K_{ω_1} მოძრაობით (ან ნახევარი K_{ω_2} და ნახევარი b_z-ით). რამდენადაც სურათების დამუშავება სრულდება საპროექციო სხივთა კონის დარღვევით, საჭიროა სურათებში დეცენტრაციის მნიშვნელობის განსაზღვრა. დეცენტრირების შემდეგ ორიენტირება სრულდება ხელახლად იგივე თანამიმდევრობით. მუშაობის შემდგომ ეტაპად ითვლება მოდელის გარე (გეოდეზიური) ორიენტირება, რაც მდგომარეობს მოდელის მოცემულ მასშტაბში მოყვანასა და შემდგომ მის გეოდეზიურ კოორდინატთა სისტემასთან შეთავსებაში.

მოდელის მოცემულ მასშტაბში მოსაყვანად ხელსაწყოს მარკას უთავსებენ მოდელის იმ წერტილს, რომლის გეოდეზიური კოორდინატებიც ცნობილია. კოორდინატოგრაფის ფანქარს კი პლანშეტზე უთავსებენ მის შესაბამის წერტილს. თანამიმდევრობით შეუთავსებენ მეორე წერტილსაც და იმ შემთხვევაში, თუ არ შეუთავსდა კოორდინატოგრაფის ფანქრის წვერი პლანშეტზე დატანილ მყარ წერტილს, რომელიღაც Δl სიდიდით, მაშინ პროექციის ბაზისთა კომპონენტებს (b_x, b_y, b_z) შეცვლიან სიდიდეებით, რომელიც თითოეულისათვის გამოითვლება:

$$\Delta b_x = \frac{b_x}{l}\Delta l$$

$$\Delta b_y = \frac{b_y}{l}\Delta l \qquad (8.26)$$

$$\Delta b_z = \frac{b_z}{l}\Delta l$$



ნახ. 8.16 სტერეოპროექტორი CHP.

სადაც I მანძილია პლანშეტზე აღებულ ორ საყრდენ წერტილს შორის.

მოდელის შემობრუნების დროს სივრცით მარკას შეუთავსებენ მოდელის იმ წერტილს, რომლის ნიშნულიც ცნობილია და ხელსაწყოს სიმაღლეთა მრიცხველზე დააყენებენ ამავე წერტილის შესაბამის სიმაღლეთა მნიშვნელობას. შემდეგ მეორე წერტილზე დამზერენ და მრიცხველზე აითვლიან ანათვალს. თუ ფოტოგრამმეტრიული ნიშნული არ შეესაბამება მის გეოდეზიურს, მაშინ ორივე კორექციული სიბრტყის ერთდროული ბრუნვით ცვლიან ბახრის კუთხეს, რომ განივი პარალაქსი არ წარმოიშვას. ეს ხდება იქამდე, ვიდრე ფოტოგრამმეტრიული და გეოდეზიური სიმაღლეები ერთმანეთს არ გაუტოლდება.

ანალოგიურად სრულდება პირველ და მესამე წერტილზეც, რომელთა აბსცისებიც დაახლოებით ტოლია. უტოლობას სპობენ K_{ω} კორექციული სიბრტყეების დახრით.

რადგანაც კორექციული სიბრტყეების დახრით იცვლება ნადირ

წერტილის მდებარეობაც, საჭიროა დამატებით მოვახდინოთ სურათების დეცენტრაცია და გავიმეოროთ ხელახლად გარე ორიენტირების პროცესი. გაორიენტირების შემდეგ მასშტაბის შესაბამისად შეარჩევენ ჰორიზონტალების კვეთის სიმაღლეს. სიმაღლეთა მრიცხველზე H შტურვალით დააყენებენ გასატარებელი ჰორიზონტალის სიმაღლეს და X, Y შტურვალებით წაიყვანენ მოდელის ზედაპირზე სივრცით მარკას ისე, რომ მარკა ყოველთვის ეხებოდეს მოდელის ზედაპირს. ამ დროს კოორდინატოგრაფის ფანქარი პლანშეტზე გამოხაზავს შესაბამისი კვეთის სიმაღლის ჰორიზონტალს. რელიეფის ფორმის სწორად გამოსახვის მიზნით, საჭიროა კარგად წარმოვიდგინოთ რელიეფის გეომორფოლოგიური სტრუქტურაც.

8.12 გეოდეზიური საფუძვლის წერტილების გახშირება ანალითური სტერეოფოტოგრამმეტრიული მეთოდით

ანალითური სტერეოფოტოგრამმეტრიული მეთოდით გეოდეზიური საფუძვლის წერტილების გახშირება მიზნად ისახავს შრომატევადი და ძვირადღირებული საველე-გეოდეზიური სამუშაოების მაქსიმალურ შემცირებასა და მათი კამერალური-ფოტოგრამმეტრიული მუშაობით შეცვლას. აეროსურათებით ადგილის წერტილების კოორდინატების განსაზღვრისათვის აგებენ ფოტოგრამმეტრიულ ქსელს, რომელიც ეყრდნობა შეზღუდული რაოდენობის გეოდეზიურ წერტილებს.

როგორც ჩვენში, ისე საზღვარგარეთ დამუშავებული იყო სხვადასხვაგვარი ფოტოგრამმეტრიული მეთოდით წერტილების გახშირების ხერხები, რომელიც ფაქტობრივად აღარ გამოიყენება მათი დაბალი მწარმოებლობისა და სიზუსტის გამო. ელექტრონულ-გამოთვლითი ტექნიკის განვითარების მაღალმა დონემ განაპირობა ის, რომ დღეისათვის დიდი გამოყენება პოვა სივრცითი ფოტოტრიანგულაციის ანალიტურმა მეთოდმა. ამ ხერხის დადებითი მხარე ისაა, რომ აეროსურათებზე წერტილების კოორდინატების გასაზომად გამოიყენება შედარებით მარტივი ხელსაწყოები და ხასიათდებიან უფრო მაღალი ინსტრუმენტული სიზუსტით. გარდა ამისა, ფოტოგრამმეტრიული ქსელის აგება შეიძლება მოვახდინოთ, როგორც მარშრუტებით, ისე ბლოკებით, რომლებიც რამოდენიმე მარშრუტის მოდელს შეიცავს და მათემატიკურად გავაწონასწოროთ ეს ქსელი სხვადასხვანაირ ვარიანტებად.

ყოველი გასახშირებელი მომდევნო სტერეოწყვილის გაზომვები წარმოებს სტერეოკომპარატორებზე. განაზომთა შეღეგები დაიხვრიტება საპერფორაციო ლენტზე და სპეციალურად შედგენილ პროგრამასთან ერთად შეაქვთ ელექტრონულ-გამოთვლით მანქანაში.

არჩევენ ფოტოტრიანგულაციას სურათების გარეორიენტირების ელემენტების გამოყენების გარეშე და სურათების გარეორიენტირების ელემენტების გამოყენებით. ფოტოტრიანგულაციისას სურათების გარეორიენტირების გამოყენება, პროექციის ცენტრის კოორდინატებისა და ფოტოგრაფირების სიმაღლეთა სხვაობის ან ფოტოგრაფირების სიმაღლეთა ცოდნა, საგრძნობლად ამცირებს საველე გეოდეზიურ სამუშაოებს.

მარშრუტული ფოტოტრიანგულაციის მრავალი ვარიანტიდან შეიძლება გამოვყოთ სამი ძირითადი. პირველი ვარიანტი მდგომარეობს სტერეოწყვილებით ურთიერთდამოკიდებული მოდელების თანდათანობით აგებაში, შემდეგ ერთ საერთო მოდელად მათ გაერთიანებაში და გეოდეზიურ კოორდინატთა სისტემაში მის ორიენტირებაში. მეორე ვარიანტის დროს, სტერეოწყვილებით ჯერ ააგებენ დამოუკიდებელ მოდელებს, შეაერთებენ მათ საერთო მოდელში და შემდეგ აორიენტირებენ გეოდეზიურ კოორდინატთა სისტემის მიმართ. მესამე ვარიანტს კი საფუძვლად უდევს მარშრუტის ყველა აეროსურათებით ერთდროულად საერთო მოდელის აგება. მოდელის ორიენტირების თეორიიდან ცნობილია, რომ ფოტოგრამმეტრიული კოორდინატებიდან გეოდეზიურ კოორდინატებში გადასასვლელად საჭიროა გვქონდეს არანაკლები სამი საყრდენი წერტილისა, მაგრამ კონტროლისათვის და აგრეთვე სისტემატური შეცდომების გავლენის გამორიცხვის მიზნით, ყოველი მარშრუტისთვის განსაზღვრავენ 5 – 6 ან მეტ საყრდენ წერტილს.

IX თავი
აეროსურათების დეშიფრირება

9.1 აეროსურათების დეშიფრირების ძირითადი პრინციპები

ობიექტის (ადგილის) ფოტოგამოსახულებას ძალზე დიდი სახვითი თვისებები გააჩნია ერთი ობიექტის სხვა ობიექტებისაგან გამოყოფაში და მათი შინაარსის გარკვევის საკითხებში. ფოტოსურათებით ობიექტის შესახებ ინფორმაციის მიღებას და მათი რაოდენობრივი და ხარისხობრივი მაჩვენებლების განსაზღვრას გეოგრაფიულ გარემოსთან კავშირში სურათების ინტერპრეტაცია ანუ დეშიფრირება ეწოდება. იგი დამყარებულია ფოტოგრაფიული აღბეჭდვის ოპტიკურ და გეომეტრიულ კანონზომიერებათა ცოდნაზე, გადაღებული ობიექტის თვისებებზე, რაოდენობაზე, სიდიდეზე, რეგიონზე და სხვა.

აეროსურათების დეშიფრირება ფართოდ გამოიყენება სახალხო მეურნეობაში მრავალი დარგობრივი ამოცანის გადაწყვეტაში, ბუნებრივი რესურსების შესწავლა-გამოკვლევაში, მეტეოროლოგიაში, ბუნების დაცვაში და სხვა.

დღეისათვის ჩამოყალიბდა დეშიფრირების ორი ძირითადი მიმართულება: კომპლექსური ანუ ტოპოგრაფიული და დარგობრივი ანუ სპეციალური (სატყეო, სამიწათმოწყობო, გეოლოგიური, გეობოტანიკური და სხვა).

სურათების ტოპოგრაფიული დეშიფრირებისას მასზე ამოიცნობენ და განსაზღვრავენ ადგილის იმ საგნების რაოდენობრივ და ხარისხობრივ მაჩვენებელთა დახასიათებას, რომლებიც ტოპოგრაფიული რუკის შინაარსს შეადგენენ. სურათების სპეციალური დეშიფრირება კი დაკავშირებულია ამა თუ იმ სპეციალური საკითხების გადაწყვეტასთან და სრულდება ლანდშაფტის ელემენტების ტოპოგრაფიულ დეშიფრირებასთან შერწყმით. აზრობრივად საკითხის ასეთნაირად დაყოფას დიდი მნიშვნელობა აქვს და სხვადასხვაგვარ მოთხოვნილებასაც იყენებს — როგორც აეროსურათების თვისებებს, ისე მათი ინტერპრეტაციის მეთოდებს.

აეროსურათების დეშიფრირების თანამედროვე მნიშვნელოვან პრობლემებს მიეკუთვნება: აეროსურათების სახვითი თვისებების გაუმჯობესება; რადიოლოკაციური და თბო-(ინფრაწითელი) აეროსურათების დანერგვა; მეცნიერულად დასაბუთებული კარტოგრაფიული მასალების გამოყენება; გაუმჯობესებული სადეშიფრირო ხელსაწყოების შექმნა და ფართოდ გამოყენება; დეშიფრირების მეთოდების შემუშავება მსხვილმასშტაბიანი რუკების შექმნისათვის; ტოპოგრაფიული ან თემატიკური რუკების განახლებისათვის; დეშიფრირების მეთოდების ნაწილობრივ ავტომატიზების კვლევა და წარმოებაში დანერგვა.

აეროსურათების დეშიფრირების თანამედროვე ტექნოლოგია შეხამებულია საველე და კამერალური დეშიფრირების მეთოდებთან და არსებული საინფორმაციო მასალების ფართოდ გამოყენებასთან. სურათების დეშიფრირება, როგორც ფოტოგრაფირებული ობიექტების დისტანციური მეთოდით შესწავლა, მოითხოვს სერიოზულ მომზადებას აეროფოტოგადაღებაში, ფოტოგრამმეტრიაში, გეოდეზიაში, გეოგრაფიაში, კარტოგრაფიაში; კვლევის კონკრეტულ დარგებში (გეოლოგია, სოფლის მეურნეობა, სატყეო საქმე და სხვა); აგრეთვე გარკვეულ ცნობებს — მათემატიკური სტატისტიკიდან, შემეცნების თეორიიდან, ინფორმაციის თეორიიდან და სხვა.

ბოლო წლებში, კოსმოსური სივრციდან ფოტოსურათების მიღებასთან დაკავშირებით (რასაც უაღრესად დიდი მნიშვნელობა ენიჭება დედამიწაზე ან მის ცალკეულ რეგიონებში და სამყაროში მიმდინარე დინამიკური პროცესების გლობალური მასშტაბით მეცნიერულად გამოკვლევასა და შესწავლაში) სურათების დეშიფრირების როლი უფრო გაიზარდა და მის წინაშე დიდი ამოცანები დააყენა.

დედამიწის ყოველ ობიექტს აეროსურათზე თავისებური გამოსახუ-

ლება აქვს, ამიტომ გამოსახულების აგების გეომეტრიული და ფიზიკური კანონების ღრმა ცოდნა ამ ობიექტების ამოცნობის საშუალებას იძლევა.

მართალია, დედამიწის ზედაპირზე არსებულ ობიექტებს ახასიათებს თავისებური გამოსახულება, აეროსურათზე მათი ამოცნობა მაინც ძნელდება და ზოგიერთ შემთხვევაში შეუძლებელიც კი ხდება, რის გამოც პრაქტიკულად გამოყენებულია დეშიფრირების კამერალური, საველე და კომბინირებული (საველე და კამერალურის ერთობლიობა) დეშიფრირების მეთოდები.

იმის მიხედვით, თუ გაშიფვრის როგორი ხერხებია გამოყენებული, არის:

1. მორფოგრაფიული — გაშიფვრის ვიზუალური ხერხი, რაც მდგომარეობს ობიექტის ფოტოგამოსახულების შინაარსის დასადგენად ობიექტებთან მის უშუალოდ შედარებაში;
2. მორფომეტრიული — გაშიფვრის ვიზუალურ-ინსტრუმენტული ხერხი. მას იყენებენ მაშინ, როდესაც აეროსურათის შინაარსის დასადგენად საჭიროა სხვადასხვა სახის გაზომვითი კვლევის შესრულება (ამაღლებების, ხის სიმაღლეების, ვარჯის დიამეტრის განსაზღვრა და სხვა);
3. ინსტრუმენტული — მიეკუთვნება აერონეგატივების გაშიფვრის ფოტომეტრიულ გამოკვლევას, ე. ი. მიკროფოტომეტრზე ფოტოგამოსახულების ოპტიკური სიმკვრივის გაზომვები და ავტომატიზებული ხელსაწყოებით გაშიფვრა.

ფოტოგამოსახულების იმ ნიშნებს, რომლებიც იძლევიან საგნის ამოცნობის საშუალებას, გაშიფვრის ნიშან-თვისება ეწოდება და იყოფა გაშიფვრის პირდაპირ და არაპირდაპირ ნიშან-თვისებად. პირდაპირი გაშიფვრის ნიშან-თვისებას მიეკუთვნება ფორმა, ჩრდილი, ტონი (გამოსახულების იერი) და ზომა.

აღნიშნული ნიშან-თვისებები ცალ-ცალკე ყოველთვის არ იძლევა ობიექტის ამოცნობის საშუალებას, ამიტომ დეშიფრირების არაპირდაპირი ამოცნობით (ლოგიკური ნიშან-თვისებებით) შეიძლება განისაზღვროს მოცემული ობიექტის შინაარსი. მაგალითად, სურათზე მდინარესთან მისული გზა გრძელდება მდინარის მეორე ნაპირიდან, რაც მიგვანიშნებს იმაზე, რომ ამ ადგილას მდინარეზე ფონია ან ხალხის გადასაყვანი ბორანი.

პირდაპირი და არაპირდაპირი კავშირი ბუნებრივ კომპონენტებთან სამართლიანი და კონკრეტულია მხოლოდ განსაზღვრული რეგიონისათვის, რის გამოც გაშიფრვის არაპირდაპირი ნიშან-თვისებებიც დგინდება მხოლოდ კონკრეტული რეგიონის ანალოგიურ ფიზიკურ-გეოგრაფიულ პირობებში.

9.2 აეროსურათების კომპლექსური დეშიფრირება

აეროსურათების კომპლექსური დეშიფრირების ძირითადი სახეა ტოპოგრაფიული დეშიფრირება. ფოტოგრაფიულ გამოსახულებაზე (აეროფოტოსურათი, ფოტოსქემა, ფოტოგეგმა) კონტურების და ადგილის ობიექტების ამოცნობას, მათი ტოპოგრაფიული მნიშვნელობის რაოდენობრივ და ხარისხობრივ დახასიათებას ტოპოგრაფიული გაშიფვრა ეწოდება.

ტოპოგრაფიული გაშიფვრის ობიექტებს მიეკუთვნება: ა) საყრდენი გეოდეზიური წერტილები, ბ) საორიენტაციო წერტილები, გ) ფაბრიკა-ქარხნები და სხვა სამრეწველო საწარმოები, დ) დასახლებული პუნქტები (ქალაქები, სოფლები და ცალკეული ნაგებობები, ე) სასოფლო-სამეურნეო სავარგულები და მცენარეული საფარი, ვ) გზები და კავშირგაბმულობა თავისი ნაგებობებით, ზ) ჰიდროგრაფიული ქსელი თავისი ნაგებობებით; თ) საზღვრები და ადგილის რელიეფი (ნახ. 9.1, ნახ. 9.2 და ნახ. 9.3).

ტოპოგრაფიული ობიექტების გაშიფვრაზე სრულყოფილი წარმოდგენა რომ ვიქონიოთ, საჭიროა სპეციალური მომზადება, და უხდა გვქონდეს სხვადასხვა გეოგრაფიულ პირობებში ტოპოგრაფიული აგეგმვების დიდი გამოცდილება. ტოპოგრაფიული დეშიფრირების პრობლემა დაკავშირებულია აგრეთვე მათი კარტოგრაფიულად გამოსახვის საკითხებთანაც (კარტოგრაფიულ გენერალიზაციასთან და სხვა).

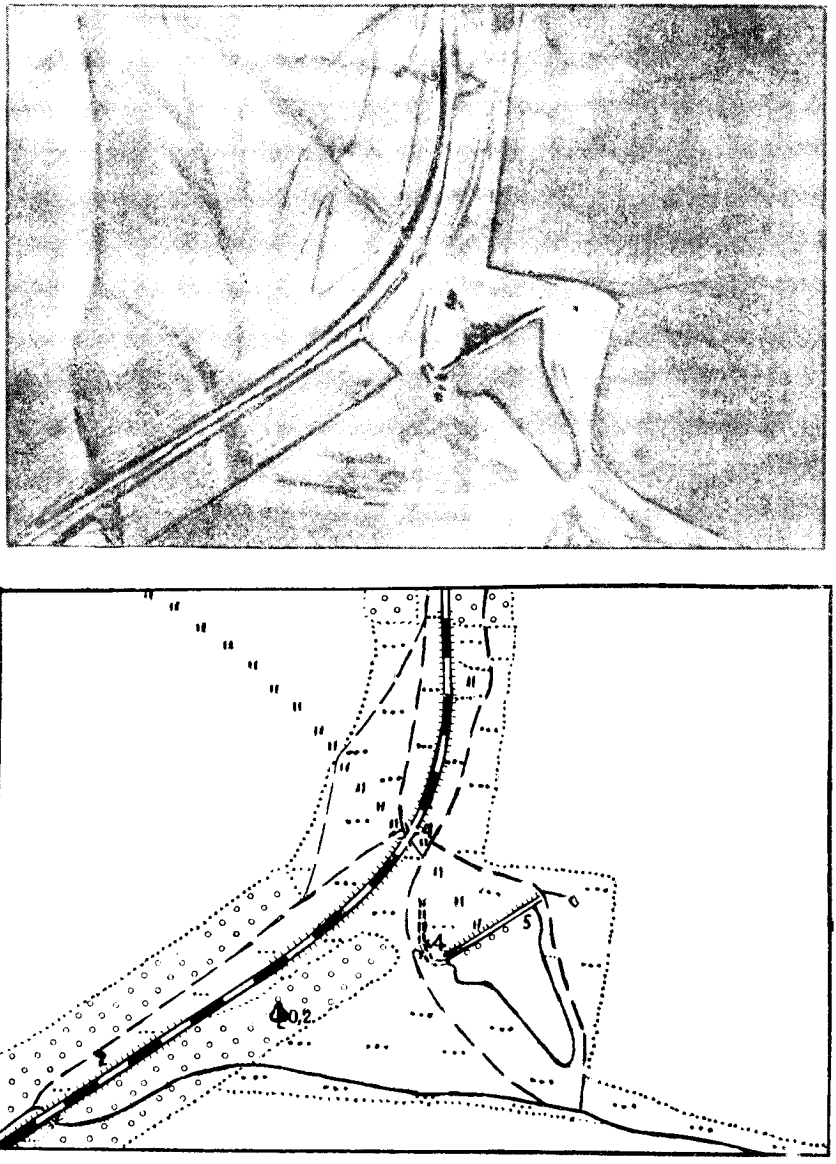
ტოპოგრაფიული დეშიფრირების საფუძვლიანად შესწავლისათვის საჭიროა ვისარგებლოთ სპეციალური სახელმძღვანელოებით და ტოპოგრაფიული რუკების არსებული პირობითი ნიშნებით.

აეროსურათების კომპლექსური დეშიფრირების ობიექტებიდან სატყეო და სოფლის მეურნეობის სპეციალისტებისათვის ყურადღებას იმსახურებს სასოფლო-სამეურნეო სავარგულების, მცენარეული საფარის და რელიეფის დეშიფრირება.

სასოფლო-სამეურნეო სავარგულების აეროსურათების დეშიფრირებაში იგულისხმება ყველა იმ კონტურისა და ობიექტის ამოცნობა, რომელთაც სასოფლო-სამეურნეო მნიშვნელობა აქვთ სახნავების, ველების, საძოვრების, სათიბების, ხეხილის ბაღების, ვენახების, ციტრუსების, ჩაის პლანტაციების, სოფლის მეურნეობისათვის გამოუყენებელი ადგილების, საკარმიდამო ნაკვეთებისა და სხვა.

მიწაითმოწყობის მოთხოვნილების გათვალისწინებით სახნავების შემადგენლობაში განსაკუთრებული ნიშნებით გამოჰყოფენ: ხასვენ მიწებს, ყამირს და გაწმენდილ ან გამოთავისუფლებულ მიწებს.

ხეხილის ბაღები სხვა კულტურებიან შედარებით ადვილად გამოირჩევა ხეების ვარჯთა კვადრატული განლაგებით. ვენახის ფართობი აისახება სწორი ოთხკუთხედური მუქი ტონის გამოსახულებით. კარგად ამოიცნობა ვაზის მწკრივები ზოლების სახით.



ნახ. 9.1 კომპლექსური დეშიფრირების ხიმუში. აეროსურათზე მოჩახს რკინიგზა. ხიდი. ხაყარი. წყალამრიდი არხები. საგუბარი ჯებირით და სარეზერვო არხით

5-4
8
44

ჩაისა და ციტრუსების ადგილები სურათზე გამოირჩევა მუქი ზოლით, ხოლო მათ შორის შუალედები — ღია ტონით.

დეშიფრირების მასალები და შედგენილი სოფლის მეურნეობის რუკები შემდგომში ფართოდ გამოიყენება სათესი ფართობების აღრიცხვაში: მიწის ფონდების გამორკვევისათვის, მიწათსარგებლობის საზღვრების დაცვისათვის, სამეურნეო მიწათმოწყობაში და სხვა.

ბუნებრივი მცენარეულობის ტიპების (ტყე, ბუჩქნარი, ბალახი, ხავსი, კულტურული მცენარეულობა და სხვა) დეშიფრირებისას და გამოხაზვისას ძირითადი ყურადღება უნდა მიექცეს მცენარეთა საფარის სწორ კლასიფიკაციას: ხარისხობრივი და რაოდენობრივი მახასიათებლების თანაბარ განლაგებას; კონტურების მოხაზულობის მკაფიო გამოსახვას და შეთანხმებას ადგილის სხვა ობიექტების გამოსახვასთან (რელიეფთან, ჰიდროგრაფიასთან და სხვა). კონტურების საზღვრებს, როგორც წესი, გამოვხაზავთ წერტილოვანი პუნქტირით (იქ, სადაც ისინი ემთხვევიან ხევებს, თხრილებს, მდინარეებს, გზებს, ნაგებობებს. პუნქტირის გამოყენება არ არის საჭირო).

ტყით დაფარული ადგილები კარგად გამოირჩევა თავისი მუქი ტონით ვარჯებისა და მათ შორის შუალედების გამოსახულებით. ხნოვანი ტყე ახალგაზრდა ტყისა და ამონაყრისაგან კარგად გამოირჩევა ვარჯების მარცვლოვანებითა და მათი სიდიდით.

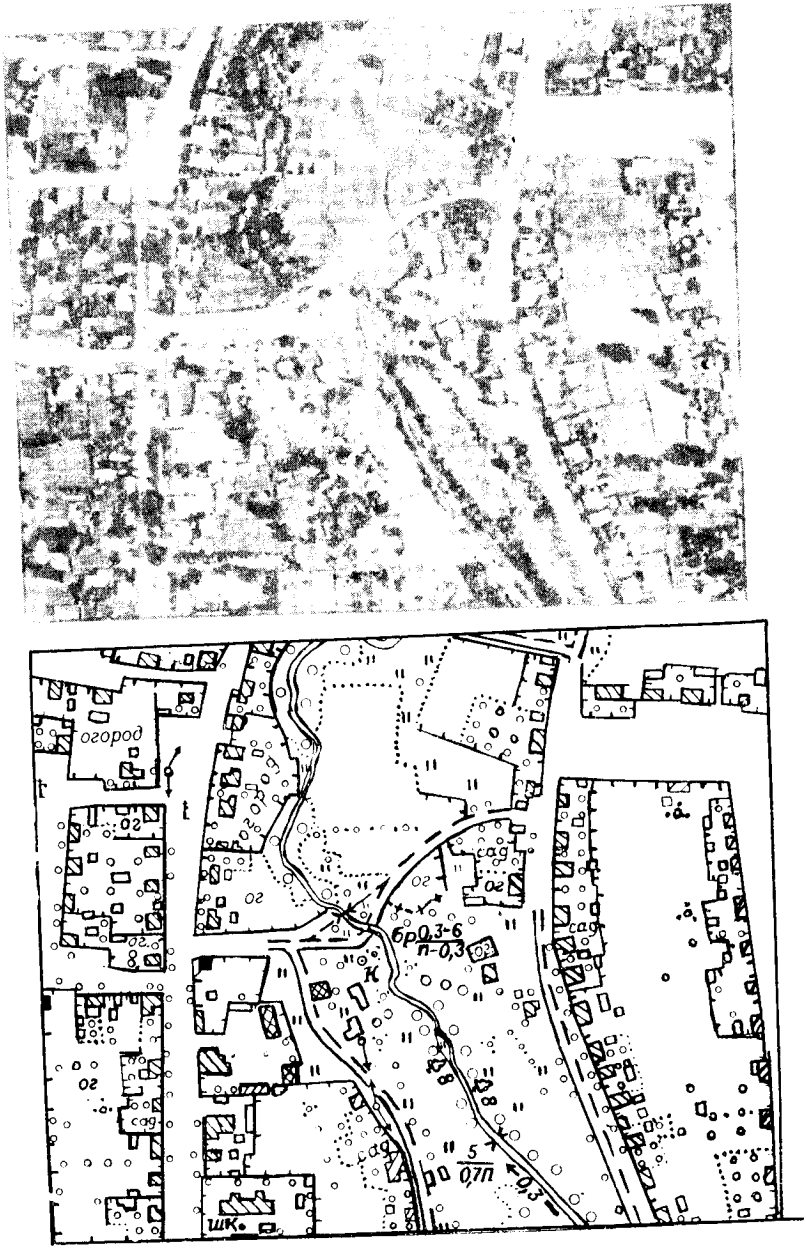
ჯიშების სახელწოდების წარწერა (მათი რიცხვი ორს არ უნდა აღემატებოდეს) ხდება გაბატონებული ჯიშების მიხედვით. ჯიშის გვერდით ვუჩვენებთ რიცხობრივ დახასიათებას წილადის სახით, სადაც მრიცხველში ნაჩვენებია ხეების საშუალო სიმაღლე მეტრებში, მნიშვნელში კი ხის ღეროს დიამეტრი მკერდის სიმაღლეზე. წილადის მარჯვნივ კი მივუწერთ ხეებს შორის საშუალო მანძილს. სურათებზე უნდა დავიტანოთ ტყის ყველა განაკაფი და კვარტალური სამზერები. ტყის მასივების შიგნით გამოვყოთ მინდვრები, მდელოები და შევავსოთ ადგილზე არსებული მცენარეულობის პირობითი ნიშნებით.

ხეებს შორის დიდი ინტერვალის შემთხვევაში იყენებენ ცალკე მდგომი ხეების ან მეჩხერი ტყის პირობით ნიშნებს. კონტურებით გამოყოფენ: მოზარდ, ჯუჯა, ჭარტეხილ, გაჩეხილ და გადამწვარ ტყეებს შესაბამისი პირობითი ნიშნებით. დასაშვებია ხავსისა და ლელიანი მცენარეულობის ნიშნების შეთავსება მეჩხერი ტყის ნიშნებთან.

რელიეფის დეშიფრირებისას განსაკუთრებული პირობითი ნიშნები გამოვსახავთ: ხევებს, ხრამებს, ღელეებს, ფლატეებს, ნაღარებს, ჩამოშალებს, ორმოებს, ხელოვნურ ტერასებს და სხვა.

კამერულად რელიეფის ელემენტები კარგად გაიშიფრება სტერეოსკოპით.

ცნობილია, რომ აეროსურათების საინფორმაციო ტევადობა ათჯერ



ნახ. 9.3 სოფლის ტიპის დასახლების ტერიტორიების ხიმუში.

და ასჯერ უფრო მეტია, ვიდრე იმავე მასშტაბის ტოპოგრაფიული რუკების საინფორმაციო ტევადობა. აქედან გამომდინარე, გაშიფვრას ექვემდებარება ადგილის არა ყველა ობიექტი, არამედ მხოლოდ ისინი, რომლებიც შემდგომ აისახება ტოპოგრაფიულ რუკაზე. ასეთი შერჩევა უხდა სრულდებოდეს არა თვითნებურად, არამედ შერჩევის დადგენილი კანონებით. ე. ი. აეროსურათიდან რუკაზე გადასვლისას ჭარბ ინფორმაციას გამორიცხავენ შესადგენი რუკის მასშტაბის შესაბამისად, რასაც გენერალიზაციას უწოდებენ. სწორი გენერალიზაციის პრობლემა კი დამოკიდებულია ტოპოგრაფიისა და კარტოგრაფიის ცოდნაზე და შემსრულებლის შემოქმედებაზე.

9.3 აეროსურათების დარგობრივი ანუ სპეციალური დეშიფრირება

აეროფოტოგადაღება დღეისათვის ერთადერთი მძლავრი იარაღია ბუნებრივი მოვლენების შესწავლის. ქვეყნის ბუნებრივი რესურსების აღრიცხვისა და გამოყენების საქმეში. სახელმწიფო სახსრების დიდი ეკონომიით შეიძლება მივიღოთ ზუსტი და ობიექტური ინფორმაცია, ფოტოგრაფირებული ობიექტის შესახებ. რაც განაპირობებს აერომეთოდების მეცნიერებისა და ტექნიკის სხვადასხვა დარგში სწრაფ დანერგვას. ასე მაგალითად: გეოლოგიაში, სოფლის მეურნეობაში, სატყეო საქმეში, არქეოლოგიაში, ჰიდროგრაფიაში და სხვა. ტოპოგრაფიულსა და დარგობრივ დეშიფრირებას შორის მკვეთრი ზღვარის გატარება არ შეიძლება. ტოპოგრაფიული დეშიფრირებისას ვღებულობთ ობიექტის მრავალმხრივ და ამავე დროს მარტივ დახასიათებას. მაშინ, როდესაც სპეციალური დეშიფრირებისას ღებულობენ ადგილის შეზღუდული რაოდენობის დახასიათებას, რომელიც მოითხოვს კვლევის სპეციალურ მეთოდურ მიდგომას და ხერხებს. ეს განსაკუთრებულობა კი თავის მხრივ სხვადასხვაგვარ მოთხოვნილებას უყენებს როგორც აეროფოტომასალებს, ისე დეშიფრირების ორგანიზაციულ-მეთოდურ მხარეებს ცალკეული დარგების შესაბამისად.

სპეციალური დეშიფრირების სახეებიდან სახელმწიფო გეგმით შესრულებული სამუშაოს მოცულობის მიხედვით უფრო გავრცელებულია სატყეო, გეოლოგიური და სასოფლო-სამეურნეო.

სპეციალური დეშიფრირებისათვის განკუთვნილ აეროსურათებს მაღალ სახვით მოთხოვნილებას უყენებენ. აეროფოტოგადაღების პარამეტრები უნდა შეესაბამებოდეს გადასაღები რაიონის გეოგრაფიულ და ლანდშაფტის ოპტიკურ პირობებს. ამჟამად მიმდინარეობს მრავალზონალური აეროგადაღებების გამოკვლევები, რომელიც მიჩნეულ პერსპექტიულია.

შავ-თეთრი აეროფირებიდან იყენებენ იზოპანქრომის ტიპის 15, 16, 17, 18 და 26 ფირს, ფერადი სანეგატივო ЦН-3 და სპექტროზონალურს СН-6М ტიპის ფირს.

ფერადი აეროფირი რეკომენდებულია ტყეების (შემოდგომის პერიოდისათვის), ქალაქებისა და (ღია) მთიანი რაიონებისათვის. სპექტროზონალური აეროფირები კი რეკომენდებულია სხვადასხვაგვარ მცენარეთა საფარის (გაზაფხულზე და ზაფხულში) გადასაღებად. ზედმეტად ტენიანი ნიადაგების მქონე ტექნიკური კულტურების, პლანტაციების რაიონების დეშიფრირებისათვის, განსაკუთრებით ყურადღებას აქცევენ სპექტრული სიკაშკაშის კოეფიციენტის გამოკვლევას, აეროფოტოგადაღების მასშტაბს, რომელიც დამოკიდებულია პირველ რიგში გადასაღები ობიექტის მინიმალურ ზომებზე. მასშტაბის შერჩევის სიძნელე იმაში მდგომარეობს, რომ ობიექტის მინიმალური ზომები საკმაოდ არ არის განსაზღვრული და მათი ფოტოგამოსახულებითი შესაძლებლობა დამოკიდებულია კონტრასტზე ან სხვა მიზეზებზე. მაგალითად 1.0 კონტრასტისთვის გასარჩევი დეტალის მინიმალური გამოსახულება შეადგენს 0.12 მმ, ხოლო 0.2 კონტრასტისთვის 0.28 მმ. მასშტაბი დამოკიდებულია აგრეთვე საბოლოო პროდუქციის დანიშნულებაზეც. ფოტოგრაფირების მასშტაბის დიაპაზონია 1:500÷1:150 000.

დეშიფრირების მიზნებისათვის განკუთვნილ მსხვილ მასშტაბში ფოტოგრაფირებისას რეკომენდებულია განვსაზღვროთ მასშტაბის ზღვრული სიდიდე

$$m_{max} = \frac{(100 - P_x) l_x}{100 W (t + 0{,}5)} \qquad (9.1)$$

სადაც m_{max} მსხვილი მასშტაბის ზღვრული მნიშვნელია; P_x — გრძივი გადაფარვა %-ობით; l_x — სურათის კადრის ზომა ფრენის მიმართულებით, W — მფრინავი აპარატის სიჩქარე მ/წმ, t — აშა-ს მუშაობის ციკლის ხანგრძლივობა წამებში.

გაანგარიშება გვიჩვენებს, რომ მსხვილი მასშტაბის ზღვრული სიდიდე მერყეობს 1:800÷1:1300-მდე.

საველე დეშიფრირების შესრულების გათვალისწინებით ფოტოგრაფირების მასშტაბი განისაზღვრება ნ. ლავროვას ფორმულით:

$$A \geqslant \frac{m}{2R\sqrt{\Delta D}} \qquad (9.2)$$

სადაც A ობიექტის ზომაა სურათზე, m — გადასაღები მასშტაბის მნიშვნელი; R — სურათის გარჩევითუნარიანობა; ΔD — გამოსახულების იერის კონტრასტი (ყველაზე წვრილი ობიექტებისათვის სამუშაოდ ტო-

ლია 0,3). დემოდირების კომპიუტერული შესაძლებლობის გათვალისწინებით საჭირო ეზოფუნქციური ხერხით ადგილის ობიექტების ამოცნობის წინასწარ განსაზღვრული P ალბათობა.

$$P=\exp[-(B\frac{A_{min}}{L})^{3}]C, \qquad (9.3)$$

სადაც L ობიექტის გეომეტრიული ზომაა; A_{min} ობიექტის მინიმალური ზომა; B ობიექტის ფორმის ამოცნობის კოეფიციენტია (ყველაზე მცირე ობიექტებისათვის ტოლია 2 – 3); C ობიექტის ელემენტების ურთიერთმდებარეობის დემოდირების ხარისხზე გავლენის კოეფიციენტია. მასშტაბის მნიშვნელი m განისაზღვრება ფორმულით:

$$m=2\frac{LR}{B}\sqrt{(1-\ln P)\triangle D^{2}} \qquad (9.4)$$

აეროფოტოგადაღების მასშტაბის შერჩევა ხელოვნებაზე ამოცნობის ალბათობად მიღებულია P=0,75.

დიდ მოთხოვნილებებს უყენებენ აეროფოტოგადაღებას წარმოების დროს. რომელთაც აუცილებლად უნდა შეიცავდეს ლანდშაფტის ახალი საექსპლუატაციო სიტუაციის ასახვა (ტოპოგრაფიულ რუკებსა და ფოტოსქემებში). რაც ადგილის მდგომარეობის დემოდირებისათვის იძლევა მაქსიმალური ინფორმაციის მოპოვების საშუალებას. ზოგიერთ შემთხვევაში ეკონომიკური თვალსაზრისით მიზანშეწონილია აეროფოტოგადაღება ჩაწარმოთ წელიწადის სხვადასხვა დროებში (ტყეებში მკვნარეფლორის დეშიფრაციის ცვლილების დაკვირვებისათვის, ტერიტორიის დიდი უბნების ფოტოგადაღებისას ხანგრძლივობის მცირედ შემცირების მიზნით). რაც განპირობებულია ამ ტიპის რეიდული საექსპლუატაციო შემთხვევებით და იძულებითი ხასიათებით და ძვირფასი საწვავის ფიზიკური ამოწურვით და ჩრდილის ზომების ცვლილებით.

9.4 აეროფოტოსურათებზე დეშიფრირებაში გამოყენებული ხელსაწყოები

საწყისი მასალების ხარისხი ძირითადი (ობიექტივიანი) მეთოდები, რაც შეეხება ტექნიკურ მხარეს. ტერიტორიის ფოტოგრაფიული თავისებურებანი, შესაძლებელი ინფორმაციის მოცულობა და სხვა ფაქტორები (ფასი და სხვ.) ამის გამო ფოტოსურათის ხელსაწყოებს დაწვრილებით განვიხილავთ. ძირითადად ეკრანის ტიპის ოპტიკურ-მექანიკურ ფოტოინტერპრეტატორებზე. დემოდირებისათვის გამოყენებული ხელსაწყოებს წარმოადგენს სტერეოსკოპები, სტერეოწყვილები და, რომლებიც გამოიყენება დემოდირებისთვის, ოპტიკური ფოტოინტერპრეტატორები, ფოტოსურათის ხელსაწყოები.

რი. ფოტოგრამმეტრიული და კარტოგრაფიული ამოცანების გადასაწყვეტად.

სტერეოსკოპები. ГОСТ 20565—75 შესაბამისად სტერეოსკოპები ორგვარია: საველე (СП) და კამერული (СК). სურათის ფორმატის შესაბამისად იყოფა შემდეგ სახეებად СП-100, СП-180, СП-300, СКФ-300, СК-300, СК-600 (ციფრები აღნიშნავენ სურათის ზომებს მმ-ობით).

ამჟამად გათვალისწინებულია კამერული სტერეოსკოპების დამზადება, რომლის დამატებითი ოპტიკური მოწყობილობა საშუალებას ძოგვცემს ერთდროულად სტერეოწყვილს უმზერდეს ორი დამკვირვებელი (სათათბირო ვარიანტი).

საველე სტერეოსკოპებიდან ყველაზე კარგ ნიმუშად ითვლება შვეიცარიის ფირმა „ვილდას“ ჯიბის სტერეოსკოპი TSP-1. მისი მხედველობის არის დიამეტრია 65 მმ, გამადიდებლობა 2.3. საკმაოდ დიდი ინსტრუმენტალური ბაზისი საშუალებას იძლევა დავმზიროთ 23×23 სმ ზომის სტერეოწყვილზე. სტერეოსკოპი შეიძლება გადაადგილდეს სურათებს ზემოდან პარალელური მიმმართველების დახმარებით. კომპლექტში შედის პლანშეტიც, რომელზედაც მაჯიტური მიმწერებით მაგრდება აეროფოტოსურათები. ხელსაწყოს წონაა 250 გრამი.

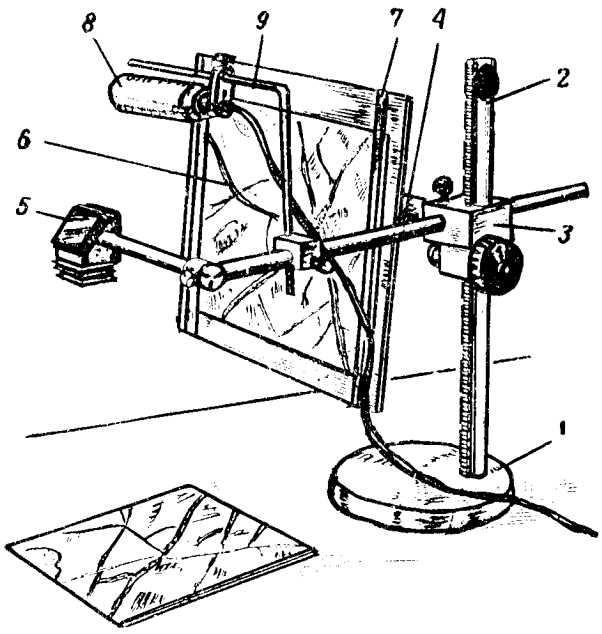
სტერეოსკოპებს გრძივი პარალაქსების გასაზომად ახლავს დამატებითი მოწყობილობები (Т-4 ფირმა „ვილდა“, ДП-3 „მინგეო“ ყოფილი სსრკ, СВ—185 ინგლისი, CEG-3 ფირმა „გალილეო“ იტალია, სტერეოსკოპი და ინტერპრეტოსკოპი ფირმა „ცეისი“ და სხვა). გრძივი პარალაქსების გაზომვების სიზუსტეა 0.02÷0.05 მმ.

ექსპერიმენტული ნიმუშის სახით შექმნილია „მარშრუტის სტერეოსკოპი“ ST-10 (ფირმა „ვილდა“), რომლის დახმარებითაც შეიძლება მრავალი ურთიერთგადამფარავი სურათებით მთელი მარშრუტის უწყვეტად დათვალიერება.

კამერალური დეშიფრირების დროს სიტუაციის გაღიასატასად (გეგმის, რუკის შედგენის ან მათი განახლებისას) და ობიექტის ფორმისა და ზომის დასადგენად. ფართოდ გამოიყენება უნივერსალური ფოტოგრამმეტრიული ხელსაწყოები.

დღეისათვის ძირითადად გამოიყენება შემდეგი სახის უნივერსალური ხელსაწყოები: სტერეოპროექტორი, სტერეოგრაფი, სტერეომეტროგრაფი (ცეისის), სტერეომიკრომეტრი (სანტოხი), პლანიკარტი, ტოპოკარტი, პლანიმატი, აკიოვრაფი (ვილდა), ტოპოფლექსი, სტერეოპლანიგრაფი, რადიალ-პასტომეტრი, ოპტიკური პროექტორი, სახაზავი ხელსაწყო(ნახ. 9.4) (კამერა კარლ-ცეისი) და სხვა.

ამ ბოლო წლებში მეცნიერებისა და სპეციალისტების დიდი ყუ-



ნახ. 9.4 პრიზმული ნახაზვის ხელსაწყო. 1 – სადგარი; 2 – შტატივი; 3 – ცილუნდი; 4 – საბრჯენი; 5 – პრიზმა; 6 – ქარახი; 7 – ღამჭერი; 8 – ხაოლა; 9 – ხაოლის ღამჭერი – საბრჯენი.

რადღება მიქცეულია აეროფოტოსურათების ავტომატიზებული ინტერ-

ელექტრონულ-გამოთვლითი მახჩხების გამოყენებით ინფორმაციის ავტომატიური მოდელის მიღებისაკენ და სხვა, რომელთა გამოყენებასაც სატყეო საქმეში დიდი პერსპექტივები ესახება.

X თ ა ვ ი
სატყეო დეშიფრირების თეორიული საფუძვლები

10.1 სატყეო დეშიფრირების ძირითადი პრინციპები

აეროსურათები სატყეო საქმეებში ფართოდ გამოიყენება. კერძოდ, გეგმური კარტოგრაფიული ამოსავლების (ამჟამად ტყეების აგეგმვა წარმოებს მხოლოდ აეროფოტოგეოდეზიური ანაგეგმვის მეთოდით). ტაქსაციაში, ტყის კადასტრის ზატარებაში, სატყეო სამელიორაციო, სატყეო ტექნოლოგიაში, ფაუნის, ტყის დინამიური პროცესების დაკვირვებაში, ტყის სახიდი გზების დაპროექტებაში და სხვა. არჩევენ აე-

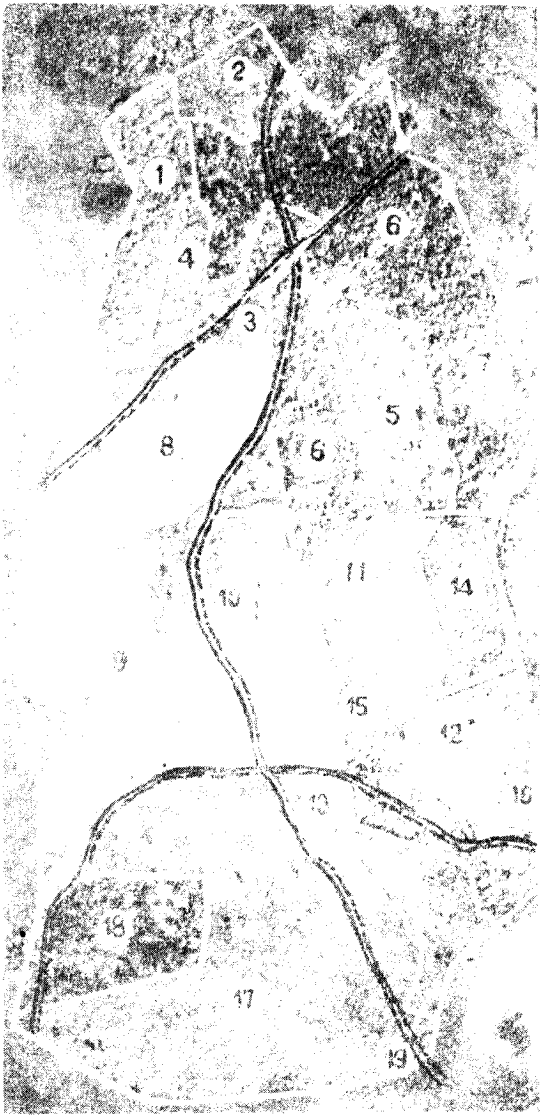


Abb. 10.1 [illegible]

როსურათების სატყეო დეშიფრირების შემდეგ სახეებს: 1) მორფოგრაფიულ ანუ კონტურულ დეშიფრირებას (ამ შემთხვევაში სურათებზე ამოიცნობენ და შემოფარგლავენ კონტურით როგორც ტყის, ისე ტყით დაუფარავ სხვადასხვა კატეგორიის ფართობებსა და სატაქსაციო უბნებს მათი ხარისხობრივი მაჩვენებლების მისაღებად (ნახ. 10.1); 2) მორფომეტრიულს ანუ ტაქსაციურს (როცა კოროშში მერქნიანი ჯიშები გამოიყოფა რიცხობრივი პარამეტრებით; 3) ინსტრუმენტალური გაშიფვრის ფოტომეტრულ ხერხებს, ე. ი. მიკროფოტომეტრზე ოპტიკური სიმკვრივის გაზომვებს და სხვა.

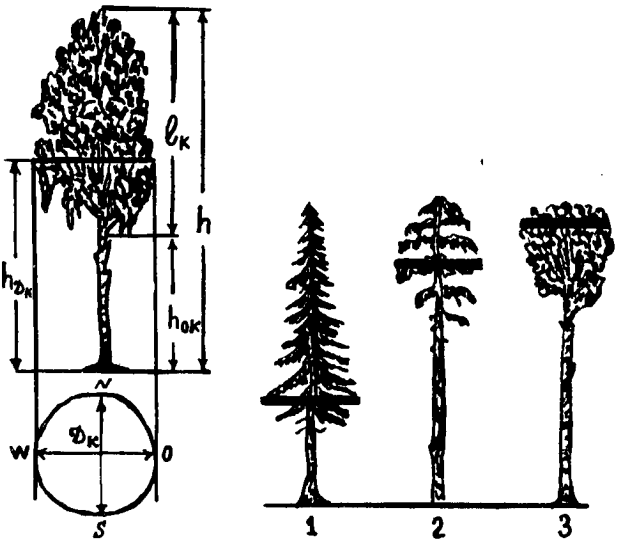
დეშიფრირების შემთხვევაში ამოცანა მდგომარეობს არა მარტო ცალკეული ობიექტისა და სატაქსაციო უბნების ერთმანეთისაგან გამოყოფაში, არამედ სახელმწიფო სახსრების დიდი ეკონომიით, ზუსტი და ობიექტური ინფორმაციის მიღებაში ტყეების მდგომარეობის შესახებ სატყეო-საშეურნეო და სატყეო-საინჟინრო ამოცანების გადაწყვეტად. სურათების სატყეო დეშიფრირება ძალიან განსხვავდება სხვა სახის დეშიფრირებისაგან. მაგალითად, ტოპოგრაფიული დეშიფრირებისას ვიგებულობთ ობიექტის მრავალმხრივ და ამავე დროს მარტივ დახასიათებას. მაშინ, როდესაც სატყეო დეშიფრირებისას ვიგებულობენ ობიექტის შეზღუდული რაოდენობის დახასიათებას, რომელიც მოითხოვს კვლევის სპეციალურ მეთოდურ მიდგომას და ხერხებს.

აერომეთოდებით, როგორც ტყეების დისტანციური მეთოდით, შესწავლა მოითხოვს სპეციალურ მომზადებას აეროფოტოგეოდეზიაში, სატყეო დარგებში, აგრეთვე ცხოველის შემეცნებას და ინფორმაციის თეორიიდან და სხვა.

ამ ბოლო წლებში, კოსმოსური სივრცედან მრავალზონალური ფოტოსურათების მიღებასთან დაკავშირებით სატყეო დეშიფრირების როლი უფრო გაიზარდა და მის წინაშე დიდი ამოცანებიც დაისვა.

10.2 ხედგომთა საბურველის მორფოლოგიური სტრუქტურის შესწავლა და ტყეების მორფოგრაფიული დეშიფრირება

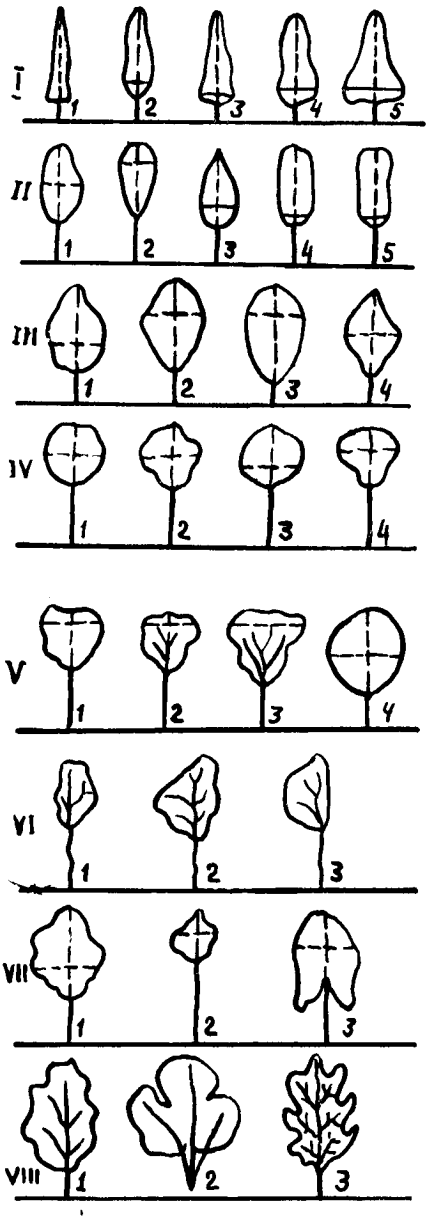
ტყეების მორფოგრაფიული დეშიფრირებისას იყენებენ გაშიფვრის მრავალ ნიშან-თვისებას, როგორიც არის: პირდაპირი და არაპირდაპირი ნიშან-თვისება, ფოტოტონი (ფერადი სპექტროზონალური აეროსურათებისათვის გამოსახულების ფერი), ფორმა და ვარჯის პროექციის ზომა, ხეების სიმაღლური განსხვავება, კოროშში ხეების ურთიერთგანლაგება და საბურველი, ვარჯის გახეხილობა, ჩრდილის ხასიათი, ფოტოგამოსახულების სტრუქტურა (რთული კომპლექსური ნიშან-თვისება, რომელიც აერთიანებს ყველა ჩამოთვლილს) და სხვა.



ხახ. 10. 2 მერქნიახი ჯიშების ვარჯის ფორმა და ზომები:
1 ნაძვი; 2 ფიჭვი; 3 ვერხვი.

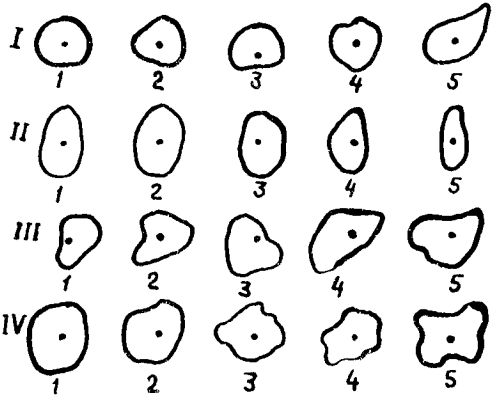
ვარჯის სურათზე ფოტოგამოსახულების ფორმა დამოკიდებულია კორომის (ნახ. 10.2) გარეგნულ შესახედაობაზე (ჰაბიტუსზე), ვარჯის უდიდეს $d_к$ დიამეტრზე და $l_к$ სიგრძეზე, აგრეთვე ვარჯის უდიდესი დიამეტრიდან $h_{дк}$ სიმაღლეზე. საჭიროა ვიცოდეთ, რომ ტოლი ზომის ვარჯის დიამეტრისა და სიგრძის მქონე ერთი და იგივე სიმაღლის ხეებს თუ ვარჯის მაქსიმალურ სიგანემდე განსხვავებული $h_{дк}$ სიმაღლეები აქვთ, ამიტომ მათი ჰაბიტუსიც ერთმანეთისაგან განსხვავებული იქნება, რაც უფრო მეტია $h_{дк}$ სიმაღლე, მით ვარჯი მომრგვალებული ან ბლაგვი იქნება და გეგმურ აეროსურათზეც ზომით უფრო დიდად გამოისახება, ვიდრე კონუსური ან პარაბოლოიდური ფორმის ვარჯი. ამიტომ კამერალურად დეშიფრირების წინ სანიმუშო ფართზე უნდა დადგინდეს ვარჯის არსებული ფორმები და შევისწავლოთ კორომის სატაქსაციო ნიშნებთან მათი პროცენტული შედგენილობა. კლასიფიკაციის მიხედვით, ვარჯის ფორმა შეიძლება იყოს (გ. გ. სამოილოვიჩი) შემდეგი სახის: I. კონუსისებური; II. ელიფსისებური ან ცილინდრისებური, III. პარაბოლოიდური (კვერცხისმაგვარი), IV. სფეროიდული (ბურთისებური), V. თაღისებური ანუ ბრტყელწვეროვანი; VI უსწორმასწორო (ცალმხრივი ოვალური); VII. მოხატულ-სახიანი და VIII. რთული (იხ. ნახ. 10.3).

ვარჯის ფორმათა ძირითად სახედ იღებენ იმ ფორმას, რომელიც ხეებს შორის მერქნის ზედა საბურველში ადის, ე. ი. ის ნაწილი, რომელიც მოცემული დროისათვის აეროსურათზე გამოისახება.



ნახ. 10.3 ვარჯის ფორმების სქემატური კლასიფიკაცია.

ვარჯის ფორმა აეროსურათებზე შეიძლება გამოისახოს ზემოთ ჩამოთვლილი ვარჯის კლასიფიკაციის სახეების შესაბამისად. სურათის მასშტაბის შემცირებასთან ერთად ვარჯის ფოტოგამოსახულება უახლოვდება წრის ან წერტილის ფორმას. ცენტრალური პროექციის კანონების შესაბამისად სურათის კიდეებთან კორომები დახრილად გამოისახება და მათი ფოტოგამოსახულება არსებული ვარჯის ნამდვილ ფორმას მოგვაგონებს (გვერდით ხედში). რეკომენდებულია აგრეთვე, რომ დეშიფრირების დაწყების წინ სურათზე ვარჯის გამოსახვის პროექციის მოხაზულობა კლასიფიცირებული იქნეს, მაგალითად (ნახ. 10.4): I – მომრგვალებული; II – ელიფსური; III – ცალმხრივშეზნექილი და IV – არასწორი წრის. შემდეგ სანიმუშო ფართზე ცალ-ცალკე ჯიშებისათვის სტერეოსკოპით სურათზე ადგენენ ვარჯის მოხაზულობის განსხვავებას დადგენილი კლასიფიკაციის შესაბამისად.

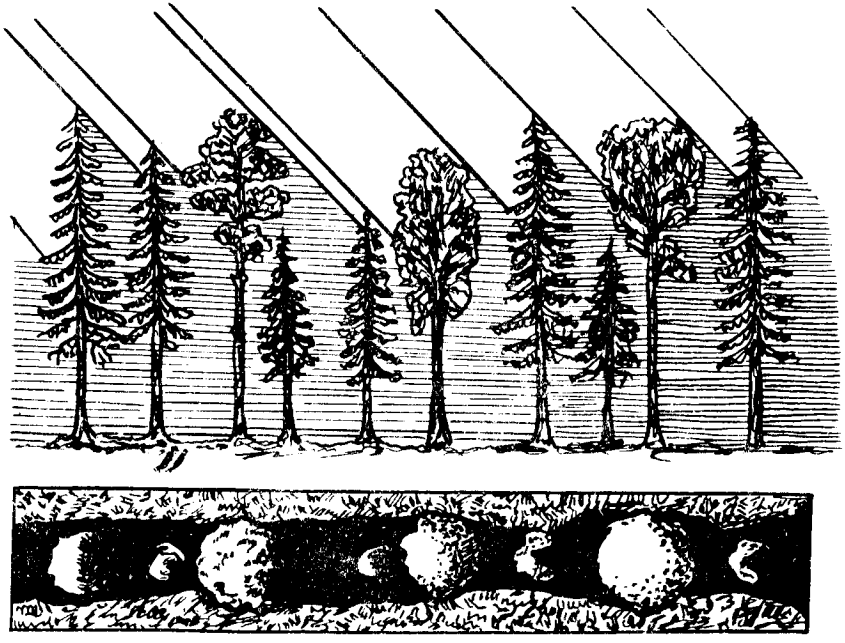


ნახ. 10.4 ვარჯის პორიზონტალური პროექციის კლასიფიკაცია.

გაშიფვრის ძირითად ხერხად-თვისებად მიღებულია კორომთა ფოტოგამოსახულების ტონი, რომელიც ფორმირდება ტონის გამომწვევი მრავალი მიზეზისაგან (ფენოლოგიური მდგომარეობა, სიხშირე, ფოტოგრაფირების ტექნიკური პირობები და სხვა). ერთ აეროსურათზე ტონის ერთმნიშვნელობა თითქმის შეხარჩუნებულია (მომიჯნავე სურათებზეც ტონის განსხვავება არ აღემატება 2 – 3 ბალის ინტერვალს).

რამდენიმე აეროსურათზე მუშაობის დროს ფოტოგამოსახულების ტონი უნდა შეფასდეს არა აბსოლუტურად, არამედ ფარდობითად.

კოროში ვარჯთა ფოტოგამოსახულების ტონის მკვეთრი ცვლილებანი ახასიათებს ზაფხულში გადაღებულ ინფრაქრომატულ აეროსურათს.

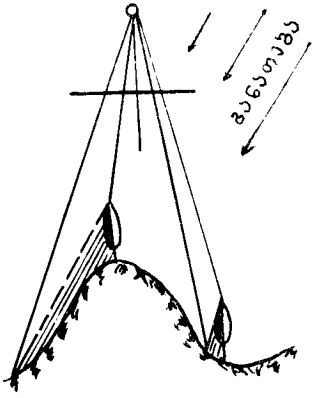


ნახ. 10.5 ხარვეზი კორომის სქემატური სახით და მისი ორთოფოტოში ასახვა.

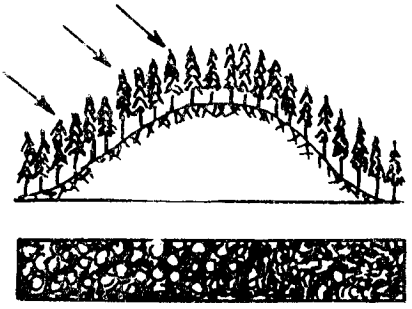
კორომების გაშიფვრის მნიშვნელოვან ნიშან-თვისებად ითვლება ვარჯის ზომა, რომელიც უხდა დადგინდეს ვარჯის ფორმის კლასის ძიებვით. ვარჯის ფორმა დამოკიდებულია კორომთა ასაკზე და ურთიერთგანლაგებაზე.

კორომების სიმაღლეთა ცვალებადობა განისაზღვრება თვალზომით ან სტერეოსაზომი ხელსაწყოებით. სიმაღლეში განსხვავება კარგად მოჩანს სურათის კიდეებზე. ვარჯთა დახრილობა და კორომთა დაცემული ჩრდილით შეიძლება დავადგინოთ ვარჯის ფორმა (კლასიფიკაციის მიხედვით). ცალკეული ხეების (ან ძალიანახლო კორომების) სიმაღლე. ერთობლივი ანალიზით ადგენენ კორომთა შემადგენლობას და ხოვანებას. დაცემული ჩრდილის ფორმას ხშირად იყენებენ შედარების ეტალონადაც.

ტყეების ფოტოგამოსახულებათა გარეგნობა დამოკიდებულია მათ ხოვანებაზე. რადგანაც ხოვანების ცალკეულ კლასს შეესაბამება ვარჯის გარკვეული ფორმა, ზომა და კორომთა საშუალო სიმაღლე. ანალიზდა კორომები ხასიათდებიან ძირითადი სიმაღლეებით, პატარა ზომე-



ნახ. 10.7 რელიეფის გაკლება ხე-ჩრდილის სიდიდეზე.



ნახ. 10.6 რელიეფის გავლენა კორომში ხეების ასახვის ბასიათზე.

ბითა და ფოტოგამოსახულებაზე საბურველის მნიშვნელოვანი შეკრულობით (განსაკუთრებით ფოთლოვანი ჯიშები). ამიტომ 1:5000 1:15000 მასშტაბის აეროსურათებზე ახალგაზრდა კორომებს ახასიათებს თანმთხვევადი მოხატულობა. ხნოვანების ზრდასთან კი ზემოთ ჩამოთვლილი პარამეტრებიც იზრდება და სადეშიფრირო შესაძლებლობაც უფრო უტყუარი ხდება. ერთი და იგივე შედგენილობის კორომი ბონიტეტის კლასის მიხედვით აეროსურათებზე სხვადასხვაგვარი ფოტოგამოსახულებისაა. უფრო ეროგვაროვანი და მარცვლოვანისებრია, რაც უფრო დიდია სურათზე ვარჯის პროექცია, (ერთნაირ პირობებში) მით ბონიტეტის კლასიც მაღალია.

აეროსურათების ბონიტეტის კლასის დადგენის მართებულობა შეიძლება შემოწმდეს სტერეოსკოპულად, კორომში თანამეზრდის პირობებითა და ზემოთ გახსნილი ხიშან-თვისებების ერთობლივად მხედველობაში მიღებით. 10.1 ცხრილში ნაჩვენებია კორომთა მორფოგრაფიული დეშიფრირების ჟურნალის ხიმუში.

დეშიფრირებულ აეროსურათებთან ერთად წარადგენენ აგრეთვე შესრულებული სამუშაოს ლეგენდას.

10.3 ტყეების მორფომეტრიული დეშიფრირება

მორფომეტრიული ანუ ტაქსაციური გაშიფვრა შესაძლებლობას იძლევა მოვახდინოთ კორომთა რიცხობრივი მაჩვენებლების დახასიათება (ცალკეული ხეების, კორომთა სიმაღლეების, ვარჯის დიამეტრისა და პროექციის ფორმის, საბურველის შეკრულობისა და სხვა).

სატყეო მორფომეტრიული დეშიფრირება მიეკუთვნება ძალზე რთულსა და მაღალკვალიფიციურ პროცესს. იგი ემყარება ტყის, ბო-

ცხრილი 10.1

კორომთა შედგენილობის მორფოგრაფიული დეშიფრირების ჟურნალი

დეშიფრირების ინდექსი (№) -	კორომის გამოსახულებათა საერთო ტონი	ვარჯის პროექციის ფორმა.	განათებული და დაჩრდ. ვარჯის ტონის განსხვ.	კორომთა სიმაღლური განსხვავ.	კორომთა საბურველი და ვარჯთა განწ. ხასიათი	ვარჯის დიამეტრის ცვალებადობა	ვარჯის სიღრმე წაგრძელება	დაცემული სხივის ხასიათი	სპექტროზონალურ აეროსურათზე კორომის გამოსახულების ფერი	დეშიფრირებული მერქნის ჯიში	შენიშვნა
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12

ნების ყოველმხრივ ღრმა ცოდნას, აეროფოტოსურათების საინფორმაციო თვისებებს, აეროფოტოგადაღების, ფოტოგრაფიის და ფოტოგრამეტრიის საფუძვლების ცოდნას, ტაქსაციური მაჩვენებლების სწორი გაზომვები დამოკიდებულია არა მარტო სტერეოფოტოგრამმეტრიულ ხელსაწყოებზე და სურათის გარჩევითუნარიანობაზე, არამედ ხილვად სტერეომოდელში კორომთა ხასიათისა და მათი საბურველის სტრუქტურის სწორ გაგებაზე. ეს უკანასკნელი კი განპირობებულია სატაქსაციო დეშიფრირებაში ვარჯიშის პროცესში მიღებულ ჩვევებზე (გამოცდილებაზე), ტაქსაციური გაშიფვრის ძირითად ნიშან-თვისებათა ღრმად შესწავლაზე, ტყეების ტიპებზე და სურათებზე, მათი გამოსახვის ფიზიკური და გეომეტრიული თვისებების ცოდნაზე, აგრეთვე დეშიფრირებასთან მათი ურთიერთკავშირის კანონზომიერებაზე და სხვა.

სპექტროზონალური აეროსურათების დეშიფრირებისას განსაკუთრებულ მნიშვნელობას იძენს დეშიფრირების ნიშან-თვისებათა ადგილობრივი ცხრილები, რომელიც შედგენილია მოდელური კორომის თავისებურებათა ხასიათის გათვალისწინებით.

დეშიფრირებას ასრულებენ შემდეგი თანამიმდევრობით:

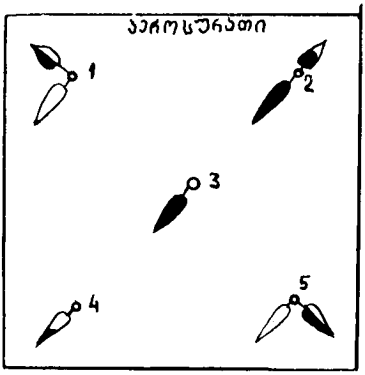
1. კორომის შედგენილობის განსაზღვრა. პირველ რიგში, გაშიფვრა იწყება გაბატონებული ჯიშების (ტყის ძირითადი ელემენტების) დადგენით. ჯიშები ამოიცნობა პირდაპირი ნიშან-თვისებებით, როგორიცაა: ვარჯის ფორმა, პროექციის ფორმა, ტონი და ფოტოგამოსახულების სტრუქტურა. სწორი იქნება თუ ვიტყვით, რომ ტყის ძირითადი ელემენტების გაშიფვრის პროცესი მნიშვნელოვნად უფრო მათემატიკური ამოცანაა და მისი მომავალიც ალბათ დამოკიდებული იქნება მრავალზონალურ აეროგადაღებაზე, ЭВМ-ზე და სურათების ავტომატიზებულ მანქანურ გაშიფვრაზე.

2. კორომის საშუალო სიმაღლის განსაზღვრა. არსებობს სიმაღლეთა გაზომვის რამოდენიმე ხერხი: ჩრდილის, დახრილი პროექციის სიგრძისა და სტერეოსკოპული გაზომვების ხერხი.

ჩრდილის გრძივი ზომის მიხედვით კორომის სიმაღლე განისაზღვრება ფორმულით:

$$h = \frac{lm}{\frac{r}{}} \qquad (10.1)$$

სადაც l ჩრდილის სიგრძეა სურათზე, m — აეროსურათის მასშტაბის მნიშვნელობა, r — შესაბამისი განედისთვის აღებული ჩრდილის ფარდობითი სიგრძე და ამოიკრიბება ასტრონომიული ცხრილებიდან. ამ ფორმულის გამოყენების შემთხვევაში უნდა ვიცოდეთ აგრეთვე ფოტოგრაფირების თარიღი, საათი, გეოგრაფიული განედი. ეს მეთოდი გამოიყენება ვაკე ტერიტორიის ან მდინარისპირა და გაჩეხილ ტყეებში ტაქსაციისას.



ნახ. 10.8 აეროსურათზე ობიექტის გამოსახულების და მისი ჩრდილის განლაგების ასახვა.

(10.1) ფორმულით სიმაღლის განსაზღვრა მიზანშეწონილია მხოლოდ გიროსტაბილიზებულ ან გეგმურ აეროსურათზე, ისიც მხოლოდ ვაკე ადგილისთვის. ნახ. 10.8-დან გამოდის, რომ გამოსახულება და ჩრდილი შეიძლება განლაგდეს სხვადასხვა კუთხით, მაგალითად: 1 — 5 ობიექტის ძირის მოსანახავად იყენებენ გამოსახულებათა ღერძების მართობულ გადაკვეთას. 2 — 4 ობიექტის მდებარეობას მოძებნიან ჩრდილის სიგრძით.

განსაზღვრის საშუალო კვადრატული შეცდომა $m_h = 1{,}0 \div 3{,}0$ მ. 1:3000 ÷ 1:5000 მასშტაბის აეროსურათებით, სურათის კიდეებში, ხეების დახრილი პროექციის გაზომვებით, სიმაღლე გამოითვლება ფორმულით:

$$h = \frac{H_g \cdot l}{r} \qquad (10.2)$$

H_g ფოტოგრაფირების სიმაღლეა (მ); l — სურათზე გაზომილი ხის დახრილი პროექცია (მმ); r რადიუს-ვექტორი, სურათის მთავარი წერტილიდან განსაზღვრული მერქნის წვერომდე (მმ). $m_h = 1 \div 1{,}5$ (მ). თვალზომური სტერეოსკოპული ხერხით სიმაღლეს განსაზღვრავენ ფორმულით:

$$h = \frac{h_{cm} m_s}{V^x} \qquad (10.3)$$

სადაც h_{cm} ხეების სტერეოსკოპული სიმაღლეა (მმ); m_s — სტერეომოდელის ვერტიკალური მასშტაბის მნიშვნელობა; V^x სტერეოსკოპის

გამადიდებლობაა. სტერეოსკოპული მოდელის ვერტიკალური მასშტაბი შეიძლება გამოითვალოს ფორმულით:

$$\frac{1}{m_v} = \frac{3{,}85}{H_g} B \qquad (10.4)$$

B ფოტოგრაფირების ბაზისია სივრცეში. სიმაღლის განსაზღვრის საშუალო კვადრატული შეცდომა $m_h = 1 \div 2{,}5$ მ.

სტერეოგაზომვების ხერხი ემყარება სხვადასხვა სახის სტერეოხელსაწყოების გამოყენებით გრძივი პარალაქსების სხვაობათა გაზომვებს.

სივრცით მარკას ხის კენწეროზე შევუთავსებთ და პარალაქტიკურ ხრახნზე P_1 ანათვალს ავიღებთ, შემდეგ ხის ძირთან მარკის შეთავსებით P_2 ანათვალს ავიღებთ. ხეების სიმაღლეს გამოვითვლით ფორმულით:

$$h = \frac{H_g}{b} \Delta P_{1-2} = K \cdot \Delta P_{1-2} \qquad (10.5)$$

სადაც $\Delta P_{1-2} = P_1 - P_2$

b ფოტოგრაფირების ბაზისია სურათის მასშტაბში;

H_g ფოტოგრაფირების სიმაღლეა.

სურათის 1:5000 — 1:25000 და უფრო წვრილი მასშტაბის შესაბამისად $m_h = 0{,}8 \div 3{,}0$ (მ.)

მთიანი რაიონებისათვის ხეების h სიმაღლეების განსაზღვრის დროს იყენებენ შემდეგ ფორმულას:

$$h = \frac{(H_g h_0)}{H_{g6}} \Delta P. \qquad (10.6)$$

სადაც h_0 საწყის სიბრტყესა და გაზომილ ხეებს შორის სიმაღლეა.

როგორც ყოფილი საბჭოთა, ისე უცხოეთის სპეციალისტების გამოკვლევები გვიჩვენებენ, რომ ხის სიმაღლეების განსაზღვრის სიზუსტე დამოკიდებულია შემსრულებლის გამოცდილებაზე და უნარზე, სურათების ოპტიკურ გამადიდებლობაზე, გაზომვის პერიოდზე და ტაქსაციურ მაჩვენებლებზე.

ესტონეთის სოფლის მეურნეობის აკადემიის ცნობით, პრინციპულად ახალი შესაძლებლობანი იქმნება ტყეებისა და ადგილის ზედაპირის ლაზერული პროფილის აგებით. უკვე მიღწეულია განსაკუთრებულად დიდი სიზუსტე და კორომის სიმაღლეები იზომება სანტიმეტრობით.

ზემოთ ჩამოთვლილი ყველა ხერხიდან თუ ვერც ერთს ვერ ვიყენებთ, ძაშინ ხეების სიმაღლეები შეიძლება განვსაზღვროთ ვარჯის საშუალო დიამეტრისა და კორომის საშუალო სიმაღლეს შორის ურთიერთკავშირით. ეს კორელაციური კავშირი გამოისახება განტოლებით:

$$h = aD_k + b, \qquad (10.7)$$

სადაც a და b მუდმივი სიდიდეებია და ისაზღვრება ადგილობრივი ცხრილებით (კორელაცია საშუალოდ ტოლია 0,7 — 0,9), რომელიც შედგენილია წინასწარ სურათზე გამოსახულ ვარჯის პროექციის d_k დიამეტრის გაზომვით (საზომი ხელსაწყოებით). ვარჯის D_k დიამეტრს განსაზღვრავენ ფორმულით:

$$D_k = d_k \cdot m \qquad (10.8)$$

სადაც m სურათის მასშტაბია.

3. კოროძის საშუალო დიამეტრის განსაზღვრა. პეტერბურგის სატყეო-სამეურნეო სამეცნიერო კვლევითი ინსტიტუტის გამოკვლევებით, კოროძის საშუალო დიამეტრი მკერდის, 1,3 მ-ის, სიმაღლეზე აეროსურათებით შეიძლება განისაზღვროს დეშიფრირების არაპირდაპირი მაჩვენებლებით. მაჩვენებლებად მიღებულია ვარჯის D_k დიამეტრი, h სიმაღლე და მერქანთა შორის დაშორების r ინტერვალი. გამოთვლას აკეთებენ შემდეგი რეგრესიული განტოლებით:

$$D_{1,3} = 11,78D_k + 1,97D_k r + 3,62D^2_k + 0,215D^3_k + 0,00032h^2 - 0,0941r^3 - 8,97$$

$$R = 0,967 \qquad m_{D_k} = 6,8\%. \qquad (10.9)$$

ფორმულის ანალიზი გვიჩვენებს, რომ ცვლადი სიდიდეების ზრდა იწვევს საშუალო დიამეტრის ზრდას. ფორმულა პრობლემას მთლიანად ვერ წყვეტს, რადგანაც არ ითვალისწინებს კოროძის ხნოვანებას, საბურვლის შეკრულობას.

კოროძის საშუალო დიამეტრის განსაზღვრისათვის აშშ და კანადაში იყენებენ მრავალგვარ ცხრილს, რომლებიც ემყარება მრავალმხრივ ურთიერთკავშირს. აეროსურათების 1:3000 მასშტაბის შემთხვევაში განსაზღვრის შეცდომა არ აღემატება 4 - 8%-ს.

4. კოროძის საბურვლის შეკრულობის განსაზღვრა. საბურვლის შეკრულობა ძირითადად განისაზღვრება შემდგომში როგორც მარაგის, ხნოვანებისა და ნარგავთა საშუალო დიამეტრის დადგენის ერთ-ერთი მაჩვენებელი. საბურვლის შეკრულობა გამოიყენება წყლების რეგულირებაში ტყის როლის შეფასებაში, მოვლითი ჭრებით კოროძის შეთხელების ხარისხის, როგორც დამოუკიდებელი მაჩვენებელი; ტყეების ბუნებრივი განახლების პირობების შეფასებაში და სხვა. აეროსურათებით საბურვლის შეკრულობის გაშიფვრაზე გავლენას ახდენს საბურველში ხეთა განლაგების ხასიათი, სურათის მასშტაბი და გადაღების დრო. სურათზე გამოისახებიან მხოლოდ ის ხეები, რომლებიც ქმნიან მაღალ საბურველს და კარგად განათებულია მზის სხივებით. ვიზუალური გაშიფვრით ადგენენ სტერეოგრამის ეტალონებს, ვარჯის პროექციის ფართობს. ვარჯის რაოდენობას დაითვლიან პალეტით და სანიმუშო ფართზე გაზომავენ მათ განფენილობას. საბურვლის შეკრულობის დადგენისათვის უმჯობესია ვისარგებლოთ 1:500÷1:5000 მასშტაბის

აეროფოტოსურათებით, 10×10 მ-ის სანიმუშო ფართობზე მოდელური ვარჯის ფართობის განსაზღვრით.

ნარგავთა საბურველს ძირითადად ყოფენ სამ კატეგორიად: ვარჯთა საბურველში თავისუფალი მდგომარეობით, ნაწილობრივ დასერილობითა და დახურულობით. ეს უკანასკნელები აეროსურათებზე არ გამოისახებიან. ესენია ძირითადად ქვედა და საშუალო საფეხურიანი სისქის ხეები. მათ მიეკუთვნება აგრეთვე ხეები მეორე იარუსიდან. მხედველობაში უნდა ვიქონიოთ, რომ საბურვლის ჰორიზონტალური პროექციის ფართობი სიდიდით ნაკლებია ურთიერთგადამფარავი ყველა ვარჯის ფართის ჯამზე. ასაკში ეს სხვაობა თანდათან მცირდება. ასაკის შესაბამისად საბურვლის P_s შეკრულობა შეიძლება გამოვსახოთ წრფივი განტოლებით:

$$P_s = 0{,}345A + 16{,}32/A. \qquad (10.10)$$

A არის ასაკი.

დეშიფრირების დაწყების წინ აუცილებლად უნდა იქნეს შესწავლილი კოროშთა ძირითადი ტიპების საბურვლის სტრუქტურა დინამიკაში და დადგინდეს კანონზომიერი კავშირი საბურვლისა და სატაქსაციო მაჩვენებლებს შორის.

5. კოროშის შემადგენლობის განსაზღვრა. აეროსურათებზე ჯიშები ამოიცნობა გაშიფვრის იმ ნიშან-თვისებათა ერთობლიობით, როგორიც არის ფერი, ტონი, ვარჯის ფორმა და ზომა, საშუალო სიმაღლე, საბურვლის გამოსახვით და მათი ადგილსამყოფლის მიკუთვნებით. ეს სამუშაოები სრულდება თვალზომურად, დეშიფრირების ნიშან-თვისებათა ცხრილების გამოყენებით. მსხვილ და საშუალო მასშტაბის ფერად სპექტროზონალური აეროსურათებით დეშიფრირებისას ხეების ვარჯის გამოსახვის ტონი და ფორმა შეიგრძნობა ერთდროულად და სწორედ ეს ორი ნიშან-თვისება განსაზღვრავს ძირითადად კოროშის შემადგენლობას. წიწვიანი ჯიშები აისახება სურათზე მწვანე, ხოლო ფოთლოვანი ჯიშები ნარინჯის ან მეწამული ფერის სხვადასხვა სიმუქით. ამიტომ დეშიფრირებული ტონის სიმუქის შესაბამისად განსაზღვრავს ჯიშების წარმომადგენლობას კოროშში, შემდეგ გაანალიზებს ვარჯის ფორმას, ზომას, ვარჯის სიმუქის ხარისხს. თანამიმდევრობით, წიწვოვანი და ფოთლოვანი ჯიშების ჯგუფებს დაანაწილებენ ჯიშების შემადგენლობის შესაბამისად ჩამოთვლილი მაჩვენებლებით. გამოცდილ სპეციალისტს შეუძლია აეროსურათებით განსაზღვროს (პრაქტიკულად მაღალი სიზუსტით) ხუთ ჯიშამდე ერთ იარუსიან (სართულიან) კოროშში მეორე იარუსის არსებობის შემთხვევაში და კიდევ მეტი. სხვა შემთხვევებში ჯიშები შეიძლება გამოვყოთ არაპირდაპირი ნიშან-თვისებებით, რომელიც შედგენილია წინასწარ ტიპური მოდელის კოროშთა ადგილსამყოფელი მიკუთვნების პირობების გათვალისწინებით.

საერთოდ ნარგავთა შემადგენლობის განსაზღვრის სიზუსტე სპექტროზონალური 1:10000 1:15000 მასშტაბის აეროსურათებით არაფრით არ ჩამოუვარდება ადგილზე თვალზომურ ტაქსაციას. კამერალუ-

რი დეშიფრირების მეთოდით საშუალო კვადრატული შეცდომა არ აღემატება შემადგენლობის 0.8 1.3 ერთეულს, რაც მთლიანად შეესაბამება ტყეთმოწყობის ინსტრუქციის მოთხოვნილებას.

6. კორომთა სიხშირის განსაზღვრა. აეროსურათებით კორომის სიხშირის განსაზღვრისათვის რეკომენდებულია გამოვიყენოთ კორომში ხეთა რაოდენობა (სურათების თვალზომური-სტერეოსკოპული დათვალიერებით). საბურვლის შეკრულობა, სიმაღლე და ვარჯის გაფენილობა. ხეების რაოდენობას განსაზღვრავენ დათვლით ან ვარჯის ცენტრებს შორის მანძილით შაბლონის დახმარებით, რომელიც შედგენილია (ბიტერლიხის მეთოდი) სხვადასხვა კუთხური k კოეფიციენტების ამორჩევით ვარჯის დიამეტრისა და სურათის მასშტაბის გათვალისწინებით. კუთხის წვეროში ნემსით დაამაგრებენ შაბლონს სურათზე და აბრუნებენ გარშემო, თან დაითვლიან ყველა ვარჯს, რომელსაც კუთხის გვერდი გადაჰკვეთს ან შეეხება მათ. გაამრავლებენ დათვლილი ვარჯის რაოდენობას 1/k, მიიღებენ საბურვლის შეკრულობის ხარისხს მეათედ ნაწილში.

აეროსურათებით განსაზღვრავენ აგრეთვე კორომის აბსოლუტურ სიხშირეს. შერჩევით, ტყის ელემენტებით დაითვლიან ხეთა რაოდენობას 1 ჰა-ზე. შეიტანენ შესწორებას იმ ხეების მიმართ, რომლებიც არ გამოჩნდნენ სურათზე, დაადგენენ საშუალო დიამეტრს და გამოითვლიან მკერდის სიმაღლეზე (1.3 მ-ზე) კვეთის ფართობთა ჯამს (ისე, როგორც მიღებულია ტაქსაციის დროს). ეს ხერხი საკმაოდ შრომატევადია და სიზუსტით არ აღემატება თვალზომურ ანალითურ ხერხს (m= 12—16%). ამიტომ მას იყენებენ მხოლოდ საცდელ-საწარმოო და კვლევითი სამუშაოების დროს. აბსოლუტურ სიხშირეს განსაზღვრავენ უშუალოდ ფორმულით $P=f(P_1, h_1, D_1, k)$. სიხშირის განსაზღვრის სიზუსტეზე დამოკიდებულია მარაგის განსაზღვრის სიზუსტეც. ამიტომ დეშიფრირება უნდა ჩატარდეს გულმოდგინედ, ხოლო საეჭვო შემთხვევაში მიზანშეწონილია სამუშაოს დუბლირება.

7. კორომის მარაგის განსაზღვრა. კორომის მარაგისა და მისი სორტიმენტების ხარისხობრივი სტრუქტურის განსაზღვრისათვის შეიძლება გამოვიყენოთ კორომის ტაქსაციურ კანონზომიერებათა მაჩვენებლები (ვარჯის დიამეტრი, საბურვლის შეკრულობა, ხეების რაოდენობა, სიმაღლე და აგებულება). აეროსურათებით კორომის მარაგის განსაზღვრისათვის უმჯობესია ვისარგებლოთ ფერადი სპექტროზონალური აეროსურათებით, რადგანაც ხეთა რაოდენობა ცალკეული ჯიშის მიხედვით უკეთესად განისაზღვრება. საჭიროა გავითვალისწინოთ ქვეტყე, რომელიც სურათზე არ გამოისახება და შესწორება შევიტანოთ ხეთა რაოდენობის დადგენაში.

კორომის მარაგი ერთ ჰექტარზე აეროსურათების დეშიფრირებით შეიძლება განისაზღვროს ფორმულით:

$$M=gNh_1f \qquad (10.11)$$

სადაც g 1,3 მეტრზე კვეთის ფართობის ჯამია;

f — სახეობათა რიცხვია,

ან წრფივი განტოლების ფორმულით:

$$M = aP_s h_0 + b_0 k + c \qquad (10.12)$$

სადაც a, b, c კორელაციის კოეფიციენტებია (დანარჩენი აღნიშვნები კი უწინდელია).

$m = 10 - 30\%$.

მოცემული ხერხით გამორიცხულია სუბიექტურობა და დეშიფრირების ავტომატიზების შემთხვევაში შეიძლება ჩაითვალოს პერსპექტიულ მეთოდად.

ყველა ტაქსაციური მაჩვენებლის განსაზღვრის შემდეგ (ტყის ტიპისა და ბონიტეტის კლასის ჩათვლით), დაადგენენ სასაქონლო კლასს ან სამასალე ხე-ტყის გამოსავლიანობის პროცენტს. თუ კორომში აღინიშნება ისეთი ანომალი, როგორიცაა მავნებლების შესევა ან გამხმარი ხეები, მაშინ საჭიროა შევიტანოთ კორექტივი ან უმჯობესია დავათვალიეროთ ადგილზე. აეროსურათების დეშიფრირებით როგორც ჩვენში, ისე საზღვარგარეთ, საქონლიანობას ადგენენ საკმარისი სიზუსტით.

8. ტყის ტიპებისა და ბონიტეტის დადგენას საფუძვლად უდევს ლანდშაფტის სხვადასხვა ელემენტების კორელაციური კავშირი (რელიეფის, გრუნტის, ნიადაგების დანესტიანების, ჰიდროლოგიის), ითვალისწინებენ აგრეთვე ყველა იმ ერთობლიობის ნიშან-თვისებას, რომელიც აისახება თვით კორომში (შემადგენლობა, საბურვლის შეკრულობისა და აგებულების ხარისხი, ხეების ურთიერთგანლაგების ხასიათი, ბონიტეტის კლასი). ბონიტეტის კლასს საზღვრავენ კოროზის საშუალო სიმაღლითა და ტყის ძირითადი ელემენტების ფარდობით ტყის ტიპისა და ობიექტის ბუნებრივი პირობების გათვალისწინებით.

სპექტროზონალურ აეროსურათებს შავ-თეთრ პანქრომატულ აეროსურათებთან შედარებით მრავალი უპირატესობა ახასიათებს იმდენად, რამდენადაც ზოგიერთი კორომი ადგილსამყოფელის სხვადასხვა პირობების გამო ერთნაირი ფერით არ ხასიათდება. გარდა ამისა, შეთხელებულ და მოჭრილ კორომში ნიადაგის ზედა მცენარეული საფარის ფერი შეიძლება გამოვიყენოთ როგორც ინდიკატორი ტყის ტიპების დეშიფრირებისათვის.

წვრილი და მსხვილმასშტაბიანი ფერადი სპექტროზონალური აეროფოტოსურათების დეშიფრირებით ტყეების ტიპისა და ბონიტეტის კლასის დადგენა სწორად სრულდება. შეცდომა ხშირ შემთხვევაში მომიჯნე ჯგუფის ტყის ტიპებსა და ბონიტეტის კლასის ფარგლებს არ სცილდება.

9. კოროძის ასაკის განსაზღვრა. აეროსურათების დეშიფრირებით კოროძის ასაკის დადგენას საფუძვლად უდევს სატყეო დეშიფრირების პირდაპირი და არაპირდაპირი (ირიბი) ნიშან-თვისებები: ვარჯის ზომა და ფორმა, მათ შორის ინტერვალი, კოროძის საშუალო სიმაღლე და ბონიტეტის კლასი, ჩრდილის სიგრძე, კოროძში სიღრმითი გამჭვირვალობის ხარისხი, მეორე იარუსის თანაარსებობა და სხვა. პრაქტიკულად აეროსურათების დეშიფრირებისას ასაკს საზღვრავენ საშუალო სიმაღლითა და ბონიტეტის კლასით. მნიშვნელოვან პირობად ითვლება სადეშიფრირო ტყის მასივის ცოდნა და მდეშიფრირებლის გამოცდილება. ასაკის უფრო ზუსტი დადგენისათვის იყენებენ მრავალნაირ კორელაციურ დამოკიდებულებას და ითვალისწინებენ არამარტო საშუალო სიმაღლეს და ბონიტეტის კლასს, არამედ ვარჯის საშუალო დიამეტრს, საბურვლის შეკრულობას, კოროძში ხეთა რაოდენობას.

აშშ-ში და კანადაში ასაკის განსაზღვრისათვის სარგებლობენ განტოლებით:

$$A = a_1 + a_2 h + \frac{a_3}{S_n} - \frac{nh}{D_k}, \qquad (10.13)$$

სადაც S_n საბურველის ფართია);
n — ხეების რაოდენობა (დანარჩენი აღნიშვნები კი უწინდელია).

(10.13) ფორმულის არსი მდგომარეობს იმაში, რომ სიმაღლის გაზრდით იზრდება ასაკი, საბურველის ფართის გაზრდით კი მცირდება. რაც მეტია ღეროთა რაოდენობა, მით ასაკიც პატარაა და რაც მეტია ვარჯის დიამეტრი, ხნოვანება დიდია. წმინდა კოროძისათვის ასაკის განსაზღვრის სიზუსტე 85% აღემატება, ხოლო კოროძში ჯიშების რაოდენობა თუ აღემატება ორს, მაშინ ასაკის სწორი განსაზღვრა მცირდება 65%-მდე.

აეროსურათების სატყეო დეშიფრირებით ასაკის დადგენა ერთ-ერთი რთული ამოცანაა და ის მთავარი მიზეზია, რომელიც ამუხრუჭებს აერომეთოდების ტყეთმოწყობაში ფართოდ დანერგვას.

10. გამონაყოფის საზღვრების დადგენა. აეროსურათების კამერალურად დეშიფრირება აერთიანებს სადეშიფრირო ობიექტების თვალზომურ-სტერეოსკოპული და ფოტოგრამმეტრიული გაზომვებით დახასიათებასა და პარამეტრების განსაზღვრას. იგი ეფუძნება ტყეების და საერთოდ ბუნების ყოველმხრივ შესწავლას, აეროსურათების ინფორმაციულ თვისებებს. აეროფოტოგრაფიისა და ფოტოგრამმეტრიის საფუძვლებს, ხილვად სტერეომოდელში კოროძის ხასიათს და მათი საბურველის შეკრულობას.

აეროსურათებზე ჯერ გამიჯნავენ მკვეთრად განსხვავებული საზღვრების მქონე გამონაყოფს: არა სატყეო და ტყით დაუფარავ ფართობებს, ახალგაზრდა ამონაყარს შორის მომწიფებულებს ან პირიქით, უბნებს, სადაც წიწვიანი ან ფოთლოვანი ჯიშები ჭარბობს. შემდეგ გამიჯნავენ ვარჯის განსხვავებული სიმაღლეების, ფორმის, ზომის, ფერისა და ტონის საბურველის შეკრულობის ადგილსამყოფლისა და ნარგავთა სხვა სადეშიფრირო თვისებების მიხედვით. გამიჯნავენ აგრეთვე სატაქსაციო შესაბამისობის მიხედვით დანარჩენ ერთგვაროვანი უბნების ფართობსაც. მომიჯნავე გამონაყოფების გამიჯვნისას ითვალისწინებენ ტყეთმოწყობის ინსტრუქციის მოთხოვნებს. მთიან პირობებში ტერიტორიის კვარტალებს ჯერ დაყოფენ საზღვრებად და ფაციებად, ხოლო შემდეგ სატაქსაციო გამონაყოფებად. ამ უკანასკნელის საზღვრების დადგენა კი ტყეთმოწყობის ერთ-ერთი ძირითადი ამოცანაა.

მომიჯნე გამონაყოფთა საზღვრების ამოცნობის სიზუსტე 1:17000 მასშტაბის სპექტროზონალურ აეროსურათზე წარმოადგენს 0,3 მმ (ადგილზე 5 — 6 მეტრს). ტყის ფონდის ნატურაში გამონაყოფის რაოდენობა, რომელთა კონფიგურაცია საზღვრების ამოცნობას და დაზუსტებას მოითხოვს, საკმაოდ მცირე რაოდენობისაა და ამიტომ ასეთი სიზუსტე მთლიანად აკმაყოფილებს ინსტრუქციის მოთხოვნილებებს. ფერად სპექტროზონალურ აეროსურათებზე ფიჭვის, ნაძვისა და არყის ნარგავებით დაკავებული ფართობების საზღვრების დადგენის საშუალო კვადრატული შეცდომა არ აღემატება $m = 4\text{-}9\%$.

10.4 სატყეო დეშიფრირებაში გამოყენებული ხელსაწყოები

სატყეო დეშიფრირებაში დღეისათვის ძირითადად გამოიყენება ფოტოგრამმეტრიული ხელსაწყოები, დაწყებული მარტივი ოპტიკური საზომებიდან, დამთავრებული რთული ოპტიკურ-მექანიკურ და ელექტრონულ ხელსაწყოებამდე. ყველა ფოტოგრამმეტრიულ ხელსაწყოს ანალიზურ-გაზომვითი მეთოდი კი ეფუძნება სურათებით მიღებული სტერეომოდელის გულდასმით თვალზომურ ანალიზსა და სურათებზე გაზომილ პარამეტრებს, რომლითაც ხასიათდება ტყის ნარგავებიც და მათი საბურველიც.

სატყეო აეროსურათების სტერეოსკოპულ დათვალიერებაში გრძივი პარალექსების სხვაობებით, ვარჯის დიამეტრისა და საბურვლის შეკრულობის გაზომვებში, აეროსურათებზე ხეების რაოდენობის დათვლაში და სხვ. გამოიყენება დეშიფრირებისათვის სპეციალურად განკუთვნილი სტერეოსკოპები და ინტერპრეტასკოპები, ლინზიან-სარკიანი სტერეოსკოპები. ЛЗС — გამოიყენება ტყეების მორფოგრაფიული დე-

შიფრირებისას. სარკიანი სტერეოსკოპები ЗС (ცეისი) გამოიყენება აეროსურათების მორფომეტრიულ დეშიფრირებაში.

სტერეოსკოპი ODS-ით (ჰოლანდია) აეროსურათებზე მზერის დროს გამოსახულება შეიძლება გადიდდეს 1.5 – 4.5-მდე სტერეოეფექტის დარღვევის გარეშე. ორი სტერეოსკოპის მეშვეობით ერთი და იგივე სტერეომოდელს შეუძლია დაუკვირდეს ორი დამკვირვებელი, რასაც დიდი მნიშვნელობა აქვს სასწავლო ვარჯიშისათვის.

სტერეომეტრები СТД-1 და СТД-2, რომელიც განკუთვნილი იყო რუკების შედგენისას სურათებზე რელიეფის დასახაზად, ამჟამად ტოპოგეოდეზიური წარმოებიდან მოხსნილია. მაგრამ წარმატებით შეიძლება გამოვიყენოთ 18×18 სმ აეროსურათების ხვების სიმაღლეების გაზომვაში. სტაციონალური ხელსაწყო ინტერპრეტასკოპი (ცეისი, გერმანია) გამოიყენება ნეგატივის, დიაპოზიტივისა და აეროსურათების დეშიფრირებაში (გამოსახულება შეიძლება გავადიდოთ 2^x – 15^x-ჯერ).

სატყეო დეშიფრირებისათვის ყველაზე კარგ ნიმუშად ითვლება შვეიცარიის ჯიბის სტერეოსკოპი ISP-1 (ფირმა „ვილდა“).

სტერეოსკოპებს კრძივი პარალაქსების სხვაობების კასაზომად თან ერთვის დამატებითი მოწყობილობები T-4 (ფირმა „ვილდა“), ЛС-3 (მინგეო ყოფილი სსრკ), СВ-185 (იხგლისი), CFG-3 (გალილეო – იტალია და სხვა. სტერეოსკოპებში გრძივი პარალაქსების გაზომვის სიზუსტე შეადგენს $m_p = 0.2 - 0.05$ მმ-მდე.

გარდა ჩამოთვლილისა, სატყეო საქმეში ფართოდ იყენებენ აგრეთვე მარტივი სახის საზომ ხელსაწყოებსა და პალეტებს (როდესაც მაღალი სიზუსტის გაზომვები არ არის საჭირო, ვთქვათ 10 – 15% სიზუსტით). პალეტებს ამზადებენ გამჭვირვალე საფუძველზე (ბადეების აგებით, სხვადასხვა დიამეტრის წარწერით, წერტილების აღნიშვნით და სხვა).

10.5 აეროფოტოსურათების სატყეო დეშიფრირების ავტომატიზაცია და პრობლემები

აეროსურათების სატყეო დეშიფრირების ავტომატიზება მიეკუთვნება საკმაოდ ძნელს და ამავე დროს აქტუალურ პრობლემას.

მიუხედავად მკვლევართა დიდი მეცადინეობისა, აღნიშნული პრობლემა ჯერ კიდევ შორს არის გადაწყვეტისაგან. აღიარებენ კიდევაც, რომ თანამედროვე მეცნიერებისა და ტექნიკის დონის პირობებში დეშიფრირების მთლიანად ავტომატიზება შეუძლებელია. თუმცა არსებობს მრავალი კერძო საკითხი, რაშიც დეშიფრირების მანქანურ მეთოდს შეუძლია მნიშვნელოვანი ეფექტის მოცემა. ამას მიეკუთვნება ის შემთხვევები, როცა საჭიროა პირდაპირი ნიშან-თვისებების განსაზღვრა და აღნუსხვა. მაკალითად, ფოტოსურათების გამოყენებისას ამგვარ პირდაპირ ნიშან-თვი-

სებად იგულისხმება: ტონი, ფერი და გამოსახულების სტრუქტურა. ნიშან-ვთისებები, რომლებიც ობიექტის ადგილმდებარეობას აკავშირებს გარემომცველ ლანდშაფტთან, ადამიანის მიერ უფრო უკეთ აღიქვება და განისაზღვრება.

მ. შოუს (იაპონია) მიერ შესრულებული გამოკვლევებით შეიძლება განისაზღვროს მარაგი და სხვა სატაქსაციო მაჩვენებლები რეგისტროგრამის საფუძველზე, მაგალითად, 1:20000 მასტაბის აეროფოტოსურათებზე გამოსახული იაპონიის კიპარისი, ფიჭვი და ფართოფოთლიანი ტყის ჯიშებისათვის მარაგის დასადგენად გამოიყენეს ფორმულა:

$$V = 0{,}577 + 0{,}741 x_1 + 0{,}199 x_2, \qquad (10.14)$$

სადაც x_1 რეგისტოგრამის საშუალო ამპლიტუდის სიდიდეა;

x_2 — რეგისტოგრამის პიკის რაოდენობა ერთ ჰექტარზე ნარგავისათვის.

მარაგის განსაზღვრის შეცდომამ ჰექტარზე შეადგინა 12,3%, ხოლო ნარგავების მიხედვით კი საშუალო კვადრატული შეცდომა $m = 9{,}5\%$.

მ. მოვერის (აშშ) მიერ გამოკვლეული იყო წმინდა ფიჭვნარის ნარგავების გამოსახულება 1:5000 მასშტაბის ინფრაქრომატულ ფირზე. ამომკითხავი მოწყობილობის მეშვეობით თანამიმდევრობით გაანალიზებული იყო აეროსურათების ყველა კადრი, რომელზედაც გამოსახულების ტონი 16 გრადაციად იყო დაყოფილი. სკანირების შედეგი იწერებოდა ЭВМ-ზე, სადაც სახეების ამოცნობით გამოიყოფოდა ცალკეული ვარჯები და ისაზღვრებოდა მათი ზომები. გამოკვლევების შედეგით დადგინდა, რომ სისტემას შეუძლია ამოიცნოს სურათზე ყველა გამოსახული ვარჯი და მათი დიამეტრის ზომების დადგენა სრულდება $m_{\text{ინ}} = 10$ სმ სიზუსტით.

სხვა შესრულებული სამუშაოებიდან შეიძლება დავასკვნათ, რომ დეშიფრირების ავტომატიზებით ჯერ-ჯერობით შეიძლება გამოიყოს მხოლოდ ფართობები, მდინარეები, სასოფლო-სამეურნეო კულტურები და სხვა.

თითქმის ყველა გამოკვლევა შესრულებულია იმ ხელსაწყოებით, რომლებიც ავტომატიზებული დეშიფრირებისათვის არ არის განკუთვნილი. საერთოდ დეშიფრირების ავტომატიზება საკმაოდ რთული საკითხია, რომელთაგანაც უფრო მნიშვნელოვანია სპექტრული და სტრუქტურული მახასიათებლის მდგრადობის მიღება. აქ კი პირველ რიგში უნდა აღინიშნოს ტექნიკური და ბუნებრივი სიძნელეები, აგრეთვე მეთოდური ხასიათის სიძნელეებიც. ყოველივე ზემოთ აღნიშნულის მიუხედავად, დღევანდელი ინტენსიური მუშაობა მსოფლიოში ამ მიმართულებით იმედს იძლევა, რომ ბუნებრივი რესურსების ავტომატიზებული დეშიფრირების ექსპერიმენტული სტადიებიდან მალე გადავლენ მათ საწარმოო გამოყენებაზე.

XI თავი

კოსმოსური სურათების დეშიფრირება (ინტერპრეტაცია)

11.1 კოსმოსური სურათების დეშიფრირების (ინტერპრეტაციის) ზოგადი საკითხები

კოსმოსური სურათების დეშიფრირება ანუ ინტერპრეტაცია არის ობიექტის შინაარსის გახსნის რთული შემოქმედებითი პროცესი, რომლის პირდაპირი და არაპირდაპირი ნიშან-თვისებებით განისაზღვრება მისი რაოდენობრივი და ხარისხობრივი მაჩვენებლები. მხოლოდ დეშიფრირებული სახით შეიძლება კოსმოსური ინფორმაციის გამოყენება სახალხო მეურნეობის დარგებში და მათ შორის სატყეო საქმეშიც.

პირდაპირი ნიშან-თვისებები ინფორმაციას იძლევა უშუალოდ ობიექტზე. მოცემული ობიექტის გამოსახულების საერთო სტრუქტურა წარმოადგენს დეშიფრირებისათვის რთულ ნიშანს, რომელიც აერთიანებს ყველა პირდაპირ ნიშან-თვისებას. სტრუქტურა ხასიათდება განსხვავებული თვისებებით, განპირობებულია განუმეორებლობითა და უშუალობით, ამოსაცნობი ობიექტების გეომეტრიული ფორმითა და მრავალი ელემენტით. გამოსახულების ფორმა დეშიფრირების პირდაპირი ნიშან-თვისებების ერთ-ერთი ძირითადი ნიშანია, რომლითაც დგინდება ობიექტების არსებობა და თვისებები. ვიზუალური დეშიფრირების დროს პირველ რიგში გამოიყოფა საგნების მოხაზულობა და ფორმა. არჩევენ გეომეტრიულად განსაზღვრულსა და განუსაზღვრელ ფორმას. პირველი წარმოადგენს დეშიფრირების საწყისო ნიშანს და ეკუთვნის ყოველგვარ ხელოვნურ ნაგებობას, მეორე კი ახასიათებს ფართობის სახის მრავალ ბუნებრივ ობიექტს (ტყეები, სავარგულები და სხვა.)

ობიექტების ამოცნობა ძნელია უფრო [illegible] ნიშან-თვისებებით. იგი ემყარება ობიექტის მრავალნაირ ურთიერთდამოკიდებულებათა შეცნობას. ამის კლასიკური მაგალითია კოსმოსური სურათების არაპირდაპირი ნიშან-თვისებების ანალიზით წიაღისეულ სიმდიდრეთა საბადოების აღმოჩენა. არაპირდაპირი ნიშან-თვისებების ობიექტის შინაარსის გახსნა მოითხოვს მუშაობის დიდ გამოცდილებას. არასდროს არ შეიძლება იმის მტკიცება, რომ არაპირდაპირი ნიშან-თვისებების საიდუმლოებაში ჩაწვდომილნი ვართ. ახალი სურათები და გადაღების განსხვავებული პირობები ყოველთვის იძლევა ახალ ინფორმაციას.

ობიექტის სადეშიფრირო ნიშან-თვისებებია ზომები, ფორმა, ურთიერთგანლაგება, სტრუქტურა, ტექსტურა, ფოტოტონი, ფერი. ობიექტის ზომები კოსმოსურ სურათზე განისაზღვრება უფრო დაბალი სიზუსტით, ვიდრე ამავე სურათის გარჩევითუნარიანობაა.

ობიექტის გამოსახულების ფორმა მნიშვნელოვანია ობიექტის პირ-

დაპირი ნიშან-თვისებებისათვის. მაგალითად, მაღალმთიან მწვერვალებზე თოვლის საფარი შეუძლებელია რომ ვერ გავარჩიოთ ღრუბლებისაგან, რადგანაც მათი ფორმები მთლად განსხვავდებიან ერთმანეთისაგან. მიუხედავად იმისა, რომ გამოსახულების ტონით ისინი ძალზე ახლოს არიან. სხვადასხვა დროის გამოსახულების ფორმის ანალიზირებით განსაზღვრავენ ამა თუ იმ პროცესის დინამიკას ან გამოავლენენ სტაბილურ სისტემებს. ობიექტების ურთიერთგანლაგება სხვადასხვა სახის ინფორმაციის მატარებელია. ჯერ ერთი, გვეხმარება ობიექტის ამოცნობაში (გზების დასახლებულ პუნქტებთან შეერთება, მდინარეების შენაერთები) და მეორეც განვსაზღვრავთ სურათზე ობიექტის გარჩევითობის დონეს (გზებს შორის ან მდინარის ნაკადებს შორის მიახლოვება ათობით მეტრებშია, მაგრამ ისინი ერთმანეთს მაინც არ დაემთხვევიან, თუნდაც მასშტაბის სიმცირის გამო).

გამოსახულების სტრუქტურა გვეხმარება ობიექტის ამოცნობაში. ამის მაგალითია წყალსაცავებში ყინულის გამოსახვის მრავალსახეობრივი სტრუქტურა კოსმოსურ სურათებზე. მთლიანი ყინულის ზედაპირი შეიძლება დავყოთ სხვადასხვა სახის სტრუქტურის უბნებად, რომელთა სტრუქტურული განლაგებაც მეორდება სხვა სურათებზე ასახულ ყინულთა მდგომარეობისთვისაც.

გამოსახულების სტრუქტურასთან მჭიდრო კავშირში იმყოფება ტექსტურა, პატარა დეტალების გამოხატვა, რომელიც იქმნება ცალკეული ელემენტების სიკაშკაშით. მარცვლოვანი ტექსტურით ხასიათდება ისეთი გამოსახულებები, როგორიცაა ღრუბლები, ყინულთა გროვა წყალსაცავში, ყინულის ნაპრალები წყლის ზედაპირზე. მჭრქალი ტექსტურით კი ხასიათდება ერთგვაროვანი ტონის გამოსახულებები, რომელიც ახასიათებს წყლების ზედაპირს, ზედმეტად დანესტილ ან ზედმეტად მშრალ ხმელეთს, თოვლის საფარსა და სხვა.

გამოსახულების განსხვავებული ფოტოტონით ფორმირდება თვით ობიექტის გამოხატვა. მარეგისტრირებელ სისტემას გამოსახულების რაც უფრო მეტი ტონის გრადაციის გადაცემა შეუძლია, მით მეტია მისი ინფორმატიულობაც. საჭიროა გვახსოვდეს, რომ გამოსახულების ტონი დამოკიდებულია არა მარტო ობიექტის ხასიათზე, არამედ მისი განათების პირობებზეც. განსაკუთრებით მნიშვნელოვანია ვიცოდეთ ორ ობიექტს შორის ტონალური ფარდობა, ე. ი. მათი კონტრასტულობა, რადგანაც ხშირად დეშიფრირებას აწარმოებენ ერთი ტონის გამოყოფით მეორის ფონისაგან. რაც უფრო დიდია ობიექტის კონტრასტი, მით უფრო ადვილია მისი გამოყოფაც. ტყით დაფარული ტერიტორიის გამოყოფა უმჯობესია მოვახდინოთ ზამთრის კოსმოსურ სურათზე, რადგანაც თოვლის საფარი კარგ პირობებს ქმნის მათი დეშიფრირებისათვის.

დეშიფრირების მნიშვნელოვანი ნიშან-თვისებაა ობიექტის გამოსახულების ფერი. კოსმოსური სურათების დეშიფრირება მიეკუთვნება ძალზე შრომატევად პროცესს, რომლის შედეგებიც ძირითადად დამოკიდებულია სპეციალისტის კვალიფიკაციაზე და გამოცდილებაზე. თუ გავითვალისწინებთ კოსმოსური სურათების დიდ რაოდენობასაც, ცხადი ხდება, რომ საჭიროა ამ სამუშაოების ავტომატიზება, რისთვისაც საჭიროა ფართოდ გამოვიყენოთ მათემატიკისა და კიბერნეტიკის, აგრეთვე შემეცნების თეორიის მეთოდები.

11.2. კოსმოსური სურათების დეშიფრირების ტექნოლოგია

კოსმოსური სურათების დეშიფრირების ტექნოლოგიური სქემა ანალოგიურია აეროფოტოსურათების მასალების დეშიფრირებისა, თუმცა აქვს თავისებური სპეციფიკური თავისებურებანიც. ცალკეული რეგიონების, რომლებიც ლანდშაფტური პირობებით განსხვავებულნი არიან, კოსმოსური გამოსახულების შესწავლისა და დეშიფრირებისას იყენებენ თავის განსაკუთრებულ მეთოდიკასა და ტექნოლოგიას. კოსმოსური სურათების ტოპოგრაფიული და სპეციალური დეშიფრირების ტექნოლოგიურ საკითხებს ბევრი სა[illegible]ლოგიური დეშიფრირების ძირითად ოპერაციებთან. [illegible]არებით უკეთაა დღეისათვის შესწავლილი. ამ ოპერაციებს ეკუთვნება: კოსმოსური სურათების გეოგრაფიული მიბმა; ადგილის ობიექტების ამოცნობისათვის და შემდგომ მათი დეშიფრირებისათვის ფოტოგამოსახულებაზე დაკვირვებები; სხვადასხვა სახის გაზომვების (ფოტომეტრიული და საჭიროების შემთხვევაში ფოტოგრამმეტრიული) ჩატარება; დეშიფრირებული მასალების კარტოგრაფიულ საფუძველზე გადატანა (საჭიროების შემთხვევაში); ფოტორუკის დამზადება; დეშიფრირების შედეგების საველე შემოწმება.

სურათების გეოგრაფიული მიბმა ეს არის კოსმოსურ სურათზე ამოცნობილი წერტილების გეოგრაფიული კოორდინატებისა და სურათის მთავარი წერტილის განსაზღვრა, რომელიც შედგება შემდეგი ეტაპებისაგან: გადაღებული რაიონის დადგენა, „ამონაცნობების“ ამოსარჩევად შესაბამისი რაიონის რუკების შერჩევა. სურათზე და რუკაზე ამოცნობილი „ამონაცნობის“ გეოგრაფიული კოორდინატების განსაზღვრა; მთავარი წერტილის კოორდინატების განსაზღვრა.

კოსმოსური სურათების დეშიფრირებაში დაგროვილი გამოცდილება გვიჩვენებს, რომ ყველაზე უტყუარად ამოიცნობა და კარტოგრაფიულ საფუძველზე უკეთესად იდენტიფიცირდება ჰიდროქსელის ელემენტები. ამიტომ მიზანშეწონილია, რომ ნებისმიერი სახის სამუშაოს დაწყების წინ გამოვავლინოთ ეს ელემენტები, შევასრულოთ მათი დე-

შიფრირება და სქემის გამოხაზვა. ხოლო კარტოგრაფიულ საფუძვლად გამოვიყენოთ ბოლო წლებში შედგენილი ჰიფსომეტრიული რუკები, რომელთა მასშტაბიც 1,5 2-ჯერ უფრო მსხვილი უნდა იყოს, ვიდრე შესაბამისი გადიდებული ფოტოსურათების. ამონაცნობები საკმაოდ ზუსტად უნდა განისაზღვროს.

სურათის კონტურული წერტილების კოორდინატების ანალიზური ხერხით განსაზღვრის მიზნით, საჭიროა, რომ სურათის მთავარი წერტილის კოორდინატები (გეოგრაფიულ სისტემაში) ერთ-ერთი რომელიმე ხერხით ან ორბიტალური მონაცემებით, ან შებრუნებული ფოტოგრამმეტრიული ამოცანის ამოხსნით, რომელიც უზრუნველყოფს უფრო მაღალი სიზუსტით მიბმას.

კოსმოსური სურათების გეოგრაფიული მიბმისათვის მიზანშეწონილია გამოვიყენოთ აგრეთვე ტოპოგრაფიული და დარგობრივი რუკებიც.

კოსმოსურ სურათებზე გაზომვებისა და დაკვირვებების დროს უნდა გვახსოვდეს, რომ სურათების დახრილობა და დედამიწის სიმრუდე იწვევს გამოსახულების პერსპექტიულ დამახინჯებას, რაც დეშიფრირების დროს გათვალისწინებული უნდა იყოს.

კოსმოსური სურათების ვიზუალური დეშიფრირება ტექნოლოგიურად უფრო ახლოს არის აეროსურათების ფოტოსქემების დეშიფრირებასთან და დეშიფრირების წარმატება დამოკიდებულია საწყისი მასალების შერჩევაზე და მის სწორად გამოყენებაზე. ცხადია, დეშიფრირებისათვის უმჯობესია გამოვიყენოთ ტრანსფორმირებული კოსმოსური სურათები ან გადიდებული ანაბეჭდები პერსპექტიული ბადით, რომელზედაც კონტურების გამოხაზვის დროს კონტროლისა და კორექტირებისათვის აუცილებლად გვერდზე უნდა გვქონდეს რამოდენიმე სუფთა კოსმოსური სურათი. კოსმოსური სურათებიდან, ისევე, როგორც აეროსურათების დეშიფრირების დროს მაქსიმალური ინფორმაცია შეგვიძლია მივიღოთ, თუ ის მიღებულია განათების სხვადასხვა კუთხით (ასეთი აეროსურათები, რომელიც გადაღებულია დილით მზის ამოსვლის ან საღამოთი მზის ჩასვლის წინ, დიდ ინფორმაციას იძლევა არქეოლოგიური სამუშაოების შესრულებისას). ამგვარად, წარმოშობილი ეფექტი დამატებითი ელემენტების გამოვლენის საშუალებას გვაძლევს, რომელიც შეიძლება მრავალჯერადი დეშიფრირებითაც იქნეს მიღებული და არ გამოგვეპაროს მნიშვნელოვანი ელემენტი.

ვიზუალური დეშიფრირების დროს ფართოდ იყენებენ ყველა ხელსაწყოს, რომელიც გამოიყენება აეროსურათების დეშიფრირებისას. დეშიფრირების მასალები გადააქვთ ფოტორუკებზე, რომელიც შემდგომში გამოიყენება ტოპოგრაფიული და თემატიკური რუკების შესადგენად (მათ შორის სატყეო რუკების შესადგენად). ძნელად მისად-

გომი რაიონების ბუნებრივი და წიაღისეული სიმდიდრეების პროგნოზირებისათვის და სხვა საპროექტო სამუშაოების კვლევისათვის.

კოსმოსური სურათების დეშიფრირებით მიღებული ინფორმაცია დამატებით შემოწმებული და დადასტურებული უნდა იყოს საველე გამოკვლევებით, რომლებიც შეიძლება შესრულდეს საჭიროების მიხედვით აეროვიზუალურად (თვითმფრინავით, ვერტმფრენით) და მიწაზე მარშრუტებით ორივე შემთხვევაში აუცილებლად კოსმოსური სურათების გამოყენებით და კონკრეტული შემთხვევისათვის რაციონალური მეთოდიკის გამოყენებით.

11.3. კოსმოსური სურათების კომპლექსური და სპეციალური (თემატიკური) დეშიფრირება

კოსმოსური აეროფოტოაპარატით KATЭ – 140 მიღებული კოსმოსური სურათებითა და ჩვენთვის უკვე ნაცნობი ფოტოგრამმეტრიული მეთოდებით ადგენენ ტოპოგრაფიულ რუკებს. ხოლო ანალითური ფოტოტრანსფორმირებული სურათების დეშიფრირებითა და ფოტორუკების დამზადებით ახდენენ არსებული ტოპოგრაფიული რუკების განახლებას, რომელიც დღეისათვის უკვე რუკების განახლების ერთერთ ძირითად მეთოდად არის მიღებული. უფრო უტყუარი დეშიფრირების ჩატარებისათვის საჭიროა, რომ გვქონდეს მომიჯნავე რაიონების ფოტოსურათებიც, ხოლო საკვანძო უბნებისათვის დამატებით მრავალზონალური წვრილმასშტაბიანი აეროფოტომასალები მათი დეტალურად კომპლექსური შესწავლისათვის და ანალოგიური რაიონებისათვის დეშიფრირების შედეგების შემდგომი ექსტრაპოლიაციისთვის. დამატებით კიდევ რეკომენდებულია, რომ შესრულდეს დამატებით გადაღებები სპექტროზონალურ, ფერად და ინფრაქრომატულ ფოტოფირზე. გარდა ამისა, კარგია თუ გამოვიყენებთ ყველა სეზონის გადაღების მასალებსაც, რაც მნიშვნელოვნად გაზრდის წვრილმასშტაბიანი ტოპოგრაფიული რუკების შედგენისა და განახლების უტყუარობასა და სისრულეს. კომპლექსური დეშიფრირებისას იყენებენ დეშიფრირების პირდაპირ და არაპირდაპირ ნიშან-თვისებებს, რომლებიც კოსმოსური სურათების გამოყენებისას თავისი განსაკუთრებულობით ხასიათდებიან, რაც გამოწვეულია აეროსურათებისაგან კოსმოსური ფოტოსურათების მიღების სპეციფიკით.

კარგი ხარისხის კოსმოსურ სურათებზე კარგად მოჩანს დასახლებული პუნქტები. დეშიფრირების პირდაპირი ნიშან-თვისებებით დეშიფრირებას უკეთებენ დასახლებული პუნქტების საზღვრებს, დაგეგმარების საერთო სქემას, ძირითად სავალ გზებს. დაგეგმარების სტრუქტურის განსაკუთრებულობით შეგვიძლია გამოვყოთ ქალაქის სხვადასხვა ფუნქცირების ზონები: საწარმოო, საცხოვრებე-

ლი, წვრილი საკარმიდამო განაშენიანებით, ახალმშენებლობის ზონები და სხვა. კოსმოსური სურათებით შეგვიძლია ოპერატიულად დავაკვირდეთ ქალაქის სწრაფ ცვლილებებს, რაც ცხადია მოითხოვს რუკების ავტომატურ შედგენასა და რუკების ოპერატიულად პოლიგრაფიულ გამოცემას. აეროკოსმოსური სურათებით შეიძლება უკეთ მოვახდინოთ განსახლების ტიპის მიხედვით დარაიონება და სხვა.

კოსმოსურ სურათებზე კარგად მოჩანს მიმოსვლის გზები (რკინიგზები და საავტომობილო გზები), რომლის დეშიფრირება სრულდება დეშიფრირების პირდაპირი ნიშან-თვისებებით, ხოლო არაპირდაპირი ნიშან-თვისებებით პოულობენ საჰაერო და წყლის სანაოსნო გზებს (აეროდრომების ასფრენი ზოლითა და საპორტო ნაგებობათა და ნავსაყუდელით).

ცნობილია, რომ ყოფილ სსრკ-ში შიდარაიონების გზებად ძირითადად გამოიყენებოდა გაუმჯობესებული ყამირი გზები, ხოლო რაიონებს შორის — შოსე გზები. მათი გარჩევის (განცალკევების) მიზნით უმჯობესია გამოვიყენოთ მრავალზონალური გადაღების სურათები, რადგანაც ყამირი გზები უკეთ მოჩანს სპექტრის ხილულ უბანში, ხოლო ახლოინფრაწითელ უბანში — შოსე გზები. ასეთი დეშიფრირების შედეგებით ჩვენ ვღებულობთ აგრეთვე დასახლებული პუნქტების სისტემის სქემას. ამგვარადვე ჩვენ შეგვიძლია კოსმოსური სურათებით შევადგინოთ სატრანსპორტო ქსელის რუკებიც.

ჰიდროგეოლოგიის ინტერესებისათვის კოსმოსიდან შეიძლება ტალღის სხვადასხვა დიაპაზონში ფოტოგრაფიული და ტელევიზიური გადაღება (0,3 — 1,1 მკმ), ინფრაწითელი (3 — 12 მკმ), მიკროტალღური (0,3 — 30 სმ) და რადიოლოკაციური (10 — 70 სმ) გადაღებები, რაც საშუალებას გვაძლევს ამოვიცნოთ ცალკეული ბუნებრივი წარმონაქმნები პირდაპირი და არაპირდაპირი დეშიფრირების ნიშან-თვისებებით, მაგალითად ზედაპირული და მიწისქვეშა წყლები, რელიეფი, ნიადაგის დატენიანება, წყალმცენარეულობა და სხვა. რელიეფის ხასიათით შეგვიძლია განვსაზღვროთ მიწისქვეშა წყლების ადგილობრივი და რეგიონალური მკვებავი და გამოსვლის უბნები, მდინარის უძველესი კალაპოტი, ნამდინარები, მიტოვებული ირიგაციული ნაგებობები და სხვა.

კოსმოსიდან ინფრაწითელ სხივებში მიღებული სურათებით შეგვიძლია ვიმსჯელოთ მიწისქვეშა და ზედაპირული წყლების ტემპერატურაზე, ნიადაგების ფარდობით ტენიანობაზე, რომელიც ხშირად მთელი რიგი ჰიდროლოგიური პროცესების მაჩვენებელიც არის. განსაკუთრებით ეფექტურია ეს მეთოდი მიწისქვეშა წყლების მდინარეებთან, ზღვებთან და ოკეანეებთან შეერთების აღმოჩენისას, რამდენადაც მიწისქვეშა წყლების ტემპერატურა განსხვავებულია მათგან (თბილი

მდინარის წყლები უფრო მუქი ფერით აისახება სურათზე). ასეთი სურათებით ცხადია შეგვიძლია მოვნიშნოთ ხმელეთზე ის უბნები, სადაც მიწისქვეშა წყლებს გამოვიყენებთ სამეურნეო მიზნებისათვის. ინფრაწითელი გადაღების სურათზე კარგად ფიქსირდება მიწისქვეშა და მიწისზედა თერმული წყლებიც, განვსაზღვროთ წყალსაცავების, ზღვებისა და ოკეანეების გაყინვის დროს ყინულის სისქე, დასახლებულ პუნქტებში (თვითმფრინავიდან) მიწისქვეშა კომუნიკაციების განლაგება და სხვა.

მიკროტალღური და რადიოლოკაციური გადაღებები კიდევ უფრო ავსებს სურათების ჰიდროლოგიური დეშიფრირების ინფორმაციულობას, რამდენადაც ეს სისტემები საშუალებას იძლევა დავადგინოთ ტერიტორიის უფრო ღრმა ფენების გეოლოგიური აგებულების სახე და მისი სტრუქტურული თავისებურებები. რადიოლოკაციური სურათებით შეგვიძლია დავადგინოთ რელიეფის კირქვიანობის გავრცელება და ღრმა კარსტული ფორმები, რომელიც თავის მხრივ კავშირშია მიწისქვეშა წყლებთან. ამგვარად, კოსმოსიდან მიღებული სურათების დეშიფრირებას ჰიდროლოგიაში დიდი პერსპექტივა აქვს დედამიწის რეგიონალური და ლოკალური ტერიტორიის ერთდროულად ჰიდროლოგიური გამოკვლევისა და შესწავლის საქმეში.

კოსმოსური სურათების გ ე ო მ ო რ ფ ო ლ ო გ ი უ რ ი დ ე შ ი ფ რ ი რ ე ბ ი თ რელიეფის ერთობლივი გეომორფოლოგიური კარტოგრაფირება და სტრუქტურულ-გეომორფოლოგიური ანალიზი განიხილება მათი ურთიერთგანლაგების კანონზომიერების დადგენისათვის. გეომორფოლოგიური ანომალიით შეგვიძლია დავადგინოთ შესასწავლი რაიონის რელიეფის მორფოსტრუქტურული თავისებურებები, რამდენადაც მორფოსტრუქტურის სპეციფიკა ხშირ შემთხვევაში აისახება მორფოსტრუქტურების შემადგენლობით. ამგვარი ამოცანების გადასაწყვეტად კოსმოსური სურათების თავისებურებათა გამოყენებით ასრულებენ შემდეგ გეომორფოლოგიურ გამოკვლევებს: 1:1 მლნ და უფრო წვრილმასშტაბში გეომორფოლოგიური კარტოგრაფირება, არსებული მიმოხილვითი გეომორფოლოგიური რუკების გადასამოწმებლად, სტრუქტურულ-გეომორფოლოგიური ანალიზის და რელიეფწარმოქმნის პროცესების შესწავლისათვის.

წვრილმასშტაბიანი გეომორფოლოგიური კარტოგრაფირებისა და მიმოხილვითი გეომორფოლოგიური რუკების გადამოწმებისას პირველ ეტაპზე კოსმოსურ სურათს აორიენტირებენ და მოახდენენ მის ჰიფსომეტრიულ რუკაზე მიბმას, ხოლო შემდეგ კი ამოიცნობენ ოროგრაფიის ელემენტებს და გამოხაზავენ კონტურებში სხვადასხვა ტონის ქვონე განსაზღვრული (ამოცნობილი) უბნების რელიეფს, გამოყოფილი კონტური შეიძლება შეესაბამებოდეს გარკვეული ტიპის განვითა-

რებადი რელიეფის ფართობს (მაგალითად, სხვადასხვა გენეზისის ურთიერთშეპირაპირებული რელიეფის ტიპები, როგორიცაა ხრამ-ხეობების დანაწევრებული ქსელის სტრუქტურული პლატო) და სხვა. ასე რომ, კოსმოსური სურათები წარმოადგენენ ობიექტურ საფუძველს ეგზოგენური წარმოშობის დიდი ელემენტებისა და სხვადასხვა ტიპის რელიეფის გამოსაყოფად.

გეომორფოლოგიური წვრილმასშტაბიანი რუკების შესადგენად უნდა გვქონდეს ტოპოგრაფიული რუკები სურათის მასშტაბის ტოლი ან რამდენიმეჯერ უფრო მსხვილი და წვრილმასშტაბიანი, ან მიმოხილვითი გეოლოგიური რუკები. გავუკეთოთ ანალიზი ლიტერატურასა და კარტოგრაფიულ მასალებს, სადაც გაშუქებულია შესასწავლი რაიონის გეოლოგიური, გეომორფოლოგიური და ფიზიკურ-გეოგრაფიული თავისებურებანი.

სტრუქტურულ-გეომორფოლოგიურ ანალიზს იწყებენ დედამიწის ზედაპირის ყველაზე უფრო მსხვილი უბნების მოკონტურებით, რომელიც გამოირჩევა დედამიწის გეომორფოლოგიური განვითარების ტექტონიკური ეტაპის ხასიათით. ანალიზისათვის კი დაგვჭირდება იგივე შეკრებილი დამხმარე მასალები, რომელიც გამოვიყენეთ გეომორფოლოგიური კარტოგრაფირებისას. მსხვილი მორფოსტრუქტურის შემოკონტურება, მათი განლაგების კანონზომიერების გამოვლენა და მათი სახის განსაზღვრა (პირდაპირი, შექცეული, ჰეტერეგენური) სრულდება მხოლოდ შესაბამისი მასშტაბის გეომორფოლოგიური დეშიფრირების სქემისა და გეოლოგიური რუკების შეპირისპირებით. ეფექტი მნიშვნელოვანი იქნება, თუ გამოვიყენებთ გეოფიზიკურ მასალებსაც.

კოსმოსური სურათების სტრუქტურულ-გეომორფოლოგიური ანალიზის შესრულებისას დეშიფრირების მორფოსტრუქტურულ სქემას ადგენენ მსხვილი გეობლოკების და მათი გამწყვეტის დამრღვევი სისტემებით. შემდეგ შესაძლებელი ხდება მორფოსტრუქტურის სქემის ნებისმიერი დეტალიზაცია, ე. ი. მორფოსკულპტურის დეშიფრირება. გარდა ამისა, დეშიფრირების გეომორფოლოგიური სქემის ანალიზისას გამოყოფენ წვრილმორფოსტრუქტურულ ელემენტებს, რომელთა კანონზომიერი ორიენტირება დიდი ბლოკების შემოკონტურების საშუალებას გვაძლევს.

კოსმოსურ სურათებზე რელიეფი მკაფიოდ აისახება მხოლოდ ათობით და ასობით მეტრის მქონე ამაღლების ობიექტებისა, ამიტომ მათი შესწავლისათვის გამოიყენება სხვადასხვა სახის ინდიკატორი, რომელთაგან მთავარია ნიადაგ-მცენარეული საფარი, რომელიც საშუალებას გვაძლევს რელიეფი შევისწავლოთ მორფოლოგიურ-მორფომეტრიულ და გენეტიკურ ურთიერთობაში, მთიან გატყიანებულ რაიონებში მოუბელტავი ხეობის ქვა-ღორღიანი ჭალები კოსმოსურ სურათებ-

ზე ტყეებისა და საძოვრების მუქ ფონზე აისახებიან ნათელი ტონით.

კოსმოსური აეროსურათებით ეროზიული ქსელის დეშიფრირებისას გამოვლინდა, რომ 1:2 მლნ მასშტაბის სურათზე შეიძლება მივიღოთ 1:100 000 მასშტაბის ტოპოგრაფიულ რუკებზე ეროზიის ქსელის ასახვის სრული ინფორმაცია.

მთიანი ტერიტორიის სურათებზე გრავიტაციული ფორმის რელიეფი მოჩანს იქ, სადაც ჩამონგრეულ-ჩამოშლილი ფერდობებია, დელუვიური შლეიფები და სხვა.

კოსმოსურ სურათებზე კარგად გამოისახება სანაპირო რელიეფიც, სადაც კარგადაა გამოყოფილი აბრაზიული ნაპირები, რომელიც მკვეთრად ახასიათებს ნაპირებს: აკუმულაციური ნაპირები თავისი მდორე ფორმებით, ვიწრო ზოლის ნათელი ფერით აისახება პლაჟები, ლაგუნები. მნიშვნელოვანია აგრეთვე ის, რომ კოსმოსური სურათებით დეშიფრირების პირდაპირი ნიშან-თვისებებით, ტონითა და ტექსტურით შეგვიძლია გამოვყოთ აგრეთვე ადრინდელი უძველესი სანაპირო ხაზიც.

შავ-თეთრი გამოსახულების კოსმოსურ სურათებზე კარგად შეინიშნება ტყით დაუფარავი ტერიტორიის მცენარეული საფარი, თუმცა ძნელია გამოვყოთ ახლომონათესავე ტიპები. სურათებზე კარგად აისახება ეკოლოგიით, დანესტულობით, დამლაშებულობით და სხვა ფაქტორებით გამოწვეული მცენარეების ცვალებადობაც.

სტეპის, ნახევარუდაბნოს და უდაბნოს მცენარეული საფარის დეშიფრირება უკეთ სრულდება ფერად სინთეზირებულ სურათებზე ფერების ტონის გამოყენებით.

გადიდებული კოსმოსური სურათები 1:400 000 — 1:200 000 მასშტაბისა გამოიყენება ლანდშაფტური მეთოდით წინასწარი სატყეოსაინვენტარიზაციო დეშიფრირებისათვის, აგრეთვე ტყეთმოწყობის პირობების სქემის და ტყეების ჯიშობრივ (ფოთლოვანი, ნაძვი და სოჭი, ფიჭვი და კედარი), ასაკის (მოწიფული, ახალგაზრდა), სისრულის (0,5 — 0,8) გამოყოფაში. აეროფოტომასალებთან ერთად განისაზღვრება ტაქსაციური მახასიათებლები, ხოლო მიწისპირული დაკვირვებებით დაადგენენ დეშიფრირებულ მასალებთან კორელაციას, შემდეგ კი შეადგენენ მრავალ კარტოგრაფიულ მასალას: სატყეო გეგმებს, ტყეთა ტიპების რუკებს, ტყემცენარეულთა პირობებს და ა. შ.

მცენარეულთა შესწავლის მნიშვნელოვან თავისებურებას წარმოადგენს ადგილის ერთი და იგივე უბნის შესახებ ინფორმაციის მიღება სპექტრის ყველა დიაპაზონში, რომელიც შემდეგ მუშავდება ЭВМ-ზე, ცხრილებისა და რუკების მიღებით, სადაც გამოიყენება მარტივი კლასიფიკაციები: მწვანე საფარი, ნიადაგები, წყლის ზედაპირი, ან უფრო

რთული კლასიფიკაციები, მაგალითად, ფართობი, რომელზედაც ამოსულია სიმინდი, ქერი, ხორბალი, იონჯა, აგრეთვე აღნიშნული ხე-ტყის მცენარეების ტიპები. ობიექტების კლასიფიკაციის შედეგებმა გვიჩვენა, რომ ფერადი ინფრაწითელი სურათები ციფრობრივი სახით იძლევა უკეთეს მახასიათებლებს, ვიდრე მიღებული ცალკეული სპექტრული ზოლის შავ-თეთრი ფოტოგრაფია.

რუკების ავტომატური შედგენით, კოსმოსური სურათების საშუალებითა და ЭВМ-ის გამოყენებით შეგვიძლია საკმაოდ უტყუარად მოვახდინოთ მცენარეულთა კლასიფიკაცია: ტიპოლოგიურის, გეობოტანიკურის, მცენარეთა ცალკეული ტიპების (ტყეების, ჭაობების და ა. შ.) მიხედვით.

კოსმოსური სურათების დეშიფრირებით შეგვიძლია გამოვავლინოთ ცალკეული ლანდშაფტური ზონა. ლ ა ნ დ შ ა ფ ტ უ რ დ ე შ ი ფ რ ი რ ე ბ ა ს, როგორც ბუნების თვისებებისა და სხვა ელემენტების ინდიკატორს დიდი მნიშვნელობა ენიჭება.

ლ ა ნ დ შ ა ფ ტ შ ი გულისხმობენ გენეტიკურად ერთგვაროვან ბუნებრივ-ტერიტორიულ კომპლექსს, რომელსაც ერთნაირი რელიეფი, კლიმატი და გეოლოგიური საფუძველი აქვს.

მორფოლოგიურად ლანდშაფტი შედგება შემდეგი ერთეულისაგან: ადგილების, მხარეების, ქვემხარეებისა და ფაციებისაგან, რომლებიც მეორდებიან ლანდშაფტის ფარგლებში განცალკევებული უბნებით. რამოდენიმე მომიჯნე ურთიერთშეერთებული ფაცია შეადგენს სტრუქტურის მიხედვით ძალზე რთულ ბუნებრივ კომპლექსს მხარეს ან ლანდშაფტს.

ყველაზე მარტივი, მრავალჯერ განმეორებადი ლანდშაფტის ტერიტორიული ერთეულია ფაცია, რომლისთვისაც დამახასიათებელია მთელ გაგრძელებაზე ზედაპირული ქანების ერთნაირი ლიტოლოგია, რელიეფის ხასიათი, ტენიანობა, მიკროკლიმატი, ნიადაგური სხვაობა და ბიოცენოზი. პრინციპში ფაცია შეიძლება გავაიგივოთ ბიოგეოცენოზთან — ბიოსფეროს უმცირეს ნაწილებთან. მხარეები კი აერთიანებს რამოდენიმე ფაციას. ფაცია (რომელიც შეიძლება იყოს მცირე სიდიდისაც), შეიძლება გამოიყოს მსხვილ და საშუალო მასშტაბის აეროსურათებზე, რომლის ადგილზე გარჩევითობა 1 — 2 მეტრს შეადგენს. ლანდშაფტის უფრო მსხვილი სტრუქტურული ელემენტია მხარე. ბუნებრივ-ტერიტორიული კომპლექსის სისტემაში ძირითადი საწყისი ერთეულია — ლანდშაფტი, რომელსაც ასობით და ხან ათასობით კვადრატული კილომეტრი უკავია. ლანდშაფტისათვის დამახასიათებელია ერთნაირი ნიშნები და თვისებები, რომელიც გამოისახება მის გარე „ფიზიონომიურ“ სტრუქტურაში. სხვადასხვა რანგის ბუნებრივ-ტერიტორიულ კომპლექსს (ლანდშაფტს, მხარეს, ადგილს, ფაციას), ინდიკა-

ტორების თავისი კომპლექტი აქვს. ამიტომ ლანდშაფტური დეშიფრირების ამოცანაა გამოავლინოს სივრცობრივად განცალკევებული, ობიექტურად არსებულ საზღვრებში ბუნებრივ-ტერიტორიული კომპლექსი.

კოსმოსურ სურათებზე დაკვირვებით საზღვრები იყოფა ორ მსხვილ კატეგორიად: ა) ბუნებრივი საზღვრები, განპირობებული რელიეფით, ლიტოლოგიით, ჰიდროლოგიური და სხვა განსაკუთრებულობით; ბ) შემთხვევითი, დროებითი საზღვრები, რომლებიც დაკავშირებულია ერთჯერადი ანტროპოგენური ან ბუნებრივი ფაქტორების (ტყის ჩეხვით, ხანძრით, ქარქცევით, ტყეების მავნებლებით დაზიანება და სხვა) მოქმედებით. დროებითი საზღვრები ტყეების აღდგენით შეიძლება გაქრეს ან ნაკლებად შესამჩნევი გახდეს ან კიდევ შეიძლება სამუდამოდაც დარჩეს. მუდმივი საზღვრებისათვის დამახასიათებელია მრუდხაზოვნება, რომელიც შესაბამისებულია რელიეფთან, ჰიდროლოგიურ რეჟიმთან და სხვა. დროებით საზღვრებს ახასიათებს საზღვრების მკაფიოობა, მკვეთრი განსხვავება როგორც კოსმოსურ სურათზე, ისე ნატურაში. ასეთს მიეკუთვნება მაგალითად გაჩეხილი, გადამწვარი ან გამხმარი (მკვდარი) ტყეები და სხვა.

ტერიტორიის ლანდშაფტურად სწორ დაყოფას დიდი სამეცნიერო მნიშვნელობა აქვს, რადგანაც ლანდშაფტის ფარგლებში წყდება ისეთი საკითხები, როგორიცაა სატყეო-სამელიორაციო დარაიონება, ტყის ტიპების შერჩევა და მათი ადგილ-აღმოცენების პირობები, ნარგავთა მოდელირება, მათი ტაქსაციური სტრუქტურისა და სადეშიფრირო დამოკიდებულებათა შესწავლის მიზნით. დღეისათვის უკვე დაგროვილია ლანდშაფტურ საფუძველზე აეროკოსმოსური სურათების დეშიფრირების გარკვეული გამოცდილება სამთო რაიონების სატყეო-საინვენტარიზაციო სამუშაოებში. ლანდშაფტური მეთოდის გამოყენება მნიშვნელოვნად აფართოებს სატყეო დეშიფრირების შესაძლებლობებს, თუმცა მხოლოდ ერთი მეთოდი ვერ წყვეტს ტყეების მახასიათებლების კომპლექსის და სატყეო ფონდის ფართობების განსაზღვრის ყველა ამოცანას. გეოგრაფიული კანონზომიერებები კი ასრულებენ იმ ძირითად როლს, რომლითაც მთლიანად გამოვლინდება ტყეების ადგილ-აღმოცენების პირობები და აგებულების კანონზომიერება. ამიტომ იგი უნდა გამოვიყენოთ დეშიფრირების ანალიზურ-გაზომვით მეთოდთან შეხამებით, პირდაპირი და არაპირდაპირი ნიშან-თვისებების კომპლექსითა და სარგებლობით, მათი ყოველნაირი კორელაციური ურთიერთკავშირით.

კოსმოსურათების გეოლოგიური დეშიფრირების შედეგები, წიაღისეული სიმდიდრეების საბადოების ძიებისათვის, ჩვეულებრივ, ორი სხვადასხვა მეთოდის გამოყენებას ეფუძნება: 1) ლინეამენტისა (დანაოჭების) და გარღვეული სტრუქტურების გამოკვლევას ვიზუალური მეთოდებით; 2) გეოთერმული უბნების გამოსახუ-

ლებათა დამუშავებას ᲔᲑᲛ-ის გამოყენებით. დეშიფრირების დროს აუცილებელია გავარკვიოთ აგრეთვე მათ შორის ურთიერთდამოკიდებულება, დავადგინოთ კავშირი სტრუქტურებს შორის, რომელიც გამოიკვეთება, როგორც დედამიწის ზედაპირზე, ისე დედამიწის ქერქის სიღრმეში; დავიტანოთ სქემაზე რღვევით გამოწვეული ყველა გეოლოგიური კონტური და სტრუქტურული ხაზები განურჩევლად მათი სიგრძისა და მიმართულებისა.

ლინეამენტები ყველაზე უკეთ აისახება ინფრაწითელი (0,8 — 1,1 მკმ) დიაპაზონის კოსმოსურ სურათებზე. სურათების სპექტრული დამუშავებით ᲔᲑᲛ-ზე გამოავლინეს და რუკაზე დაიტანეს ხუთამდე ადრე უცნობი სპილენძის საბადო. პაკისტანის ცალკეული უდაბნოს რაიონში. ასეთივე დამუშავებამ ხელი შეუწყო აღმოეჩინათ ვერცხლისწყლის საბადოები კალიფორნიაში — იმ რაიონში, რომელიც ადრე საკმაოდ კარგად იყო შესწავლილი გეოლოგიური თვალსაზრისით. საქართველოში კოსმოსური სურათებით აღმოაჩინეს ნავთისა და გაზის ახალი პერსპექტიული რაიონები.

სტერეოწყვილი სურათებით საზღვრავენ ფარდობით სიმაღლეებსა და აგებენ ადგილის ჭრილებს, უკეთებენ ანალიზს ფერდობების ექსპოზიციას.

გეომორფოლოგიური დეშიფრირებისას სქემაზე გამოსახავენ რელიეფს, რელიეფწარმომნაქმნებს. სურათების ინფორმაციულობის გაზრდის მიზნით, დეშიფრირებისას რეკომენდებულია სხვადასხვა ბუნებრივ და ტექნიკურ პირობებში მიღებული რამოდენიმე კოსმოსური სურათის გამოყენება.

კოსმოსურ სურათებზე გამოიყოფა რელიეფის ფორმები: ფლუვიალური, ზღვის სანაპირო, ტბის სანაპირო, წყალქვეშა, კარსტულ-სუფოზური, მყინვარული, ეოლური, გრავიტაციული. თითოეულ მათგანს აქვს დამახასიათებელი თავისებურება.

სხვადასხვა სიგანის მდინარეების ხეობას ლენტისებური სახე აქვს. ტერასის კალთა გამოისახება დაკბილული წყვეტილი ხაზით.

ნაპირი ზღვებისა და ტბების გასწვრივ ზოლივით გაწელილი ზვირთის სახისაა. წყალქვეშა რელიეფში კარგად გამოიყურება ქვიშნარი ზვირთები, მეჩეჩები, წყალქვეშა ხეობები და კანიონები, მარჯნის კუნძულები და მათი გარემომცველი მეჩეჩები. დეტალურ სურათებზე გამოისახება ღია კარსტების წარმონაქმნი — ძაბრისმაგვარი ჩასაქცევები, ველები და სხვა. მყინვარული რელიეფიდან სურათებზე ამოიცნობა მორენები, მორენული ზვირთები, დაძრული ხეობები.

კოსმოსურ სურათებზე ქანების შემოკონტურება შეიძლება, მაგრამ მათი მიკუთვნება რომელიმე კატეგორიაზე გაძნელებულია. თუმცა ლოკალური სურათების ლითოლოგიურ-სტრატიგრაფიული დეშიფრი-

რება საშუალებას იძლევა გამოვყოთ მთის ქანების მთავარი გენეტიკური ტიპები: მაგმატური, დანალექი, ვულკანოგენური, მეტამორფული.

გვიანდელი კარსტული ფორმები გამოისახება მომრგვალო ფორმის ლაქების სახით, ხოლო ადრეული სტადიის კარსტები ამოიცნობა არაპირდაპირი ნიშან-თვისებებით: შეჯგუფებული ტაკირების არსებობით, ბუჩქნარებით, მცენარეულობათა ხვეულნარებით და ღრმულებით. ნიადაგებს და მათ ეროზიას ცალკე განვიხილავთ.

დეშიფრირების პირდაპირი ნიშან-თვისებებით (გამოსახულების ტონი, ფერი) ამოიცნობენ მცენარეული საფარით დაფარული და გადახნული ტერიტორიების ნიადაგების ტიპებს. სხვადასხვა ტიპის ნიადაგის გამოსახულებას კოსმოსურ სურათზე ისევე ამოიცნობენ, როგორც აეროფოტოსურათებზე დაწყებული თეთრი (მლაშობი) და ღია ნაცრისფერი (ყომრალი, წაბლისფერი ნიადაგები) ნიადაგებიდან შავ (შავმიწა, ტიპური, შავმიწა-მდელოს ნიადაგები) ტონამდე. თუმცა სხვადასხვა ტიპის ნიადაგებს ნესტიანობის, ეროზირებისა და სხვა ფაქტორების მიხედვით შეიძლება ჰქონდეთ დეშიფრირების პირდაპირი ნიშან-თვისებების სხვადასხვა სახე, ამიტომ იყენებენ აგრეთვე დეშიფრირების არაპირდაპირ ნიშან-თვისებებსაც — როგორიცაა მცენარეულობა.

კოსმოსური სურათებით შეგვიძლია შევისწავლოთ ნიადაგის საფარის სტრუქტურა (სხვადასხვა ტიპის ნიადაგების ტერიტორიული შეხამებით, რომელიც დამახასიათებელია სხვადასხვა ბუნებრივი პირობებისათვის) და შევადგინოთ ნიადაგების წვრილმასშტაბიანი რუკები.

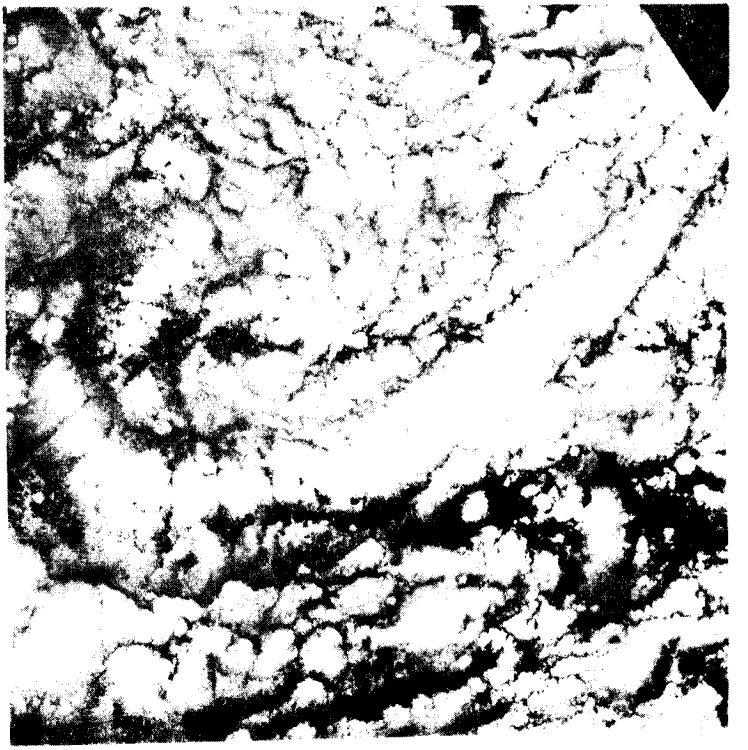
მცენარეულობით დაფარული ნიადაგების საფარის დიფერენციაცია სურათებზე უფრო უკეთ ვლინდება, ვიდრე დაუფარავი უბნებისა. ვაკე ადგილებისათვის ნიადაგების ზონალური ტიპების ცვლა უფრო ძნელად შეიმჩნევა, ვიდრე ნიადაგების შიდაზონალური ცვალებადობა, გამოწვეული რელიეფით, ტენიანობით ან დამლაშებით და ა. შ., რომელთა დახმარებითაც განსაკუთრებით მკაფიოდ გამოიყოფა ნიადაგური საფარი სტრუქტურა.

კოსმოსურ სურათებზე კარგად მოჩანს ეროზირებული ნიადაგები. ქარისმიერი ეროზია ხასიათდება ღია ტონის ნიადაგების დეფლაციური და ეოლური რელიეფის მიკროფორმის განვითარებით, ხოლო წყლისმიერი — ფერდობების ღია გადარეცხილი ნიადაგების უბნების მუქი ჩარეცხილი მიკროჩადაბლებული რელიეფის მონაცვლეობით.

კოსმოსური ტექნიკა დღეისათვის ყველაზე ეფექტური და ეკონომიური საშუალებაა მეტეოროლოგიაში. მეტეოროლოგიური თანამგზავრების სისტემა „მეტეორი" უკვე დიდი ხანია იძლევა ფასდაუდებელ ინფორმაციას სამეურნეო პრაქტიკისათვის. კოსმოსიდან

ტაიფუნებისა და გრიგალების გამომჟღავნება ხელოვნური თანამგზავრებით დღეს უკვე ჩვეულებრივ მოვლენად ითვლება (ნახ. 11.1). საზღვარგარეთის მეცნიერთა აზრით სამი დღე-ღამით წინასწარ 90 95% ამინდის უტყუარი პროგნოზირებით მთელი მსოფლიოსათვის კოსმოსურ მეტეოროლოგიურ სისტემებს შეუძლია უზრუნველყოს ყოველწლიური ეკონომია 60 მილიარდ დოლარამდე, ხოლო ჰიდრომეტეოსამსახურის არასრულყოფილი გაანგარიშებით ყოველ წელიწადს 700 მლნ მანეთის ფასეულობათა შენარჩუნების საშუალებას იძლევა.

ტელევიზიური და ინფრაწითელი სურათებით მოღრუბლულობის დეშიფრირებით გამოყოფენ ღრუბელთა საფარის ძირითად მახასიათებლებს: ღრუბელთა რაოდენობას, მათ ფორმას, სტრუქტურულ თავისებურებას და ა. შ., ღრუბელთა წარმოქმნის გარე სახეს, ზომებსა და მათ შორის დაშორებას.



ნახ. 11.1-ა. კოსმოსურ სურათზე გამოსახული სპირალური გრიგალის წარმოქმნის ცენტრი.



ნახ. 11.1. ატმოსფეროს ფენების ტალღისებური
(დიფრაციული) ცვლილება.

ტელევიზიური და ინფრაწითელი სურათების ერთობლივი დეშიფრირებით ყოველთვის უკეთ შეგვიძლია გამოვყოთ ღრუბელთა წარმოქმნის ტიპები და მათი საზღვრები. სხვადასხვა დროს გადაღებული სურათები გამოიყენება ღრუბლების მიმართულებისა და სიჩქარის განსაზღვრისათვის.

ლ ი თ ო მ ე ტ ე ო რ ი დ ა ჰ ი დ რ ო მ ე ტ ე ო რ ი. კოსმოსურ სურათებზე შეიძლება შევნიშნოთ ქარის მიერ თოვლის, ქვიშისა და მტვრის ნაწილაკების გადატანა ჰაერში, რომელიც თავის მხრივ წარმოქმნის „ღრუბლებს“ და აძნელებს დედამიწაზე ორიენტირების გამოჩენას ან მთლიანად ფარავს მათ.

კოსმოსში ყოველი ახალი გაფრენის წინ კოსმონავტთა მომზადების პროგრამაში ჩართულია აგრეთვე აგრონომიულ მეცნიერებათა ინსტრუქტაჟი, აგრონომ-სპეციალისტების მიერ.

კოსმოსური სურათები ს ო ფ ლ ი ს მ ე უ რ ნ ე ო ბ ა შ ი გამოიყენება სასოფლო-სამეურნეო წარმოების ოპერატიული ხელმძღვანელობისა და კონტროლისათვის, ამა თუ იმ სასოფლო-სამეურნეო წარმოების განვითარებისათვის ბუნებრივი პირობების შეფასებაში და მის სხვადასხვა მასშტაბში კარტოგრაფირებისათვის. სხვადასხვა დროს გადაღებული სურათების სერიებით შეგვიძლია გავაკონტროლოთ თითოეული მეურნეობის სამეურნეო მოღვაწეობა. სახელდობრ, სამიწათმოწყობო პროექტების ნატურაში გადატანა, აგროტექნიკურ ღონისძიებათა განხორციელება.

კოსმოსური მასალების გამოყენება მიზანშეწონილია დიდი რაოდენობით სასოფლო-სამეურნეო რუკების შესადგენად — ადმინისტრაციულ რაიონთა ჯგუფისა და ოლქების მეურნეობათაშორის მიწათმოწყობაში, მიწათსარგებლობის რუკების შესადგენად და სხვა. კოსმოსური სურათების მასალებით შესაძლებელია კამერალურად მივიღოთ სახნავი მიწების სისტემის ყველა მონაცემი. სურათებზე მკაფიოდ გამოირჩევა სასოფლო-სამეურნეო სარგებლობის მიწები — სურათზე გამოსახული მართკუთხა სტრუქტურების მიწათმოქმედების მასივებთან შეხამებით, როგორიცაა სასოფლო-სამეურნეო კულტურების შემადგენლობა, მაგალითად ორბიტალური კოსმოსური სადგური (ოკს) „სალუტით“ მიღებული მასალებით გამოვყოთ ხორბლის ნათესები, სიმინდის, მრავალწლიანი ბალახები, ანეული 70% სიზუსტით. განმეორებითი გადაღებებით ვეგეტაციის სეზონის განმავლობაში დეშიფრირების სიზუსტე შეიძლება ამაღლდეს 90%-მდე.

მოსავლის პროგნოზირების მიზნით სურათებით შეისწავლება სასოფლო-სამეურნეო კულტურების შემადგენლობა და მათი მდგომარეობა დიდ ფართობებზე. ამოცანა მდგომარეობს იმაში, რომ შევაფასოთ სურათებით ამოცნობილი კულტურები, რომლებიც მიღებუ-

ლია სურათებზე ვეგეტაციის სხვადასხვა ფაზებში. განვსაზღვროთ ფართობები, რომლებზედაც განლაგებულია სხვადასხვა სასოფლო-სამეურნეო კულტურები და მეტეოროლოგიური პირობების გათვალისწინებით გავიანგარიშოთ მოსალოდნელი მოსავალი. მაგალითად: ძირითადი მარცვლეული კულტურებისა და აგრეთვე ტექნიკური კულტურების განვითარების პროგნოზირების სიზუსტე მოცემული ხერხით შეადგენს 90 %-ს, რაც საკმაოდ კარგი მაჩვენებელია.

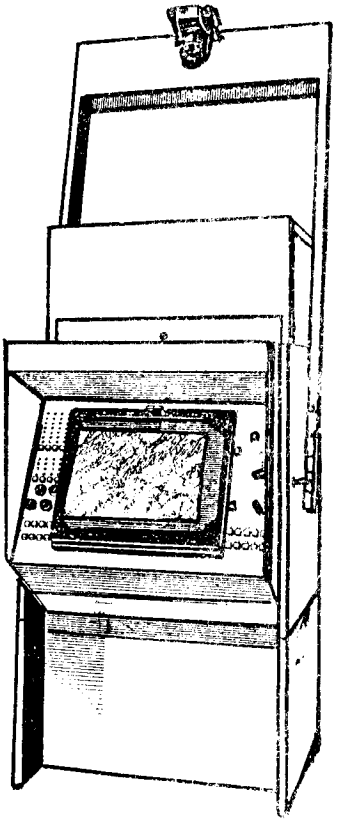
კოსმოსურ სურათებს დღეისათვის ფართოდ იყენებენ საძოვრების მცენარეულობის შესწავლისა და საძოვრების ინვენტარიზაციისათვის, საძოვრების მცენარეული საფარის ბიომასის შეფასებისათვის. სპექტრული სიკაშკაშით განისაზღვრება დეშიფრირების დროს საძოვრების მდგომარეობის შეფასება, მათი სეზონური ცვლილებები და სხვა.

ორბიტალურ კოსმოსურ სადგურ „სალუტიდან" მიღებული სურათებით შედგენილი მიწის სავარგულების რუკები და ჩატარებული ინვენტარიზაცია სრულებით არ ჩამოუვარდება თავისი ხარისხითა და სიზუსტით მრავალ წელს რუდუნებით შედგენილ მსხვილმასშტაბიან მიწათსარგებლობის გეგმებს. ასეთი გეგმების სწრაფი მოძველება შეიძლება კონპენსირებული იქნეს მხოლოდ კოსმოსური სურათებით. კოსმოსური სურათებით შეგვიძლია მივიღოთ სახნავი მიწების გამოყენების მონაცემები, სწორად განვსაჯოთ მიწათმოქმედების სისტემა, გამოვყოთ სურათებზე მინდორსაცავი ზოლები, ეროზიის საწინააღმდეგო და თოვლდამჭერი სოფლის მეურნეობის კულტურების თესვის ზოლები, სუფთა ანეულები, თესლბრუნვაში მრავალწლიანი ბალახები, სარწყავი სისტემები და სხვა.

11.4 მრავალზონალური კოსმოსური სურათების დეშიფრირება

აერო და კოსმოსური საფრენოსნო აპარატებიდან მრავალზონალური თემატური ინფორმაციის მისაღებად პრაქტიკაში დღეისათვის ძირითადად იყენებენ ორ ძირითად მიმართულებას — სკანერულსა და ფოტოგრაფიულ საშუალებებს. მიღებული მასალების დეშიფრირებისათვის იყენებენ ციფრობრივ მეთოდებს დიდი მახსოვრობის ეგმ-ს. დიდი ინფორმაციული მასივების სწრაფი დამუშავების უპირატესობა აშკარაა, მაგრამ გამოიყენება აგრეთვე დამუშავების ვიზუალურ-ფოტოგრაფიული და ფოტოგრამმეტრიული მეთოდებიც. თუმცა დამუშავების მწარმოებლობით ისინი ჩამოუვარდებიან ეგმ-ს, მაგრამ სამაგიეროდ უზრუნველყოფენ ობიექტის სპექტრული მახასიათებლების უფრო ზუსტ გაშიფვრასა და უფრო ზუსტ მათ ლოკალიზაციას.

ექვსი სხვადასხვა კომბინაციის ფირი-შუქფილტრის მრავალზონა-



ნახ. 11.2 მრავალზონალური ...
...ტორი МСП-4

ლული ფოტოკამერა МКФ-6М და მრავალზონალური პროექტორი „მსპ-4" (ნახ. 11.2) ოთხი სხვადასხვა ფირიშუქფილტრის კომბინაციებით, განკუთვნილია ვიზუალურ-ფოტოგრაფიული დემონსტრირებისათვის. უზრუნველყოფს მაღალი სიზუსტის შედეგების მიღების სხვადასხვა სახის სახალხო მეურნეობაში გამოყენებისას. ეს გამომდინარეობს როგორც მათი ტექნიკური პარამეტრებიდან, ასევე უკვე მიღებული პრაქტიკული შედეგებიდანაც.

ობიექტის ფოტოგამოსახულების ფერადი სინთეზირებისას ერთდროულად შეიძლება გამოვიყენოთ სხვადასხვა სპექტრული დიაპაზონში მიღებული 2 ... 4 ფოტოგრამული გამოსახულება, რომელთაგანაც თითოეული მათგანი ცალკე ობიექტური ხარისხით პროექტირდება საკუთარ ეკრანზე გამოსახულების 5-ჯერ გადიდებით. სხვადასხვა ფერების შეხამება ხორციელდება სპეციალური შუქფილტრებით (ლურჯი, მწვანე და წითელი), რომელიც თითოეულ ობიექტურ არხშია ჩართული. ფერადი გამოსახულების სინთეზირებისას საჭირო სიკაშკაშის თანაფარდობის შერჩევას უზრუნველყოფენ პროექციულ ხათურათა არხების შუქის ძალის ინდივიდუალური რეგულირებითა და ნებისმიერ ამ არხებში ნეიტრალური შუქფილტრების შეტანით.

„მპს-4" ეკრანზე მიღებული სინთეზირებული გამოსახულებას უკეთებენ ფოტოგრაფირებას ფოტოკამერით ნეგატიურ ან შექცევად ფერად ფირზე, ან კინოკამერით კინო ნეგატიურ ფერად ფირზე. ანდა ფერად ფოტოქაღალდზე. პირველ შემთხვევაში გამოსახულებას ღებულობენ ფოტოკამერის შესაბამისი კადრის ზომაში, ხოლო მეორე შემთხვევაში ეკრანის ზომებში.

„მსპ-4" შეგვიძლია ოპერატიულად შევარჩიოთ ფერების შეხამება ისე, რომ უზრუნველყოთ უმეტესად ეკრანზე აეროკოსმოსური სურათების ვიზუალური დემონსტრირების უდიდესი მაღალი ეფექტურობა.

მრავალზონალური ფოტოგრაფირებისას გამოსახულებას იღებენ

უფრო მაღალი გარჩევითობით, ვიდრე სამფენოვანი ფერადი ან სპექტროზონალური ფოტოფირით გადაღებისას. ამავე დროს, ობიექტების უფრო მაღალი კონტრასტულობით. მრავალზონალური გადაღებების გამოყენება სატყეო საქმეში ძალზე პერსპექტიულია. სინთეზირებული გამოსახულება ტყეების ჯიშობრივი შემადგენლობის დიფერენციაციის უფრო მაღალ შედეგებს იძლევა. ვიდრე ფერადი სპექტროზონალური გამოსახულება.

სინთეზირებულ ფერად სურათზე (მწვანე, წითელ და ახლო ინფრაწითელ ზონაში) ფოთლოვანი ტყეები გამოისახება ღია მწვანე ფერის შეფერილობით იმისდა მიხედვით, თუ როგორია ასაკი და ბონიტეტი: ფიჭვნარები — ერთგვაროვანი მოწითალო-მოყავისფრო, ნაძვნარები — მუქი ყავისფერი მოწითალო ფერით, ხოლო ცალკეული ნაძვნარი ზოლი კი შავი ზოლის სახით.

მუქი წიწვოვანი ტყეები (ნაძვი, სოჭი, კედარი), რომელთაც სხვა ტყეებთან შედარებით დაბალი სიკაშკაშის კოეფიციენტი აქვთ, ყველა დიაპაზონის (0.5 — 1 მკმ) სურათზე გამოისახება უფრო მუქი, თითქმის შავი ფერით. ფოთლოვან ტყეებს უფრო დიდი კონტრასტი აქვთ 0.8 — 1 მკმ დიაპაზონის სურათებზე. ბალახეული საფარი 0.5 — 0.7 დიაპაზონის ხემცენარეულის ფონზე ღია რუხი ტონისაა, ხოლო 0.7 — 0.8 და 0.8 — 1 მკმ დიაპაზონზე კი უკვე აღარ აქვს მნიშვნელოვანი ტონებრივი განსხვავება ფოთლოვან ტყეებთან.

დეშიფრირების მნიშვნელოვანი ნიშან-თვისებაა გამოსახულების სტრუქტურა, რომელშიც შეგვიძლია გამოვყოთ სხვადასხვა ფიზიკურ-გეოგრაფიული და ლანდშაფტური ზონები.

ტყის სტეპის ზონას აქვს ბოჭკოვან-უჯრედოვანი გამოსახულების სტრუქტურა, ხოლო სტეპის ზონას გამოსახულების შედარებით თანაბარი უჯრედოვანი სტრუქტურა დიფუზურად განაწილებული მუქი რუხი ფერის სხვადასხვა კონფიგურაციის ლაქების სახით, რაც გამოწვეულია მცენარეული საფარის სხვადასხვა მდგომარეობით.

აღნიშნული ზონები, და მათ შორის ტუნდრის ზონაც, ზამთარში კოსმოსურ სურათებზე უფრო შეიმჩნევა მკაფიოდ, ვიდრე ზაფხულში, რაც დაკავშირებულია თოვლის საფარის წარმოქმნასთან, რომელიც საფარის ზედაპირის გამოსახულებას კონტრასტული ტონით აძლიერებს. თოვლის საფარის ფონზე კარგად მოჩანს ტყის მასივები. ტუნდრის, ტყე-ტუნდრისა და ტაიგის ზონებს შორის საზღვრები ადვილად გაიშიფრება. ტაიგის ზონაში უფრო გარკვევით გამოისახება, აგრეთვე, მდინარის ჭალები და დაჭაობებული უბნები.

მრავალზონალური კოსმოსური სურათებით მცენარეული საფარის შესწავლამ მცენარეთა ძირითადი ტიპების გამოვლინების საშუალება მოგვცა. დიდი მნიშვნელობა ენიჭება ფერად სინთეზირებულ (მწვანე,

წითელი და ახლო დიაპაზონის) სურათებს, რომლებიც იძლევიან უფრო მეტ მკაფიო ტონებს, რომლითაც შეგვიძლია გამოვყოთ ტყეების შემადგენლობა და ტიპები. გამოვავლინოთ მცენარეულთა საფარის საერთო ზონალური ტიპოლოგიური კანონზომიერებანი, სურათებზე ფერით ან ფერთა შეხამებით გარკვევით გაირჩევა მცენარეთა ტიპები და ქვეტიპები.

მდელოს მცენარეებს ფერად სინთეზირებულ სურათზე გამოსახულების წითელი ფერი აქვს. გაჯერების შესაბამისად შეიძლება გამოვყოთ ლიანა (ბარდები, ლერწმის, ლელის და წყალში ჩაძირულ-ლეროებიანი მცენარეები მთელი ვეგეტაციის პერიოდში). ტბების განაპირად შეთავსებული (მუქი წითერი ფერი) და ლელიანი მდელოები (ღია ყვითელი ან მოყვითალო წითელი ფერით). ინფრაწითელ ზონაში უფრო გარკვევით გამოისახება მუქი ტონით წყლის ზედაპირი. ხოლო კონტრასტი ხმელეთსა და წყალს შორის მაქსიმალურია.

სურათზე ტონთა ერთობლიობა, რომელიც ახასიათებთ სპექტრის სხვადასხვა ზონებს, საშუალებას იძლევა გამოვავლინოთ განსხვავებული ნიადაგის ტიპები: უდაბნოს, ქვიშნარი, მდელოს, ჭაობის და ა. შ. ნიადაგის ოპტიკური მახასიათებლებით სურათებზე ქვიანი და ქვიშიანი უბნები გამოისახება რუხი ფერით, ხოლო სპექტრო-ზონალურ სინთეზირებულ სურათებზე კი რუხ-მწვანე და ყავისფერ ფერებში.

ნიადაგების დეშიფრირებისათვის საჭიროა განსაკუთრებულად შეკარჩიოთ სპექტრის ზონები. მაგალითად, ცისფერი ზონა საშუალებას იძლევა ოპტიმალურად ამოვიცნოთ ბიცი (მლაშობი), ბიცი-მდელო, მომლაშო-ბიცი ლანდშაფტები. სახნავი მიწები, რომლებიც მიეკუთვნება ლანდშაფტის განსახღვრულ ტიპებს, წარმატებით ამოიცნობა წითელ ზონაში. მაგალითად, მიწათმოქმედება სტეპის რაიონებში ძირითადად ურწყავია, ხოლო სტეპის უდაბნო, უდაბნოს და მთისპირა ვაკე უმეტესად სარწყავია.

მრავალზონალური სურათები კარგ ინფორმაციას იძლევა მნიშვნელოვანი სიგრძის მდინარის კალაპოტის ფორმირების პირობების შესახებ და გვეხმარება კალაპოტისა და ჭალების ლოკალურ თავისებურებათა განსაზღვრაში. მრავალზონალური სურათებით შეგვიძლია გამოვავლინოთ ჭალების სხვადასხვაგვარი ასაკობრივი გენერაცია, ფორმირების ხასიათი და სტადია, მათი ფარდობითი სიმაღლეების ცვალებადობა. სურათებით ადვილად დეშიფრირდება დინების ქცევა, გამოვლინდება ჭალების დატბორების ეტაპები, ჭალების მორფოლოგიური სტრუქტურა, ჭალებისა და შენაკადების ურთიერთკავშირი, მდინარეთა სტაბილური და ვარდნის უბნები. ეს მონაცემები კი გამოიყენება შენაკადების მარეგულირებელი პროექტის დასასაბუთებ-

ლად. გამოსახულების შავი ტონით, რომელიც კარგად კონტრასტდება ხმელეთთან და დეშიფრირების პირდაპირი ნიშან-თვისებების გამოყენებით შეგვიძლია განვსაზღვროთ ჰიდროგრაფიის საზღვრები, თუ გამოვიყენებთ როგორც ფერად სინთეზირებულ 1:400 000 მასშტაბის (წითელ, მწვანე და ახლო ინფრაწითელ ზონაში), ისე 1:200 000 მასშტაბის შავ-თეთრ (ცისფერი, წითელი და ახლო ინფრაწითელი ზონა) სურათებს. მრავალზონალური კოსმოსური სურათებით შეგვიძლია გამოვავლინოთ სწრაფცვალებადი ნაკადთანმხლები მეჩეჩები, რომლებიც ტოპოგრაფიულ რუკებზე არ არის ასახული და თუ არის, ისიც თავის ადგილზე არ არის. გარდა ამისა, ტოპოგრაფიულ რუკებზე არ ასახავენ, აგრეთვე, ჭალების მრავალ ტბას, რომელიც ხმელეთის და წყლების კონტრასტის მეშვეობით კარგად გამოირჩევა სურათებზე.

მრავალზონალურ სურათებზე ადვილად გამოირჩევა ჭალებსზემო ტერასები, რომლებიც ტოპოგრაფიულ რუკებზე ხშირად არ არის დატანილი. ჭალების ტონი უფრო მუქია, ვიდრე ტერასის ტონი. ცალკეულ საფეხურსაც აქვს სხვადასხვა ტონი, ასაკი და განსხვავებული მცენარეული საფარიც, დაწყებული მეჩეჩების ბუჩქებიდან ზედა ტერასების სხვადასხვა სიმაღლისა და ასაკის ტყეებამდე.

ჰიდროლოგიური სრული ინფორმაციის მიღება შესაძლებელია მხოლოდ სინთეზირებული ფერადი და შავ-თეთრი ზონალური სურათების კომპლექსური დამუშავებით.

მრავალზონალური სურათებით გეომორფოლოგიური კარტოგრაფირება ხდება საშუალო და წვრილ მასშტაბში. მაგალითად, კამერალურ პირობებში პირდაპირი ნიშან-თვისებებით კარგად დეშიფრირდება დახეთქილი და დატეხილი დანარღვევები, ბლოკური ნეოსტრუქტურული ფორმები, რელიეფის მსხვილი ელემენტები, ვლინდება თანამედროვე რელიეფის ფორმირებაში ტექტონიკის როლი. სპექტრის ზონების მიხედვით სხვადასხვა სურათი შემდეგი ინფორმაციის მატარებელია: ა) ახლო ინფრაწითელ (0,81 მკმ) ზონაში — უკეთ ამოიცნობა ჭაობები, ტბები და მდინარის ხეობის დანესტიანებული უბნები, გამოსახულება აქვთ მუქი ტონიდან შავ ტონამდე; პირველი სამი რიგის დახეთქილი დანარღვევები გამოსახულ საფეხურებად, ჩამონაყარ რელიეფად; მსხვილი მდინარეების ხეობების სწორი მონაკვეთები, ტექტონიკური ხევები, რომელთაც არა აქვთ დინების ერთიანი სისტემა: მორფოსტრუქტურის მსხვილი ელემენტები — მწვერვალები, თხემები, ქედის ფერდობები და ამაღლებები; ბ) წითელი (0.66 მკმ) ზონა — დეტალურადაა წარმოდგენილი მცენარეულობის, ანტროპოგენური ობიექტების, ტექტონიკის გამოსახულება. მცენარეულობა აქ ხელს უშლის მსხვილ გეომორფოლოგიური ფორმების დეშიფრირებას, თუმცა კი სადაც ისინი არ არის, კარგად მოჩანს ლითოლოგიური შემადგენ-

ლობის ქანები და ეგზოგენური წარმოშობის რელიეფის მცირე ფორმები: გ) მწვანე (0.53 მკმ) ზონა — დეშიფრირების პირდაპირი ნიშან-თვისებებით კარგად ამოიცნობა დახეთქილი, ბლოკური ნეოსტრუქტურული ფორმები, რელიეფის ძირითადი ელემენტები, მაგრამ წინა ზონებთან შედარებით ცუდად ჩანს მორფოსტრუქტურის (ფერდობები და სხვა) ელემენტები.

მრავალზონალურ კოსმოსურ სურათებზე კარგად გამოიყოფა შუამდინარეთის საზღვრები მდინარეთა ველის სახით, შუამდინარეთის ფორმა გეგმაში, მათი მასურობა, ეროზიული დანაწევრების სიხშირე და მათი სიმეტრიის ხარისხი, წყალგამყოფი ხაზები, ჩამონგრეულ-ჩამონაშალი, ჩამოშლილი მრუდხაზოვანი ფერდობები. შუამდინარეთი იყოფა შემდეგ ტიპებად: ა) მასური შუამდინარეთი — იზომეტრიული ან გეგმაში სუსტად წაგრძელებული ფორმა, სხვადასხვა სიმაღლობა, ერთნაირი დანაწევრიანობა, წყალგამყოფი ხაზის კლაკნილობა; ბ) შუამდინარეთის ჯაჭვი — აქვს გაწელილი ოვალური სახე ან სიგრძე-სი განის არანაკლები 4:1 ფარდობის ზოლი; გ) ჩონჩხისებრი შუამდინარეთი — აქვს 80 მეტრზე ნაკლები დანაწევრების სიღრმე, ფართობი დაკავებულია სოლიფლუქციური ფერდობებითა და, მათზე ამოწეული განცალკევებული სოპკებით.

მრავალზონალური კოსმოსური სურათების გ ე ო ლ ო გ ი უ რ ი დეშიფრირებით გამოვლენილია მსხვილი დანაოჭებული სისტემები, დახეთქილი და დარღვეული კოლოსალური ზონები, ადრე უცნობი წრიული წარმონაქმნები, წიაღისეული სიმდიდრეების განლაგების ახალი სტრუქტურული კანონზომიერებანი და მათი პროგნოზირების დასახვა. ყველაზე ოპტიმალური შედეგი მიიღება სხვადასხვა ფერადი სინთეზირებული სურათების შეხამებით. მინერალების ამოცნობა და ანალიზი სრულდება მათი არეკვლითი მახასიათებლებით. დედამიწის ზედაპირიდან არეკვლილი სხივური ტალღა თავისი ინტენსიურობითა და პოლარიზაციით იცვლება. ზედაპირული ფენების ამრეკლი თვისებები განისაზღვრება მათი ქიმიური შედგენილობითა და სისქით (ხორკლიანობით). ამ ფაქტორების ერთობლივ მოქმედებას, სხივის არეკვლის ხასიათზე, მივყავართ მინერალების რეალური პარამეტრების ცვლილებასთან, რომელიც შედის სამთო ქანებისა და ნიადაგების შედგენილობაში. დეშიფრირების ოპტიმალური მეთოდიკის შემუშავებისათვის საჭიროა ვისარგებლოთ სპეციალური პოლიგონით, რომლის საშუალებითაც გამოვავლენთ დეშიფრირების ნიშან-თვისებებს (ფერი, ფორმა, სივრცითი მდებარეობა, გამოსახულების სტრუქტურულ-ტექსტურული მახასიათებლები, ფოტოტონის სიმკვრივე და სხვა) გეოლოგიური ობიექტების ტიპების შესაბამისად.

მრავალზონალური სურათების მნიშვნელოვანი თავისებურებაა მა-

თით სოციალურ-ეკონომიკური ასპექტების შესწავლა. კერძოდ, მოსახლეობისა და ას კაცზე მეტად დასახლებული პუნქტების შესწავლა. სურათების საწარმოო-ფუნქციონალური ტიპის დასახლებული პუნქტების გამოვლენა მათი საქმიანობის სახეებით წარმოადგენს აუცილებელ ამოცანას, რაც ყველაზე ოპტიმალურად ამოიხსნება სოფლის დასახლებებით, სადაც ჩვეულებრივ, ერთფუნქციური საწარმოო ტიპია. დაყენებული ამოცანის სწორად გადასაწყვეტად გამოიყენება ფერადი სინთეზური 1:2000 000 და უფრო მსხვილი ზონალური მასშტაბის სურათები, აგრეთვე 1:100 000 და უფრო მსხვილი მასშტაბის აეროსურათები (იხ. მრავალზონალური სინთეზური სურათი. სურათზე კარგად მოჩანს რელიეფის ელემენტები, ჰიდროგრაფია, დასახლებული პუნქტები, სასოფლო-სამეურნეო სავარგულები, გეოლოგიური სტრუქტურები, ღრუბლები და მათი ჩრდილები, ბაიკალის ტბა, სხვადასხვა ტიპის ძირითადი დასახლებული პუნქტების მნიშვნელოვანი გზებით).

სასოფლო-სამეურნეო კულტურების დაწვრილებით დაყოფითა და საკვები თესლბრუნვით შეგვიძლია გამოვავლინოთ სასოფლო-სამეურნეო დასახლებული პუნქტები მეცხოველეობისა და მემცენარეობის მიმართულების ქვედანაყოფებით.

ბუნებრივი ლანდშაფტითა და დასახლებული პუნქტების საწარმოო ტიპის სამეურნეო გამოყენების განსაკუთრებულობით, გამოვლენილი მრავალზონალური კოსმოსური სურათებით ადგენენ ტერიტორიის დარაიონების რუკებს მათი სამეურნეო გამოყენების სახეებით.

კოსმოსურ სურათებზე სპექტრის ხილულ უბანში გზები საერთოდ გამოსახულების ჩვეულებრივი ტონით გამოიყოფა. გაუმჯობესებული ყამირის გზები, რომელთაც მაღალი არეკვლითი თვისებები აქვთ, ამ სურათებზე ნათელი ხაზებით აისახება. ახლო ინფრაწითელ ზონაში ზონალურ სურათებზე კარგად მოჩანს რკინიგზები და მყარი საფარის მქონე გზების მუქი ხაზები, მაშინ, როცა ყამირ გზებს ნაკლები კონტრასტი აქვთ. ეს კი შესაძლებელს ხდის გზათა ქსელის მოხაზულობის ანალიზი მოვახდინოთ ორი მიმართულებით: 1) სპექტრის ხილული უბნის სურათებით გამოვავლინოთ დასახლებული პუნქტების შიდა სარაიონო ყამირი და გაუმჯობესებული ყამირის გზები; 2) ახლო ინფრაწითელი ზონის სურათებით კი დასახლებულ პუნქტებს შორის სარაიონო გზები მყარი საფარით.

სურათებზე გამოვლენილი საავტომობილო გზების ქსელით შეგვიძლია განვსაზღვროთ ტრანსპორტის ყველაზე უფრო ინტენსიური მოძრაობის მიმართულება და შევადგინოთ დატოტვილი კავშირი დასახლებულ პუნქტებს შორის.

ახლო ინფრაწითელ ზონაში საგზაო ქსელის გამოვლენისას უნდა

გვახსოვდეს, რომ მყარი საფარის გზების მოხაზულობა სურათებზე წვრილია და ნაკლებად დიფერენცირდება, ხოლო ახლო ინფრაწითელ ზონაში გარჩევითუნარიანობა დაბალია, ვიდრე ხილულ უბანში, რის გამოც მიზანშეწონილია დეშიფრირება შევასრულოთ ერთდროულად რამოდენიმე ზონაში, მაგალითად, ინფრაწითელ და წითელში. აგრეთვე გამოვიყენოთ ფერადი სინთეზირებული სურათები, 1:100 000 და უფრო მსხვილი მასშტაბის აეროფოტოსურათები.

მრავალზონალური კოსმოსური ინფორმაციის ანალიზმა გვიჩვენა მათი გამოყენების შესაძლებლობები ს ა ს ო ფ ლ ო-ს ა მ ე უ რ ნ ე ო სავარგულების ტიპების ამოცნობაში, სახნავი მიწების საზღვრების გატარებაში, მიწის ფონდების სტრუქტურის შესწავლაში, სხვადასხვა სასოფლო-სამეურნეო კულტურების გამოყოფაში, მიწათსარგებლობის გეგმებისა და რუკების კორექტირებაში. სურათზე გეომეტრიული მოხაზულობითა და გამოსახულების გარეგნული ხასიათით, ტონით, აგრეთვე სხვა ნიშან-თვისებებით შეგვიძლია გამოვავლინოთ მიწათსარგებლობის განსაკუთრებულობა. მაგალითად, ორბიტალურ სადგურ „სალუტიდან" მიღებული სურათების დეშიფრირებისას გამოიყენეს ტოპოგრაფიული და მიმოხილვით-ტოპოგრაფიული რუკები, აეროფოტოსურათები, გეგმები, მიწათსარგებლობის რაიონული სქემები, ქერის, სიმინდის, საგაზაფხულო ხორბლის ორგანოგენეზის ეტაპების რუკები. გარდა ამისა, გამოიყენეს მეტეოროლოგიური სამსახურის აგროკლიმატური ბიულეტენები, სახელმწიფო მეურნეობების, მინდვრების მასალები. კამერალური დეშიფრირებით მიღებული მასალები შეადარეს მიწისზე- და გამოკვლევების მონაცემებს და მიწების სავარგულების რუკებს, რომლებიც შედგენილი იყო იმავე რაიონის მსხვილი მასშტაბის მიწათსარგებლობის გეგმებიდან.

აქაც, ისევე როგორც აეროფოტოსურათების დეშიფრირებისას, გამოიყენება გამიფვრის ნიშან-თვისებები (ფორმა, ზომა, ტონი და გამოსახულების სტრუქტურა). მრავალზონალურ სურათებზე ადვილად გამოიყოფა ნახნავები, ტყეები, ბუჩქნარები, ბუნებრივ საკვებთა სავარგულების მსხვილი მასივები, ნაკლებმკაფიოდ გამოსახული ობიექტები, მათში მცირე ზომის ნახნავები, საძოვრები, სათიბები, ნასვენი მიწები და ა. შ. ამოიცნობა არაპირდაპირი ნიშან-თვისებებით.

ლ ა ნ დ შ ა ფ ტ უ რ ი სტრუქტურების შესწავლისათვის უფრო ინფორმაციულია ის სურათები, რომლებიც მიღებულია წითელ, ცისფერ და ინფრაწითელ ახლო ზონაში, აგრეთვე სინთეზირებული ფერადი სურათები (მწვანე, წითელი და ინფრაწითელის ახლო ზონა).

ტონებისა და ფერთა კონტრასტი, ლანდშაფტური კონტურების გეომეტრიული მოხაზულობა და მათი საზღვრების ხასიათი, აგრეთვე გამოსახულების თავისებური მოხაზულობა საშუალებას იძლევა გამოვყოთ ლანდშაფტის სხვადასხვა ტიპი.

დეშიფრირებისას იყენებენ 1:500 000 — 1:300 000 მასშტაბამდე გადიდებულ შავ-თეთრ გამოსახულებას და ფერად სინთეზირებულ სურათებს. გამოიყენება აგრეთვე სხვადასხვა სახის გეოლოგიური, სტრუქტურულ-ტექტონიკური, გეობოტანიკური, ტყეთმოწყობისა და ტოპოგრაფიული გეგმურ-კარტოგრაფიული მასალები.

ლანდშაფტური რუკების შედგენისას პირველ ეტაპზე ინფრაწითელი ახლო ზონის სურათებით გამოავლენენ ტერიტორიის სტრუქტურულ-ტექტონიკურ თავისებურებებს, ასეთ სურათებზე უფრო მკაფიოდ გამოისახება რელიეფის თავისებურებანი, გეოლოგიური აგებულება, ტექტონიკური სტრუქტურა და გარღვეულობა. მეორე ეტაპზე სურათებზე დეშიფრირებას უკეთებენ (ან გეოლოგიური რუკებიდან გადააქვთ) ერთი ტიპური ლითოლოგიის სამთო ქანების გავრცელების კონტურებს. მესამე ეტაპზე ინფრაწითელი ახლო უბნის სტერეოწყვილი სურათებით მიმართავენ გეომორფოლოგიურ დეშიფრირებას, გამოყოფენ სხვადასხვა მორფოსტრუქტურის უბნებს, ხოლო მათ შიგნით — რელიეფის ცალკეულ ფორმებს. მეოთხე ეტაპზე შეასრულებენ მცენარეთა დეშიფრირებას ლანდშაფტური ერთეულის კარტოგრაფირებული გამოყოფით: რაიონის, სოფლის, ზონის, სახეობის, ტიპის, ჯგუფის და კლასის მიხედვით.

ლანდშაფტური დეშიფრირებისას გამოიყენება დეშიფრირების პირდაპირი და არაპირდაპირი ნიშან-თვისებები. მაგალითად, შავ-თეთრი გამოსახულების სურათებზე მუქ წიწვოვან ტყის უბნებს წითელ და ინფრაწითელ ახლო ზონაში შეესაბამება ყველა მუქი (მთლად გამავებამდე) ფოტოტონი. ინფრაწითელი ახლო ზონის სურათები საშუალებას გვაძლევს უფრო უტყუარად გავატაროთ ბუნებრივი კომპლექსების საზღვრები, რომლებიც ხაზგასმულია ტექტონიკური რღვევებით და აქვთ განსხვავება რელიეფის ფორმებში.

მრავალზონალური კოსმოსური სურათები ფართოდ გამოიყენება ამინდის პროგნოზირებისას, კლიმატისა და მ ე ტ ე ო რ ო ლ ო გ ი უ რ ი მდგომარეობის შესასწავლად. ასეთ სურათებზე კარგად ამოიცნობა სხვადასხვა სახის ღრუბელთა წარმოქმნა, რაც საშუალებას გვაძლევს საავდრო ღრუბლებით გავუკეთოთ პროგნოზირება მათ ამა თუ იმ რეგიონთან მოახლოებას. სურათებით საზღვრავენ მათ მიმართულებასა და სიჩქარეს. მრავალზონალური კოსმოსური სურათები მნიშვნელოვან როლს ასრულებს თოვლით დაფარული ფართობის დადგენაში და წლის დროის მიხედვით მათი დნობის სტადიების დაზუსტებაში. ამ დროს, ცხადია, იყენებენ დამხმარე მასალებსაც — მიწისზედა მეტეოსადგურების დაკვირვებებით. ამ მასალების ერთობლივი დამუშავებით კი ანალიზს უკეთებენ კლიმატის მრავალწლიურ, სეზონურ და თვიურ ცვლილებებს.

სპექტრის წითელი ზონის კოსმოსური სურათების დეშიფრირებით სწავლობენ გლაციოლოგიას. ასეთ სურათებზე სათლად გამოიყოფა ყინულისა და თოვლის საფარის საზღვრები. მრავალზონალური კოსმოსური სურათებით ყინულის გამოვლენის სისრულე ასპროცენტიანია, ხოლო ხარისხით მნიშვნელოვნად ჭარბობს მიმოხილვითი ტოპოგრაფიული რუკების მონაცემებს. დეშიფრირება რეკომენდებულია ინტერპრეტასკოპით. საერთოდ მყინვარების დეშიფრირებისას რეკომენდებულია ყველა ზონალური სურათის კომპლექსურად გამოყენება.

მრავალზონალურ კოსმოსურ სურათებს მნიშვნელოვანი აღგილი უკავია ოკეანოლოგიაშიც. მაგალითად, დეშიფრირების პირდაპირი ნიშანთვისებებით შეგვიძლია დავადგინოთ და გამოვყოთ წყლების თხელი და ღრმა რაიონების ფსკერის მცენარეულობა, ხოლო ხმელეთის პირზე კი – მლაშობი, ქვიშნარი, სანაპირო ხაზი, გამოშრობადი მეჩეჩები და სხვა. მრავალზონალურ კოსმოსურ სურათებზე კარგად მოჩანს ფსკერის რელიეფის ფორმებიც. თუ წყალში სხვადასხვა სიღრმეზე ჩავუშვებთ მღებავ ნივთიერებებს, გადაღების წინ მრავალზონალური სურათებით შეგვიძლია დავადგინოთ სხვადასხვა სიღრმეში დინებების მიმართულება და სიჩქარე. სუფთა წყლები სურათებზე აისახება მუქი შავი ტონებით, ხოლო სხვადასხვა მინარევებით გაჭუჭყიანებული კი ღია ნათელი ზოლებით. ეს კი საშუალებას გვაძლევს გამოვყოთ მდინარეების, ზღვებისა და ოკეანეების გაჭუჭყიანების საზღვრები და მკაცრი კონტროლი დავაწესოთ მათზე. რითაც ბუნების დაცვის საკითხებში და მის რაციონალურად გამოყენებაში ბუნებრივი კომპონენტებისა და ლანდშაფტის ანალიზში მრავალზონალურ გადაღებას მკვლევარისათვის მნიშვნელოვანი ამოცანების გადაწყვეტა შეუძლია.

სამეცნიერო-ტექნიკური რევოლუციის ეპოქაში, როდესაც კაცობრიობის საზოგადოების ზემოქმედება გარემოზე წარმოუდგენელი მასშტაბით იზრდება, ადამიანისა და ბუნების ურთიერთმოქმედების პრობლემის შესწავლა, ანტროპოგენური კომპლექსების გამოკვლევა, მათი კარტირება, კლასიფიკაცია და ბუნების რაციონალური გამოყენება დღეს განსაკუთრებულ მნიშვნელობას იძენს ფიზიკურ გეოგრაფიაში, კერძოდ კი ლანდშაფტმცოდნეობაში.

ანტროპოგენურ ლანდშაფტს* მიეკუთვნება როგორც ადამიანის

*ანტროპოგენური ლანდშაფტის კლასიფიკაციაზე მეცნიერებაში დღემდე ერთობლივი აზრი არ არსებობს (მილკოვი, რიაბჩიკოვი, კურაკოვი, ბესარაბოვი, ჯავახიშვილი და სხვა). ზოგიერთი ცნობილი მეცნიერი (კალესნიკი, ისაჩენკო და სხვა) საერთოდ უარყოფს ან საეჭვოდ ხდის ანტროპოგენური ლანდშაფტის არსებობას. ზოგიერთი მეცნიერი ანტროპოგენური ლანდშაფტის კლასიფიკაციას ზედმეტად დაწვრილებითაც აკეთებს, მაგრამ ავტორის აზრით დ. უცლებას მიერ შემუშავებული ანტროპოგენური ლანდშაფტის კლასიფიკაცია უკეთ ასახავს ადამიანის ბუნებაზე ყოველგვარ ზემოქმედებას, განსაკუთრებით კი მთიანი რეგიონის ანტროპოგენური ლანდშაფტის კარტირებისათვის.

ანტროპოგენური ლანდშაფტის კლასიფიკაცია (დ. უკლებას მიხედვით)

ანტროპოგენური ლანდშაფტი			მიწათსარგებლობის ძირითადი ფორმები
ლანდშაფტის კლასი	ლანდშაფტის ტიპი	ლანდშაფტის სახეობა	
1	2	3	4
1. კულტურული ლანდშაფტი	1) სასოფლო-სამეურნეო ლანდშაფტი	ა) მრავალწლიანი კულტურების ლანდშაფტი ბ) მარცვლეული კულტურების ლანდშაფტი გ) ბაღ-ბოსტნების კულტურები დ) ტექნიკური კულტურები ე) ტერასული მიწათმოქმედება	1) ციტრუსების კულტურები 2) ჩაის პლანტაციები 3) ვენახი 4) ხეხილის ბაღები 5) მარცვლეული კულტურების მინდვრები (სიმინდი, ხორბალი, ქერი და სხვა). ბაღ-ბოსტნების). მზესუმზირა, ეთერზეთოვანი, ბამბა, სელი და სხვა. მთიან-ხეობათა ტერასები
	2) სამრეწველო (ტექნოგენური) ლანდშაფტი	ა) ფაბრიკა-ქარხნების კომპლექსის ლანდშაფტი ბ) სამთო გამონამუშევრის ლანდშაფტი გ) სატრანსპორტო კომუნიკაციის ლანდშაფტი	ხელოვნურად გაშიშვლებული (ღია კარიერები) მიტოვებული შახტები, ნავთობ-გაზის კოშკურები და სხვა. საავტომობილო და რკინისგზები.
	3) ანტროპოგენურ-აკვალური	ა) წყალსაცავების და სარწყავი და ამოსაშრობი სისტემების ლანდშაფტი	წყალსაცავები და სარწყავ-ამოსაშრობი სისტემები
	4) დასახლებული (სელიტებური)	ა) დასახლებული პუნქტების ლანდშაფტი	ქალაქები და სოფლები
	5) სატყეო ანტროპოგენური ლანდშაფტი	ა) ტყე-კულტურების ლანდშაფტი	ხელოვნური ტყეები, ქარსაცავი ზოლები. პარკები და ა. შ.

1	2	3	4
	6) ბელიგერატიკული ლანდშაფტი		სამხედრო თხრილების ლანდშაფტი
	7) სათიბ-საძოვრების ლანდშაფტი	მდელოები და საძოვრები	საძოვრები (კულტურული, ალპური, სუბალპური და სხვა).
	8) სატყეო დარღვეული ლანდშაფტი	ა) მეჩხერი ტყეების ბ) სამთო ტყეების გ) ბუჩქნარების	სატყეო ტერიტორიები

ზემოქმედებით ხელახლად შექმნილი ლანდშაფტები, ისე ყველა ის ბუნებრივი კომპლექსები, რომლებშიც ადამიანის ზემოქმედებით ნებისმიერმა მათმა კომპონენტმა განიცადა ძირფესვიანი ცვლილება მცენარეთა და ცხოველთა სამყაროს ჩათვლით.

ანტროპოგენური ლანდშაფტი დ. უკლებას მიხედვით იყოფა შემდეგ კლასებად:

დეშიფრირების მნიშვნელოვანი ნიშან-თვისებაა ობიექტების გამოსახულების სტრუქტურა, რომლითაც ანტროპოგენური ლანდშაფტი გამოიყოფა ანტროპოგენური წარმოშობის მკვეთრი არასწორი საზღვრებით, გარემოს უცვლელი სტრუქტურით. ამ შემთხვევაში მრავალზონალურ სურათებზე დეშიფრირებისას, განსაკუთრებით კი წითელი სპექტრის ზონაში, დიდ დახმარებას გვიწევს გამოსახულების ტონი. ამ სურათებით შეგვიძლია გამოვყოთ ანტროპოგენური ლანდშაფტის მოდიფიკაცია და ერთდროულად გამოვავლინოთ ტერიტორიის მოხნულობისა და ეროზირების ხარისხი და ა. შ. ინფრაწითელი ახლო უბნის სურათებით კი დავაზუსტოთ კონტურების საზღვრები და განვსაზღვროთ მცენარეულობათა მდგომარეობა.

შესრულებული სამუშაოს შედეგების მიხედვით ადგენენ ანტროპოგენური ლანდშაფტის მოდიფიკაციისა და მათი ცვლილებების რუკებს.

გარემოს ცვლილებების ხარისხის ანალიზისას ადგენენ ანტროპოგენური ზემოქმედების განვითარების პროგნოზს. ამავე დროს, ითვალისწინებენ იმასაც, რომ ანტროპოგენური ობიექტების თითოეულ ჯგუფს თავისი გაშიფვრის ნიშან-თვისებები, და საერთოდ, კონტურთა გეომეტრიულობა, სწორხაზოვნობა, მკვეთრი საზღვრები აქვს, რომელიც არ შეესაბამება ბუნებრივი ობიექტების ხასიათს.

11.5 სპეციალური სახის (არაფოტოგრაფიული) გამოსახულებების დეშიფრირება

როგორც უკვე აღვნიშნეთ, გამოსაკვლევი ობიექტებისა და მოვლენების შესახებ სხვადასხვაგვარი მახასიათებლების მისაღებად დღეისათვის აუცილებელი და საჭირო ხდება დიდი მოცულობის ინფორმაციის მიღება და მათი ოპერატიული დამუშავება.

არაფოტოგრაფიული გამოსახულების დისტანციურ მეთოდებს დიდი პოტენციალური შესაძლებლობები აქვთ აერო და კოსმოსურ ფოტოგრაფიულ გამოსახულებებთან შედარებით, რადგანაც დროსა და ამინდის პირობებს არაფოტოგრაფიული გადაღებებისათვის არავითარი მნიშვნელობა აღარ ენიჭება.

ადგილის ობიექტების დეშიფრირების პირდაპირი და არაპირდაპირი ნიშან-თვისებები და სისტემათა უხარი - გადმოსცეს გამოსახულებაზე მათი განიღბვის თვისებები, არაფოტოგრაფიული გამოსახულების დეშიფრირების დროს ინფორმაციის ძირითად წყაროს წარმოადგენს.

არაფოტოგრაფიულ გამოსახულებაზე ობიექტების გაშიფვრის ნიშან-თვისებები ეფუძნება ობიექტის ყველა ნიშან-თვისების ჯამის განსაზღვრასა და მათ გარემო ფონს. გამოსახულების დეშიფრირების ნიშან-თვისებები დამოკიდებულია არა მარტო თვით ობიექტის განიღბვის ნიშან-თვისებაზე, არამედ დამოკიდებულია, აგრეთვე გადაღების პირობებზე, ფოტოლაბორატორიული დამუშავების ხარისხზე, გამოსახულების გარჩევითუნარიანობაზე და სხვა.

11.5.1 რადიოლოკაციური გამოსახულების დეშიფრირება

განვიხილოთ ობიექტების ნიშან-თვისებები რადიოლოკაციური გადაღების მაგალითზე, რომლის განიღბვის მნიშვნელოვან ნიშან-თვისებასაც წარმოადგენს ობიექტის არეკვლის უნარი და ფონი, რომელიც ჰქმნის რადიოლოკაციური გამოსახულების სტრუქტურასა და ტონს. საბოლოო ჯამში კი ობიექტის გაშიფვრის ყველა პირდაპირ და არაპირდაპირ ნიშან-თვისებას.

ზედაპირის საფარის არეკვლის უნარი დამოკიდებულია მრავალ ფაქტორზე, რის გამოც ადგილის რადიოლოკაციური გამოსახულება სხვადასხვა სახისაა. ეს კი საშუალებას გვაძლევს ერთმანეთისაგან გავარჩიოთ ობიექტები და მათი ცალკეული დეტალები, კერძოდ, ფერდობის პირდაპირი და შებრუნებული გამოსახულების განსხვავებული ტონით განვსაზღვროთ რელიეფის ხასიათი. მშრალი და დანესტილი, გლუვი და ხორკლიანი ზედაპირის განსხვავებული არეკვლითი თვისებები საშუალებას იძლევა განვსაჯოთ ლანდშაფტის თავისებურებანი, ასე, რომ ზედაპირის საფარის არეკვლითი თვისებების ცოდნას რადიოლო-

კაციური გამოსახულების დეშიფრირებისათვის პრინციპული მნიშვნელობა აქვს.

დეშიფრირების მნიშვნელოვან ნიშან-თვისებას მიეკუთვნება, აგრეთვე, ობიექტის გამოსახულების ფორმაც; რაც თავის მხრივ რადიოლოკაციური გამოსახულების გეომეტრიიდან გამომდინარე, დამოკიდებულია დამზერის კუთხეზეც. მაგალითად, მნიშვნელოვანი კუთხით მზერის შემთხვევაში ობიექტებს, რომლებსაც გააჩნიათ ამაღლება, აისახება დამახინჯებით, რომელიც ახლოსაა პერსპექტიულთან. მაგრამ რამდენადაც ამ დროს წარმოიქმნება კარგად ხილვადი ჩრდილი, ასეთი ობიექტების დეშიფრირება ადვილდება.

დეშიფრირების მნიშვნელოვანი ნიშან-თვისება არის გამოსახული ობიექტის ზომებიც, რამდენადაც რადიოლოკაციური სურათი წარმოადგენს (გარკვეული დაშვებით) ორთოგონალურ პროექციას, რომლის მასშტაბიც გამოსახულების ველზე მუდმივი რჩება. ობიექტის ნამდვილი ზომები შეიძლება განისაზღვროს შემდეგი თანაფარდობით:

$$L = l \cdot m \qquad (11.1)$$

L და l — შესაბამისად ობიექტის ზომებია ადგილზე და გამოსახულებაზე; m — მასშტაბის მნიშვნელია.

ამ ფორმულით მსხვილი ობიექტების ზომების გამოთვლისას შეცდომა ნამდვილ მნიშვნელობასთან არ აღემატება 10%. ადგილის რელიეფის შემთხვევაში შეცდომაც შესაბამისად იზრდება.

რელიეფით გამოწვეული გადაადგილების სხვაობა გამოითვლება ფორმულით:

$$R_0 - R = \triangle R = R\left[\sqrt{1 + \frac{h + (2h - h)}{R^2}} - 1\right], \qquad (11.2)$$

სადაც R — გამშლელ ხაზზე გამოსახული ობიექტის სიმაღლეა ზედაპირიდან; R_0 — მანძილი, რომელიც სინამდვილეში უნდა გამოსახულიყო, რომლის უცნობი პარამეტრები გამოითვლება:

$$R_0 = R^2 + h(2H - h)$$

H — გადაღების სიმაღლეა;

h — ამაღლება.

დეშიფრირების ნიშან-თვისებებიდან განსაკუთრებით აღნიშვნის ღირსია ჩრდილი, რომელიც აძლიერებს სტერეოეფექტს. ჩრდილის საშუალებით სწრაფად და სწორად შეგვიძლია გავაორიენტიროთ რადიოლოკაციური სურათები.

არაფოტოგრაფიული გამოსახულების მნიშვნელოვან დეშიფრირების ნიშან-თვისებაა არაპირდაპირი ნიშან-თვისებაც. მაგალითად, ნავთობისა და გაზის საბადოს ადგილმდებარეობის აღმოჩენა გეოლო-

გიური დეშიფრირებისას შესაძლებელი ხდება ადგილის რელიეფისა და ზედაპირის საფარის შემადგენლობის გათვალისწინებითა და ურთიერთშედარებით.

მცენარეული საფარის დეშიფრირებით, ტყეებისა და ბუჩქნარის განცალკევების მიზნით, ითვალისწინებენ დახაოჭებულობასა და გარემომცველი რელიეფის ფორმებს შორის მათ მდებარეობას.

რადგანაც რადიოლოკაციური გამოსახულების გარჩევითუნარიანობა შედარებით დაბალია (10 – 15 მ) საშუალებას არ იძლევა ამოვიცნოთ ადგილის მცირე ზომის დეტალები, რომლებიც საჭიროა რადიოლოკაციური სურათების ორიენტირებისათვის და მათი გეოგრაფიულ ან გეოდეზიურ კოორდინატთა სისტემაში მიბმისათვის. ქვემოთ განვიხილოთ რადიოლოკაციური გამოსახულებით ობიექტების დეშიფრირება. ტოპოგრაფიული დეშიფრირებისას რადიოლოკაციური გამოსახულების ანალიზის თანამიმდევრობა მდგომარეობს შემდეგში:

სურათებს აორიენტირებენ ისეთნაირად, რომ გამოსახულების ნათელი უბანი მიმართული იყოს მდეშიფრირებელისგან წინ, ჩრდილი კი მდეშიფრირებლისაკენ. ერთნაირი სახის გამოსახულების ფართობებს (ერთგვაროვან სტრუქტურას გამოყოფენ) შემოხაზავენ პუნქტირით ან ყვითელი საღებავით, შემდეგ ამ ფართობებს გაუკვეთებენ ანალიზს, ნათელსა და მუქი ფერის ელემენტებს და მათ გეომეტრიულ კონფიგურაციას დააკონტურებენ;

განსაზღვრავენ რადიოლოკაციურ ჩრდილს (ფორმებს, ზომებს, მიმართულებებს), გამოსახულების სტრუქტურას (გლუვი, მარცვლოვანი, ლაქებისებრი, უხეში, არარეგულარული მაკროსტრუქტურა);

შეაფასებენ ადგილის ნაკადულების ხასიათს (დენდრიტი, პარალელურნი, ნამგლისებურნი და ა. შ.), გამოყოფენ იმ ფართობებს, სადაც ნაკადულები არ არის ან პირიქით, იმ ფართობებს, რომელიც ხასიათდება მაღალი ხარისხის ნაკადულების სისტემით, შეაფასებენ ამავე დროს ნაკადულთა სიხშირეს; შეაფასებენ ადგილის ტოპოგრაფიას. რადიოლოკაციური ჩრდილის ფორმის სიდიდეებითა და ნაკადულთა სიხშირით გამოავლენენ ადგილის რელიეფის ფორმებს, განსაზღვრავენ ადგილის ტოპოგრაფიულ ობიექტებს (მათ შორის შეაფასებენ ხელოვნური ობიექტების სახეებს და ა. შ.), განახორციელებენ საკვლევი ფართობების საერთო შეფასებას ამოცნობილი ობიექტების სახეებითა და მათი ურთიერთგანლაგებით. შეადგენენ საჭირო დასკვნებს, ადგილის გენეტიკურ და მორფოლოგიურ სტრუქტურას გრუნტების ტიპებზე და პარამეტრებზე, რაც შესაბამისი ამოცანის გადასაწყვეტად არის საჭირო.

დ ა ს ა ხ ლ ე ბ უ ლ ი პ უ ნ ქ ტ ე ბ ი ამოიცნობა მათი დამახასიათებელი სწორხაზოვანი ფორმებით, გამოსახულების ღია ნაცრისფერი

ტონით, მუქი გზებითა და მაგისტრალებით, რადიოლოკაციური ჩრდილებით. დასახლებული პუნქტების გამოსახულება რადიოლოკაციურ სურათზე წააგავს მათ მსხვილმასშტაბიან ტოპორუკებზე ასახვას. უმრავლეს საწარმოო ობიექტს ახასიათებს თავისი სპეციფიკური ნიშნები. რომელიც გვეხმარება ობიექტების ეტალონებით ამოცნობაში. დასახელებული პუნქტების შიგნით კარგად დეშიფრირდება ჰიდროგრაფია, მცენარეულობა, მაგისტრალური ქუჩები, ყოველგვარი გზები და ქუჩები, ცალკეული ნაგებობები და ა. შ. განსაკუთრებული ყურადღება უნდა მიექცეს იმას, რომ ქალაქის მაღალსახლებიან კვარტალებში ხშირად შეგვხვდება ორი ან სამი მართი კუთხით მიმართული ზედაპირული სიბრტყის კომბინაციები, რომლის ვერტიკალურ სიბრტყეებად მიღებულია მაღალი სახლების კედლები, ხოლო ჰორიზონტალურად — დედამიწის ზედაპირი შეერთებული ამ სახლებისადმი. ასეთ გიგანტურ რეფლექტორთა არეკვლის მიმართულებები ძირითადად დამოკიდებულია ზედაპირის სარკულ თვისებებზე. რადიოლოკაციურ გამოსახულებებზე კარგად აისახება გზები, რომელიც ძირითადად ღია ნაკრისფრად ან ზოგჯერ ნაკრისფერ და მუქ ნაკრისფერში აისახება. მაღალი ყრილის შემთხვევაში წარმოიქმნება ჩრდილი. რკინიგზები კარგად ამოიცნობა თავისი მუდმივი თანაბარი სიგანის ვაკისით, აგრეთვე არაპირდაპირი ნიშან-თვისებებით. როგორიცაა განშტოება, სათადარიგო გზები. რკინიგზის ნაგებობები და სხვა. საავტომობილო გზებსა და რკინისგზებს რადიოლოკაციურ გამოსახულებაზე არა აქვთ მკვეთრი განსხვავება. თუ საავტომობილო და რკინიგზის მიმართულებები ემთხვევა ერთმანეთს, მაშინ რადიოლოკაციურ გამოსახულებაზე საავტომობილო გზები უფრო ნათელი ტონით აისახება: ხოლო თუ მათი მიმართულებები იკვეთება, მაშინ უფრო მუქი ტონით გამოისახება. რაც შეეხება გზების ამოცნობას, კლასების მიხედვით, ტოპორუკისა და აეროსურათების გამოყენების გარეშე შეუძლებელია.

რადიოლოკაციურ გამოსახულებაზე მუქი ტონით კარგად ამოიცნობა წყლის ზედაპირი. ნაკადულებისა და ტბების ან ზღვების ნაპირის დაკლაკნილობა, მათთვის დამახასიათებელი თვისებებით ჰიდროგრაფიის ქსელის დეშიფრირება სირთულეს არ წარმოადგენს (2).

რადიოლოკაციური გამოსახულების სურათები ფართოდ გამოიყენება გლაციოლოგიაში. რადგანაც მასზე კარგად განიხილება ყინულოვანი საფარი თავისი მორფოლოგიური და ტექტონიკური სტრუქტურით. ასეთი სურათებით მიღებული ინფორმაცია უფრო თვალნათლივია და დეტალურია თავისი მორფოლოგიით, ვიდრე აეროფოტოსურათებით. ყინულების დიდი კონტრასტებით ადვილად შეგვიძლია გამოვავლინოთ უფრო მცირე ყინულოვანი შენაკადები ან სხვა მყინ-

ვარული წარმონაქმნები. გლაციოლოგიური მიზნებისათვის უმჯობესია რადიოლოკაციური გადაღებები ჩავატაროთ ზაფხულობით, რადგანაც ყინულის ზედაპირი აბლაციის პერიოდში უფრო ხაოიანია. სიმკვრივეცა და ფორიანობაც იცვლება, რაც თავის მხრივ იწვევს რადიოლოკაციური სიგნალის დიფუზიურ გაბნეულობას და შესუსტებას, ანუ საბოლოო ჯამში გამოსახულების სხვადასხვა სიმკვრივეს.

არეკვლილი სიგნალის ხასიათზე მნიშვნელოვან გავლენას ახდენს ადგილის რელიეფი. მთიანი რაიონების გამოსახულების ტონი დამოკიდებულია სიგნალის ფერდობების ზედაპირის მიმართ ორიენტირებაზე. ღია ნაცრისფერი ტონით გამოისახება ის კალთები, რომელიც მიმართულია გამოსხივების წყაროსკენ, ხოლო საწინააღმდეგო კალთები, რომელიც დაცულია უშუალოდ რადიოსივნალების მოხვედრისგან, აისახება მუქი ტონით. ვაკე ადგილისათვის მნიშვნელოვან როლს ასრულებს ცალკეული ფორმის ორიენტირება, ზედაპირის ხაოიანობა, მცენარეული საფარი, ტენიანობა და ა. შ.

ნიადაგების დეშიფრირებისას რადიოლოკაციურ გამოსახულებაზე ძირითად გავლენას ახდენს ზედაპირის ხაოიანობა, გამტარუნარიანობა და დიელექტრიკული შეღწევადობა. ნიადაგიდან არეკვლილი სიგნალის შესუსტებაზე გავლენას ახდენს მცენარეულობა (სიგნალის ნიადაგში შეღწევა და უკან დაბრუნება). მცენარეულობა წარმოადგენს აგრეთვე დეშიფრირების ინდიკატორსაც. რადგანაც ტენიანობის მცირედი ცვალებადობაც იწვევს მცენარეულობის ცვალებადობასაც. ნიადაგის დეშიფრირებისას მნიშვნელოვან ინდიკატორს წარმოადგენს აგრეთვე რელიეფი, რამდენადაც რელიეფის მიხედვით იცვლება ტენიანობა, ნიადაგის საფარის სიმძლავრე, მისი ბიცობიანობა, წყლის რეჟიმი.

შედარებით ადვილად ამოიცნობა რადიოლოკაციური გამოსახულების სურათებზე მ ც ე ნ ა რ ე უ ლ ო ბ ა. გამოსახულების ღია ტონი, აგრეთვე სტრუქტურა გვიჩვენებს ტყის მასივების, ბუჩქნარებისა და კულტურული ნარგავების გავრცელებას. ცნობილია, რომ ბუჩქნარები უფრო უტყუარად ამოიცნობა დაჭაობებულ და მდინარის ჭალებში, რაც თავის მხრივ წარმოადგენს დეშიფრირების არაპირდაპირ ნიშან-თვისებას. დეშიფრირების მნიშვნელოვანი ნიშან-თვისებაა, აგრეთვე, ჩრდილი ტყის მასივების საზღვრებზე. ტყეების ტიპების განსაზღვრისათვის საჭიროა მოვახდინოთ რადიოლოკაციურ გამოსახულებათა სტრუქტურის ეტალონირება. ეს კი დაგვეხმარება მივიღოთ ტყის მასივების რაოდენობრივი და ხარისხობრივი მაჩვენებლები. კულტურული ნარგავები, პარკები, განაკაფები ამოიცნობა როგორც გამოსახულების ტონით, ისე მათი ფორმებით. ტყის სიმაღლე შეიძლება განისაზღვროს ჩრდილებით. რადგანაც ტყის მასივების საზღვრებთან და

სატყეო გზებთან ჩრდილი სხვადასხვა სიგრძისაა. ამიტომ საჭიროა, რომ ტყის სიმაღლის დასადგენად ჩრდილები გაიზომოს ოთხ-ხუთ ადგილას. სიმაღლედ მიიღება მათი საშუალო.

რადიოლოკაციური გამოსახულების სურათებზე სასოფლო-სამეურნეო სავარგულები განსხვავდებიან ტყის მასივებისაგან უფრო მუქი ტონებით. მაგალითად ზაფხულის სურათებზე კარგად მოჩანს თესლბრუნვის მინდვრები, ხოლო ზამთრის სურათებზე კი გამოსახულების საერთო ტონი თანაბარია და მარცვლოვანი სტრუქტურით ხასიათდება. ზაფხულის სურათებზე სათიბ-საძოვრები შედარებით ადვილად ამოიცნობა მდინარეების სიახლოვით, ჩაღრმავებული დაბლობებით, ტენიანი ადგილებით და სხვა.

რადიოლოკაციური გამოსახულების გეოლოგიური ელემენტების დეშიფრირებამ დიდი ინტერესი გამოიწვია როგორც ჩვენში, ისე საზღვარგარეთ. მიღებული აქვთ 1:50000-დან 1:400000 მასშტაბის ადგილის ცალკეული უბნის რადიოლოკაციური გადაღებები (სურათები). გამოსახულების წვრილი მასშტაბი საშუალებას იძლევა მოვახდინოთ დიდი ფართობის დეშიფრირება და გამოვავლინოთ ის ობიექტები, რომლებიც აეროსურათებზე არ ამოიცნობიან.

რადიოლოკაციური გამოსახულების გეოლოგიური დეშიფრირების პირდაპირი და არაპირდაპირი ნიშან-თვისებებით შეგვიძლია გამოვავლინოთ ნავთობისა და გაზის ინდიკატორები, განვსაზღვროთ ზედაპირის ქვეფენილობის შემადგენლობა. ცნობილია, რომ გეოლოგიური აგებულების თავისებურების გამოვლენის ერთ-ერთი ინდიკატორია ადგილის რელიეფი. ადგილის წვრილი დეტალების ასახვა რადიოლოკაციური გამოსახულების სურათებზე (განსაკუთრებით მთიანი რაიონების) შესაძლებლობას აძლევს აღმოვაჩინოთ დანაოჭებული და დარღვეული, ღია და დახურული, დენდრიტული და რკალისებრი გეოლოგიური სტრუქტურები. მაგალითად, დანარღვევებისა და დახეთქილების ინდიკატორად გამოიყენება ჰიდროგრაფიული ქსელის ელემენტების ორიენტირება, რომელთა მიმართულებაც ვლინდება მდინარის ჭალების მუხლისმაგვარი მოღუნულობით, შენაკადებითა და ტბების სწორი გეომეტრიული ფორმებით.

11.5.2. ინფრაწითელი გამოსახულების დეშიფრირება

ინფრაწითელი გამოსახულების დეშიფრირების დროს აუცილებლად უნდა ვიცოდეთ, რომ ისინი შეიცავენ ინფორმაციას ქვეფენილი ზედაპირის ტემპერატურის შესახებ, რასაც მთელ რიგ სიძნელეებთან მივყავართ და რაც გამოწვეულია ნაკადის ინტენსიურობის ცვალებადობით, ეს კი თავის მხრივ დამოკიდებულია ქვესაფენი ზედაპირის

სითბურ-ფიზიკურ თვისებებზე, მეტეოროლოგიურ პირობებზე, დროზე, გეოგრაფიულ განედზე, რელიეფზე და ალბედოზე.

აღნიშნული პარამეტრები გავლენას ახდენენ ინფრაწითელი გამოსახულების ტონზე, აქვეითებენ კონტრასტულობას, ხანდახან კი მთლიანად ცვლიან გამოსახულების ტონს ღია ტონიდან მუქ ტონამდე, რაც დაკავშირებულია ქვესაფენის ზედაპირის დღე-ღამის განმავლობაში არათანაბარ გათბობასთან.

ინფრაწითელი გამოსახულება, რომელიც მიიღება ინფრაწითელი აპარატურით, ჩვეულებრივი აეროფოტგადაღებისაგან განსხვავებით, ხასიათდება მრავალი უპირატესობით, რის საშუალებითაც შეგვიძლია მივიღოთ ისეთი ინფორმაცია, რომლის სხვა საშუალებით მიღება არ შეგვიძლია.

ინფრაწითელი გამოსახულების ერთ-ერთი უპირატესობა მდგომარეობს იმაში, რომ მათ აქვთ დაკვირვებისათვის ცნობილ საგნებს შორის უჩვეულო არაბუნებრივი კონტრასტის გადანაწილება, რაც გამოწვეულია ზედაპირის ოპტიკური ხასიათის სხვადასხვაგვარი გადანაწილებით ხილულისაგან განსხვავებით უხილავ ინფრაწითელ ზონაში. ეს განსაკუთრებულობა საშუალებას გვაძლევს აღმოვაჩინოთ ინფრაწითელ გამოსახულებაში ის საგნები, რომლებიც ჩვეულებრივ აეროფოტოსურათებზე შეუმჩნეველია. მაგალითად, გამოვავლინოთ ტყის მასივებში ის უბნები, რომლებიც დაზიანებულია ტყის მავნებლებით ან არახელსაყრელი გარემოს პირობებით (გამონაბოლქვი გაზები, კვამლი, ქიმიკატები და სხვა.).

ინფრაწითელი გამოსახულების მეორე უპირატესობაა გამოსახულების აგება, გარდა არეკვლილი გამოსხივებისა მონაწილეობს შინაგანი საკუთარი გამოსხივება, ხოლო მრავალ შემთხვევაში კი — მხოლოდ საკუთარი. ეს უკანასკნელი კი აეროფოტოგადაღებისაგან განსხვავებით, საშუალებას გვაძლევს გადასაღები ობიექტის შესახებ მივიღოთ დამატებითი ინფორმაცია, რომელიც პრინციპულად ახალ შესაძლებლობებს ჰქმნის. ცნობილია, რომ საკუთარი გამოსხივება დამოკიდებულია საგნების ზედაპირის გამოსხივების უნარიანობაზე, მათ ტემპერატურაზე. გამოსხივების უნარიანობა საშუალებას გვაძლევს განვსაჯოთ გამომსხივებელი სხეულის ენერგეტიკული მდგომარეობა, ე. ი. ინფრაწითელ გამოსახულებაზე თბოგამოსახულების გამოყენება, როროგორც ობიექტის ზედაპირის ტემპერატურის შესახებ ინფორმაციის მატარებელი, იძლევა საშუალებას გამოვავლინოთ გახურებული ზედაპირი ან ზედაპირის ის უბნები, რომლებიც არ შეიმჩნევა ჩვეულებრივ აეროფოტოსურათებზე.

სხეულის მიერ გამოსხივების უნარი, რომელიც რეგისტრირდება ინფრაწითელ გამოსახულებაზე, საშუალებას იძლევა გამოვავლინოთ

თერმული წყაროები. დავუკვირდეთ ვულკანურ მოქმედებებს. მოვძებნოთ სითბოს გაჟონვის ადგილები შენობაში, სახლებში, თბოგამტარებში, გამოვავლინოთ სითბოს მიწისქვეშა წყაროები. აღმოვაჩინოთ ხანძრის კერები. მიწისქვეშა კომუნიკაციები ტემპერატურის ცვალებადობით და სხვა.

ინფრაწითელი გამოსახულების მესამე უპირატესობაა ის, რომ ობიექტის დაფიქსირება შესაძლებელი ხდება მათი ზედაპირის გამოსხივებათა განსხვავებული უნარიანობის ხარჯზე. ეს თვისება საგნებზე დაკვირვების საშუალებას გვაძლევს აბსოლუტურ სიბნელეში ან ისეთ პირობებში, როცა ტემპერატურული პირობები გათანაბრებულია. მაგალითად, დედამიწის ზედაპირი – გათენებისას.

აბსოლუტურად შავი სხეულის გამოსხივების უნარიანობა მისი ტემპერატურის ზრდით იზრდება, ხოლო გამოსხივების ინტენსიურობის მაქსიმალური მნიშვნელობა გადაადგილდება მოკლე ტალღების მიმართულებისაკენ. ინფრაწითელი რადიაცია როდესაც შემოდის ატმოსფეროში, შერჩევითობით სუსტდება, ხოლო გაბნეულობის ხასიათი რთულ ურთიერთობაში იმყოფება ატმოსფეროს გამბნევი ნაწილაკების ზომებსა და მათი განაწილების მიმართ. ჰაერის ფენებით გამოსხივების შესუსტება სპექტრის მიმართ არათანაბარია. ჰაერის ფენებში გამავალ გამოსხივებულ სპექტრში შთანთქმის მთელი რიგი ზოლებია. რაც გამოიწვია წყლის ორთქლმა, ნახშირორჟანგის აირებმა და სხვა აირწარმომქმნელმა ნივთიერებებმა. მთავარ როლს მაინც წყლის ორთქლი ასრულებს. მათი შთანთქმის ზოლი დედამიწის ზედაპირთან მდებარე ჰაერის ფენასთან გადაფარავს სხვა აირნივთიერებათა შთანმთქავ ზოლს, რის შედეგადაც ატმოსფეროში ინფრაწითელი გამოსხივების ამორჩევითი შთანთქმით გკექხება გამოტოვების ზოლები, რომლისთვისაც იქმნება ინფრაწითელი აპარატურა.

ინფრაწითელი გამოსახულების მეოთხე უპირატესობას მიეკუთვნება დღე-ღამის განმავლობაში მიმდინარე დინამიური თბოპროცესების რეგისტრაცია. მნიშვნელოვან თვისებად ითვლება ის, რომ ობიექტებსა და გარემოს შორის ხდება სითბოს გაცვლა. რაც დღე-ღამის განმავლობაში იწვევს ობიექტების ტემპერატურის ცვალებადობას, რის გამოც ერთი და იგივე ობიექტებს დროის მიხედვით შეიძლება ჰქონდეს გამოსახულების სხვადასხვა ტონი. ეს ფაქტორი კი აუცილებლად უნდა გავითვალისწინოთ დეშიფრირების დროს.

ინფრაწითელი გამოსახულების სადეშიფრირებო თვისებაზე გავლენას ახდენს მეტეოროლოგიური პირობებიც (მოღრუბლულობა, ატმოსფეროს გამჭვირვალობა, ინვერსია, ქარი, ნალექები). მოღრუბლულობა აძნელებს დედამიწის ზედაპირის ქვეფენილობის დეშიფრირებას, რადგანაც ღრუბლების ტემპერატურა უფრო დაბალია, ვიდრე დედამიწის

ზედაპირისა და ღრუბლების პოზიტიური გამოსახულება დედამიწის ხელოვნური თანამგზავრებიდან გადაღებისას აისახება ძალზე ნათელი ტონით. ატმოსფეროს გამტვერიანება, ინვერსია, ქარი და ნალექები ადაბლებენ გამოსახულების ტემპერატურულ კონტრასტს.

ზედაპირის ქვეფენილობის თერმული მახასიათებლები დაკავშირებულია დღე-ღამის განმავლობაში მის არათანაბარ გახურებასთან. წყლები, რამდენადაც ნელა თბება, ინფრაწითელი აეროგადაღების ნეგატივზე აისახება უფრო ღია ტონით, ვიდრე გარემოს ლანდშაფტი, ხოლო ღამით პირიქით — მუქი ტონით. სხვა დანარჩენი ელემენტები — უფრო ღია ნათელი ტონით. ინფრაწითელი გამოსახულების დეშიფრირების ბროს აუცილებელია გავითვალისწინოთ ტემპერატურის სეზონური გარდატეხები, რაც იწვევს ბუნებრივი წარმონაქმნების თერმულ კონტრასტებს, ეს კი გამოსახულების ტონთა ცვალებადობას.

ერთი და იგივე ბუნებრივი წარმონაქმნები ინფრაწითელ გამოსახულებაზე განსხვავებული ტონით მიიღება, რაც დაკავშირებულია ადგილის გეოგრაფიული განედის შესაბამისად მოსული მზიური რადიაციის ცვალებადობაზე. ამას კი მივყავართ ზედაპირის ქვესაფენის თერმულ კონტრასტების სხვაობასთან.

გამოსახულების ფორმირებაზე მნიშვნელოვან გავლენას ახდენს ადგილის რელიეფი, რაც დაკავშირებულია ბუნებრივი წარმონაქმნების ტემპერატურულ ცვალებადობასთან და ჰაერთან ადგილის ზღვის დონიდან სიმაღლურ მდებარეობასთან დაკავშირებით. აღნიშნული ფაქტორი აუცილებლად უნდა გავითვალისწინოთ მკვეთრი რელიეფის გამოსახულების დეშიფრირების დროს.

ზედაპირის ქვესაფარის თბოფიზიკური თვისებები დამოკიდებულია მათ თბოგამტარიანობაზე, ფერზე, ქანების არეკვლისა და შთანთქმის თვისებაზე. ის მასალები, რომლებსაც მაღალი აბსორბციის უნარიანობა აქვთ, მზიური სხივების მიმართ დიდი რაოდენობით სითბოს შეიცავენ, ხოლო იმ მასალებს, რომელსაც მაღალი არეკვლის უნარი აქვთ მზიური რადიაციის მიმართ ძალზე მცირე სითბოს აბსორბცირება შეუძლიათ. გზის ბეტონის ფილას შეუძლია უფრო დიდი რაოდენობით შთანთქას სითბო, ვიდრე მიმდებარე გრუნტს, მაგრამ მისი ტემპერატურის ზრდა მიმდინარეობს ნელა, რადგანაც ბეტონის ფილების თბოტევადობა მაღალია და კარგი თბოკავშირიც გააჩნია მიწასთან. სითბოს კარგი შთანთქმა შეუძლიათ აგრეთვე ბალახეულ მცენარეებსაც, მაგრამ მათი თბოგამტარიანობა დაბალია და მიწასთან კონტაქტიც უმცირესია. გამომდინარე, აქედან, ბალახის ტემპერატურა გარემოს ობიექტების ტემპერატურას შეესაბამება. ბუნებრივი ობიექტები, რომლებიც ცივ ღამეში ჭირხლითა და ნამით იფარება ინფრაწითელ გამოსახულებაზე მუქი ტონით აისახება.

დედამიწის ზედაპირის ობიექტების ტემპერატურაზე დღისით დიდ გავლენას ახდენს მათი არეკვლის თვისებები — ალბედო. ერთი და იგივე ხასიათის სხვადასხვა ალბედოს მქონე ობიექტებს სხვადასხვა ტემპერატურა აქვს. ობიექტები, რომლებსაც დიდი ალბედო აქვთ, უფრო ღია ტონის არიან (მაღალი ტემპერატურა აქვთ), ხოლო ღამის ინფრაწითელ გამოსახულებას (პოზიტივზე) უფრო მუქი ტონი აქვს.

ინფრაწითელი გამოსახულების სურათებზე ჰიდროგრაფიული ქსელის დეშიფრირებისას უნდა ვიცოდეთ, რომ ზაფხულის სურათებზე დღე-ღამის განმავლობაში წყლის ზედაპირს შეიძლება ჰქონდეს გამოსახულების აბსოლუტური თეთრიდან აბსოლუტურ შავ ტონამდე. ზაფხულში ხმელეთი მალე ცივდება (6 — 10°C) წყალი კი რჩება თბილი (18 — 20°C), რაც წყლისა და ხმელეთის ინვერსიას იწვევს, ამიტომ სურათზე წყალს ყველაზე ღია, ნათელი ტონი აქვს. ღია ნაცრისფერი ტონი აქვს შერეული ტყეებისა და ბაღ-ბოსტნების უბნებს, რადგანაც მცენარეულობაც ხმელეთთან შედარებით მნიშვნელოვნად ნელა ცივდება. ამგვარად, გაშიშვლებული ხმელეთი ან ბალახიანი ნიადაგი ღამე ყველაზე მეტადაა გაცივებული და სურათზეც გამოსახულებას უფრო მუქი ტონი აქვს.

ინფრაწითელ გამოსახულებაზე კარგად ამოიცნობა ოკეანის დინებათა სტრუქტურები, ზღვისა და ოკეანის მიქცევა და მოქცევა, მდინარეთა ნაკადები ზღვაში.

ინფრაწითელი გამოსახულებით ზღვის სანაპირო ზოლის დეტალური კარტოგრაფირება საშუალებას იძლევა განვსაზღვროთ გრუნტის წყლების ჩადინების უბნები და მტკნარი წყლების ნაკადების განაწილება ზღვაში, განვსაზღვროთ წყლის ხარისხი. ერთ-ერთ მნიშვნელოვან ამოცანად ითვლება წყალსაცავების გაჭუჭყიანების გამოვლენა, ინფრაწითელი გადაღების სურათებზე კარგად მოჩანს ჩამდინარე ცხელი წყლები დიდ მდინარეებში, აგრეთვე ქარხნისა და ფაბრიკების გაჭუჭყიანებული ჩამდინარე წყლები.

ინფრაწითელი გამოსახულების სურათების დეშიფრირებისას კარგად აისახება სასოფლო-სამეურნეო სავარგულების სარწყავი სისტემები, წყლით გავსებული მაგისტრალური და წყალგადამგდები არხები და უბნები, სადაც მიმდინარეობს ინტენსიური რწყვა.

აეროსურათებისა და თბოსურათების დეშიფრირების შედეგები გვიჩვენებს, რომ სურათებზე ძირითადი კონტურები არ ემთხვევიან, ეს კი გვეუბნება იმას, რომ თბოგადაღებას თან ახლავს კიდევ დამატებითი ინფორმაცია, რომელიც აეროსურათზე არ გამოისახა, ამიტომ ეს უკანასკნელი არ იძლევა მთლიანსა და უტყუარ ინფორმაციას ტენიანობის ცვლილებების შესახებ, რაც გამომდინარეობს უფრო ტენიანი უბნების ალბედოს შემცირების კანონზომიერებიდან. თბოსურათებზე

ასახული სხვადასხვა მუქი უბნები, რომლებიც ზედმეტად დატენიანებულია მაგისტრალური არხებიდან გაჟონილი წყლებით, მეტყველებს თბოგადაღების კიდევ ერთ კარგ შესაძლებლობაზე — გამოვავლინოთ წყლების გაჟონვა სხვადასხვა არხებში და მილსადენებში და ა. შ.

ინფრაწითელი (თბო) სურათების და აეროფოტოსურათების სადეშიფრირო გამოკვლევების შედეგებით შეიძლება დავასკვნათ, რომ სარწყავი მინდვრების ანალიზისთვის თბოსურათები უფრო დიდი ინფორმაციის მატარებელნი არიან, ვიდრე ფოტოსურათები. ამავე დროს, 15%-ზე მეტად დატენიანებული ობიექტების გადაღება მიზანშეწონილია დღისით, ხოლო დაბალი ტენიანობის ობიექტებისა — ღამით.

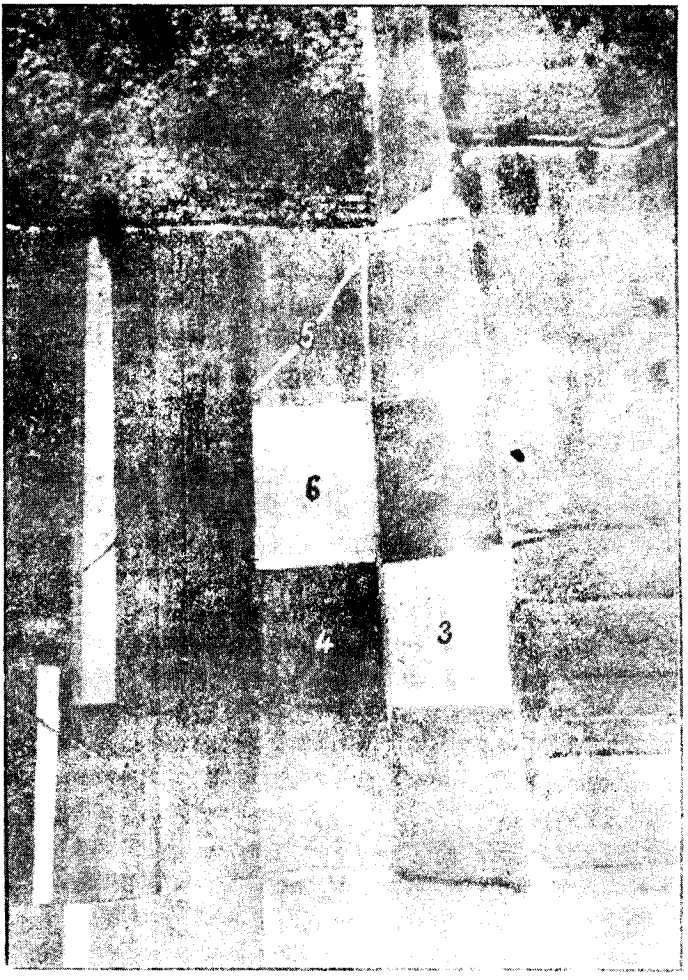
სოფლის მეურნეობაში ინფრაწითელი გადაღება გამოიყენება საძოვრების კლასიფიკაციისათვის, მცენარეული საფარის უბნების გამოკვლევისათვის, დაავადებული ადგილების გამოკვლევისათვის, ნათესების მომწიფების შეფასებისათვის და სხვა.

თბოგადაღების ერთ-ერთი პერსპექტიული მიმართულებაა ნიადაგების კარტოგრაფირება, სადრენაჟო ნაგებობათა გამოკვლევა, გამყინვარებათმცოდნეობა. ექსპერიმენტული სამუშაოები გვიდასტურებენ ცერცვის, სიმინდის (ნახ. 11.3), ხორბლის, ქერის კულტურების, საძოვრების, სათიბების, გზების, წყლების მაღალი პროცენტით უტყუარი ამოცნობის შესაძლებლობას. ამოცნობის ყველაზე დაბალი უტყუარობა (84 %) მიიღეს საძოვრების დეშიფრირებისას. ინფრაწითელი გამოსახულებით შეგვიძლია შევისწავლოთ მსხვილფეხა ცხოველების მიგრაცია, მაგალითად ირმების ჯოგის, ანდა მოვძებნოთ დაკარგული ადამიანები ჰაერიდან მიწაზე ან ზღვაში.

გეოლოგიური დეშიფრირებისას შეგვიძლია განვსაზღვროთ ნიადაგების შედგენილობა და მათი ფიზიკური თვისებები, განვსაზღვროთ ქანების გეოლოგიური სტრუქტურა, ანალიზი გავუკეთოთ ვულკანურ მოქმედებებს და ვიწინასწარმეტყველოთ ვულკანის აქტიურობა; ინფრაწითელი გადაღებებით რეგისტრირება გავუკეთოთ ზღვის ზედაპირზე ნავთის ლაქებს და შევისწავლოთ მათი მიგრაცია, განვსაზღვროთ მათი გავრცელების ფართობები.

ინფრაწითელი (თბო) აპარატურა დღეისათვის ერთ-ერთი პერსპექტიული საშუალებაა ტყის ხანძრების გაკონტროლებაში. თბოსურათებზე აღწევენ: გამოავლინონ უმცირესი (0,5 მ^2) უბნების ცეცხლის კერები (500 — 700° ტემპერატურისა) ხეების საბურველქვეშ; გამოვავლინოთ ცეცხლის გაძლიერების ზონა მთლიანი კვამლის საფარქვეშ, განვსაზღვროთ ქრობის ზონა და დავამყაროთ კონტროლი მათ გავრცელებაზე.

ტყის ხანძრების ინფრაწითელი გადაღებისათვის მიზანშეწონილია აპარატურა ისე ავაწყოთ, რომ გარემო ლანდშაფტი და ხანძრის კე-



ნახ. 11.3 სასოფლო-სამეურნეო მიხდვრის კულტურების ასახვა თბოაეროსურათზე: 1 – ბარდა; 2 – სიმინდი; 3 – ქერი; 4 – კარტოფილი; 5 – ხორბალი; 6 – წიწიბურა;

რები კარგად დამუშავდეს სურათზე. ამ შემთხვევაში კარგად აღმოჩნდება ორიენტირებიც: მდინარეები, ნაკადულები, ტბები, ტყეკაფი, გზები, რომლებიც ხელს შეგვიწყობენ ცეცხლის ჩაქრობის ოპტიმალური გადაწყვეტილების მიღებაში. ცეცხლმოკიდებული და გადამწვარი ტყეების ანომალური უბნების მაღალი ტემპერატურა გვეხმარება ნათლად დავათვალიეროთ თეთრი ტონის სახით გამოსახულების მოხაზულობის შესაფერისი ხასიათები.

თუ გამოვიყენებთ თბოგადაღების ორარხიან აპარატურას, რომე-



ნახ. 11.4 ტყის ხანძრების კვამლის შლეიფი. კოსმოსური სურათი მიღებულია დედამიწის ხელოვნური თანამგზავრ „მეტეორი 28"-ით.

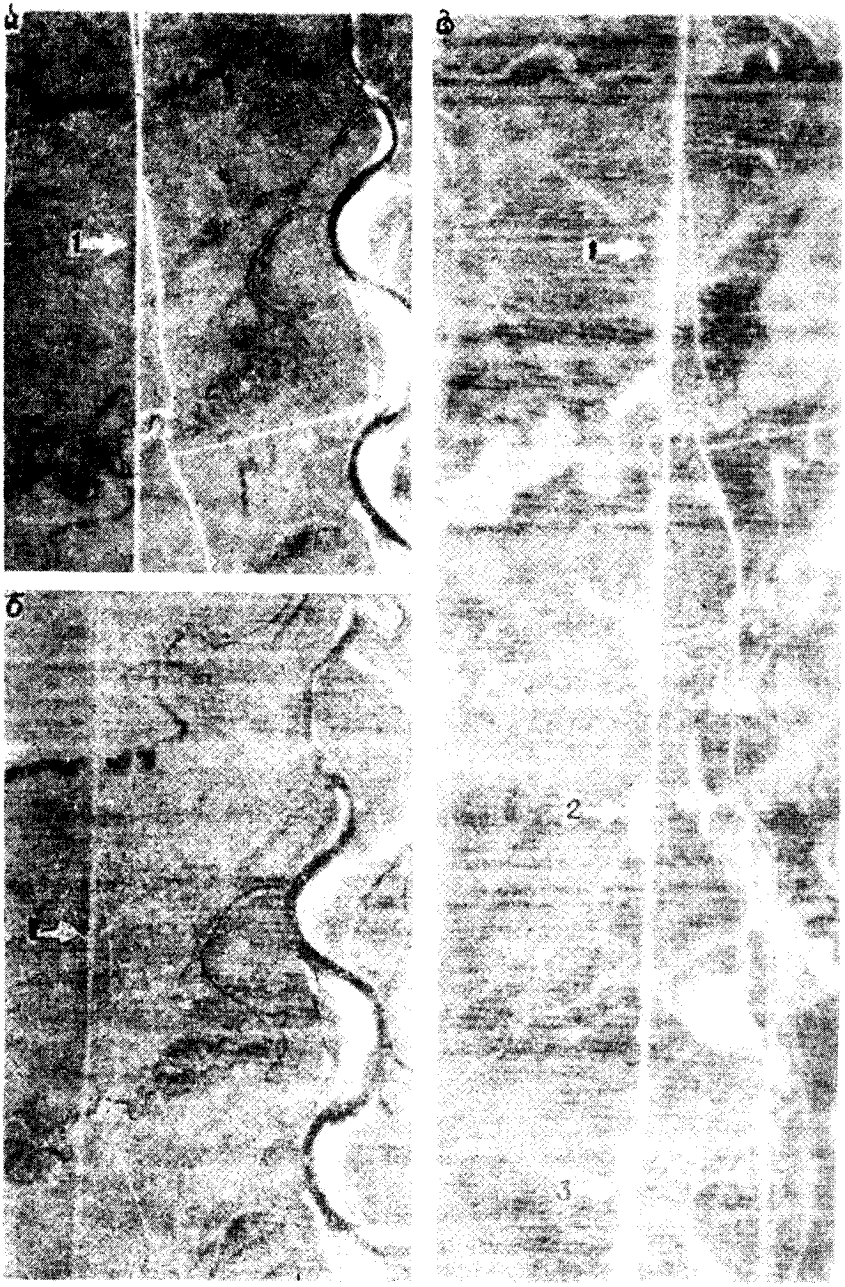
ლიც აწყობილია ანომალურ მოვლენაზე (ერთი არხი) და გადაღების ფონზე (მეორე არხი), შეგვიძლია მივიღოთ ცეცხლმოკიდებულ და უახლოეს დროში გადამწვარი ტყის უბნების შესახებ დიდი ინფორმაცია. აეროსურათებზეც კარგად მოჩანს კვამლის შლეიფები. კვამლის მცირე შლეიფი ახასიათებს ცეცხლწაკიდებულ ტყეებს. მაგრამ ტყეების მთლიანი დაკვამლიანების შემთხვევაში ხანძრის მთლიანი სურათის შეფასება შეუძლებელი ხდება, რადგანაც ხანძრისაგან ხელუხლებელი ტყეების გამოვლენა ჭირს (ნახ. 11.4).

ინფრაწითელი გადაღების მნიშვნელოვან თავისებურებად ითვლება ისიც, რომ მას იყენებენ არა მარტო ზედაპირის ობიექტების, არამედ მიწისქვეშა ობიექტების გადასაღებადაც — მილსადენების, შახტების, აგრეთვე წიაღისეული საწვავის მიწისქვეშა ხანძრების გამოსავლენად, ყინულის სისქის გასაზომად და სხვა.

ინფრაწითელი სურათებით დეშიფრირებას უკეთებენ საინჟინრო ნაგებობებსაც. იგი სურათზე ამოიცნობა იმით, რომ ხელოვნური ობიექტების ტემპერატურა ჩვეულებრივ განსხვავდება გარემოს ფონის ტემპერატურისაგან. სწორედ ამით აიხსნება, რომ ინფრაწითელი (თბო) გადაღებების გამოყენება ისეთი ობიექტებისათვის, როგორიცაა დიდი საინჟინრო ნაგებობები (ჰიდროელექტროსადგური, ხიდები, მდინარეების გადაკვეთა, ტრასის მშენებლობა) გვეხმარება მშენებლობის შესახებ მუდმივი ინფორმაციის მიღებაში, რომელიც ცუდ მეტეოროლოგიურ პირობებში ვერ მიიღება აეროფოტომეთოდებით (ჯანღი, მოღრუბლულობა, წვიმა, კვამლი და ა. შ.), ან არ არის საკმარისი საწყისი ინფორმაცია, ამა თუ იმ გადაწყვეტილების მისაღებად.

11.5 ნახაზზე ნაჩვენებია ბაიკალ-ამურის მაგისტრალი (ბამი). მშენებლობის რაიონში მრავალი პატარა შენაკადია, ნაკალაპოტარი და მეანდრები, რომლებითაც დასერილია მდინარეთა ჭალები, იქ აღინიშნება დაჭაობებული უბნები (ბუჩქები, მსხვილბალახიანობა, ხავსი). წყალგამყოფებზე გვხვდება ფოთლოვანი ტაიგა, ხოლო ნაკადულების გასწვრივ და ვაკე ადგილების ტერასებში — არყი, მურყანი და ბუჩქები.

გადაღებული მასალების ურთიერთშედარებით შესაძლებელი ხდება გამოვავლინოთ ტრასის ცოტათი შემთბარი ადგილები, ტრასის ყრილთან პატარა ნაკადულებით გამოწვეული და დროებითი წყალნაკადების წყლის დაგუბება. ყოველივე ეს იმდენად მცირეა, რომ მშენებლებმა ვერ გაითვალისწინეს ისინი და მაშასადამე არ ააგეს იქ ხიდები და გვირაბები. ხმელეთი — წყალი ინვერსიის შედეგად ღამის გადაღებულ სურათებზე გამთბარი ადგილები სურათზე ღია ნათელი ტონითა და მოხაზულობის ხასიათით ამოიცნობა მკაფიოდ, რაც საშუალებას გვაძლევს შევაფასოთ დაგროვილი წყლების რაოდენობა, განვსაზღვროთ



ნახ. 11.5 ბამ-ის რკინიგზის მშენებარე ტრასის აეროფოტოსურათები: ა) გეგმური აეროფოტოსურათი; ბ) დღის თბოაეროსურათი (8^h30^m); გ) ღამის თბოაეროსურათი (01^h00^m).

ყრილისთვის საშიში ადგილები და წყლების გავლენით მავნე შედეგების გამოსარიცხავად მივიღოთ დროული ღონისძიებები. 11.5 ნახ.-ზე კარგად მოჩანს ტრასის (1) გასწვრივ წყალნაკადები მცირე წყლების დაგროვებით, ტრასის გასწვრივ ერთი კილომეტრის მანძილზე მოჩანს დაგროვილი წყლის მცირე მარაგი. წყლის დიდი რაოდენობით (2,3) დაგროვება ტრასის გასწვრივ, ლაპარაკობს იმაზე, რომ ყრილის მოსალოდნელი დაზიანების თავიდან აცილების მიზნით საჭიროა სასწრაფოდ მოეცილოს წყალი. აეროფოტოსურათზე (ნახ. 11.5 ა) და დღის ინფრაწითელ სურათზე (ნახ. 11.5 ბ) შეთბობის ადგილები გამოსახულების მცირედ განსხვავებული ტონით გაჭირვებით ამოიცნობა. სწორედ ამიტომ არის, რომ პატარა წყაროები და გრუნტის წყლები რადგანაც ვერ ამოიცნობა აეროსურათებზე, ხშირად ამგვარ წყაროებს დამპროექტებლები ანგარიშს ვერ უწევენ, მაშინ როცა ეს ინფორმაცია შეიძლება გამხდარიყო სასმელი წყლის ჭებისა და ბურღების ჩასმის საფუძველი, აგრეთვე გაგვეთვალისწინებინა ისინი ტრასის, მილგაყვანილობის, მაღალი ძაბვის, ელექტროხაზებისა და ა. შ. საინჟინრო ნაგებობათა მშენებლობის დროს.

11.5.3 ტელევიზიური გამოსახულების დეშიფრირება

სატელევიზიო მოწყობილობას, როგორც გადაღების საშუალებას, მრავალი უპირატესობა აქვს, პირველ რიგში: მაღალი ოპერატიულობა ადგილის ინფორმაციის მიღებაში. ამ დროს ეკრანზე პარქტიკულად მყისვე აისახება მიმღებ ტელევიზიურ პუნქტებში გამოსახულება. ასეთი ინფორმაცია კი საჭიროა სახალხო მეურნეობის მრავალი ამოცანის გადასაწყვეტად: დიდი მდინარეების გადაკეტვის ანალიზისათვის, ჰიდროელექტროსადგურების მშენებლობისას, გარემოს გაკონტროლებისას, ვულკანური მოქმედების ანალიზისათვის, ზღვებისა და ოკეანეების ტრასაზე გემების ქარავნის გატარებისას, ტყის ხანძრების, თევზთა გუნდის ძებნისას და სხვა. გადმოცემული ინფორმაცია მდეშიფრირებლისათვის ჩვეულ სიცხადეს წარმოადგენს, რაც შეუძლებელია სხვა სახის გადაღებისას.

ტელევიზიური გადაღება მნიშვნელოვნად ზრდის მიღებული ინფორმაციის ობიექტურობას, განსაკუთრებით კი ვიზუალური დაკვირვების დროს, როცა გვხვდება ერთი დამკვირვებლის სუბიექტურ გამოცდილებაზე დაყრდნობა.

ტელევიზიური გადაღება საშუალებას იძლევა ამოვიცნოთ ადგილის ტოპოგრაფიული ობიექტები, განვსაზღვროთ მათი კოორდინატები, მიღებული გამოსახულებით შევადგინოთ ფოტოსქემები და სხვა საზომი დოკუმენტები.

11.5.4 ლაზერული გამოსახულების დეშიფრირება

დღეისათვის ყველაზე ნაკლებად არის გამოკვლეული ლაზერული გადაღების მასალები. ლაზერული აეროგადაღება შეგვიძლია დღე-ღამის ნებისმიერ დროს. ღამის ლაზერული გადაღების განსაკუთრებულობა მდგომარეობს იმაში, რომ ადგილის ლაზერული სხივით განათების დროს ზედაპირის ქვეფენის არეკვლისუნარიანობა ჩვეულებრივ, უფრო დაბალია, ვიდრე მზის ენერგიით არეკვლისას. ამავე დროს, ობიექტების არეკვლა, რომელთაც უდიდესი არეკვლის უნარი აქვს ლაზერული გამოსხივების ვიწრო სპექტრულ დიაპაზონში იქნება დიდი, რაც იწვევს ერთი და იგივე ზედაპირის ქვეფენილის (დღისა და ღამის ლაზერული გადაღებისას), ლაზერულ გამოსახულებაზე განსხვავებულ კონტრასტებს. ამის მკაფიო მაგალითს წარმოადგენს ბეტონის გზები, რომლებიც დღის ლაზერული გადაღებების გამოსახულებაზე აისახება ნათელი ტონით, ხოლო ღამისაზე – ნათელი რუხი ტონით.

დღისით გადაღებული ლაზერული გამოსახულების დეშიფრირებისას კარგად გამოირჩევა ჩრდილები, ხოლო ღამე გადაღებულ ლაზერულ გამოსახულებაზე ჩრდილი თითქოს იპარება. ანუ თანაბრდება და თვით გამოსახულებაც კარგავს რელიეფურობას. ხოლო გეომეტრიულ დამახინჯებებს, რომელიც სკანირებითაა გამოწვეული, ობიექტების პერსპექტიულ დამახინჯებებთან მივყავართ. ეს ფაქტი კი დადებითია მაღალი ობიექტების ამოცნობისათვის. მრავალსართულიანი სახლები, ეკლესიები, კოშკები ამ შემთხვევაში მოჩანს ორ განზომილებაში.

გარდა აღნიშნულისა, ლაზერული გამოსახულების დეშიფრირებისას ისევე როგორც ინფრაწითელი (თბო) გამოსახულებისას, შეიმჩნევა ობიექტების დამახინჯებული ასახვა, გამოწვეული სკანირების კუთხით. მაგალითად, წრეწირი გამოსახულების ცენტრში სურათის კიდეებში გაჭიმულ ელიფსად იქცევა (ფრენის გასწვრივ). ლაზერული გამოსახულების ასეთი თავისებურებანი საჭიროა მდეშიფრირებელმა გაითვალისწინოს და ფართოდ ისარგებლოს ეტალონ-სურათებით, რომელიც ველზეა დეშიფრირებული.

რამდენადაც ლაზერულ აეროგადაღებაში გამოიყენება ვიწრო სპექტრის დიაპაზონში ობიექტების არეკვლა, ამიტომ საშუალება გვეძლევა ამოვიცნოთ გეოლოგიური სტრუქტურები, მცენარეულობა და სასოფლო-სამეურნეო კულტურები.

მიუხედავად ლაზერული გადაღების დიდი პოტენციალური შესაძლებლობისა, მისი გამოყენება, როგორც ჩვენში, ისე საზღვარგარეთ, ჯერ-ჯერობით შეზღუდულია მძლავრი ლაზერების უქონლობის გამო, რომელთაც ექნებოდა მცირე გაბარიტები და მასა, რათა

შესაძლებელი ყოფილიყო ოპტიკური სისტემის სტაბილიზება და მთელი კომპლექსი მოთავსებულიყო საფრენოსნო აპარატებში. მცირე გაბარიტული მძლავრი ლაზერებისა და გიროსტაბილიზებული ოპტიკური სისტემების შექმნა ლაზერული აეროგადაღებისათვის დიდად გააფართოვებდა მათი გამოყენების დიაპაზონს მეცნიერებაში და გამოყენებითი მიზნებისათვის.

ზემოთ განხილული არაფოტოგრაფიული აეროგადაღებების გამოსახულებათა დეშიფრირების მასალები შეიძლება გამოვიყენოთ აგრეთვე სხვადასხვა სახის ტოპოგრაფიულ სამუშაოებში.

XII თავი
დეშიფრირების ავტომატიზაცია

12.1 დეშიფრირების მთლიანი და ნაწილობრივი ავტომატიზაციის პროგლემები

დიდი ინფორმაციის მიღებამ წამოჭრა სურათების დეშიფრირების პროცესების ავტომატიზაციის პრობლემა. ეს ურთულესი პრობლემაა, რადგანაც დეშიფრირების ავტომატიზაციის დროს საჭიროა გამოვავლინოთ და ამოვიცნოთ ობიექტები უამრავს შორის იმ სახით, როგორიც ის აისახა სურათზე განურჩევლად სუბიექტური მოვლენებისა. პრობლემა იმითაც რთულდება, რომ ხშირად ობიექტების გამოსახულებები ერთმანეთს ნაწილობრივ გადაფარავენ ან ნიღბავენ.

მიუხედავად იმისა, რომ სურათის გამოსახულებაზე ობიექტების ავტომატური ამოცნობის შემუშავებას დიდი ყურადღება ექცვა, პრაქტიკული რეალიზაცია მიიღო ნაწილობრივ მხოლოდ მიზნობრივმა მეთოდებმა. ამ მეთოდების შემუშავება მოითხოვს დეშიფრირების, ფოტოგრამმეტრიის, მათემატიკისა და ფიზიკის, ელექტრონიკისა და ოპტიკის, ფიზიოლოგიისა და ფსიქოლოგიის, გამოთვლითი ტექნიკისა და ინფორმაციის თეორიის სპეციალისტების მჭიდრო ურთიერთთანამშრომლობას.

ავტმატიზაციისადმი სწრაფვა განისაზღვრება არა მარტო ადამიანის დეშიფრირების სისწრაფის და თვალის არასრულყოფილი ორგანული შესაძლებლობებით, არამედ იმითაც, რომ ავამაღლოთ ამ პროცესების შედეგების ობიექტურობაც, მით უმეტეს თუ ინფორმაციის ნაკადიც სულ მზარდი ხდება.

გამოსახულების ამომცნობი ავტომატები ფართოდ არის გამოყენებული ხელოვნური თანამგზავრებიდან მიღებული მეტეოროლოგიური ინფორმაციის მასალების დამუშავებაში. ასეთი ავტომატები, არასრულყოფის გამო, არსებითად ნაკლებად გამოიყენებიან ტოპოგრაფიულ დეშიფრირებაში, თუმცა ავტომატების საშუალებით განსაზღვ-

რავენ ტყის მასივების მახასიათებლებს: მოცემული ჯიშების ვარჯის რაოდენობას, გამოსაკვლევი ტყის უბნების სკანირების სიგრძეს; თითოეული ჯიშისათვის ღეროს საშუალო დიამეტრს, თითო ჯიშის ხეტყის მარაგს კუბური მეტრობით და საკვლევი ტყის უბნების საერთო ფართობს.

ავტომატური დეშიფრირების საკითხები ფართო ძიებით კვლევის სტადიაშია. აუცილებელია გავითვალისწინოთ გარემო, ჩავატაროთ გააზრებული გეოგრაფიული სინთეზი და ანალიზი, ვისარგებლოთ გაშიფრვის არაპირდაპირი ნიშან-თვისებებით და ფართოდ ვისარგებლოთ ობიექტების ურთიერთკავშირითა და ურთიერთგანლაგების სტატისტიკური მონაცემებით. შეიძლება გვქონდეს იმედი, რომ უახლოეს დროში დამუშავდება ობიექტების ავტომატური ამოცნობის მრავალმიზნობრივი მეთოდები, რომლებიც თავისი შედეგებით ადამიანის მიერ შესრულებულ ვიზუალურ დეშიფრირებასთან ერთმნიშვნელოვანი ან ახლოს იქნება. დღეს უკვე განსაზღვრულია დეშიფრირების ავტომატიზაციის მიმართულებები. ასეთ მიმართულებებს მიეკუთვნება: ობიექტების ამოცნობა პირდაპირი განიღბვის ნიშნებით, ფოტოგრამმეტრიული ხერხი, სპექტროფოტომეტრიული ხერხი.

ობიექტის ავტომატური ამოცნობა პირდაპირი განიღბვის ნიშნებით საშუალებას გვაძლევს გავფილტროთ ჭარბი ინფორმაცია და გამოვყოთ მხოლოდ ერთი სახის (ან მცირე რაოდენობის) ობიექტები ან ადგილის განსაზღვრული ხასიათის უბნები. სწორედ ამ მიმართებით მიმდინარეობს სამუშაოები როგორც ჩვენში, ისე საზღვარგარეთ. მრავალი სამუშაო უკვე დასრულდა ობიექტის ფორმის ამომცნობი სისტემის შექმნაზე, რომელმაც მიიღო „პერცეპტრონის“ სახელწოდება. ექსპერიმენტებმა გვიჩვენეს ცალკეული ობიექტის დეშიფრირების ავტომატიზაციის პრობლემების გადაწყვეტის შესაძლებლობანი, თუმცა ჯერ კიდევ ვერ მიიყვანეს საბოლოოდ „მოაზროვნე“ მანქანის შექმნამდე.

ობიექტების ფოტოგრამმეტრიული ამოცნობა ეფუძნება გამოსაკვლევი ეტალონური ფოტოგამოსახულების ობიექტის მიკროფოტომეტრიული რეგისტროგრამის სტატისტიკურ ანალიზს. სტატისტიკური ანალიზი დაყვანილია ЭВМ-ით რეგისტროგრამისა და მათ შორის კორელაციური კავშირის, ხოლო ამ უკანასკნელთა შედარებებით საშუალო მნიშვნელობისა და საშუალო კვადრატული გადახრების გამოთვლებთან.

ავტომატური ამოცნობის სპექტროფოტომეტრიული ხერხი კი ითვალისწინებს ობიექტის არამარტო გეომეტრიული და ფოტომეტრიული მახასიათებლების გამოყენებას, არამედ სპექტროფოტომეტრიულსაც.

სხვადასხვა სპექტრის ზონაში გამოსახულებათა ავტომატური შედარება ყველა შემთხვევაში მრავალი ობიექტის საკმარისი ნდობით ამოცნობის საშუალებას იძლევა.

ავტომატიზებული ამოცნობის პრობლემათა პრინციპული გზების გადაჭრას მიეკუთვნება: ადამიანის მიერ ამოცნობის მეთოდების ტექნოლოგიისა და იმიტაციის შესწავლა; თვითმსწავლებელი და თვითმოადაპტირე მანქანების შექმნა, რომელთა პირველ მისგავს სახეს მიეკუთვნება გამოსახულებების მახასიათებელთა შედარებითი დადგენა და ამოცნობათა შემდეგ ექსპერიმენტულად შემოწმება. ხშირად იყენებენ ან ითვალისწინებენ, მიმართავენ გამოსახულების „ელექტრონულ-ოპტიკურ“ სკანირებას შემდგომში ამ ინფორმაციის ელექტრულ სიგნალებად გარდასაქმნელად, რომელიც მერე დამუშავდება და ანალიზიც გაუკეთდება გამომთვლელ მანქანებზე. ობიექტების ავტომატური მოძებნის მოწყობილობათა შედგენილობაში შედის კორელატორი, რომელიც ორი გამოსახულების ურთიერთშედარებას ასრულებს, იგი წარმოდგენილია ელექტრონული სიგნალითა და მცდარი სიგნალის მფორმირებელით.

ავტომატიზაცია მართალია აჩქარებს დეშიფრირების პროცესს, მაგრამ მთლიანად მაინც ვერ გამორიცხავს ადამიანის მონაწილეობას. ამიტომ ამოცნობის ავტომატიზებული პროცესის ძირითადი ამოცანაა როგორც დღეისათვის, ისე უახლოესი მომავლისათვის მდეშიფრირებლის განთავისუფლება სადეშიფრირო ობიექტების არამწარომებლური ძიებისაგან. აეროსურათებზე ობიექტების ავტომატური ამოცნობისათვის არსებობს ამოცნობის შედარებით მარტივი პროცესები, რომლებიც შეიძლება შესრულდეს ავტომატიზებული აღჭურვილობით მდეშიფრირებლის დახმარებით. ავტომატური დეშიფრირების პროცესი შეიძლება შესრულდეს მთელი აეროგამოსახულების ანალიზითაც და აგრეთვე გამოსახულების ნაწილითაც, რომელიც წინასწარ დამუშავდება ფილტრაციით და გაფილტრული ნაწილის ანალიზით. მაგალითად, ღია ერთგვაროვანი ადგილის მცირე რაოდენობის ხელოვნური ობიექტების დიდი რაოდენობის ფოტოგრაფირებისას შეიძლება სწრაფად აღმოვაჩინოთ და გამოვყოთ ფოტოსურათები, რომლებიც შეიცავენ ხელოვნური წარმოშობის სწორი გეომეტრიული მოხაზულობის ობიექტების გამოსახულებას ფოტოსურათების ავტომატური სკანირებით. ასეთი ოპერაცია შეიძლება შესრულდეს ფოტოსურათებზე გამოსახულების ხელოვნური და ბუნებრივი ობიექტების ერთმანეთისაგან გარჩევა-სკანირებით სივრცულ-სიხშირული ანალიზის საფუძვლით. გარდა ამისა, აღნიშნულ მეთოდში გეომეტრიული და ფოტომეტრიული მახასიათებლების განსაზღვრისათვის მიმართავენ გაფილტრული გამოსახულების მიკროფოტომეტრირებას. ყველა ოპერაცია სრულდება ავტომატურად, ხოლო ფოტომეტრიული მახასიათებლების განსაზღვრისათ-

ვის გამოიყენება ეზმ-ში ჩართული მიკროდენსიტომეტრები.

სურათების დეშიფრირების ავტომატების შექმნის ამოცანის გადაწყვეტა მოითხოვს შემდგომ გამოკვლევებს, რომელიც საჭიროა წარვმართოთ ოპტიკურ-ელექტრონული პროცესორების შექმნასთან ერთად.

12.2 მიკროფოტომეტრიული დეშიფრირება

ადგილის ფოტოგამოსახულება წარმოადგენს ოპტიკური სიმკვრივის შემთხვევით ველს, რომელიც განისაზღვრება დამოუკიდებელი არაშემთხვევითი პარამეტრებით. შემთხვევითი ველის ნაირსახეობა დამოკიდებულია განსაზღვრული გარდაქმნების შედეგად მიღებულ გამოსახულებათა ან საწყის ფოტოგამოსახულებათა სტრუქტურაზე. ოპტიკური სიმკვრივის შემთხვევითი ველის ძირითად სახეებსა და ტიპებს ტოპოგრაფიული ობიექტების ფართობების ფოტოგამოსახულებათა მიმართ წარმოადგენს:

ერთგვაროვანი შემთხვევითი ველი — ხასიათდება თავისი მახასიათებლების უცვლელობით წერტილთა სისტემების ნებისმიერი გადაადგილებისას, რომელშიაც გაზომილია ოპტიკურ სიმკვრივეთა მნიშვნელობები;

იზოტროპული ერთგვაროვანი შემთხვევითი ველი — გამოირჩევა მახასიათებლების მუდმივობით არა მარტო ხისტი გადაადგილებისას, არამედ გამოსახულების ნებისმიერი შემობრუნების დროსაც;

შემთხვევითი ველი ოპტიკური სიმკვრივის დამოუკიდებელი მნიშვნელობისას — ხასიათდება ამ ველის ნებისმიერი წერტილების ოპტიკური სიმკვრივის დამოუკიდებელი შემთხვევითი სიდიდეებით;

შემთხვევითი ველი ოპტიკური სიმკვრივის არაკორელირებული მნიშვნელობისას — წარმოადგენს წინა ველის განზოგადებას, აქვს უსასრულო დისპერსია და შეუძლებელია აიწეროს რომელიმე განაწილებით;

არაერთგვაროვანი შემთხვევითი ველი გამოსახულების სიბრტყეში არ შეიცავს სტატისტიკური მახასიათებლების მნიშვნელობათა მუდმივობას. დეტალური ანალიზისათვის აღნიშნული ველები შეიძლება დაიყოს კიდევ რამდენიმე ჯგუფად, როგორც შემადგენელ ველთა თვისებებით, ისე ფოტოგრაფიული ტონისა და კონტრასტის ხასიათით.

ადგილის ობიექტების შესახებ ინფორმაციის მიღების ერთ-ერთი მეთოდია მიკროფოტომეტრირება, რომელიც მდგომარეობს გამოსახულების ელემენტარული უბნების გატარების კოეფიციენტების ან ოპტიკური სიმკვრივის თანდათანობით გაზომვაში.

პირველ ეტაპზე ავტომატურად ხდება გამოსახულების ობიექტებთან ერთად კადრთა მოძებნა, რომლის შემდეგაც ხორციელდება გამოსახულ ობიექტთა აღქმა ან გამოყოფა.

ობიექტის მოძებნა შეიძლება გამოსახულების გამოკვლევის სხვა-

დასხვაგვარ რეჟიმთა შეხამებით: თანამიმდევრობით, პარალელურად, თანამიმდევრულ-პარალელურად და ა. შ. მოძებნის ხერხთა სხვადასხვა კომბინაციით წყვეტენ გამოსახულების აღქმისა და მისი მოძებნის ამოცანებს.

მეორე ეტაპზე გამოყოფენ ობიექტს ფონისაგან და აღიქვამენ გამოსახულების შემდგომი დამუშავებისათვის მიკროფოტომეტრიული მეთოდის, სკანირების მოწყობილობის დახმარებით ან ოპტიკური ფილტრების გამოყენებით, ფილტრებგალოგრამებითა და ფოტომიმღებ მატრიცების გზით. ჩვეულებრივ, გამოიყენებენ სტრიქონულ გამშლელებს, სადაც სკანირების ელემენტი (გამზომი ხვრელი ან აპარატურა) გამოსახულების მიმართ გადაადგილდება პარალელური სწორი ხაზებით, რომლის შედეგადაც სკანირების მოწყობილობის გასავალში რეგისტრირდება ყოველი გაშლილი სტრიქონის მიკროფოტომეტრული პროფილები.

წვრილი ობიექტების შესახებ ინფორმაციის გამოვლენას აღწევენ მიკროფოტომეტრის გამზომი ხვრელის (აპარატურის) ფართობის შემცირებით. მიკროფოტომეტრიულ მოცემულობათა ანალიზისას სტატისტიკურ დამუშავებას ასრულებენ გამოსახულების სტრუქტურის უალბათესი მახასიათებლების განსაზღვრისა და გამოსახული ობიექტების გარკვეული კლასისთვის მიკუთვნების გამოვლენის მიზნით.

ვიცით რა ფოტომეტრიული პროფილის მახასიათებლები, შეგვიძლია აღვწეროთ ერთგვაროვან და იზოტროპულ ველთა სტატისტიკური კავშირი.

შავ-თეთრი გამოსახულების სურათების მიკროფოტომეტრიული დეშიფრირებისას სრულდება შემდეგი პროცესი: გამოსახულების მიკროფოტომეტრირება, მიღებულ მოცემულობათა სტატისტიკური დამუშავება, სადეშიფრირო ობიექტების კლასის გამოვლენა.

იმდენად, რამდენადაც ობიექტების გაშიფვრის ნიშან-თვისების განმსაზღვრელი მათ შინაგან სტრუქტურაშია, რომელიც აიწერება სტატისტიკური მახასიათებლებით, საჭიროა, შევისწავლოთ ლანდშაფტის განსაკუთრებულობა და ობიექტის ფოტოგამოსახულობა. აგრეთვე კლასის ობიექტებისათვის შევქმნათ დეშიფრირების ნიშან-თვისებათა სისტემები. ნიშან-თვისებათა შედგენისას იყენებენ ობიექტის გამოსახულებების კორელაციური ფუნქციის პარამეტრებს, რომლითაც აღიწერება სტრუქტურა.

მიკროფოტომეტრიულმა დეშიფრირებამ ფერადი გამოსახულების სურათებით ადგილის ობიექტების შესახებ ინფორმაციის მიღებით მნიშვნელოვნად გააფართოვა აეროგადაღებათა შესაძლებლობანი. განსაკუთრებით კი მრავალზონალური გამოსახულების გამოყენებისას. ობიექტების დეშიფრირების მნიშვნელოვან ნიშან-თვისებად მიღებულია

გამოსახულების სპექტროფოტომეტრული მახასიათებლები. სხვა ნიშან-თვისებები და გამოსახულების შესაბამისი ანალიზი (სტრუქტურული, გეომეტრიული და ა. შ.) ანალოგიურია შავ-თეთრ გამოსახულებათა დამუშავებისა და საშუალებას იძლევა ანალიზის შევსებასა და დაზუსტებაში.

კლასის აღწერის სისტემის შერჩევა, ნიშან-თვისებათა წარდგენის ფორმა და მათ შესახებ მონაცემების სიზუსტე დამოკიდებულია ამოცნობათა (გაშიფვრის) შერჩეულ მოდელზე. მაგალითად, ამოცნობის (გაშიფვრის) დეტერმინირებულ მოდელში ცნობები კლასთა ნიშნების შესახებ წარმოდგენილი უნდა იყოს გადაუკვეთავი სივრცის სახით. ავიღოთ გამოყენებული სპექტრის დიაპაზონის ზონაში k უბანი, რომლებიც პირობითად შეიძლება ჩავთვალოთ მონოქრომატულად. გავზომოთ ამ უბნის ფოტოგამოსახულებათა ოპტიკური სიმკვრივე D_λ, მივიღებთ საკვლევი ობიექტის ფოტოგამოსახულების სპექტრულ-ფოტომეტრული თვისებების შესახებ წარმოდგენას.

სხვადასხვა სურათზე ერთი და იგივე ობიექტი, რომელიც მიღებულია სხვადასხვა დროს, სხვადასხვა ფოტომასალაზე და განსხვავებული ქიმიურ-ფოტოგრაფიული დამუშავების პირობებით ხასიათდებიან სხვადასხვა D_λ-ით, რაც გამოწვეულია აგრეთვე გამოსახულების სტრუქტურითაც, რის გამოც იყენებენ ფოტოგამოსახულების სპექტრო-ფოტომეტრიული თვისებების სტატისტიკურ აღწერილობას, რომელთაგანაც იყენებენ ამ სიდიდეების მათემატიკურ მოსალოდნელობასა და დისპერსიას. ამ უკანასკნელით კი შეგვიძლია ვიმსჯელოთ მოცემული კლასის სივრცის ზომებზე. ტალღების დამახასიათებელ სიგრძედ რეკომენდებულია: 0,55 — 0,56; 0,66 — 0,68; 0,80 — 0,82 მკმ. დარგობრივი დეშიფრირებისთვის შეიძლება გამოვიყენოთ სხვა სიგრძის ტალღებიც, რომლებიც უფრო დამახასიათებელი იქნება ობიექტების დეშიფრირებისათვის.

დეშიფრირების მიკროფოტომეტრული მეთოდი დღეისათვის სულ უფრო ფართო გამოყენებას პოულობს სხვადასხვა მასშტაბის (1:2000 — 1:200 000) ფოტოგამოსახულების ნახევრად ავტომატურად დამუშავებაში (აერო, კოსმოსური, მარვალემულსიური, მრავალზონალურ გადაღებებში) სხვადასხვა მიზნებისათვის (სოფლის მეურნეობის სავარგულების, წიაღისეული სიმდიდრეების, მცენარეულის, გეოლოგიური ობიექტების, ნიადაგების და სხვა) დეშიფრირებაში.

12.3 ავტომატური (მანქანური) დეშიფრირება

აეროკოსმოსური სურათებით მიღებული დიდი ინფორმაციის დამუშავება შეუძლებელი ხდება დეშიფრირების ავტომატიზებისა და ЭВМ-ის გამოყენების გარეშე. დღეისათვის უკვე შექმნილია მიზნობრივი, აეროკოსმოსურ გადაღებათა მასალების ავტომატური დამუშავების საშუალებები და მეთოდები, დაგროვილია ზოგიერთი გამოცდილებაც ავტომატიზებულ დეშიფრირებაში.

დიდი გამოყენება ჰპოვა P-1700 ტიპის სისტემამ „ფოტომეიშნ“, რომელიც შექმნილია ფირმა „ოპტრონიკსის“ მიერ (აშშ) და გააჩნია შემდეგი კომპლექტი და ტექნიკური მახასიათებლები.

1) ფოტოშეჯერების დოლისებრი ტიპის მოწყობილობა – გამშლელი (სკანირების) მიკროდენსიტომეტრი, რომელიც დოლის ბრუნვისას ავტომატურად ზომავს სტრიქონებად ფოტოქაღალდზე შავ-თეთრი და ფერადი გამოსახულების ოპტიკურ სიმკვრივეს ან ფირზე წერტილიდან წერტილამდე სკანირების ტემპში; გაზომვებს ასრულებს წვრილი მნათობი სხივი; კვადრატული შეჯერების აპარატურის ზომებია 200-დან 12.5 მკს-მდე, გაზომილი მონაცემები შეაქვს ЭВМ-ში. ოპტიკური სიმკვრივის თითოეული მნიშვნელობა გარდაიქმნება რვათანრიგიან რიცხობრივ კოდში და შეიძლება წარმოვადგინოთ ოპტიკური სიმკვრივე 2D და 3D დიაპაზონის 256 დონის ერთ-ერთ რომელიმეში;

2) მინი ЭВМ „ალფა-16“ 64к ბაიტის მოცულობის ოპერატიული მეხსიერებით, თექვსმეტი თანრიგის სიტყვის სიგრძე, დრო 1,6 მკს ციკლით; 1 სეკუნდში 600 000 მარტივი ოპერაციისა და 300 000 შეჯამების შესრულების სიჩქარით; გარემოწყობილობის სტანდარტულ კომპლექტში შედის დამგროვებელი მაგნიტურ ლენტაზე და დისკოზე, ტელეტაიპი, პერფოლენტის შემშვები და გამომყვანი მოწყობილობა, სტანდარტული მათემატიკური უზრუნველყოფი.

3) ფერადი ნახევარტონისებრი დისპლეი, რომელიც ასრულებს ЭВМ-სა და ოპერატორს შორის დამაკავშირებლის როლს.

სისტემას შეიძლება დამატებული ჰქონდეს პრინტერ-პლოტერი, რომლის საშუალებითაც სრულდება ალფავიტურ-ციფრებრივი ბეჭდვა და ელექტროსტატიკურ ქაღალდზე გამოსახულების რეგისტრირება, ან დეშიფრირების შედეგებით გრაფომგებით გრაფიკული კარტ-სქემის გამოსახვა.

გარდა ამისა, გამოყენებას პოულობს ტელევიზიური შემაჯერებელი სისტემები (ვიდიკონზე ელექტრონული გამშლელებით ან ელექტრონულ-სხივური მილაკებით). ტელევიზიური კამერა შეიძლება მუშაობდეს როგორც გაშუქებაზე, ისე არეკვლაზე. შუქფილტრების ნაკრების საშუალებით დამუშავდება ფერადი გამოსახულებები. ელექტრონული გარდამქმნელი ანალოგის დახმარებით კოდკამერა დაკავშირებულია

მინი ЭВМ-თან. ტელევიზიურ შემაჯერებელ მოწყობილობას უნარი აქვს გამოსახულების შეჯერების მნიშვნელოვნად მცირე დროში ვიდრე ოპტიკურ-მექანიკურ მიკროდენსიტომეტრებს, მაგრამ ამ უკანასკნელს ჩამოუვარდება გარჩევითუნარიანობასა და შეჯერების სიზუსტეში.

განვიხილოთ ტაქსაციური მაჩვენებლების ავტომატური დეშიფრირების ზოგიერთი ასპექტი, რომელიც გამოიყენება სანკტ-პეტერბურგის გაერთიანება „ლესპროექტში“, მათივე შემუშავებული პროგრამის საფუძველზე კომპლექსთა სისტემა „რეგიონის“ გამოყენებით.

სატყეო დეშიფრირებისას ერთობლივ დამსწავლელად შეიძლება ავიღოთ სასინჯი ფართობის ცნობილი ტაქსაციური მახასიათებლების მონაცემები და მოცემული უბნის აგეგმვის არსებული მასალები. ЭВМ-ის გამოყენებით, განსაზღვრავენ ერთობლივად დამსწავლელთა თითოეულის სპექტრულ, ფოტომეტრიულ და სტატისტიკურ მახასიათებლებს, რომლებიც ინახება მოცემულობათა ბანკში. ერთდროულად ითვალისწინებენ შემდეგ იმ ფაქტორებსაც, რომლებიც გავლენას ახდენენ ობიექტის გამოსახულებაზე: დღის დროს და წელს, მეტეოროლოგიურ პირობებს, გადამღები აპარატურის ტექნიკურ პარამეტრებს, გადაღების მასშტაბსა და სხვა. ადგილის ობიექტების ამოცნობა და დახასიათება სრულდება სპეციალურ პროცედურათა საშუალებით.

აეროსურათებით ნარგავთა შემადგენლობის განსაზღვრისათვის გამოიყენება ტონი (ფერი), ხოლო კორომის რაოდენობა, სიმაღლე, დიამეტრი, სისრულე, ასაკი და მარაგი განისაზღვრება ოპტიკური სიმკვრივის გაფანტვის სტატისტიკური მახასიათებლებით. სტატისტიკური მახასიათებლების დიდი გაფანტვის გამო იყენებენ რამოდენიმე ქვეპროგრამას, სადაც იყენებენ ამ მახასიათებლების სხვადასხვა ნაკრებს. ტაქსაციური მაჩვენებლების განსაზღვრის ძირითადი ამოცანაა: ტყის ფონდის ტერიტორიის დაყოფა ტაქსაციურ გამონაყოფებად და გამონაყოფის ტაქსაციური მახასიათებლების განსაზღვრა.

სისტემა „რეგიონის“ მეშვეობით სატყეო-ტაქსაციური დეშიფრირების ავტომატიზაციის მუშაობის სქემა მდგომარეობს შემდეგში: სამუშაოს ობიექტზე მონიშნავენ ტიპურ გამონაყოფებს (სასინჯ ფართობებს), რომელიც საკმარისად უნდა აკმაყოფილებდეს თავისი მახასიათებლებით ნარგავთა ერთობლიობას მთლიანობაში, რაც შემდგომში გამოიყენება როგორც მონაცემთა ბანკი. ჩაატარებენ ამ გამონაყოფების (სასინჯი ფართობების) აგეგმვას; მათი გამოსახულება ციფრობრივი ფორმით, აგრეთვე მათი ფოტომეტრიული და ტაქსაციური მახასიათებლები ინახება ЭВМ-ის მეხსიერებაში. გამონაყოფის გამოსახულება, რომლის ტაქსაციური მახასიათებლებიც უნდა განისაზღვროს, შეაქვთ ЭВМ-ში, სადაც ფორმირდება მისი ფოტომეტრიული ნი-

შან-თვისებები; ერთდროულად ᲔᲒᲛ-ში შეაქვთ განზოგადებული სადეშიფრირო და ლანდშაფტური ნიშან-თვისებებიც. იყენებენ რა მონაცემთა ბანკს, მანქანური გზით თანამიმდევრობით განსაზღვრავენ ტაქსაციურ მაჩვენებლებს არაპარამეტრული ამომხსნელი პროცედურით უახლოეს K წერტილებით ნიშან-თვისებების n-განზომილების სივრცეში. ექსპერიმენტულმა შემოწმებებმა გვიჩვენეს, რომ მანქანური გზით ტაქსაციურ მნიშვნელობათა განსაზღვრის შეცდომა სისტემა „რეგიონის“ გამოყენებით ახლოსაა ამგვარადვე ვიზუალურ მორფომეტრიულ დეშიფრირებასთან.

ფართობების (ტყეების, განაკაფის, ჭაობების და სხვა) კატეგორიების მანქანური გამოყოფისა და ზოგიერთი კონტურული დეშიფრირების გადასაწყვეტად ნიშან-თვისებებად ადგილზე იყენებენ ერთი ან რამოდენიმე სპექტრის ზონაში გამოსახული წერტილების საშუალო ტონს, საშუალო ტონის დისპერსიას და ტექსტურ მახასიათებლებს.

სპექტროზონალური სურათებით მუშაობას აწარმოებენ ორგანზომილებიანი სელექციური მეთოდით, რომელშიც გამოიყენება სურათის ყოველი წერტილისათვის სიგნალის ფერებად დაყოფა, ფერადი შუქფილტრები და ფორმირებული ორგანზომილებიანი ტონი. ორგანზომილებიანი სელექციის მეთოდი საშუალებას იძლევა გამოვყოთ მიწების კატეგორიები, ფოთლოვანი და წიწვოვანი ტყის უბნები, აგრეთვე დავადგინოთ ამა თუ იმ ჯიშის წილობრივი შემადგენლობაც.

12.4 მრავალზონალური ინფორმაციის დამუშავება მანქანური მეთოდით

დიდი მოცულობის ინფორმაციის დამუშავება ᲔᲒᲛ-ის გამოყენების გარეშე შეუძლებელია. ყველაზე ოპტიმალური შედეგები კი შეიძლება მივიღოთ ციფრობრივ მეთოდში ᲔᲒᲛ-ის გამოყენებითა და ანალოგურ-ოპტიკური მეთოდით; მრავალზონალურ მასინთეზირებელ პროექტორ ᲛᲡᲞ-4 შერწყმით. ეს უკანასკნელი გამოიყენება აგრეთვე მრავალზონალური შავ-თეთრი ნეგატიური ან პოზიტიური გამოსახულებით მიღებული სინთეზირებული ფერადი გამოსახულების ვიზუალურად დეშიფრირების დროს.

ᲔᲒᲛ-ის დახმარებით შეიძლება შესრულდეს შემდეგი ოპერაციები: კატალოგიზაცია, მოცემული კოორდინატებით გამოსახულების მოძებნა და შენახვა; გეომეტრიული და სიკაშკაშის კორექცია; ტრანსფორმირება და მიბმა; სხვადასხვა დროს ერთი და იგივე უბნის სხვადასხვა სპექტრულ დიაპაზონში მიღებული ერთი და იგივე უბნის გამოსახულების შეთავსება; თემატიკური დეშიფრირება; გამოსახულების გარდაქმნა ისეთნაირად, რომ მოხერხებული იყოს ინტერპრეტირებისათვის.

ზემოთ აღნიშნული ოპერაციებიდან ზოგიერთის შესრულება შეუძლებელი ხდება ᲔᲒᲛ-ით მთლიანად, ამიტომ მრავალზონალური ინფორმაციის მანქანური დამუშავება ძირითადად საინფორმაციო-საძიებო ხასიათს ატარებს.

ადამიანის მონაწილეობა შესაძლებლობას იძლევა შევამციროთ როგორც თემატური დამუშავების შრომატევადობა. ასევე ოპტიმალურად შევურჩიოთ მანქანური დამუშავება ვიზუალურ ანალიზს.

მრავალზონალური სურათების დამუშავებისას ზოგიერთი ოპერაციის შესრულება შეიძლება დავაკისროთ ᲔᲒᲛ-ს. მათ შორის: ᲔᲒᲛ-ში შესატანი ინფორმაციის მომზადება, კოორდინატული გეოგრაფიული მიბმა, სპექტრული გაზომვების ანალიზი და ელემენტების მიხედვით შეთავსება.

გეომეტრიული და საინტერპრეტაციო დამუშავების ამოცანების გადაწყვეტად მრავალზონალური სურათები აუცილებლად უნდა გარდავქმნათ ისეთ სახედ, რომ მოხერხებული გახდეს ᲔᲒᲛ-ში შესატანად. ასეთი მომზადება შეიცავს: სურათების სიკაშკაშის ელემენტების გარდაქმნას ციფრობრივ სახედ და მის მაგნიტურ ლენტაზე ჩაწერას: ერთი და იგივე უბნის სხვადასხვა სპექტრულ დიაპაზონში მიღებული ყველა ექვსი გამოსახულების ელემენტების მიხედვით შეთავსებული ციფრობრივი ჩანაწერის მიღებას და ჩაწერილის სტრუქტურის გარდაქმნას თანამიმდევრობითობიდან პარალელურში.

პირველ ეტაპზე სპეციალური გამშლელი დენსიტომეტრით გამოსახულების თითოეული ელემენტის სიკაშკაშე (ფოტოფირის გაშუქების ხარისხი) გარდაიქმნება ციფრობრივ სახედ და ციფრების თანამიმდევრობა ჩაიწერება მაგნიტურ ლენტაზე.

ვიდეოინფორმაციის გეოგრაფიული მიბმა სრულდება დედამიწის ზედაპირზე შერჩეული ნებისმიერი ელემენტის გაიგივების მიზნით, რომლისთვისაც დისტანციური ზონდირების შედეგად გაზომეს სპექტრული სიკაშკაშე. კოორდინატულ მიბმაში გულისხმობენ გამოთვლებს და კოორდინატთა ბადის დატანას გამოსახულებაზე. ვიდეოინფორმაციის გარდაქმნას საჭირო მასშტაბის კარტოგრაფიულ პროექციაში.

კოორდინატული მიბმა სრულდება სურათის ორიენტირების ელემენტების იმ დამოკიდებულებებით, რომელიც ცნობილია ანალითიკური ფოტოგრამმეტრიიდან. ობიექტების კოორდინატების მაღალი ზუსტით განსაზღვრისათვის იყენებენ იმ საყრდენ წერტილებს, რომლებიც ამოცნობილია სურათზე და რუკაზე.

თემატიკურ გამოკვლევებს ასრულებენ ექვს შერჩეულ დიაპაზონში თითოეული გარჩეული ელემენტის ზედაპირის გაზომილი სპექტრული სიკაშკაშის $\lambda=(\lambda_1, \lambda_2 \ldots \lambda_6)$ ერთობლიობის საფუძველზე. გაზომილი მნიშვნელობები და წინასწარ ცნობილი დედამიწის ქვეფე-

ნის შესახებ ცნობები გამოიყენება როგორც საწყისი მონაცემები დედამიწის ბუნებრივი რესურსების გამოკვლევაში. შევასრულოთ თემატური გამოკვლევები — ნიშნავს ამოვიცნოთ ან კლასიფიცირება გავუკეთოთ ბუნებრივ წარმონაქმნებს. ამოვიცნოთ — ნიშნავს, მიღებული განზომილებით განვსაზღვროთ ბუნებრივი წარმოქმნის სახე.

კლასიფიკაცია არის ურთიერთგადამკვეთ ჯგუფში მოგროვილი გაზომვების გაერთიანება, რომელშიაც ერთი ჯგუფის ყველა გაზომვა შეესაბამება ბუნებრივ წარმონაქმნებს, რომლებიც ახლოს არიან რომელიმე თემატიკური ნიშნებით. ამ შემთხვევაში არ არის შესაძლებლობა განვსაზღვროთ ბუნებრივი წარმოქმნის ტიპი.

XIII თავი
აეროკოსმოსური სურათების გამოყენება სატყეო ტაქსაციაში

13.1 აეროსურათების გამოყენება ტყის მასივების ტაქსაციაში

სხვადასხვა თანრიგის ტყეთმოწყობისათვის მიწისზედა ტაქსაციის ტექნოლოგია განხილულია „სატყეო ტაქსაციის“ კურსში. ამოცანა მდგომარეობს იმაში, რომ გავეცნოთ მიწისზედა ტაქსაციურ სამუშაოებში აეროსურათებზე მუშაობის ტექნიკასა და ტექნოლოგიას. რამდენადაც აეროსურათები წარმოადგენს თანამედროვე ტყეთმოწყობის ტექნიკურ საფუძველს, ყოველწლიური ტყეთმოწყობითი სამუშაოები სრულდება 60 — 65 მილიონ ჰექტარზე და მათ შორის 90%-ზე მეტი აეროსურათების გამოყენებით, ისიც უპირატესად სპექტროზონალური ფერადი სურათებით. I და II თანრიგის ტყეთმოწყობაში იყენებენ 1:10 000 მასშტაბს, ხოლო III — IV თანრიგის დროს 1:15 000 — 1:10 000 მასშტაბის აეროსურათებს.

ტყეების ტაქსაციის დროს აეროსურათები გამოიყენება თითოეულ კვარტალზე აბრისის შესადგენად, სატაქსაციო გამონაყოფის საზღვრების დასადგენად და სვლების მიმართულებით მიწისპირა მეთოდით ტაქსაცირების პროცესში გამონაყოფების განსაზღვრული ტაქსაციური მაჩვენებლების დასაზუსტებლად. ტყეების ტაქსაციურ სამუშაოებში აეროფოტოსურათების გამოყენება 20 — 25 % ამცირებს ტექნიკურ პერსონალზე დანახარჯებს, ხოლო 40 — 60 %-ით — მუშებისას. გარდა აღნიშნულისა, მნიშვნელოვნად იზრდება გამონაყოფთა გამიჯვნა და ნარგავთა ტაქსაციური მახასიათებლების განსაზღვრა.

საველე სამუშაოების დაწყებამდე, აეროსურათებს კამერალურად ამზადებენ ნატურაში მუშაობისათვის. გაანაწილებენ მათ შემსრულებლებს შორის სატაქსაციო უბნების შესაბამისად, ამოირჩევენ სტერეოწყვილებს და მოახდენენ მათ ურთიერთორიენტირებას, გაზომავენ აე-

როსურათების ბაზისებს, გამომიჯნავენ მუშა ფართობებს, რადიოსიმაღლმზომის ჩვენებებით დაადგენენ ფოტოგრაფირებების სიმაღლეებსა და აეროსურათების მასშტაბებს. შემდგომ მოსაწყობი ობიექტების ტერიტორიის ორგანიზაციის სქემებიდან აეროფოტოსურათებზე გადააქვთ მოსაწყობი სატყეო-სამეურნეო წარმოებების საზღვრები, საპლანშეტო ჩარჩოები და განაკაფი ზოლები; თუ ისინი არ მოჩანს აეროსურათზე, მაშინ მათ დაადგენენ მიახლოებითი ორიენტირების გამოყენებით. ამოიცნობენ და დაიტანენ აეროსურათების მუშა ფართზე ყველა სხვა სვლის ხაზებს, შემდეგ მოახდენენ ამ უკანასკნელის წინასწარ კონტურულ დეშიფრირებას. კონტურულ სატყეო ტაქსაციური დეშიფრირებისას პირველ რიგში გამოყოფენ ტყით დაუფარავ და არასატყეო ფართობებს, შემდეგ კი ტყით დაფარულ ფართობებს დაყოფენ სატაქსაციო გამონაყოფებად.

საველე პერიოდის დაწყებამდე ტაქსატორები გაივლიან კოლექტიურ სატაქსაციო ვარჯიშს: განსაზღვრული ტაქსაციური მაჩვენებლებით დაამუშავებენ თვალზომას, მიაღწევენ სატყეო ინვენტარიზაციის ილეთების ერთგვაროვნობას, საველე მასალების გაფორმებასა და სამეურნეო ღონისძიებათა დანიშნულებას, შეისწავლიან ნარგავთა და სხვა კატეგორიათა ფართობების სადეშიფრირო ნიშან-თვისებებს, შეიძენენ აეროსურათებით კორომთა შემადგენლობის, სიხშირის, სიმაღლეთა ჯგუფების, ასაკისა და ტყის ტიპების განსაზღვრის ჩვევებს, აგრეთვე თვალზომური ანალითური მეთოდით სტერეომოდელით სადეშიფრირო ობიექტების გამოსახვას. ამისათვის სატაქსაციო სვლაზე თითოეული ტაქსატორი, რომელიც მასში მონაწილეობს ვარჯიშის დაწყებამდე დამოუკიდებლად მოამზადებს ფოტოაბრისს და ახდენს აეროფოტოსურათების კონტურულ დეშიფრირებას. დაკონტურებული გამონაყოფის თვალზომურ ანალითურ სატაქსაციო დეშიფრირებას აეროსურათებზე ნარგავთა და სხვა სახის კატეგორიის ფართობების გამოსახვის ხასიათის გათვალისწინებით.

ნატურაში ვარჯიშის პროცესში გააანალიზებენ დეშიფრირების შედეგებს, აითვისებენ აეროსურათებზე ამოცნობილ და დატანილ განაკაფთა ზოლებს, საზღვრებს, სამზერებს და სხვა სახის გავრცელებულ ხაზებს, კონტურულ საყრდენ წერტილებს, სატაქსაციო გამონაყოფთა საზღვრებს მათი ფოტოგამოსახულებითა და ორიენტირებით, აგრეთვე ტაქსაციური სვლების რაციონალურად განლაგებას, მათ აეროსურათებზე და ნატურაში გაყვანას, მყარად ამოცნობილ კონტურულ წერტილებზე მიბმას. ვარჯიშების შედეგების მიხედვით აძლევენ ტაქსატორებს საწარმოო ტაქსაციაზე დაშვების დასკვნას.

ტაქსატორის თანაშემწე აგეგმვითი-გეოდეზიური სამუშაოებისას თითოეული კვარტალისათვის ადგენს ფოტოაბრისს. პირველადი ტყეთ-

მოწყობისას გაზომავენ საკვარტალე განაკაფ ზოლებს, საპლანშეტო ჩარჩოებს, საზღვრებს და სხვა გავრცელებულ ხაზებს I და II თანრიგის ტყეთმოწყობისას არა ნაკლები 1:500 სიზუსტით, III და IV — 1:300. დაამაგრებენ ყოველ 200 მეტრზე საპიკეტო პალოებს. გაზომვების პროცესში აეროფოტოსურათებზე ამოიცნობენ და დაიტანენ გაზომილ ხაზებს, (თუ ისინი ადრე არ იყო ამოცნობილი კამერალურად) და მიაბამენ ორიენტირებს. განმეორებითი ტყეთმოწყობის დროს სვლის ხაზებს გაზომავენ მხოლოდ იმ შემთხვევაში, როცა ორიენტირები საკმარისი არ არის იმისათვის, რომ ტაქსატორმა უშეცდომოდ განსაზღვროს თავისი მდებარეობა სატაქსაციო სვლის ნებისმიერ წერტილზე. ამიტომ I და II თანრიგის ტყეთმოწყობისას გაზომვებს, როგორც წესი, არ ასრულებენ, ხოლო III და IV თანრიგისას უმრავლეს სვლის ხაზებს ზომავენ.

საბოლოოდ გაფორმებულ ფოტოაბრისზე დაიტანენ განაკაფთა ზოლებს, ვიზირებს (სამზირებს), საზღვრებს, სატაქსაციო გამონაყოფთა კონტურებს, ამოცნობილ ორიენტირებსა და კონტურულ წერტილებს, აეროსურათის მუშა ფართის საზღვრებში მყოფ კვარტალების ნომრებს. გზებს, ბილიკებს, მდინარეებს, ნაკადულებსა და სამელიორაციო არხებს, რომელიც მოჩანს მხოლოდ სტერეოსკოპში, ამოწვევენ ფერადი ტუშით. ფოტოაბრისის მეორე მხარეს ჩაჩხვლეტილი უნდა იყოს: ორიენტირები და კონტურული წერტილები თავისი მიბმებით, განაკაფთა ზოლი და ვიზირები სიგრძის (ჰორიზონტალური ქვედებულების) ჩვენებითა და გაზომვათა მიმართულებით, სავალი ხაზების მიბმით, გამონაყოფთა მკაფიო საზღვრების განაკაფთა ზოლებთან და ვიზირებთან გადაკვეთის ადგილების ნიშნულები: აეროსურათის მასშტაბი, რომელსაც ადგენენ რადიოსიმაღლმზომით ან გამოიანგარიშებენ ზუსტად ამოცნობილი წერტილებით სულ მცირე ორ ადგილზე სხვა დასხვა მიმართულებით მდებარე გაზომილი ხაზებით. მნიშვნელოვანი მთაგორიანი ადგილისათვის მასშტაბს ადგენენ სურათის სხვადასხვა უბნისათვის. აეროფოტოსურათების ფოტოაბრისებად გამოყენების შემთხვევაში აღარ არის საჭირო კვარტალების ბუნებრივი საზღვრების აგეგმვა ინსტრუმენტულად, რამდენადაც ეს საზღვრები აეროსურათებიდან ზუსტად შეგვიძლია გადავიტანოთ შესადგენ ტყეთმოწყობის გეგმურ-კარტოგრაფიულ მასალებზე.

მიწაზე ტაქსაციური სამუშაოების სატაქსაციო მახასიათებლებს დაადგენენ ფოტოაბრისზე თითოეული სატაქსაციო უბნისათვის. ხოლო საჭიროების შემთხვევაში აზუსტებენ მის საზღვრებსაც, რომელიც დადგენილი იყო ჯერ კიდევ კამერალური დეშიფრირებისას, ამავე დროს, ერთდროულად აძლევენ თითოეული გამონაყოფისათვის გასული სარევიზიო პერიოდის სამეურნეო მოღვაწეობის ხარისხობრივ შეფასებას

და მომდევნო სარევიზიო პერიოდისათვის კი სამეურნეო ღონისძიებათა დანიშვნებს. მიწაზე ნარგავთა ტაქსაციას ასრულებენ თვალზომურად აეროფოტოსურათების საველე დეშიფრირების ცნობილი გაზომვითი მეთოდებით. ამასთანავე, უმაღლეს (I ა და II) თანრიგებში აეროსურათით ორიენტირებით მუშაობას ასრულებენ ყოველ გამონაყოფში შესვლით, ხოლო დაბალი (III — IV) თანრიგის გამონაყოფში კი სავალი ხაზებით. ამ უკანასკნელში დაათვალიერებენ მხოლოდ გამონაყოფის სავალი ხაზის იმ ნაწილს, რომელიც კვარტალურ განაკაფ ზოლთან ან ვიზირებთან გადის. III თანრიგის მოწყობისას შედიან დასამწიფებელ, მწიფე და გადამწიფებულ ხეთადგომის უბანში, რომლებიც განლაგებული არიან სავალ ხაზებს შორის. ფოტოაბრისის მეორე გვერდზე ისრებით უჩვენებენ გამონაყოფიდან გამონაყოფისაკენ სვლების მიმართულებას.

ნატურაში აღწერვის ყოველ გამონაყოფს შეისწავლიან აეროსურათებით. განსაზღვრავენ სატაქსაციო პუნქტების რაოდენობასა და მათ ადგილმდებარეობას, რის შედეგაც შეუდგებიან თითოეული მათგანის ნარგავთა ნატურულ ტაქსაციას. ტაქსაციის პუნქტებს ფოტოაბრისზე აღნიშნავენ ჩაჩხვლეტითა და ნომრის წარწერით. უფრო ზუსტი მონაცემების მიღებისთვის იყენებენ სატაქსაციო ხელსაწყოებსა და ინსტრუმენტებს, რომელთა დახმარებითაც განსაზღვრავენ ტაქსაცირებულ ნარგავთა ასაკს, სიმაღლეს, დიამეტრს, სისრულეს. გამონაყოფის საბოლოო სატაქსაციო მახასიათებლებს დაადგენენ ტყეთმოწყობის ყველა თანრიგისათვის, მხოლოდ აეროსურათებით მათი თავისებურებათა შესწავლის შემდეგ. ყოველი კვარტლის ტაქსაციის დამთავრების შემდეგ ტაქსატორი უშუალოდ ტყეშივე აანალიზებს გამოყოფი„ ლი უბნების ნატურაში მიღებულ ტაქსაციურ მახასიათებლებს, აეროფოტოსურათების გამოსახულებასთან შეადარებს, მერე საბოლოოდ დაადგენს გამონაყოფთა კონტურებსა და მათ ტაქსაციურ აღწერილობას.

13.2 ტყეების აეროტაქსაცია

ტყეების აეროტაქსაცია არის თვითმფრინავიდან ან ვერტმფრენიდან ტყეების ტაქსაციის მეთოდი. 1970 წლამდე აეროტაქსაციას ფართოდ იყენებდნენ ტყეთმოწყობაში ძნელად მისადგომი ტყეების გამონაყოფთა ტაქსაციისათვის ან ციმბირისა და შორეული აღმოსავლეთის ნაკლებად შესწავლილი ტყეების ინვენტარიზაციის როგორც დამოუკიდებელ სახეს.

აეროტაქსაცია შედგება ციკლებისაგან: მოსამზადებელი სამუშაოების (ორგანიზაციული, გეგმურ-კარტოგრაფიული მასალების, აეროფო-

ტოსურათებისა და საფრენოსნო რუკების მომზადება, ტერიტორიის ორგანიზების პროექტის შედგენა); სახმელეთო და საჰაერო სატაქსაციო და აერონავიგაციური ვარჯიშის, საველე მიწისპირა სამუშაოებისა და თვით აეროტაქსაციისაგან.

მოსამზადებელი სამუშაოების დროს აგროვებენ ობიექტის გეგმურ-კარტოგრაფიულ, ტაქსაციურ და სხვა ფონდირებულ მასალებს, მათი საშუალებით სწავლობენ ობიექტს, შეადგენენ ტერიტორიის ორგანიზაციის პროექტს, განსაზღვრავენ აეროტაქსაციისა და მიწისპირა ტაქსაციის სამუშაოების მოცულობას. შემდეგ შეარჩევენ საორგანიზაციო საველე ბაზას, გადაწყვეტენ თვითმფრინავითა და ვერტმფრენით უზრუნველყოფის, კავშირგაბმულობის საშუალებების და აეროსურათების საკითხს. საჭიროების შემთხვევაში შეუკვეთავენ ფოტოგეგმებს ან ფოტოსქემებს.

საველე სამუშაოების დაწყებისას ატარებენ აეროტაქსატორებისა და აერონავიგატორთა მიწაზე სასინჯ ფართობებზე და სატაქსაციო სვლებზე ვარჯიშს ტაქსატორებისათვის, ტყეთმოწყობის ინსტრუქციების მოთხოვნილებათა შესაბამისად. შემდეგ გადადიან ობიექტზე 200 — 400 მეტრის სიმაღლიდან სარეკოგნოსცირო ფრენაზე, მარშრუტებს შორის 6 — 8 კმ-ის დაშორებით. ფრენის მიზანია შევადაროთ ადგილს ფოტოსქემა, ფოტოგეგმა და ტოპოგრაფიული რუკა; ვარჯიში ჰაერში ორიენტირებისათვის, მოცემული კურსით სიმაღლეთა და სიჩქარით თვითმფრინავის ტარების ჩვევების გამომუშავებისათვის, ეკიპაჟის წევრებს შორის ურთიერთმოქმედების დამუშავებისათვის და სხვა. ვარჯიშის დროს განსაკუთრებული ყურადღება ეთმობა ჰაერიდან ნარგავთა ტაქსაციური მაჩვენებლების განსაზღვრასა და აეროტაქსაციური ნიშან-თვისებების შესწავლას: ფორმას, აგებულებას, დატოტვის ხასიათს, ვარჯის წაგრძელებასა და დიამეტრს, ფოთლების ფერსა (წიწვი) და მათ დაჩრდილვას, ქერქის ფერს (თუ გაიხედება საბურველში). გადა ამისა, შეისწავლიან ვარჯის სიხშირის ხარისხსა და კომპაქტურობას, საბურველს, ნიადაგის ფერს, ხეებს შორის სიმაღლურ განსხვავებებსა და სხვა. ჰაერიდან ვარჯიშის დროს დაამუშავებენ ტაქსაციური მაჩვენებლების განსაზღვრის ტექნიკასა და შეაფასებენ მათი დადგენის სიზუსტეს.

საველე სეზონის განმავლობაში აეროტაქსატორი და აერონავიგატორი ყოველთვიურად გადიან მიწაზე ვარჯიშს, ტაქსირებას აკეთებენ ობიექტის სხვადასხვა უბანზე 10 — 12 კმ სიგრძის სატაქსაციო სვლებით. ეს კი უზრუნველყოფს ტყის მასივების უფრო დეტალურად შესწავლას.

საველე სამუშაოებისთვის აეროსურათებს მოამზადებენ ისევე, როგორც მიწაზე ტაქსაციის ჩატარებისთვის, შეასრულებენ მორფოგრა-

ფიულ და მორფომეტრიულ დეშიფრირებას. გამონაყოფთა კონტურებსა და ტოპოგრაფიულ სიტუაციას გადაიტანენ ფოტოგეგმებზე და ფოტოსქემებზე; ჩაატარებენ გამონაყოფთა წინასწარ ლიტერაციას.

ჰაერიდან აეროტაქსაციის დროს ადგენენ ჯიშთა შემადგენლობას, ასაკს, სისრულეს, ბონიტეტის კლასს, საშუალო სიმაღლესა და დიამეტრს, ტყის ტიპსა და სასაქონლო კლასს.

მერქანთა ჯიშებს განსაზღვრავენ მათთვის დამახასიათებელ აეროტაქსაციურ ნიშან-თვისებათა საფუძველზე. ამასთანავე, ითვალისწინებენ, რომ ფართე ვარჯის მქონე ხეები (ფიჭვი, არყი, ვერხვი) ჰქმნიან შთაბეჭდილებას, თითქოს ყველაზე მეტი საბურვლის ნაწილი უკავიათ, ვიდრე ეს სინამდვილეში უკავიათ ვიწრო ვარჯის მქონე (ნაძვი, სოჭი) ხეებს.

კორომის ასაკს განსაზღვრავენ ფორმით, დიამეტრითა და ვარჯის სიხშირით, სიმაღლითა და საბურვლის შეკრულობით, ვარჯის ტონით (ფერით) და საერთოდ საბურვლით, რადგანაც ყველა ჩამოთვლილი ნიშან-თვისება გაბატონებული ნებისმიერი ჯიშებისათვის მთელი სიცოცხლის ხანგრძლივობის ციკლის მიხედვით იცვლება. საშუალო სიმაღლესა და დიამეტრს ადგენენ თვალზომით. სატაქსაციო უბნის სისრულეს განსაზღვრავენ საბურვლის შეკრულობით ან ხეთადგომის სიხშირით; ბონიტეტის კლასს — უპირატესად პარამეტრული (მეშვეობითი) ნიშან-თვისებებით (ასაკისა და სიმაღლის ურთიერთკავშირით, აღმოცენების ადგილის პირობებით, მომიჯნე გამონაყოფთა მიმართ ადგილის მდებარეობით, ვარჯის ფორმითა და აგებულობით). რადგანაც არსებობს სპეციალური ცხრილები კორომის სიმაღლისა და ასაკის ურთიერთკავშირისა, ამიტომ აეროტაქსაციის პროცესში ბონიტეტის კლასი არ აღინიშნება და ისევე, როგორც მიწაზე სატყეო-საინვენტარიზაციო სამუშაოებისას გამოითვლიან კამერულ პირობებში.

ტყის ტიპის დასადგენად იყენებენ პირდაპირი და არაპირდაპირი აეროტაქსაციური ნიშან-თვისებების კომპლექსს, უმეტესად კი მას ითვალისწინებენ სასაქონლო კლასის დადგენისას. სატაქსაციო მაჩვენებლებს, რომლებიც განსაზღვრული იყო გაფრენამდე აეროსურათების დეშიფრირებით, აეროტაქსატორი კორექტირებას უკეთებს ნარგავთა ჰაერიდან დათვალიერების საფუძველზე.

აეროტაქსაციის დროს ვერტმფრენის ფრენის სიმაღლის დედამიწის ზედაპირიდან 50 — 100 მ და ფრენის სიჩქარის 60 — 80 კმ/სთ შემთხვევაში მარშრუტები სწორხაზოვანი ან რაციონალურად განლაგებული უნდა იყოს.

ვერტმფრენის ეკიპაჟი შედგება სამი კაცისაგან: მფრინავის, აერონავიგატორისა და აეროტაქსატორისაგან. აერონავიგატორი მფრინავთან ერთად უზრუნველყოფს მარშრუტების მიხედვით ფრენას, აორიენ-

ტირებს ტაქსატორს, ფრენის დროს მათ ადგილსამყოფელს, ჩაწერებს ახდენს საბორტო ჟურნალში, აღნიშნავს ტაქსატორის მოთხოვნით მარშრუტიდან გადახრებს და ჰაერში ფოტოსქემის ან აეროსურათების მეორე ეგზემპლარით ორიენტირების კონტროლს, გამონაყოფთა თვალზომურ ტაქსაციას, საჭიროების შემთხვევაში კორექტირებას უკეთებს გამონაყოფთა კონტურებს, რომელიც დადგენილი იყო გაფრენამდე.

ჰაერიდან ტაქსაციის სიზუსტე მნიშვნელოვნად დამოკიდებულია ვერტმფრენის საბურვლის მიმართ ფრენის სიმაღლის მუდმივობაზე. ამიტომ მთიან პირობებში მკვეთრად გამოკვეთილ მთებს შემოუფრენენ ჰორიზონტალის მიხედვით. მთიან ადგილებში საშიშროების შემცირების მიზნით აკრძალულია: აეროტაქსაცია მთის მწვერვალის მახლობლად იმ ფერდობის მხარეს, სადაც ქარის სიჩქარე 6 მ/წმ აღემატება; მთის ფერდობთან 100 მეტრზე ახლოს მიახლოება; ფრენა მზის საწინააღმდეგოდ ან მის მიმართ 30°-ზე ნაკლები დახრის კუთხით; შემოვაბრუნოთ ვერტმფრენი 20° მეტი ფრენით; დავეშვათ ჭალებში ან ხეობაში მოცემული სიმაღლიდან თუ მათი სიგანე 0,5 კმ-ზე ნაკლებია; შევასრულოთ ვერტიკალური მოძრაობები წინსვლითი სიჩქარის გარეშე (გარდა ვერტიკალური დაჯდომისა და აფრენის შემთხვევაში). აეროტაქსაციის ერთი ციკლის ხანგრძლივობა არ უნდა აღემატებოდეს 1 — 1,5 საათს ობიექტამდე მიფრენის დროის ჩათვლის გარეშე. შემდეგ საჭიროა დაჯდომა აეროტაქსატორის დასვენების უზრუნველსაყოფად ან ავიანავიგატორთან მოვალეობის შესაცვლელად.

აეროტაქსაციისთვის ყველაზე ხელსაყრელად ითვლება დაბალი ტემპერატურის დილისა და საღამოს საათები, რომ არ იყოს ჰაერის ვერტიკალური დინებები.

აეროტაქსაციის გამოყენება ვერტმფრენით ამცირებს 8 — 10 %-ით ტყეთმოწყობის სამუშაოების ღირებულებას, ინჟინერთა შრომით დანახარჯებს — 18 %, ტექნიკოსებისას — 32 % და მუშების — 33 %-ით, ხოლო ხელფასის ფონდისას — 24 % ეკონომიით. აეროტაქსაციის სიზუსტე ახლოსაა მიწაზე ჩატარებულ ტაქსაციასთან. ერთ საათში III თანრიგის ტყეთმოწყობისას აეროტაქსაცია შეიძლება ჩატარდეს 2 ათას ჰექტარზე, ხოლო IV — ოთხიათას ჰა-ზე. ტაქსაციის სეზონური ნორმა ერთ ეკიპაჟზე შეადგენს 800 — 1000 ათას ჰექტარს. აეროტაქსაცია პერსპექტიულია ტყეების კარტოგრაფირებისა და გამოკვლევისათვის კოსმოსური სურათების გამოყენების შეხამებით.

13.3 ძირითადი ტაქსაციური მაჩვენებლების განსაზღვრის სიზუსტე

დღეისათვის ტყეთმოწყობის პრაქტიკაში ფართოდ გამოიყენება ტყეების ტაქსაციის სამი ძირითადი მეთოდი: 1) მიწისპირა თვალზომური ტაქსაცია 1:17 000 – 1:25000 მასშტაბის აეროსურათებით; 2) იმავე მასშტაბის პანქრომატული და სპექტროზონალური აეროსურათების დეშიფრირება; 3) 1:17 000 – 1:25 000 მასშტაბის აეროფოტოსურათებით აეროტაქსაცია. თითოეულ აღნიშნულ მეთოდს თავისი შეცდომები გააჩნია.

როგორც წესი, თვალზომური ტაქსაციით, დეშიფრირებით და აეროტაქსაციით ნარგავთა მარაგი ერთ ჰექტარზე უშუალოდ არ განისაზღვრება. ამისათვის გამოიყენება ფართობთა ჯამისა და მარაგის ცხრილები („ტაქსატორის ცნობარი"). ცხრილები შედგენილია წმინდა კორომებისათვის, მაგრამ იგი გამოიყენება აგრეთვე შერეულისთვისაც, თუკი მას სწორად გამოვიყენებთ.

ცხრილების შესავალს წარმოადგენს ხეთა ჯიშები და საშუალო სიმაღლე, მაგრამ საჭიროა აგრეთვე კორომის ფარდობითი სისრულეც. შერეულ ნარგავებში $h_{საშ.}$ საშუალო სიმაღლე რამოდენიმეა: ტყის ძირითადი ელემენტის $h_{საშ.}$, $h_{საშ.}$ ტყის სხვა ელემენტებისთვის და იარუსის გაწონასწორებული საშუალო $h_{საშ.}$ – სიმაღლე. შერეულ ნარგავთა მარაგი უნდა განისაზღვროს გაბატონებული ჯიშებითა და იარუსის გაწონასწორებული საშუალო სიმაღლით.

ერთი ჰექტრის გაშონაყოფში მარაგის საშუალო კვადრატული შეცდომის სიდიდეზე გავლენას ახდენს შემდეგი ტაქსაციური მაჩვენებლები: სისრულე, საშუალო სიმაღლე და შემადგენლობა. გარდა აღნიშნულისა, შეცდომებზე გავლენას ახდენს ცხრილების ცდომილებანი და ერთ ჰექტარზე მარაგის 10 კუბურ მეტრამდე დამრგვალება.

მაგალითად, სისრულის განსაზღვრაში შეცდომა $\Delta_i=0,1$ მნიშვნელოვან შეცდომას იწვევს მარაგის დადგენაში. თუ $r=1.0$, მაშინ $m_i=10$ %. თუ $r=0,7$ – $m_i=14,3$ %, $r=0.5$ – $m_i=20$ %.

კოროძის საშუალო სიმაღლის 10 % შეცდომით განსაზღვრა უკვე იწვევს მარაგის განსაზღვრის შეცდომას. მაგალითად: ფიჭვისა და რბილწიწვიანისთვის – 11,5 % ნაძვისა და სოჭისათვის – 15 %, ვერხვისა და არყისთვის – 16 %.

შერეული ნარგავების შემადგენლობის დადგენისას დაშვებული შეცდომა მრავალ შემთხვევაში იწვევს შეცდომას გაბატონებული ჯიშების დადგენაში და შემდეგ ცხადია, მარაგის დადგენაშიც, რადგანაც გამოყენებული იქნება ცხრილის სხვა გრაფა.

ამგვარად, გამონაყოფის ერთ ჰექტარზე მარაგის განსაზღვრის შეცდომა გამოწვეულია მრავალი ერთმანეთისაგან დამოუკიდებელი შეც-

დომებისაგან. წმინდა კორომისთვის მარაგის განსაზღვრის შეცდომაში მონაწილეობენ m_i, m_h, m_v და $m_{დამრ.}$ (შეცდომები: სისრულის, საშუალო სიმაღლის, ცხრილებისა და დამრგვალების) შეცდომების ჯამი. შერეული კორომისათვის დაემატება კიდევ გაბატონებული ჯიშების დადგენაში დაშვებული m_3 შეცდომა.

ამგვარად, წმინდა კორომისთვის მარაგის განსაზღვრის შეცდომა გამოითვლება ფორმულით:

$$m = \sqrt{m^2_i + m^2_h + m^2_v + m^2_{დამრ.}}, \qquad (13.1)$$

ხოლო შერეული კორომისათვის

$$m = \sqrt{m^2_i + m^2_h + m^2_v + m^2_{დამრ.} + m^2_3} \qquad (13.2)$$

შერეულ კორომში ცალკეული ჯიშის მარაგი გამონაყოფში განისაზღვრება დიდი შეცდომით, რადაგანაც ამ შემთხვევაში შეცდომა დაჯამდება საერთო მარაგის შეცდომითა და მოცემული ჯიშისათვის მარაგის განსაზღვრის შეცდომისაგან. აღნიშნული შეცდომები თითქმის ორჯერ იზრდება აეროსურათების დეშიფრირებით.

13.4 ტყის კადასტრის ჩატარება აეროფოტომასალების გამოყენებით

აეროფოტომასალებით ტყის კადასტრის ჩატარებას ანუ ტყის რესურსების დისტანციურ აღწერას და შეფასებას მათემატიკურ-სტატისტიკური მეთოდების ფართოდ გამოყენებით, დიდი ყურადღება ექცევა.

ტყის რესურსების მათემატიკურ-სტატისტიკური მეთოდით აღწერა წარმოადგენს გარკვეული სქემით ტყის კადასტრის ჩატარებით სასინჯ ფართობებზე შერჩევით ტაქსაციას.

დღეისათვის არსებობს აღწერის მათემატიკურ-სტატისტიკური მეთოდების მრავალი ვარიანტი, რომლებიც შეიძლება დაიყოს სამ ძირითად ჯგუფად:

1. სასინჯი ფართობების მონიშვნით, მიწისზედა ვიზუალური ტაქსაცია;
2. აეროფოტოსურათების გამოყენებით გამოყოფილი ფართობების განსაზღვრით, მიწისზედა ვიზუალური ტაქსაციის ჩატარება;
3. მიწისზედა ვიზუალური ტაქსაციის სამუშაოების შეხამება აეროფოტოსურათების დეშიფრირებასთან (აეროტაქსაციასთან) ანუ კომბინირებული მეთოდი.

დღეისათვის როგორც ჩვენში, ისე საზღვარგარეთ ფართო გამოყენებას პოულობს ბოლო ორი ჯგუფი.

ტყის კადასტრის ჩატარების მეთოდის ამორჩევა დამოკიდებულია ტყის სამეურნეო ინტენსიფიკაციაზე, ობიექტის ხასიათზე, აღწერის მიზნებზე და გამოყოფილ თანხებზე.

ტყის კადასტრის დისტანციური მეთოდებით ჩატარება მიზანშეწონილია:

1. ჭარბი ხე-ტყის რაიონში, ხე-ტყის დამზადების დაგეგმარებისათვის;

2. დიდი ტყის მასივების ტერიტორიაზე, ხე-ტყის ნედლეულის რესურსების დასადგენად და საყტეო წარმოებების სწორი განლაგებისა და ორგანიზებისათვის.

3. ტყეებში მკვეთრი ცვლილებების შემთხვევაში (გამოწვეული სტიქიური უბედურებით ან სამეურნეო მოქმედებით) ტყის რესურსების სწრაფი აღრიცხვა-შეფასებისათვის;

4. პირველი რიგის ტყეთმოწყობის ობიექტების გამოსავლენად;

5. ტყეთმოწყობის სწორად ჩატარების გაკონტროლებისათვის;

6. სამეურნეო მოღვაწეობის ეფექტურობის შეფასებისა და კონტროლისათვის;

7. დიდი ტყეების ცნობართა ერთ თარიღში მოყვანისათვის და სხვა.

კანადაში და ამერიკის შეერთებულ შტატებში 1974 წლიდან ტყეების კადასტრს ატარებენ შერჩევის ორსაფეხურა სქემით, მსხვილმასშტაბიანი (1:2000) აეროფოტოსურათების გამოყენებით. აღნიშნული მეთოდი ითვალისწინებს არსებული ტოპოგრაფიული რუკებით ობიექტის სტრატიფიკაციას (ფენობრივი აღნაგობის გამოკვლევას). მთლიან სატყეო ტერიტორიას ყოფენ ოთხ სტრატად: 1. დიდი მარაგის წიწვიან ნარგავებად; 2. მცირე მარაგის წიწვოვანებად; 3. შერეულ და 4. ფოთლოვანებად. თითოეული სტრატი შედგება 40 მ სიგანის ლენტების კლასტერებად; თუ ზოლის სიგრძე მოკლე მანძილისაა, მაშინ ზოლის სიგანეს ზრდიან ორჯერ ან სამჯერ. დათვლიან კლასტერების საერთო რიცხვს და შემთხვევითი რიცხვების ცხრილებით ამოირჩევენ სტრატების ფართობთა პროპორციულად, უალბათეს 30 სტრატს. თავის მხრივ ყოველ სტრატში გამოყოფენ ოთხ სასინჯ ფართობს, რომლისთვისაც შემდეგში ჩაატარებენ მსხვილმასშტაბიან აეროფოტოგადაღებას, დეშიფრირების შესასრულებლად. აეროფოტოსურათების დეშიფრირების დაზუსტების მიზნით, ცხრა სასინჯ ფართზე ჩაატარებენ ადგილზე ვიზუალურ ტაქსაციას. სასინჯ ფართობებზე განსაზღვრავენ 40 — 60 ხის მოცულობასა და სიმაღლეს. აეროფტოსურათებითა და ადგილზე ვიზუალური ტაქსაციის მასალებით მოძებნიან ხეების V მოცულობას, h სიმაღლისა და S_n ვარჯის ფართობებს შორის ფარდობას, ცალ-ცალკე თითოეული ჯიშის ჯგუფისათვის: 1. წიწვოვან-

თათვის გარდა ფიჭვისა) 2. ფიჭვისათვის და 3. ფოთლოვანი ჯიშებისათვის. აღნიშნული ფარდობა გამოისახება:

$$V = a_0 + a_1 h\sqrt{S_n} + a_2\sqrt{S_n}. \qquad (13.3)$$

ეს მეთოდი ეფექტურია ძნელად მისადგომ რაიონებში ტყეების აღსაწერად. რუსეთში უკვე დაიწყო რამოდენიმე კვლევითმა ინსტიტუტმა ტყის კადასტრის ჩატარების მეთოდიკის დამუშავება ქვეყნის პირობების გათვალისწინებით. მეთოდიკა ითვალისწინებს აეროფოტოგადაღების კომპლექსურ გამოყენებას, აეროფოტოსურათების დეშიფრირების გამოყენებით, ტყის ერთგვაროვანი უბნების საზღვრების დასადგენად და დეშიფრირების საფუძველზე ტაქსაციური მაჩვენებლების განსაზღვრისათვის.

13.5 მთიანი ტყეების საინვენტარიზაციო სამუშაოების ტექნოლოგია

აეროსურათების გაზომვითი დეშიფრირების ტექნოლოგიას იყენებენ მთიანი და ვაკე ტყეების პირველად და განმეორებით ტყეთმოწყობაში. მთიანი ტყეების პირველადი ტყეთმოწყობის მოსამზადებელი სამუშაოების პროცესში განსაკუთრებულად სწავლობენ კორომზე ვერტიკალური ზონების გავლენასა და გამონაყოფის ადგილმდებარეობას (ფერდობების ექსპოზიციას, დამრეცობას). შემდეგ ჩატარდება ნატურაში სატაქსაციო სამუშაოები ლანდშაფტური პროფილით არა ნაკლები 10 კმ ერთ მადეშიფრირებელ-ტაქსატორზე და არა უმეტეს 200 კმისა მოწყობის ობიექტზე.

ასეთი პროფილით უმეტესად დახასიათდება ნარგავთა წარმომადგენლობის მთიანი ტერიტორიის ძირითადი ლანდშაფტწარმომქმნელი ელემენტები, ყველა ვერტიკალური ზონა. ლანდშაფტური მარშრუტები გადაკვეთენ წყალგამყოფ ქედებსა და ძირითად მდინარეებს მთავარი ქედის მიმართულების, ექსპოზიციისა და ფერდობთა დამრეცების გათვალისწინებით. მარშრუტებს ჯერ დანიშნავენ 1:25000 — 1:50000 მასშტაბის ტოპოგრაფიულ რუკებზე და შემდეგ გადააქვთ აეროსურათებზე. ჩვეულებრივი სატაქსაციო დახასიათებების გარდა უჩვენებენ აგრეთვე ფერდობის დახრილობას, ექსპოზიციას და სიმაღლეს ზღვის დონიდან, ნარგავებისა და ნიადაგების აღწერილობას, ტყის ტიპების სადეშიფრირო ნიშან-თვისებებს, ნატურაში გამონაყოფთა საზღვრების ადგილზე და აეროსურათზე გამოსახვის ხასიათსა და მათ კავშირს ლანდშაფტის ელემენტებთან. ძნელად სადეშიფრირო და დაჩრდილულ ფერდობებზე მყოფ გამონაყოფებში აწარმოებენ შერჩევით მზომელობით და გადათვლით ტაქსაციას, დანარჩენში კი და-

ნიშნავენ 2 — 3 რელაქსაციურ მრგვალ ფართობებსა და ყველა სატაქსაციო პუნქტით გაზომავენ ორ-სამ საშუალო ხის სიმაღლესა და დიამეტრს.

ტიპური გამონაყოფი ეტ ლონებითა და სატაქსაციო-სადეშიფრირო სასინჯი ფართობების ლანდშაფტურ პროფილთა მონაცემებით, ვერტიკალური ზონალურობის გათვალისწინებით, რელიეფის ელემენტებთან ნარგავთა ძირითადი ჯგუფის თანამხდომობითა და თანაფარდობით ადგენენ ლანდშაფტურ-ტოპოლოგიურ ცხრილებს. ერთდროულად ადგენენ აგრეთვე საპროფილო სქემა-დიაგრამებს, რომლითაც აისახება კორომის ძირითადი სატაქსაციო მაჩვენებლები ვერტიკალურ ჭრილში და ტყის მცენარეების ცვალებადობის ხასიათი.

აეროსურათების სადეშიფრიროდ მომზადებისას შეასრულებენ სურათების გეგმურ და სიმაღლურ მიბმას. რადიოსიმაღლმზომის ჩვენებათა მონაცემების დამუშავებით განსაზღვრავენ თითოეული აეროსურათის მთავარი წერტილისადმი ფოტოგრაფირების სიმაღლეს, გაითვალისწინებენ რელიეფით გამოწვეულ დამახინჯებებს, გამოყოფენ აეროსურათების მუშა ფართს, სტერეოხელსაწყოებით ანალიზს გაუკეთებენ რელიეფის აგებულებასა და მის გეომორფოლოგიურ თავისებურებას, რბილი ფანქრით სურათზე ამოსწევენ წყალგამყოფ და წყალშემკრებ ხაზებს. შემდეგ სიმაღლური ნიშნულების ინტერპოლობით გაატარებენ ჰორიზონტალებს, რომლის სიზუსტესაც ადარებენ ტოპოგრაფიულ რუკებს. სიმაღლეთა სხვაობის ყოველ 50 — 100 მ-ის ძირითად ჰორიზონტალს გამოჰყოფენ წითელი ტუშით. აეროსურათებზე აუცილებლად გამოხაზავენ ყველა ბუნებრივ საზღვარს, რადგანაც ისინი საჭიროა არა მარტო როგორც ორიენტირი, არამედ წარმოადგენენ აგრეთვე კვარტლების საზღვრებსაც.

ტყეების გამონაყოფებად დანაწევრების შემთხვევაში აეროსურათების მორფოგრაფიული დეშიფრირების საფუძვლად იღებენ ლანდშაფტური დეშიფრირების ნიშან-თვისებებს. ჯერ გამოყოფენ გამსხვილებულ გამონაყოფებს (მათ საზღვრებს, როგორც წესი, შეუფარდებენ რელიეფის ოროგრაფიულ ელემენტებს), შემდეგ კი მათი ანალიზით დაყოფენ ტაქსაციური თვალსაზრისით ერთნაირ სახეობად და ზემოთ განხილული მეთოდებით ასრულებენ ტყეების აეროსურათებით მორფომეტრიულ დეშიფრირებას.

მეორადი ტყეთმოწყობა (რევიზია) ინიშნება მას შემდეგ, რაც სატყეო მეურნეობის ორგანიზებისა და განვითარების ადრე შედგენილ ტყეთმოწყობის პროექტს მოქმედების ვადა გაუვა. მეორადი ტყეთმოწყობის (რევიზიის) მიზანია: სატყეო მეურნეობის ორგანიზებისა და განვითარების ახალი პროექტის შედგენა განვლილი ცვლილებებისა და ეკონომიკური პირობების გათვალისწინებით, აგრეთვე განვლილ სა-

რევიზიო პერიოდში სატყეო-სამეურნეო ღონისძიებათა ხარისხობრივი დონის შეფასების ღრმა ანალიზი. რევიზიის ძირითადი ამოცანაა სატაქსაციო მემკვიდრეობითობის ხასიათისა და შეძლებისდაგვარად უწინდელი ტყეთმოწყობის დადგენილ გამონაყოფთა საზღვრების, მათი სამეურნეო ღონისძიებათა რეკომენდაციების შენარჩუნება, რისთვისაც ფართოდ იყენებენ წინა წლების ტყეთმოწყობის მასალებს, პირველ რიგში პლანშეტებსა და სატაქსაციო აღწერილობას, სადაც სატყეო მეურნეობის ორგანოებს სატყეო ფონდში შეაქვთ მიმდინარე ცვლილებები გამოწვეული ტყეების მოჭრით, ბუნებრივი და ხელოვნური განახლებით, გასხვისების ან სახელმწიფო ტყის ფონდში შერწყმით და სხვა.

სატყეო საინვენტარიზაციო სამუშაოები ძირითადად ეფუძნება აეროფოტოსურათების მასალებს. I და II თანრიგის ტყეების სატაქსაციო მაჩვენებლებს ადგენენ 1:10 000 მასშტაბის ფერადი სპექტრო-ზონალური აეროსურათების მორფომეტრიული დეშიფრირებით. ყველა გამოყოფილი კვარტლის დეშიფრირების დამთავრების შემდეგ სატაქსაციო მაჩვენებლების კომპლექსს შეადარებენ უწინდელი ტყეთმოწყობის ტაქსაციურ მაჩვენებლებს (ნამატით გამოწვეული განსხვავების გათვალისწინებით).

გამონაყოფებს, სადაც ეს განსხვავება ტყეთმოწყობის ინსტრუქციით გათვალისწინებულ დასაშვებ სიდიდეზე მეტია, დაათვალიერებენ ნატურაში, რისთვისაც დანიშნავენ მინიმალური სიგრძის რაციონალურ სატაქსაციო სვლას, რომელიც უზრუნველყოფს ყველა გამონაყოფის, ნორჩი ტყეების, ტყით დაუფარავი ფართობებისა და არატაქსაციური ტყეების დათვალიერებას. გარდა ამისა, ყველა იმ გამონაყოფშიც, სადაც ტაქსაციური მონაცემები მიღებულია კამერული დეშიფრირებით და სვლის მოსაზღვრედ არის, აუცილებლად ადგილზე დააზუსტებენ მათ სატაქსაციო მაჩვენებლებსა და საჭიროების შემთხვევაში კორექტირებასაც მოახდენენ. სატაქსაციო სვლის სიგრძე არ უნდა აღემატებოდეს ათას ჰექტარ ხმელეთზე მთლიანი ტაქსაციური სამუშაოების ნორმატივის 30 %.

სატყეო-საინვენტარიზაციო სამუშაოების ჩატარების შედეგებით შეადგენენ სატყეო მეურნეობის ორგანიზებისა და განვითარების პროექტს, სადაც გათვალისწინებული იქნება როგორც ძველი პროექტის, ისე საწარმოო მოღვაწეობის ყველა დადებითი და უარყოფითი მხარე, რათა უკეთ დასახონ სატყეო მეურნეობის შემდგომი ამაღლების, განვითარებისა და გაძღოლის სწორი გზები.

13.6 ტყეების ინვენტარიზაციისას მსხვილმასშტაბიანი აეროსურათების გამოყენება

მსხვილმასშტაბიან აეროფოტოგადაღებებს თვითმფრინავიდან ან ვერტმფრენიდან აწარმოებენ მცირეფორმატიანი აეროფოტოაპარატებით. ასეთი სურათების სტერეოსკოპიული დათვალიერებით შეგვიძლია გავზომოთ ხეების ისეთი პარამეტრები, როგორიცაა სიმაღლე, ვარჯის დიამეტრი და სიგრძე: სიმაღლე უდიდეს სიგანემდე. 1:1500 მასშტაბის და უფრო მსხვილი აეროსურათებით ხეების დიამეტრს ზომავენ 1.3 მეტრის სიმაღლეზე მსხვილმასშტაბიანი აეროფოტოსურათებით. სიმაღლის გაზომვის სიზუსტეა 4 — 6 %. ვარჯის დიამეტრისა — 7 — 10 %. ვარჯის სიგრძისა — 7 — 10 %. ე. ი. პრაქტიკულად ისეთივე სიზუსტით, როგორც ნატურაში გაზომვის დროს. ამავე დროს, თითოეული სინჯისათვის ტაქსაციურ-საღეშიფრირო მაჩვენებლების აზომვებზე შრომითი დანახარჯები, 1.5 — 2-ჯერ მცირდება და თანაც მუშაობა სრულდება არა ტყეში, არამედ ლაბორატორიაში.

მსხვილმასშტაბიან აეროფოტოგადაღებას საცდელ-საწარმოო წესით იყენებენ ტყეთმოწყობის დროს ტყეების სტატისტიკური მეთოდით ინვენტარიზაციისას, გაჩეხილი ტყეების შემოწმებისას, ნარგავთა სანიტარიული მდგომარეობის შესაფასებლად, ტყეკაფვის ფონდის ტაქსაციისას.

მიწისზედა სამუშაოების აეროფოტოსურათებით კამერალურ დეშიფრირებასთან შეხამების საფუძველზე და შერჩევითი მსხვილმასშტაბიანი აეროფოტოკადაღებათა მასალების ფოტოსინჯით ტყეთმოწყობის ტექნოლოგიის არსი მდგომარეობს შემდეგში: მოსამზადებელი სამუშაოებისას ახორციელებენ შერჩევით მსხვილმასშტაბიან აეროფოტოგადაღებას შავ-თეთრი გამოსახულების აეროფირზე, რომელიც შეესაბამება 1:15000 მასშტაბის სპექტროზონალურ მთლიან აეროფოტოგადაღებას. მანძილს მარშრუტებს შორის და მარშრუტებს შიგნით ფოტოსინჯებს შორის ადგენენ ნარგავთა მრავალფეროვნების მიხედვით. ჩვეულებრივ, მარშრუტებს ატარებენ ყოველ ორ კილომეტრზე 2×4 კმ ფართის კვარტალების შუა ხაზზე (ვიზირების მაგიერ). სინჯებს შორის მანძილს კი 300 — 500 მ. მოსამზადებელი სამუშაოების პროცესში შემდგომი ვარჯიშებისთვის ჩაყრიან მარკირებულ სავარჯიშო სასინჯ ფართობებს, ისე, რომ კუთხეები გამოჩნდეს ჰაერიდან ნაშენებით. მსხვილმასშტაბიანი აეროფოტოგადაღებისას ახდენენ სასინჯი ფართობების ფოტოგრაფირებას. სასინჯ ფართობებს ჩაყრიან როგორც ნარგავებში, ისე გაჩეხილსა და აღდგენად გადამწვარ ტყეში. ზამთრის პერიოდში სავარჯიშო სასინჯ ფართობებს იყენებენ აეროფოტოსურათების გაშიფვრისათვის სავარჯიშოდ.

მიწისზედა სამუშაოებში შედის საველე ვარჯიში, გაჩეხვა და გ

ნაკაფი ზოლის გაზომვა, სავალი ხაზებით ნატურული ტაქსაცია და ფერადი სპექტროზონალური 1:15000 მასშტაბის აეროსურათებით ნაწილობრივი გაზომვითი სადეშიფრირო სამუშაოები, საველე სატაქსაციო-სადეშიფრირო ვარჯიშებს ატარებენ ორ ეტაპად: თავიდან სასინჯ ფართობზე კოლექტიურად, შემდეგ სატაქსაციო უბანზე ინდივიდუალურად, რომლის პროცესშიაც მენიხრე ამოიცნობს ფოტოსინჯის ადგილმდებარეობას და ჩაყრის იქ სავარჯიშო სასინჯ ფართობებს.

ნატურულ თვალზომურ ტაქსაციას მიმართავენ ჩვეულებრივ მიღებული მეთოდებით. მსხვილმასშტაბიანი აეროსურათების დეშიფრირებისას ფოტოსინჯზე ხეებს დაითვლიან ტყის ელემენტების მიხედვით, განსაზღვრავენ მათ საშუალო სიმაღლესა და დიამეტრს მკერდის სიმაღლეზე (სიმაღლისა და ვარჯის დიამეტრის დამოკიდებულებებით). შემდეგ გამოითვლიან კვეთების საშუალო ფართს და დაადგენენ მარაგს. სახეობრივ რიცხვს განსაზღვრავენ მოდელური ხეებით ან ზრდის სვლის ადგილობრივი ცხრილებით. მონაცემები მუშავდება ელექტრონულ-გამომთვლელ მანქანაზე. სასინჯი ფართობის ზომები დამოკიდებულია მოცემულ ხეთა რაოდენობაზე ჩვეულებრივ 50 — 100 ფარგლებში.

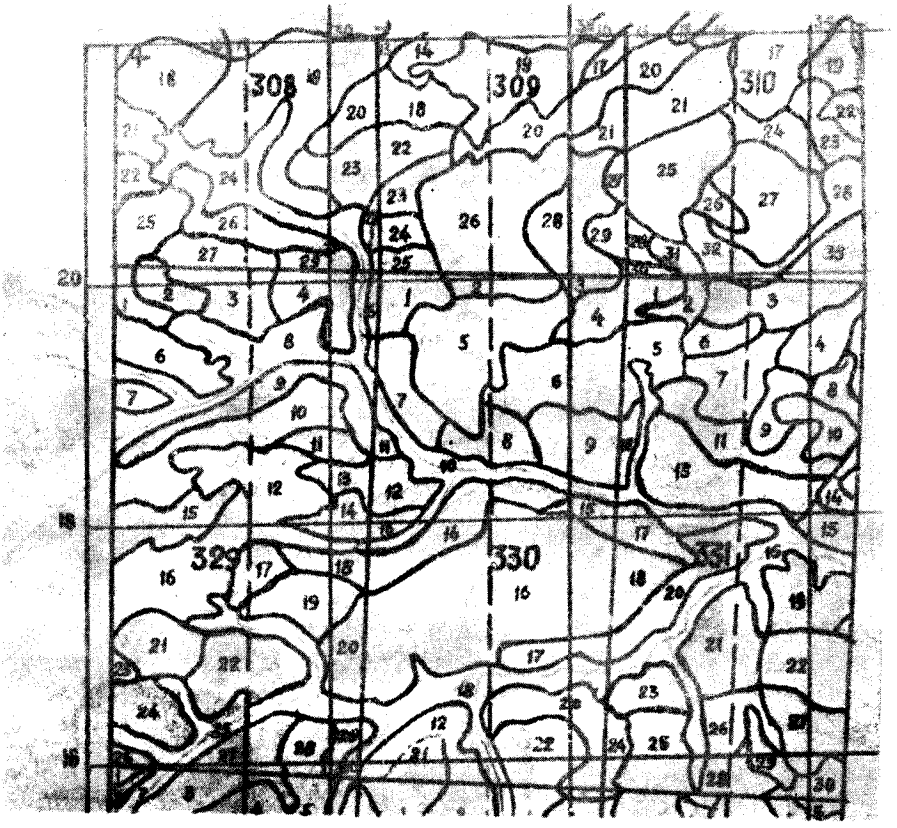
ტყეების ინვენტარიზაციაში მსხვილმასშტაბიანი აეროგადაღების გამოყენება III თანრიგისათვის მიწისზედა ტაქსაციის სვლები 20 — 30 %-ზე ნაკლებია, ვიდრე აეროფოტოსურათების კამერული დეშიფრირებისა და მიწისზედა სამუშაოების რაციონალური შეხამების ტექნოლოგიის დროს. სამუშაოს მთლიანი ღირებულება და შრომის ნაყოფიერება რჩება იმავე დონეზე.

13.7 აეროსურათებით ტყეთმოწყობის პლანშეტების შედგენა

სატყეო მეურნეობის და სატყეო უბნების ყოველდღიურ საქმიანობაში იყენებენ გეგმურ-კარტოგრაფიულ დოკუმენტს — პლანშეტს. იგი არის 1:5000 — 1:25000 მასშტაბის სატყეო ტერიტორიის ნაწილის გრაფიკული გეგმა (ნახ. 13.1). მასზე წარმოდგენილია კვარტლების ჯგუფი, გამოყოფილ გამონაყოფთა კონტურებით, მათი ნომრებითა და ფართობებით, კვარტალური განაკაფი ზოლებით, ვიზირებით, ჰიდროგრაფიული და საგზაო ქსელით, სხვადასხვა მნიშვნელოვანი ტოპოგრაფიული და სატყეო ობიექტებით.

პლანშეტებს ადგენენ გეოდეზიური აგეგმვების, ტოპორუკების, დაზუსტებული ფოტოსქემების, ფოტოგეგმების ან გრაფიკული ფოტოტრიანგულაციის მონაცემთა საფუძველზე. პლანშეტების სტანდარტული ზომებია 60×60 სმ.

პლანშეტები შეიძლება შედგენილი იყოს ფოტოგეგმაზე ან უშუალოდ გრაფიკულად.



ნახ. 13.1 ტყის მასივების ფოტოპლანშეტის ნიმუში.

პირველ შემთხვევაში ფოტოგეგმაზე ვიზუალურად ან სტერეოსკოპის დახმარებით მუშა აეროსურათებიდან გადააქვთ მთლიანი სიტუაცია, ე. ი. გამონაყოფთა კონტურები და სხვა ობიექტები. აღნიშნული სიტუაცია ფოტოგეგმაზე გამოიხაზება ტუშით შესაბამისი პირობითი ნიშნების აღნიშვნით, რომლის შედეგადაც ღებულობენ ეგრეთ წოდებულ ფოტოპლანშეტს.

ფოტოპლანშეტს ხშირად ადგენენ ტყეთმოწყობისას მოსაწყობი ფართობისათვის არა ტრაპეციების მიხედვით, არამედ კვარტალების ჯგუფისათვის, რომელიც ბარდება სატყეო მეურნეობას მიმდინარე სამუშაოებისათვის. ასეთი გეგმების გამოყენება ხშირად მოუხერხებელია, რამდენადაც ფოტოგამოსახულება ხელს უშლის წარწერებისა და პირობითი ნიშნების წაკითხვას, განსაკუთრებით კი დიდი რაოდენობის

წვრილი სატაქსაციო უბნების შემთხვევაში. ამიტომ ფოტოგამოსახულების მოცილების მიზნით მას ათეთრებენ. გათეთრებისას ტუში რომ არ მოსცილდეს, სპეციალურ წითელსისხლიან მარილს უმატებენ ფორმალინის რამოდენიმე წვეთს, რის შედეგადაც საბოლოოდ მიიღებენ პლანშეტს, რომლისგანაც ტოპოგრაფიული წესით, სახაზავ ქაღალდზე დაამზადებენ ასლებს და გადასცემენ სატყეო მეურნეობებს.

პლანშეტის გრაფიკული ხერხით შედგენა მდგომარეობს შემდეგში: პლანშეტის საფუძველზე დაიტანენ რედუცირებულ ფოტოტრიანგულაციის ქსელს, შემდეგ სპეციალური ხელსაწყოებით (უნივერსალური ტოპოგრაფიული პროექტორი УТП, ერთმაგი პროექტორი, ფოტოტრანსფორმატორი და სხვა) აეროფოტოსურათზე გამოსახულ სატყეო სიტუაციას აპროექტირებენ მოცემულ მასშტაბში პლანშეტის საფუძველზე, რისთვისაც აეროსურათზე ჩაჩხვლეტილ ფოტოტრიანგულაციის წერტილებს შეუთავსებენ პლანშეტის საფუძველზე დატანილ იდენტურ წერტილებს. სატყეო დატვირთვის სიტუაციის პროექციას პლანშეტის საფუძველზე გამოსახავენ ჯერ ფანქრით, ხოლო შემდეგ ტუშით და მიიღებენ გრაფიკულ პლანშეტს, რომელიც უკვე მზადაა პრაქტიკული გამოყენებისათვის. გარდა ზემოთ ჩამოთვლილი ხელსაწყოებისა, კარტოგრაფიული მასალების შესადგენად შეიძლება გამოვიყენოთ აგრეთვე ცეისის ქარხნის პროექტორი „კამერა ლუსიდა“, რომელიც მუშაობს არეკვლილი გამოსახულებით და შეიძლება შევცვალოთ გამოსახულების მასშტაბიც რამოდენიმეჯერ. დეშიფრირებულ მუშა აეროსურათს ამაგრებენ სურათების დამჭერით, ხოლო გამოსახულების ეკრანზე ამაგრებენ პლანშეტის საფუძველს, რომელზედაც დატანილი საყრდენი წერტილები ან კვარტალური ქსელი, პროექტირდება მთელი სიტუაციით დეშიფრირებული სურათის ორიგინალიდან. პლანშეტის საფუძვლის და სურათის გადაადგილებით მიაღწევენ სურათისა და პლანშეტის საყრდენი წერტილების (კონტურების) შეთავსებას, რის შედეგადაც სურათზე გამოსახულება პროექტირდება მოცემულ მასშტაბში, რომელსაც შემდგომ მთელ სატყეო დატვირთვას გამოხაზავენ ტყეთმოწყობაში მიღებული პირობითი ნიშნებით.

სატყეო მეურნეობების ტერიტორიისათვის, როგორც წესი, ადგენენ სქემატურ რუკებსაც, რომელიც წარმოადგენს გეგმურ-კარტოგრაფიულ მასალას და იძლევა სატყეო მეურნეობის შესახებ ზოგად წარმოდგენას ეკონომიკურ და ბუნებრივ-ტერიტორიულ პირობებზე. სქემატურ რუკებს პანტოგრაფირებით ამზადებენ ქაღალდის ერთ ფურცელზე 1:100 000 ან 1:50 000 მასშტაბში. რეგიონალური სატყეო რუკების მაღალი სიზუსტით შედგენისათვის იყენებენ გეოდეზიურ საფუძველს კოორდინატთა ბადის სახით, რომელიც მიბმულია სახელწიფო გეოდეზიურ ქსელთან.

13.8 კოსმოსური სურათებით ტყეების რეგიონალური რუკების შედგენა

თანამედროვე მრავალმიზნობრივი დაგეგმარებით სამუშაოებში ტერიტორიის ათვისებასა და გამოყენებაში, ბუნებრივი რესურსების გამოკვლევასა და გარემოს დაცვის გლობალურ საკითხებში აუცილებელ მოთხოვნილებად იქცა სხვადასხვა სერიის წვრილმასშტაბიანი რუკების გამოყენება. მათ შორის მსხვილი რეგიონების სატყეო რუკებისაც. როგორც უკვე ვიცით, კოსმოსური გადაღების მეთოდები დღეისათვის ჩვენი პლანეტის კომპლექსური შესწავლის ერთ-ერთი მთავარი მეთოდია. ისევე როგორც სახალხო მეურნეობის სხვა დარგში, სატყეო კარტოგრაფირებაშიც კოსმოსური სურათების გამოყენებას საფუძვლად უდევს სამსაფეხურიანი მეთოდი. პირველი საფეხური — კოსმოსური გადაღებით მიღებული მასალებით ადგენენ ტოპოგრაფიული რუკების საფუძვლებს და აწარმოებენ ტერიტორიის კოსმოსურ სურათებზე მთლიან დეშიფრირებას; მეორე საფეხურს მიეკუთვნება ამორჩევითი აეროფოტოგადაღება. აეროსურათებით აზუსტებენ კოსმოსური სურათების დეშიფრირების შედეგებს და ავსებენ გამოტოვილ მონაცემებს, რომლის მიღებაც კოსმოსური სურათებით შეუძლებელია; მესამე საფეხურს მიეკუთვნება მიწისზედა სამუშაოები, რომელიც საჭიროა სატყეო ფონდის სტრუქტურული კანონზომიერების შესასწავლად და კარტოგრაფირების სიზუსტის გაკონტროლებაში კოსმოსური სურათების სადეშიფრირო თვისებების შესაძლებლობის დასადგენად. წვრილმასშტაბიანი კოსმოსური სურათების დეშიფრირებასა და მის სადეშიფრირო თვისებებს ჩვენ უკვე გავეცანით. ამიტომ აქ განვიხილავთ მათ დანიშნულებასა და მიზნებს სატყეო საქმიანობაში.

სატყეო-სამეურნეო კარტოგრაფირების ძირითადი მიზანია ტყით დაფარული და სხვა კატეგორიის სატყეო ფონდის ტერიტორიის ფართობების კარტოგრაფირება და შესწავლა. სატყეო ფართობი და ტყეების ზოგიერთი მახასიათებლები კოსმოსურ სურათზე დეშიფრირდება დამაჯერებლად, თუმცა ტყის მცენარეულობას ნაკლები სადეშიფრირო თვისებები აქვს, ვიდრე აეროსურათებზე. კოსმოსურ სურათებზე არ არის ისეთ ნიშან-თვისებები, როგორიცაა ხეების სიმაღლე, ვარჯის ფორმა და ზომა, ჩრდილი და სხვა, რომლითაც ხასიათდება გამოსახულების სტრუქტურა. შავ-თეთრი გამოსახულების კოსმოსურ სურათებზე პირდაპირ ნიშან-თვისებად წარმოგვიდგება გამოსახულების ტონი, სტრუქტურა და ტექსტურა, ხოლო პირდაპირ ნიშან-თვისებად — ლანდშაფტი. ტყეების ან მათი ცალკეული ტიპებისა და რელიეფის ფორმების მიკუთვნების საფუძველი. ფერადი ნატურალური, ფერადი სპექტროზონალური და შავ-თეთრი მრავალზონალური სურათები დეშიფრირების ხარისხიანობით ბევრად აღემატება ერთზონა-

ლურ შავ-თეთრ გამოსახულებას, რადაგანაც აქ დამატებით ნიშანთვისებად გვევლინება ფერი და ელფერი (შეხედულება).

ნაკლებად ინფორმაციულია დედამიწის ხელოვნური თანამგზავრებით მიღებული წვრილმასშტაბიანი კოსმოსური სურათები (ადგილზე 1 კმ გარჩევითუნარიანობით). ასეთ სურათებზე დეშიფრირებას უკეთებენ მსხვილი ტყის მასივების საზღვრებს, ჰიდროგრაფიას, ტყის მასივებში უტყეო უბნებს, დაჭაობებულ ტერიტორიებს; კარგად განიხილება მთის სისტემის სივრცითი განლაგება და მასთან ტყის მასივები, თოვლის საფარის საზღვრები, წიწვოვანი და ფოთლოვანი ტყეების ზონები. ერთი სიტყვით, ასეთი გარჩევითობის კოსმოსური სურათები შეიძლება გამოვიყენოთ ტყეების წვრილმასშტაბიან (1:5 მილ. — 1:10 მილ.) კარტოგრაფირებაში, ტყეების განლაგების გლობალურ მასშტაბში შეფასებისათვის.

საშუალო გარჩევითობის (200 — 300 მ) კოსმოსური სურათები საშუალებას იძლევა მივიღოთ მნიშვნელოვანი ინფორმაცია დედამიწის ბუნებრივი რესურსების შესახებ, კერძოდ წყლის ობიექტებზე, ტყეებზე, სასოფლო-სამეურნეო მიწებზე. ერთდროულად რამოდენიმე ზონის ანალიზებით სარწმუნოდ გამოიყოფა ტყით დაფარული ადგილები, ტონის მიხედვით წიწვიანი და ფოთლოვანი ტყეები (ყველაზე მუქად — ნაძვნარ-ფიჭვნარი, ყველაზე ღია ტონით კი ფოთლოვანი).

დღეისათვის ყველაზე ინფორმაციულია ის კოსმოსური სურათები, რომელიც მიღებულია ფოტოგრაფიული სისტემის კოსმოსური ხომალდებიდან („სოიუზიდან“) ან გრძელვადიანი ორბიტალური სადგურებიდან („სალიუტიდან“), რომლების ადგილზე გარჩევითუნარიანობაა 20 — 50 მეტრი. ასეთ სურათებზე კარგად დეშიფრირდება ლანდშაფტის საზღვრები, ადგილმდებარეობა და მათი ძირითადი სტრუქტურული ელემენტები, კარგად გამოიყოფა ტყით დაფარული და დაუფარავი, აგრეთვე მცენარეული საფარით დაფარული ფართობები, ე. ი. ასეთი სურათები უზრუნველყოფენ ტყეების შესახებ მნიშვნელოვანი ინფორმაციის მიღებას. ფერად მრავალზონალურ 5 — 20-ჯერ გადიდებულ სურათებზე კარგად დეშიფრირდება ტყეების, სასოფლო-სამეურნეო სავარგულების, ჭაობების, მდინარეების, ტბების, გაჩეხილი ტყის, გადამწვარი ტყის, ქვა-ღორღიანი ადგილების, ქვიშნარებისა და ზოგიერთი სხვა კატეგორიების კონტურები. მერქნიანი მცენარეულობა ფერის, შეფერილობისა და გამოსახულების მიკროსტრუქტურით იყოფა ჯგუფებად გაბატონებული ჯიშებით (ფიჭვი, მუქწიწვოვნები, რბილ„ ფოთლოვნები), ადგილის აღმოცენების პირობებით და სისრულის ტიპებით, მაშასადამე — მარაგითაც — გამსხვილებულ ჯგუფებად.

გაჩეხილი ტყეები თავისი რელიეფის ფორმებით იმდენად ზუსტად ამოიცნობა, რომ შეგვიძლია მოქმედი წესებისა და გეგმების შესაბამისად გავაკონტროლოთ ტყეების გაჩეხვა.

გაბატონებული ჯიშები ან გაბატონებული ჯიშების ჯგუფები და ნარგავთა შემადგენლობათა ჯგუფები კოსმოსურ სურათებზე დეშიფრირდება ორი ძირითადი ნიშან-თვისებით: ფერითა და მიკუთვნების გარკვეულ პირობებში ადგილ-აღმოცენებით. ეს უკანასკნელი ნიშან-თვისება შედარებით კარგად დეშიფრირდება გამოსახულობათა კომპლექსის საფუძველზე (ბუნებრივი კომპონენტებით — რელიეფი, ნიადაგ-გრუნტებით, მცენარეულობით).

ჯგუფთა სისრულესა და ხნოვანებას განსაზღვრავენ ნარგავთა საბურველის სტრუქტურის საფუძველზე და მათი სტატისტიკური მახასიათებლებით. ძირითად ტაქსაციურ მაჩვენებლებს (სისრულეს, ასაკის ჯგუფს, მარაგს) მანქანური დეშიფრირებით განსაზღვრავენ სპეციალური ალგორითმებით.

კოსმოსურ სურათებზე ადგილის სტერეომოდელი კარგად მიიღება, მაგრამ კოსმოსური გადაღების დიდი სიმაღლის გამო ვერტიკალის მიმართ სტერეომოდელის გარჩევითობა ათეულ მეტრებს აღწევს. ამიტომ პრაქტიკულად შეუძლებელია გავზომოთ ისეთი მნიშვნელოვანი მაჩვენებელი, როგორიცაა ტყის სიმაღლე, რათა გამოვიყენოთ ის დეშიფრირების ნიშან-თვისებად. ეს კი ართულებს საერთოდ დეშიფრირებას. კოსმოსური სურათებით ძირითადად ადგენენ სატყეო-სამეურნეო რუკებს, ფოტოგეგმებს (კარგია ფერადი სპექტროზონალური), ორთოფოტორუკებს, კოსმოსური სურათების ფოტოგრამმეტრიული დამუშავება სრულდება ისევე, როგორც აეროსურათების მხოლოდ ზოგიერთი თავისებურებების გათვალისწინებით. მათ შორის დედამიწის სიმრუდისაც. ფოტოგრაფიული გამოსახულების კოორდინატები მახინჯდებიან სურათის მნიშვნელოვანი კუთხით დახრილობით, შინაგანი რეფრაქციით და დამცველი ილუმინატორების გავლენით და სხვა. რელიეფითა და დახრილობის კუთხით გამოწვეულ დამახინჯებებს სპობენ ტრანსფორმირებით. რუკების საგამომცემლო ორიგინალის შედგენის პროცესი ისეთივეა, როგორც წვრილმასშტაბიანი აეროფოტოგადაღებისას. კოსმოსური სურათები იძლევიან არსებითსა და ამავე დროს მთლიან ინფორმაციას ტყეების ფონდის შესახებ, რაც საჭიროა თემატიკური რუკების შესადგენად.

რუკის თემატიკური დატვირთვის, კოსმოსური სურათების დეშიფრირებას წინ უძღვის ლანდშაფტურ-სატყეოპათოლოგიური გამოკვლევა. თითოეული გამოყოფილი ლანდშაფტისათვის ლიტერატურული და ფონდური წყაროებით შეიმუშავებენ წინასწარ ან საბოლოო სახის გამსხვილებულ სქემას ადგილაღმოცენების პირობების ჯგუფის ტიპების, ხეთა ჯიშების გავრცელების ჩვენებითა და სხვა მეტყეველობითი-ტაქსაციური მახასიათებლებით, რომელიც წარმოადგენს რუკის შინაარსის ელმენტებს. რუკების თემატიკური სიზუსტის შეფასებისათვის

საჭიროა შესრულდეს შერჩევითი საველე მიწისზედა და აეროვიზუალური გამოკვლევები.

ლანდშაფტური ტაქსაცია დაყვანილია უბანთა ერთგვაროვანი საკარტოგრაფო მახასიათებლებამდე, რომელთა ზომებიც ტოლი ან მეტი უნდა იყოს რუკაზე გამოსაყოფი მინიმალური უბნისა (როგორც წესი 4 მმ^2 რუკის მასშტაბში). გამოყოფილ კონტურში კორომს აღწერენ არსებული ტაქსაციური მეთოდებით იმ მაჩვენებლების ფიქსაციით, რომელიც შეიძლება აისახოს რუკაზე ან კოსმოსურ სურათზე დეშიფრირებისას მათი ტაქსაციური მაჩვენებლებისა და ადგილ-აღმოცენების პირობების ურთიერთკავშირთა საფუძვლის თანახმად. საველე სამუშაოები და შემდგომი დეშიფრირება უნდა შესრულდეს ერთი და იმავე სპეციალისტის მიერ, რამდენადაც მდეშიფრირებელმა კარგად უნდა იცოდეს კორომის სტრუქტურა, გეოგრაფიული კანონზომიერებანი და მათი გავრცელება საკვლევ რაიონში.

საველე სამუშაოების დამთავრების შემდეგ შეუდგებიან გამოყოფილი ლანდშაფტების ფარგლებში შეგროვილი მასალების სისტემატიზაციასა და დამუშავებას: გამოავლენენ შემხვედრ ტყეთა ტიპების ჯგუფებს, გაბატონებულ ამა თუ იმ ელემენტარულ ფაციებამდე ანალიზს უკეთებენ ლანდშაფტის სტრუქტურულ ერთეულებს, რომელთაც ღებულობენ ტყეთმცოდნეობის ერთეულის შესატყვისად ტყის ტიპის: დაამუშავებენ ნარგავთა ტაქსაციური მაჩვენებლების კოსმოსური სურათების დეშიფრირების ნიშან-თვისებებს. აგრეთვე ტყით დაუფარავი და არასატყეო ფართობებისათვისაც.

კოსმოსური სურათების დეშიფრირებას ასრულებენ საერთოდ მიღებული თვალზომურ-ანალითური მეთოდით, ავტომატურ მეთოდებთან შეხამებით დეშიფრირებას აწარმოებენ შემდეგი თანამიმდევრობით: გამოყოფენ სატყეო ფონდის ფართობებსა და დაყოფენ მათ ტყით დაფარულ, დაუფარავ და არასატყეო ტერიტორიებად; მიღებული ლეგენდის შესაბამისად გამოავლენენ კარტოგრაფირებულ ელემენტებს — გამოყოფენ ტყით დაუფარავ და არასატყეო ფართობების მიწების კატეგორიებს, გაბატონებული ჯიშების ტყეებსა და სხვა მახასიათებლების მქონეს (ადგილაღმოცენების პირობების ჯგუფთა ტიპებით, სისრულით ან ასაკით, ბონიტეტის კლასითა და სხვა). დეშიფრირების შედეგებს ამოწმებენ კარტირებული ტერიტორიის თვითმფრინავით ან ვერტმფრენით შერჩევითი შემოფრენის დროს; ერთდროულად აზუსტებენ მახასიათებლებს იმ კონტურებისათვის, რომელთა დეშიფრირებაც საიმედოდ ვერ შესრულდა. კონტროლისათვის შეიძლება გამოვიყენოთ აგრეთვე, მიწისზედა ლანდშაფტური გამოკვლევებიც.

შემდეგ შეადგენენ რუკის საავტორო ეგზემპლარს: შეუსაბამებენ

სპეციალურ შინაარსს. გადააქვთ ის საავტორო ეგზემპლარზე და გამოხაზავენ. შეამოწმებენ შემდგომ რუკის გეომეტრიულ სიზუსტეს. გააფორმებენ რუკებს ნიშნებისა და არეალების ხერხით. კორექტურის შემდეგ რუკის საავტორო ეგზემპლარს გადასცემენ კარტოგრაფიულ წარმოებას გასამრავლებლად.

XIV თავი

აერომეთოდებით ზოგიერთი სატყეო ამოცანის გადაწყვეტა

14.1 აერომეთოდების გამოყენება სატყეო მელიორაციაში

დაჭაობებული და ჭარბტენიანი ტყეები ნაკლებად პროდუქტიულია. ასეთი ტყეების მწარმოებლობის გაზრდის ეფექტური საშუალება კი ამოშრობითი მელიორაციაა. ე. ი. ზედაპირული გრუნტის ჭარბი წყლების ხელოვნური არხებით წყლის გადაგდება. ამ სამუშაოებს კი ასრულებენ საპროექტო-ტექნიკური დოკუმენტაციებით.

სატყეო-მელიორაციული სამუშაოების მოცულობა ყოველწლიურად იზრდება და ამიტომ საპროექტო ორგანიზაციების წინაშე დგას მეტად საპასუხისმგებლო ამოცანა დროულად უზრუნველყონ სატყეო მეურნეობები საჭირო საპროექტო-ტექნიკური დოკუმენტაციებით, ურომლისოდაც შეუძლებელია სატყეო ამოშრობითი მელიორაციული სამუშაოები. ამგვარი დოკუმენტაციების შემუშავების მიზნით კი ჯერ ასრულებენ ტერიტორიის საერთო სატყეო სამელიორაციო გამოკვლევას, შემდეგ კი დეტალურ კვლევა-ძიებას, რომლის მასალებითაც ადგენენ პროექტებს. დღეისათვის საპროექტო კვლევა-ძიებათა სამუშაოებში ფართოდ გამოიყენება აეროფოტოგადაღების მასალები. საერთო სატყეო სამელიორაციო გამოკვლევა იწყება სამელიორაციო ფონდის, ამოშრობის თანამიმდევრობის, სამელიორაციო სამუშაოების მოცულობისა და ღირებულების დადგენით, აგრეთვე. საპროექტო კვლევა-ძიებითი სამუშაოების სირთულით: გამოკვლევის პროცესში გამოავლენენ სამელიორაციო ფონდის ფართობების სივრცით განლაგებასა და ჰიდროგრაფიულ ქსელს, მათ შორის უწრიხდელ ამოსაშრობ არხებსაც. გაარკვევენ წინათ შესრულებული მელიორაციული სამუშაოების შედეგებსა და მექანიზაციის გამოყენების პირობებს. ამ სამუშაოებში იყენებენ ტყეთმოწყობის, აეროფოტოგადაღებისა და საველე რეკოგნოსცირების მასალებს. აეროფოტომასალების გამოყენება მიზანშეწონილია სამელიორაციო ფონდის დაზუსტებაში და ჰიდროგრაფიული ქსელის გამოკვლევაში. აეროსურათებით აზუსტებენ აგრეთვე სამელიორაციო გამონაყოფ ფართობთა საზღვრებს. დეშიფრირებას უკეთებენ მდინარეებს, წყაროებს.

რუებსა და წყალმრმღებ ადგილებს, რისთვისაც აღარ საჭიროებს მათი ინსტრუმენტალური აგეგმვითი სამუშაოების შესრულებას, როგორც ეს ხდებოდა ადგილზე, გეოდეზიური სამუშაოებით.

საერთო გამოკვლევის შემდეგ შერჩეულ ობიექტებზე ატარებენ დეტალურ ძიებით სამუშაოებს, შემდგომში პროექტის შესადგენად. ამისათვის კი საჭიროა შემდეგი ძირითადი მასალები: 1. სამელიორაციო ფონდის მდებარეობის გეგმა; 2. ჰიდროგრაფიული ქსელის გეგმა; 3. ტოპოგრაფიული გეგმა; 4. გატორფიანების გეგმა; 5. ნიადაგების რუკა და სხვა. აღნიშნული მასალების მისაღებად ასრულებენ საველე და კამერალურ სამუშაოებს, სადაც შედის აეროსურათებით მეტყევეობა, ჰიდროგრაფიული, ტოპოგრაფიული, ნიადაგურ-გრუნტების, ჰიდროლოგიური და ჰიდროტექნიკური კვლევა-ძიებითი სამუშაოები. ცალკეული აეროსურათების გარდა ფართოდ გამოიყენება ფოტოგეგმები ან დაზუსტებული ფოტოსქემები.

ძიებითი სამუშაოების დაწყების წინ, როგორც წესი, მიმდინარეობს მოსამზადებელი სამუშაოები, რომლის დროსაც აგროვებენ და სწავლობენ ყველა არსებულ მასალებს და ამზადებენ მათ საველე სამუშაოებისათვის. მოსამზადებელ სამუშაოებში განსაკუთრებული ადგილი უჭირავს აეროსურათებით დეშიფრირებაში ვარჯიშს, კერძოდ მელიორაციული ობიექტების დეშიფრირების ნიშან-თვისებების დასაზუსტებლად, რომლის შედეგებს შემდგომ განაზოგადებენ და ადგენენ მოცემული ტერიტორიის დეშიფრირების ნიშან-თვისებების კრებით ცხრილებს. დეშიფრირების პროცესში (ვარჯიშის დროს) ჯერ დაიტანენ აეროსურათებზე ტყის ნაკაფს, გზებს, ჰიდროგრაფიულ ქსელს და რელიეფის ძირითად ელემენტებს.

ჰიდროგრაფიული ქსელის დეშიფრირება საერთოდ სრულდება მელიორაციული ფონდის დეშიფრირებასთან ერთდროულად. ყველა სახის მდინარეებისა და ტბების გეგმური მდებარეობის დადგენა აეროსურათებზე სრულდება უშეცდომოდ, რადგანაც აეროსურათებზე ისინი მკვეთრად გამოისახებიან. რაც შეეხება მათი პარამეტრების შეფასებას, შეიძლება მოვახდინოთ როგორც თვალზომურად, ისე მართივი საზომი ხელსაწყოების გამოყენებით. ჯერ გაატარებენ წყალგამყოფ ხაზებს (აეროსურათებზე, ფოტოსქემაზე ან ფოტოგეგმაზე) სტერეოსკოპში. აეროსურათზე თუ მდინარის ზედაპირზე მოჩანს რაიმე საგნები (მოჭრილი ხეები, ყინულის ან თოვლის ნაწილი და სხვა), მაშინ ჩვენ შეგვიძლია განვსაზღვროთ მდინარის სიჩქარე და მიმართულება, თუ აეროსურათზე გადაღების მომენტი ფიქსირებულია და ცნობილია ფოტოგრაფირების სიმაღლე. მდინარის სიჩქარე განისაზღვრება ფორმულით:

$$V = \frac{\Delta s}{t} - m,$$

სადაც $\triangle s$ მდინარის ზედაპირზე მცურავი საგნის გადაადგილების მანძილია აეროსურათებზე ექსპოზიციებს შორის ინტერვალში:

t — დრო ექსპოზიციებს შორის ინტერვალისა;

m — აეროგადაღების მასშტაბის მნიშვნელი.

აეროსურათებით მდინარეების სიჩქარე უფრო სწრაფად და ზუსტად განისაზღვრება, ვიდრე გეოდეზიური გადაკვეთებით (სპეციალური ტივტივების გამოყენებით). თუ აეროსურათზე გამოისახება მდინარის ფსკერიც, მაშინ სტერეოსკოპიულად შეგვიძლია განვსაზღვროთ მდინარის სიღრმე და საჭიროების შემთხვევაში გამოვხაზოთ მისი რელიეფიც ჩვეულებრივი წესით. სტერეოფოტოგრამმეტრიული ხელსაწყოებით. დადგენილია, რომ აეროსურათებით წყალსაცავების, მდინარეების, ზღვებისა და ოკეანეების სიღრმე კარგ პირობებში შეიძლება გაიზომოს საშუალოდ 10 % შეცდომით.

ჭაობები დეშიფრირებისას ამოიცნობა საკმაოდ ადვილად და უშეცდომოდ. უნდა ვიცოდეთ, რომ ჭაობები საკმაოდ იცვლებიან და ეს განსხვავება და ცვალებადობა აეროსურათზე ასახვისას განსხვავებული იქნება. ძირითადად არჩევენ ჭაობის განვითარების სამ ფაზას: 1. მაღალი წყალუხვი კვებით, კარგი გამდინარებით. 2. შერეული კვებითა და ასეთივე გამდინარებით. 3. ღარიბი კვებითა და სუსტი გამდინარებით (პირველს უწოდებენ ევტროფულ ჭაობს, მეორეს მეზოტროფულს, ხოლო მესამეს — ოლიგოტროფულს). აეროსურათებზე მათი დეშიფრირებისას უნდა ვიცოდეთ მათი სურათზე ასახვის მოხატულობის ზუსტი თანაფარდობა ფაზების შესაბამისად.

ყოველი სამელიორაციო ობიექტის აეროსურათების დეშიფრირების საფუძველზე ადგენენ ჰიდროგრაფიულ ქსელს (მათ შორის პირველადი წყალსადინარისთვისაც.

სატყეო-სამელიორაციო დაპროექტებისას მნიშვნელოვანი ყურადღება ექცევა რელიეფის დეშიფრირებას. რადგანაც რელიეფის ცოდნის გარეშე შეუძლებელია სწორად დავაპროექტოთ ამოსაშრობი ქსელი. ამისათვის კი საჭიროა გვქონდეს ჰორიზონტალებიანი გეგმა (ტოპოგრაფიული გეგმა, ჭარბდანესტილი ფართობებისათვის 1 — 2 მეტრი კვეთის სიმაღლით, ხოლო მშრალი ხეობისათვის 5 — 10 მეტრი კვეთის სიმაღლით).

ტოპოგრაფიულ გეგმებს, როგორც ვიცით, დღეისათვის ადგენენ მხოლოდ სტერეოფოტოგრამმეტრიული აგეგმვის ხერხით, ან უკიდურეს შემთხვევაში კომბინირებული აგეგმვის წესით. საერთოდ კი აგეგმვის ხერხებიდან იყენებენ იმას, რომელიც უფრო უმჯობესია სამუშაოს შესრულების პირობების, არსებული ხელსაწყოებისა და კადრების კვალიფიკაციის გათვალისწინებით. დადგენილია, რომ აერომეთოდების გამოყენებით სამუშაოს ღირებულება მოცულობის შესაბამისად 20 — 50 % მცირდება.

გეგმის შედგენის შემდეგ გეგმაზე აპროექტებენ ამოსაშრობი არხების და ასაგებ მსგავსი სვლების გეგმურ მდებარეობას (მათი ურთიერთშეთავსებით), რის შედეგადაც იწყებენ ამოსაშრობი ქსელის ნატურაში ტრასირებას და მათ დეტალურ ძიებას. ამოსაშრობი ქსელის ნატურაში ტრასირება წარმოებს ამოსაშრობ სისტემათა ჰიდროლოგიური განცალკევებულობით არხების უმაღლესი თანრიგიდან უმდაბლესისაკენ: პირველად იწყებენ წყალმიმღებებით, შემდეგ გამტარი ქსელით და ბოლოს ამთავრებენ ამოსაშრობი ქსელით. ტრასირებისას იყენებენ მუშა გეგმასა და აეროსურათებს, რომელზედაც დატანილია ამოსაშრობი ქსელი. მუშაგეგმით აკონტროლებენ ამოსაშრობ არხებს შორის ურთიერთკავშირს, ხოლო აეროსურათებით კი დეტალურად დაამუშავებენ თითოეულ არხს. ტრასირებას, როგორც წესი, წინ უძღვის აეროსურათებით რეკოგნოსცირება (დათვალიერება), რომლის მიზანია თითოეული ტრასა აეროსურათებით კარგად შევისწავლოთ ტრასის მდებარეობის საბოლოო ვარიანტის დასადგენად. საბოლოო ვარიანტი ამოცნობილია და დამაგრებული უნდა იყოს აეროსურათებზე, რის შედეგადაც ატარებენ დეტალურ ძიებით სამუშაოებს.

არხების მიმართ ტრასის ტოპო-გეოდეზიური სამუშაოები მდგომარეობს არხების ღერძის მიხედვით 0,6 – 0.7 მ სიგანის სამზირების გაჩეხვაში ტრასის პიკეტაჟებად და საპლუსე წერტილებად დაყოფაში, კუთხმზომურ აგეგმვაში, ტრასის ტექნიკურ ნიველირებაში და შესაბამისი წარწერებით ტრასის ბოძებით დამაგრებაში. ტრასის მიმართულებით ცალკეული მელიორაციული ფონდის გამონაყოფებში აზუსტებენ საზღვრებს, უკეთებენ მათ ტაქსაციურ დახასიათებას. ყოველი 200 – 300 მეტრზე გრუნტის შესწავლის მიზნით აკეთებენ შურფებს და ცალკეული არხის მიმართ აწარმოებენ ტორფის ზონდირებას. ტრასის დეტალური ძიების მასალებითა და დამატებით აგეგმვის სვლებით ადგენენ ამოსაშრობი ქსელის საბოლოო გეგმას. ადგენენ აგრეთვე ამოსაშრობი ფართობების, ნიადაგების რუკებსა და არხის გრძივ პროფილს, რის საფუძველზეც მუშავდება ამოშრობის პროექტი.

14.2 წყლის ხარჯის განსაზღვრა აერომეთოდებით

წყლის ნაკადის მნიშვნელოვანი მახასიათებლის — წყლის ხარჯის განსაზღვრა აერომეთოდებით ორი ხერხით შეიძლება შესრულდეს. პირველი ხერხი ეფუძნება ჰიდრომეტრიის ცნობილ ტივტივა-ინტეგრატორის გამოყენებას, რომელიც წარმოადგენს სპეციალური კონსტრუქციის მოდიფიცირებული ფსკერული ინდიკატორის სახეს.

წყლის ხარჯის გაზომვის სქემა აერომეთოდით ბ. მალიავსკის მონაცემით ასეთია: თვითმფრინავიდან (ვერტმფრენიდან), რომელიც აე-

როფოტომოწყობილობითაა აღჭურვილი, წინასწარ შერჩეული მიმართულებით სწორხაზოვნად ფრენის დროს გადმოყრიან n რაოდენობის ჭურჭელთა სერიას ინდიკატორებით. ამასთანავე n რაოდენობა უნდა იყოს არანაკლები იმ რაოდენობისა, რომელიც საჭიროა მოცემული სიგანის მდინარის ნაკადისათვის ჩვეულებრივ ჰიდრომეტრიული გაზომვებისათვის. გადმოყრის დროს აწარმოებენ მდინარის გეგმურ აეროფოტოგადაღებას ფრენის მიმართულების ხაზისა და ჭურჭლების წყალზე დავარდნის წერტილების განსაზღვრისათვის. გადაღება გრძელდება ინდიკატორების წყლის ზედაპირზე ამოტივტივებისასაც.

მიღებული აეროსურათების დამუშავებით განსაზღვრავენ L მანძილს ინდიკატორის წყლის ზედაპირზე ამოსვლის წერტილამდე ან $W_{ეპ}$ — ეპიურის ფართობს, ხოლო ამ უკანასკნელით წყლის ხარჯის სიდიდეს ფორმულით.

ელემენტარული ხარჯი

$$q = KV_{ტ}L, \qquad (14.1)$$

საერთო ხარჯი

$$Q \approx KV_{ტ}W_{ეპ}. \qquad (14.2)$$

სადაც $V_{ტ}$ ტივტივას ამწევი სიჩქარის მნიშვნელობაა;

K — ნაკადის ტურბულენტურობის გავლენის კოეფიციენტი, რომელიც დგინდება ექსპერიმენტულად.

აღწერილი მეთოდით წყლის ხარჯი მდინარე ოკაზეა გაზომილი და ჩვეულებრივი ჰიდრომეტრიული ტრიალათი. გაზომვით აღმოჩნდა ელემენტარული ხარჯისათვის 6 — 7 % ხოლო საერთო ხარჯის შეცდომა კი შეადგენდა 4 — 5 %.

წყლის ხარჯის გაანგარიშების მეორე ხერხი ეფუძნება ეგრეთწოდებულ ჰიდრომორფოლოგიურ დამოკიდებულებათა გამოყენებას, მაგალითად, ნაკადის მორფოლოგიასა და დაქანებას შორის დინების სიჩქარესა და წყლის ხარჯის დამოკიდებულებას

$$Q = H_0BV_0, \qquad (14.3)$$

სადაც H_0 საშუალო სიღრმეა; B — მდინარის სიგანე;

V_0 — საშუალო სიჩქარე;

14.3 წყლის სიღრმის განსაზღვრა აეროსურათებით

აეროსურათებით სიღრმე შეიძლება განისაზღვროს სამი ხერხით: ფოტომეტრიულად, სტერეოფოტოგრამმეტრიულად და გაანგარიშებით. პირველ ორ შემთხვევაში აეროფოტოსურათებს უყენებენ განსაკუთრებულ მოთხოვნებს: პირველ რიგში ისინი კავშირში არიან აეროფოტოგადაღების დროის შერჩევასთან; აეროსურათზე წყლის ზედაპირის ათინათის გამოსახვასთან, რისთვისაც აეროგადაღება უნდა ვაწარ-

მოოთ მაშინ, როდესაც მზე ჰორიზონტზე მაღლაა $15° < h_0 < 90° - ß$, სადაც ß აეროფოტოაპარატის მხედველობის 0,5 კუთხეა;

h_0 — მზის სიმაღლე ჰორიზონტზე მაღლა.

მზის სიმაღლის ქვედა ზღვარი (15°) ჰორიზონტის მაღლა შეზღუდულია რელიეფის ფსკერის განათებულობის აუცილებლობით, ზედა კი წყლის ზედაპირით სინათლის სხივის არეკვლით, რომელიც ობიექტივში მოხვედრისას წყლის ზედაპირის გამოსახულებას ფარავს და სურათს მთლიანად წაუკითხავს ხდის. ამიტომ აეროგადაღებისათვის ირჩევენ მზიან, ნათელ ამინდს წყლის ზედაპირიც რომ იყოს მშვიდ მდგომარეობაში. აეროგადაღების რაიონში წყალი რაც უფრო გამჭვირვალეა, მით უფრო წყლის დიდ სიღრმეს გავზომავთ აეროსურათებით, ამიტომ აეროგადაღებაც არ უნდა ჩატარდეს წვიმის შემდეგ. უმჯობესია ეს გაკეთდეს დილის საათებში, რადგანაც ხილული სპექტრი წყლის ფენაში ნაკლებად სუსტდება და აღწევს უფრო დიდ სიღრმეში. აეროფირის შუქმგრძნობიაროობა მწვანე სპექტრის უბანში მაღალი უნდა იყოს.

ასეთ აეროფირებს მიეკუთვნება ორთოქრომატული ხარისხის აეროფირი (РФ — 1, ან РФ — 3), ხოლო მცირე გამჭვირვალობის შემთხვევაში — პანქრომატული ხარისხის ფირი. იმისათვის, რომ არ გვქონდეს წყლის ლურჯ-ცისფერი გამოსხივების მავნე გავლენა, აეროგადაღებისას იყენებენ ყვითელ შუქფილტრებს (ЖС — 12, ЖС — 16), რომელიც ამოკვეთავს ხილული სპექტრის მოკლეტალღის ნაწილს. აეროფოტოგადაღებისას უმჯობესია გამოვიყენოთ ГОИ-ის მწვანე ფილტრი, რომელიც იძლევა უდიდეს კონტრასტს საკვლევ ობიექტსა (მდინარის ფსკერის რელიეფსა) და ფონს შორის. ფერადი და ფერადი-სპექტროზონალური აეროფირის გამოყენება, რომელიც ხასიათდება მთელი რიგი უპირატესობით შავ-თეთრ გამოსახულების ფირთან შედარებით, მათი გამოყენება წყლის ზედაპირის აეროგადაღებისათვის მიზანშეწონილი არ არის. მართალია, წყლის სარკე სპექტროზონალურ აეროსურათზე მნიშვნელოვნად უკეთ გამოისახება, ვიდრე პანქრომატულზე, მაგრამ ფსკერის რელიეფი სპექტროზონალურ აეროსურათზე იკითხება საგრძნობლად ცუდად, ვიდრე შავ-თეთრი გამოსახულების აეროსურათზე. ეს აიხსნება წყლის ზედაპირის ფერთაგადაცემის დამახინჯებით, რომლის შეღებილობას ლურჯ-მწვანე შეფერილობა აქვს — მკაფიო-გამჭვირვალე წყლის და ნათელი ფსკერისათვის, ხოლო მუქი, თითქმის შავი — მღვრიე წყლის ლამიანი ფსკერისათვის.

ფსკერის რელიეფის ფოტოგრაფირებისათვის მასშტაბს ირჩევენ 1:2000 — 1:10000-ს, აეროსურათების გრძივ გადაფარვას კი 60 %-ს, ხოლო წყლის ზედაპირის ათინათის შემთხვევაში გადაფარვას ზრდიან 75 — 80 %-მდე.

სიღრმის ფოტომეტრიული ხერხით განსაზღვრა ეფუძნება ფიქსირებულ შუქმგრძნობიარე ფენის წყლის თვისებას — შთანთქას სინათლის სხივები ფენის სისქის პროპორციულად (წყალსაცავის სიღრმეში). ეს ხერხი შემოგვთავაზა ვ. ა. ფაასმა, რომლის მიერაც კონსტრუირებულია სპეციალური ხელსაწყო — მარეგისტრირებელი მიკროფოტომეტრი, რომლის საშუალებითაც მიიღებენ მრუდეებს, გამომხატველს გრაფიკზე ნეგატივის სიმკვრივის ცვალებადობის კავშირის საკვლევი წყალსაცავის სიღრმესთან. ფოტომეტრიული ხერხით წყლის სიღრმის განსაზღვრას ნაკლებად იყენებენ.

თუ აეროსურათებზე გამოისახა მდინარის ფსკერის კონტურები, მაშინ უმჯობესია სიღრმე გავზომოთ სტერეოფოტოგრამმეტრიული ხერხით. ამ შემთხვევაში შესაძლებელი ხდება ავრეთვე, ფსკერის რელიეფის გამოხაზვაც და ცალკეული სიღრმეების განსაზღვრაც. გაზომვების ჩატარება შეგვიძლია ჩვეულებრივ სტერეოფოტოგრამმეტრიული ხელსაწყოებით, ამაღლების ცნობილი ფორმულის გამოყენებით:

$$h = \frac{H}{b + \Delta P} \Delta P$$

სტერეოფოტოგრამმეტრიული ხერხი გამოიყენება ძირითადად ზღვებისა და ტბების აეროჰიდროგრაფიული აგეგმვისას. ნაკლებად იყენებენ მდინარეების გამოკვლევისას, რადგანაც მდინარის ნაკადები იშვიათად არის გამჭვირვალე. მდინარის წყლის ზედაპირის (სარკის) ნიშნულის განსაზღვრა წარმოებს ზემოთ მოცემული ფორმულით, რომლითაც განსაზღვრავენ ამაღლებას რეპერსა და წყლის სარკეს შორის აეროსურათებით. გაზომვისათვის იყენებენ ტოპოგრაფიულ სტერეომეტრს ან პარალაქტიკურ ფირფიტებს. წყლის ჰორიზონტის ნიშნულების განსაზღვრის სიზუსტე სტერეოფოტოგრამმეტრიული მეთოდით არ ჩამოუვარდება წყალსაზომ პოსტებზე ჩვეულებრივი ჰიდრომეტრიული გაზომვების სიზუსტეს.

გაანგარიშებითი ხერხით წყლის სიღრმის განსაზღვრის ხერხი ეფუძნება ჰიდრომორფოლოგიურ დამოკიდებულებათა გამოყენებას, რომელსაც ზემოთ უკვე შევეხეთ.

14.4 ტყის საზიდი გზების გამოკვლევა და დაგეგმარება

აერომეთოდები ფართოდ გამოიყენება სხვადასხვა დანიშნულების საავტომობილო გზებისა და რკინიგზის ტიპების, მათ შორის, ტყის საზიდი გზების ძიება-დაგეგმარებაში.

აერომეთოდების გამოყენება გზებში (აშშ, გერმანია) დაიწყო 1921 — 25 წწ. ყოფილ საბჭოთა კავშირში 1927 — 28 წწ., ხოლო ტყის საზიდი

გზებისათვის 1931 წლიდან. უკანასკნელ წლებში აეროკოსმოსური მასალებით მოხდა ბაიკალ-ამურის რკინიგზის მაგისტრალის კვლევა-ძიებითი სამუშაოები, რამაც 8 — 10 წლით შეამცირა საპროექტო კვლევა-ძიებითი სამუშაოების მოცულობა.

აეროფოტომასალების საერთო უპირატესობაა ადგილის ფართო მასშტაბით მიმოხილვა, რაც უშუალოდ ადგილზე მყოფი დამკვირვებლისათვის მიუწვდომელია, განსაკუთრებით კი ტყეში. ობიექტის ელემენტების სურათზე ასახვის ტტყუარობა (რელიეფი, ჰიდროქსელი, ჭაობები, ტყეები) დამპროექტებელს საშუალებას აძლევს ანალიზებისათვის განუსაზღვრელ პერიოდში, როგორც გზების ადგილზე მიზნობრივად გაყვანისათვის, ისე მათ სხვა სატრანსპორტო ქსელის პუნქტებთან რაციონალურად დაკავშირებაში.

ნებისმიერი დანიშნულების საგზაო ძიებისა და დაგეგმარების პროცესში საჭიროა გამოვლინდეს ადგილის ელემენტების მთლიანი კომპლექსი, რომელიც განსაზღვრავს ადგილზე ტრასის დეტალურ მდებარეობას, მის სიგრძეს, ქანობს უბნების მიხედვით, მიწის სამუშაოების მოცულობას, ახლოს არსებულ სამშენებლო მასალების არსებობას, მშენებლობის შრომატევადობასა და ღირებულებას. ადგილის ელემენტების ასეთ კომპლექსს მიეკუთვნება: რელიეფი თავისი დიდი და პატარა ფორმებით; ციცაბო და დამრეც ფერდობთა სიგრძე; ვაფენილობა, ჰიდროგრაფიის ქსელი; ცალკეული უბნის ჰიდროლოგიური რეჟიმი; დაჭაობებული ნიადაგები და ჭაობები; ტერიტორიის გატყევება და ხასიათი, გრუნტის ტიპი, ტერიტორიის თანამედროვე გეომორფოლოგიური აგებულებით. ყველა ჩამოთვლილი ადგილის ელემენტების სწორად შეფასებაში აეროფოტოგადაღების მასალებს უაღრესად დიდი მნიშვნელობა ენიჭება.

გზების ძიებასა და დაპროექტებაში მთავარ ყურადღებას აქცევენ რელიეფის ელემენტების გაზომვის სიზუსტეს, წერტილებს შორის ამაღლებებს, ტრასის უბნების ზუსტ გეგმურ მდებარეობას, საჭვირთო მიმართულების გრძელი ქანობის დადგენას, რომელიც ლიმიტირებულია გზის დანიშნულების შესაბამისად. მაგალითად I და II კლასის სახელმწიფო შოსე გზებისათვის მიღებულია 15 — 30 %ქანობი, ანუ 1° — 1°53' დახრის კუთხე. საავტომობილო ტყის საზიდი გზებისათვის კი 30 — 40 %-იანი ქანობი, ანუ 2° — 2°30' დახრის კუთხე. ხოლო მოხვევის რადიუსი კი — საწინააღმდეგოდ, რაც შეიძლება უფრო დიდი უნდა იყოს. მაგალითად, მოხვევის მინიმალური რადიუსი შესაბამისად 400 — 200 მ-ია. საგზაო ტრასები უშუალოდ აეროსურათებზე ან ფოტოგეგმებზე პროექტდება. ხოლო ტოპოგრაფიულ გეგმებზე კი მაშინ, თუ ისინი შედგენილია ძირითადად აეროფოტოგეოდეზიური აგეგმვის უნივერსალური მეთოდით. აეროფოტომასალებით ტყის საზიდი

გზების ტექნიკური დოკუმენტაცია, რომელიც საჭიროა გზის დასაპროექტებლად შეიძლება მივიღოთ უშუალოდ ადგილზე სამუშაოების ჩატარების გარეშე, ან მისი მცირე ნაწილი. ფართოდ გამოიყენება ტრასის აეროფოტოგადაღებისა და სტატოსკოპის გამოყენებით, რომელიც უზრუნველყოფს სიმაღლეების გაზომვას 1 – 1.5 მეტრის სიზუსტით, რაც საკმარისია ტრასის დაპროექტებისათვის. 1 კმ-ი საპროექტო ძირითადი სამუშაოების ღირებულება აეროფოტოგადაღებისა და ფოტოგრამმეტრიული სამუშაოების ჩათვლით კარგად ორგანიზებულ წარმოებაში თითქმის სამჯერ ნაკლებია იმავე სამუშაოების კომპლექსის ადგილზე შესრულებულ სამუშაოებთან შედარებით. გარდა ამისა, აეროფოტომასალების გამოყენებით ტრასის კვლევა-ძიებაზე დახარჯული დრო ორჯერ და მეტად მცირდება, ხოლო სამუშაოს ხარისხი მნიშვნელოვნად მაღლდება.

ტყის საზიდი გზებისაგან განსხვავებით სატყეო გზების სავალი ნაწილის სიგანე შედარებით მცირეა (3,5 – 5,5 მ), მისი ღირებულებაც მცირეა, რადგანაც ძირითადად კეთდება მოხრეშილი ან სხვა უფრო იაფი სამშენებლო მასალებით. ასეთი გზების ტვირთამწეობაც არ აღემატება 2 – 3 ტონას და ძირითადად გამოიყენება როგორც ტყის მასივებში მისასვლელ გზებად. სატყეო-სამეურნეო ძანქანა-იარაღების გადასატანად (ტრაქტორების, ორმოამომთხრელების, კუთხებისა და ა. შ.). მოვლითი ჭრების, ხანძარსაწინააღმდეგო ღონისძიებების ჩასატარებლად და სხვა. სატყეო გზების ფართო ქსელი მკვეთრად ამაღლებს სატყეო მეურნეობის განვითარების და სატყეო მუშაკების კეთილდღეობის კულტურას. სატყეო გზებისადმი წაყენებულია შედარებით დაბალი მოთხოვნები (ქანობის სისწორის, მოხვევის რადიუსისა და სხვა მაჩვენებლებისადმი). სამაგიეროდ დიდ მოთხოვნილებას უყენებენ გასაყვანი გზების გრუნტებს. ამა თუ იმ წინააღმდეგობების გადალახვა ხდება საინჟინრო ნაგებობების აგების გარეშე, ძირითადად წინააღმდეგობათა შემოვლით, გზის გაგრძელების ხარჯზე.

ზემოთ განხილული მონაცემებით აეროსურათებით რელიეფის, ნიადაგების, ტყეებისა და ადგილის სხვა ელემენტების გაშიფვრის უტყუარობა მოწმობს აეროსურათების დიდ შესაძლებლობებს. აეროფოტომასალებით გზების კვლევა-ძიებითი და საპროექტო სამუშაოების შესრულების ეკონომიკური ეფექტი გამოიხატება ამ სამუშაოების ვადებისა და დახარჯული თანხების შემცირებაში, აგრეთვე ძიების საბოლოო მასალების ხარისხისა და ტექნიკური კულტურის ამაღლებაში.

14.5 ნიადაგების გამოკვლევა აეროკოსმოსური მეთოდებით

რუსეთში ცნება ნიადაგის შესახებ, როგორც ორგანიზებულ ბუნებრივ სხეულზე, ჩამოყალიბდა მე-19 საუკუნის მეცნიერების განვითარების საფუძველზე, რომლის ფუძემდებელიც იყო რუსი მეცნიერი დოკუჩაევი. მან პირველმა განმარტა დამოკიდებულება ნიადაგის პროფილსა და გარემოს ფიზიკურ პირობებს შორის. მაგრამ ნიადაგების რუკების შედგენა კი თანამედროვე გაგებით დაიწყო მხოლოდ 50 წლის წინ.

მრავალი გამოკვლევითა და ცდით დაგროვილი გამოცდილებით დადგინდა, რომ ნიადაგები თავისი ხასიათით ძალზე ცვალებადია. რის გამოც შესადგენი რუკის ერთ ზღვრულ გამონაყოფშიც კი გვხვდება რამოდენიმე ნიადაგობრივი განსხვავება. თვლიან, რომ ეს განსხვავებები მთლიანი გამონაყოფის შესადგენი რუკის 15 %-მდეა. ჭალაქ ოქსფორდში (ინგლისი) ჩატარებულია გამოკვლევები ნიადაგების ცვალებადობასა, სხვადასხვა ხასიათის ნიადაგების ზედა ფენის შიდა კლასობრივ კორელაციასა და დისპერსიას შორის, რის შედეგადაც აღმოჩნდა, რომ ნიადაგების მექანიკური თვისებები შეიძლება აღვწეროთ სტატისტიკური მახასიათებლებით (შიდაკლასობრივი დისპერსია), ხოლო ქიმიური კი არა. აქედან გამომდინარე, ნიადაგების დისტანციური გამოკვლევებისას საჭიროა გავითვალისწინოთ როგორც ნიადაგთმცოდნეების სხვადასხვა კონცეპცია. ისე ნიადაგების ზედა ფენის ცვალებადობის ხასიათი, განსაკუთრებით კი მათი ქიმიური თვისებები. ნიადაგების მჭიდრო კავშირის წარმოდგენამ პუნებრივ კომპლექსთან დიდი ინტერესი გამოიწვია მათი ლანდშაფტური რუკების შესადგენად. როგორც ნიადაგების სარეკგნოსცირებო რუკების აგების ერთ-ერთმა ხერხმა. ამას საფუძვლად უდევს ის იდეა, რომ ერთი ტერიტორიული ერთეულის ცნობილი მახასიათებლები გავრცელდეს სხვა ანალოგიური ერთეულების ტერიტორიაზეც. ფოტოგამოსახულებით ადგილის ანალიზის პრობლემა იყო და დარჩება როგორც ერთეული ობიექტების განსაზღვრისა და კლასიფიკაციის პრობლემად, რომელიც ამოცნობილი უნდა იქნეს ფოტოსურათებზე.

სურათების დეშიფრირების ლანდშაფტურმა მეთოდმა ფართო გამოყენება ჰპოვა როგორც ჩვენში, ისე საზღვარგარეთ. ეს მეთოდი უფრო რეკომენდებულია იმ რაიონებისათვის, სადაც ლანდშაფტი კარგად და ნათლად არის გამოხატული. ბუნებრივი კომპლექსის ცუდად გამოხატულ პირობებში და სამეურნეო საქმიანობით გამოწვეული ბუნებრივი მკვნარეული საფარის ძლიერ მოშლილ რაიონებში დეშიფრირების ლანდშაფტური მეთოდის გამოყენება საკმაოდ ძნელია.

გამოთვლითი ტექნიკის განვითარებამ მკვლევარებს საშუალება მისცა ბუნებრივი კომპლექსების გამოკვლევები აწარმოონ პარამეტრული აღწერებით რაოდენობრივ მეთოდებზე დაყრდნობით. ბუნებრივი

კომპლექსების დეშიფრირება სულ უფრო ხშირად ტარდება ЭВМ-ის ფართოდ გამოყენებით. სამომავლოდ მას დიდი პერსპექტივები ესახება, რასაც საფუძვლად დაედება ლანდშაფტური ურთიერთკავშირი (კერძოდ, ნიადაგისა და ლანდშაფტის სხვა ელემენტებთან კავშირი).

აეროსურათებით ნიადაგების რუკების შედგენაში დიდი მნიშვნელობა ენიჭება აეროფოტოგადაღების პერიოდს, ე. ი. აეროგადაღება უნდა მოხდეს ისეთ პერიოდში, როცა დეშიფრირების მიზნით ნიადაგობრივი განსხვავების საზღვრები უკეთ აისახება ფოტოსურათზე.

1960 წლიდან ნიადაგების რუკების შედგენაში ფართოდ იყენებენ ფერად აეროსურათებს. საბჭოთა და უცხოური გამოკვლევები გვიჩვენებენ, რომ ასეთი სურათები, დეშიფრირებაზე დახარჯულ დროს ორჯერ ამცირებს, რადგანაც ფერადი აეროფოტოსურათი უფრო ინფორმაციულია, ვიდრე შავ-თეთრი (პანქრომატული). ერთის მხრივ კი შემდგომში გამოამჟღავნა, რომ ნიადაგების ფერთა შეუსაბამობა სურათზე და ადგილზე დიდად განსხვავდებოდა. ხშირად შეიმჩნევა სურათზე შეღებვის ინტენსივობის და ტონების ურთიერთგადაფარვა. ამიტომ ნიადაგების სხვადასხვაგვარი ელფერით ასახვის გავლენას ამჟამად სწავლობენ ფერად და ინფრაწითელ ფერად აეროფირის ოპტიკურ სიმკვრივეთა გაზომვის დენსიტომეტრიული მეთოდებით. ეს მეთოდები ფართოდ გამოიყენება აგრეთვე სოფლის მეურნეობაში ნათესების მდგომარეობის შესწავლის დროს.

ნიადაგებისა და ბუნებრივი კომპლექსების დეშიფრირების გამოცდილებათა გავრცელების მიზნით ამჟამად მუშავდება აეროსურათების დეშიფრირების სხვადასხვაგვარი ეტალონი. ამგვარი ეტალონი შედგენილია უკვე დიდი რაოდენობით მცენარეების, ბუნებრივი კომპლექსების, ტყის მასივებისა და ნიადაგების დეშიფრირებისათვის.

ცნობილია, რომ სხვადასხვა ნიადაგი შეიცავს სხვადასხვაგვარ მინერალურ ნივთიერებას, ორგანულ ნაერთებს და სხვადასხვა რაოდენობის ტენს. ამიტომ სხვადასხვა ნიადაგს ცხადია ექნება არეკვლის სხვადასხვა უნარიც, რასაც ფართოდ სწავლობდნენ 50-იან წლებში დისტანციურ მეთოდებთან კავშირგარეშე. ამჟამად კი მრავალსპექტრული (მრავალზონალური) აეროფტოაპარატებისა და სკანირების შექმნამ კვლავ აღადგინა დედამიწის ზედაპირის ობიექტების სპექტრული სიკაშკაშისადმი ინტერესი. დღეისათვის საზღვარგარეთ მიმდინარეობს სპექტრული მახასიათებლების ფართო გამოკვლევები კოსმოსიდან, თვითმფრინავიდან და ხმელეთიდან ლაბორატორიულ და საველე პირობებში სპექტრის სხვადასხვა უბანში (0.3 – 45 მკმ დიაპაზონში) გაზომვებით. მაგალითად, ყარაყუმის ქვიშნარის სპექტრული

სიკაშკაშის კოეფიციენტის დენსიტომეტრიული განსაზღვრით დაადგინეს სხვადასხვა მინერალოგიური შედგენილობის სამი ტიპის ქვიშა. თვითმფრინავიდან დისტანციური მეთოდებით მიმდინარეობდა სპექტრული სიკაშკაშის კოეფიციენტების გამოკვლევა ნიადაგების ტენიანობისა და მცენარეების მიერ წყლის მოხმარების შესაფასებლად. დადგენილია, რომ ტენიანობის განსხვავება ნიადაგებში უფრო ადვილად გამოამკარავდება სპექტრის წითელ უბანში. სპექტრის მწვანე დიაპაზონში კი კარგი შედეგები მიიღება მცენარის აქტიური განვითარების პერიოდში.

უკანასკნელ ათ წელში ფართო გამოყენება ჰპოვა მრავალსპექტრულმა სკანირებამ (გამშლელები). რომლის დახმარებითაც გადაღებები მიმდინარეობს თვითმფრინავიდან. დედამიწის ხელოვნური თანამგზავრებიდან, კოსმოსური ხომალდებიდან ან სტაციონარული სადგურებიდან. გამოსახულება მიიღება 0.5 1.1 მკმ ხილვად და ახლო-ინფრაწითელი დიაპაზონით. კოსმოსურ სურათებზე გამოსახულების დეშიფრირებამ გამოააშკარავა ნაკლებად ტენიანი და ქვიშებით დალექილი კომპლექსები. როგორც ამერიკელი მეცნიერები აღნიშნავენ. კოსმოსური სურათების გაზომვებით ზუსტად შეიძლება დავადგინოთ გადამწვარი და ქარისმიერი ეროზიით დაზიანებული ფართობები. ხოლო ინტენსიურად სახნავი კულტურების რაიონებში ნიადაგების მცირე ასოციაციები ძნელად დეშიფრირდება. ნიადაგის ასოციაციის საზღვრების ამოცნობა შესაძლებელი ხდება მხოლოდ ამა თუ იმ ლანდშაფტური ობიექტების საზღვრების იდენტიფიკაციით. ნიადაგების ასოციაციის საზღვრების დადგენა კი გვეხმარება მცენარეული საფარის გარჩევაში.

მიუხედავად იმისა. რომ ხილულ და ახლოინფრაწითელ დიაპაზონში სკანერები კარგ შედეგებს იძლევიან ფართო გამოკვლევები მიმდინარეობს ნიადაგების შესწავლის მიზნით, აგრეთვე მიკროტალღური და ინფრაწითელი დიაპაზონის სკანირებით, თბოინფრაწითელი გადაღებები მგრძნობიარეა ნიადაგების ტემპერატურის სხვაობებისადმი, სურათზე თავისუფლად გამოირჩევა ქარისაგან დაცული ნიადაგები — ქარის მიერ ტენის აორთქლების ეფექტი, მიწისზედა და მიწისქვეშა დრენაჟების ქსელი და სხვა. მიკროტალღური დიაპაზონისადმი ინტერესი კი გამოწვეულია იმით, რომ მიკროტალღური გამოსხივება აღწევს ზედაპირული დანალექების მშრალი ფენების გარკვეულ სიღრმემდე, (თითოეული გაანგარიშებით 1 მეტრის სიღრმემდე). ამიტომ არ არის გამორიცხული. რომ მიკროტალღური აპარატურის გაუმჯობესებით შესაძლებელი გახდება არამცთუ ნიადაგების ზედაპირული შესწავლა. არამედ ზედაპირის ქვეშ მყოფი ნიადაგების დახასიათების მიღებაც. ასეთი აპარატები გამოიყენება მსოფლიოს მშრალი და ნახევრადმშრალი რაიონებისათვის ნიადაგების ზედაფე-

ნური ჯიშების დასახასიათებლად, რასაც დიდი ეკონომიკური მნიშვნელობა ექნება ირიგაციული სისტემების აგებასა და ნავთობის საძიებლად.

XV თავი

აეროკოსმოსური მეთოდების გამოყენება გუნებრივი რესურსების გამოკვლევასა და გარემოს დაცვაში

15.1 ეროზირებული მიწების გამოკვლევა

ნიადაგის ეროზია, რომელიც ძირითადად გამოწვეულია წყლისა და ქარის მოქმედებით, დიდ ზიანს აყენებს სახალხო მეურნეობის მრავალ დარგს, განსაკუთრებით კი სოფლის მეურნეობას. რამდენადაც მეტად განიცდის ნიადაგი ზედა ფენის ნგრევასა და შემდეგ ჩამორეცხვას, მით უფრო ნაკლებია სასოფლო-სამეურნეო კულტურების მოსავლიანობა.

დედამიწის ზედაპირზე, დროის პატარა მონაკვეთში ბუნების ნგრევითი ძალების მოქმედებით, მნიშვნელოვანი ცვლილებები მიმდინარეობს, წარმოიშობა ხევები, ვითარდება მეწყერები და ნაკლებად შესამჩნევი, მაგრამ ყველაზე უფრო საშიში, დედამიწის ზედაპირული გადარეცხვა და სხვა. ეროზიით ნიადაგების ნგრევას მსოფლიოში ვეებერთელა ფართობი უკავია. მთელი ხმელეთის 65% ეროზიისაგან დაზიანებულია და აქედან 34% ქარისმიერია, ხოლო 31% წყლისმიერი. ნიადაგის გადარეცხვა კი წელიწადში აღწევს 134 ტონა/კმ^2. ყოველწლიურად მსოფლიო ოკეანეებში ჩაირეცხება 60 მილიარდი ტონა ნიადაგური მასალა, მაშინ როცა წინათ ეს რიცხვი არ აღემატებოდა 3 — 8 მილიარდ ტონას.

სხვადასხვა ქვეყანაში სახნავ ფართობს 1 — 4%-დან 30 — 70%-მდე უკავია, ევროპაში იგი შეადგენს 31%.

საქართველოს ტერიტორიის ეროზიული მიწები არსებული საგეგმო-კარტოგრაფიული მასალებისა და სამიწათმოწყობო მონაცემების მიხედვით 1762 ათასი ჰექტარია. 1955 წლიდან 1977 წლამდე ინტენსიური სასოფლო-სამეურნეო სავარგულების ფართობი 1228,2 ათასი ჰა-დან შემცირდა 953,6 ათას ჰა-მდე, ანუ შემცირდა 274,6 ათასი ჰა-თი. აღნიშნული მიწები გადაქცეულია სათიბ-საძოვრებად და სოფლის მეურნეობისათვის გამოუყენებელ მიწებში. როგორც ვხედავთ, საკმაოდ დიდი ტემპით იზრდება ეროზიით მიყენებული ზიანი. აკადემიკოსი ვ. ა. კოვდა აღნიშნავს, რომ თუ თანამედროვე ტემპი შენარჩუნებული იქნება, საუკუნის ბოლოს შეიძლება დედამიწაზე დავკარგოთ 1 მილიარდი ჰა მიწა (დღეისათვის მოხნულია და გამოყენებულია 1,5 მილიარდი ჰა).

ეროზიის მოქმედების საწინააღმდეგოდ ეფექტური ბრძოლა თუ არ მიმდინარეობს, ნიადაგის ზედა ფენა ძალიან სწრაფად განიცდის ნგრევას. ამ ფენის 2,5 სმ აღდგენას თვით კარგად განვითარებული მცენარეული საფარის შემთხვევაშიც კი, ცნობილი ამერიკელი ნიადაგმცოდნე ხ. ბენნეტის მიახლოებითი გაანგარიშებით, სჭირდება 300 — 1000 წლამდე. ეროზიული პროცესები ემორჩილება განვითარების გარკვეულ კანონზომიერებას და ბუნების დინამიკურ მოვლენას წარმოადგენს.

ეროზიული მიწების ფართობების გამოყოფა და ეროზიის პროცესების განვითარების დინამიკის შესწავლა დაკავშირებულია დიდ სიძნელეებთან, როგორც მათი დეტალური და ზუსტი კარტოგრაფირების თვალსაზრისით, ისე მათი რაოდენობრივი დახასიათების თვალსაზრისითაც.

ეროზიის საწინააღმდეგო ღონისძიებათა კომპლექსის სწორად დამუშავებისათვის დიდი მნიშვნელობა აქვს ეროზირებული მიწების სწორ აღრიცხვას, რისთვისაც ფართოდ იყენებენ სხვადასხვა მასშტაბის ტოპოგრაფიულ გეგმებს, მიწათსარგებლობის გეგმებს და სხვას, რომლებსაც მრავალ დადებით მხარესთან ერთად ახასიათებთ ნაკლიც, განსაკუთრებით მთიანი რელიეფის ფიზიკური ფართობის სწორად დადგენაში და სხვა. ამ ნაკლოვანებათა ერთ-ერთი მიზეზია კარტოგრაფიულ მასალათა სწრაფად მოძველება, რის გამოც სიტუაციის მეტად საჭირო დეტალებზე და რელიეფზე არ იძლევიან ზუსტ ინფორმაციას. მკვლევარის ის რაოდენობრივი საველე განაზომებიც, რომელიც დაკავშირებულია ეროზიული პროცესების დინამიკის შესწავლასთან, გამოსადეგია გარკვეული დროისათვის და თანაც საკმაოდ არაობიექტურია, რომლის შემოწმებაც ხშირ შემთხვევაში შეუძლებელიც კია.

ეროზიის განვითარებაზე დაკვირვება და ეროზიის საწინააღმდეგო ღონისძიებათა სწორად შემუშავება კი მოითხოვს მათ პროცესებზე და მოვლენებზე ხანგრძლივ დაკვირვებას, ამიტომ მიზანშეწონილია ფართოდ ვიყენებდეთ შესასწავლი ადგილის ფოტოგამოსახულებებს — აეროდა კოსმოსური სურათების, ფოტოსქემების, ფოტოგეგმების, ფოტორუკებისა და ფოტოთეოდოლიტური სურათების სახით, რომლებიც ტოპოგრაფიულ გეგმებთან ერთად იძლევიან ფასდაუდებელ ინფორმაციას (ნახ. 15.1).

ჩამოთვლილი მასალები ხასიათდება მრავალი დადებითი მონაცემით:

ა) გამოსახული ადგილების ობიექტურობით;

ბ) სხვადასხვა ფორმის რელიეფისა და მიკრორელიეფის სიტუაციის ელემენტების დიდი სიზუსტის გამოსახვით, როგორიცაა ხევები, ხრამები, ღელეები, მცენარეული საფარი, სასოფლო-სამეურნეო სავარგულები, ტყეები, ბუჩქები, გზები, ბილიკები, ჰიდროგრაფიის ელემენტები და სხვა.



ნახ. 15.1. მოქმედი ხევების ასახვა აეროსურათზე: 1 — სახნავი, 2 — საველე გზა, 3 — საძოვარი; 4 — ხევი; 5 — ჩამონაღარი.

ადგილის წვლილადობის მდიდარი ფოტოგამოსახულება და ურთიერთახლომდებარე სიტუაციის ელემენტების ზუსტი მდებარეობის ასახვა საშუალებას გვაძლევს შევასრულოთ შემდეგი სახის ზუსტი სამუშაოები:

1. ფოტოგამოსახულებით ადგილის ვიზუალური გამოკვლევა და შესწავლა, სტერეოეფექტის გამოყენებით ტერიტორიის დანაწევრებისა და მისი ხასიათის დამახერებლად დადგენა;

2. წყალშემკრები აუზის, ცალკეულ ნაკადთა ფართობისა და მთელი ჰიდროგრაფიული ქსელის კამერულად ზუსტი გამოვლენა;

3. ფერდობის დახრის, მათი ფორმის; ხასიათის და ექსპოზიციის დადგენა, ხაზოვანი ელემენტების სიგრძის გაზომვა და სხვა;

4. ფოტოგამოსახულებებით სხვადასხვა სახის ეროზიის აღწერა და შესწავლა:

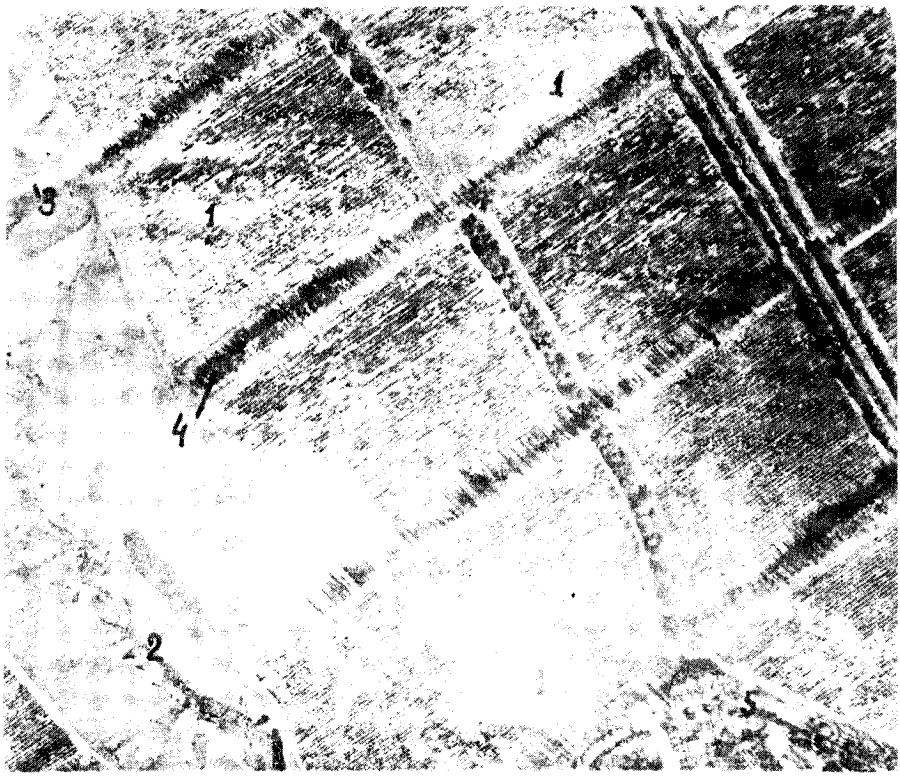


ნახ. 13.2 სამთო ტყეები განვითარებული ეროზიებით.

5. მოქმედი ხევების ძირითადი კერების გამოვლენა გარემომცველ რელიეფთან, მიკრორელიეფთან, სიტუაციასთან და მცენარეულ საფართან ურთიერთკავშირის გამოყენებით. ეროზირებული უბნების საზღვრების ინტერპრეტაცია და ნიადაგების გადარეცხვის პროცესების არსებობის და მდგომარეობის დადგენა, ძენწყერებზე დაკვირვება და ა. შ.

6. ეროზიის საწინააღმდეგო ღონისძიებათა პროექტის შედგენა. ნატურაში განხორციელება და შემდგომ ამ ღონისძიებათა სამართლიანობაზე და ეფექტურობაზე დაკვირვება.

ამრიგად, ეროზიული პროცესების შესასწავლად ყველაზე უფრო საუკეთესო გეგმური მასალაა აეროფოტომასალები.



ნახ. 15.3 აეროსურათზე ასახულია ვაზის მეჩხერიანობა გამოწვეული ეროზიით: 1 ქაოსის და წყლისმიერი ეროზია; 2 წყლისმიერი ეროზია; 3 - გზები, 4 ქაოსაფარი ზოლი;

სხვადასხვა ფაქტორის გავლენით ეროზიის ინტენსიურობა შეიძლება გაძლიერდეს ან შემცირდეს. ეროზიის საწინააღმდეგო ეფექტურ ღონისძიებათა გატარების გამოკვლევის მიზნით საჭიროა ამ პროცესების მოვლენებზე და მათ დინამიკაზე სისტემატური დაკვირვება. მიმდინარე ცვლილებების შესასწავლად ერთხელ შესრულებული აეროფოტოგადაღება არ არის საკმარისი, ერთი და იგივე ტერიტორიისათვის საჭიროა განმეორებით აეროფოტოგადაღებები. ამ დროს შეიძლება სხვა მიზნებისათვის მიღებული ფოტომასალების გამოყენებაც. სხვადასხვა დროს მიღებული აეროსურათები დაკვირვების საშუალებას იძლევა ეროზიის დინამიკაზე. გახვითარების კანონზომიერებაზე. ღონისძიებათა ჩატარების ეფექტურობაზე. მიწათმოწყობის პროექტის ათვისებაზე და სხვა.

ეროზიის საწინააღმდეგო ღონისძიებათა დაგეგმვისას დიდი პრაქტიკული მნიშვნელობა აქვს ეროზირების კოეფიციენტის სწორ დადგე-

ნას. ს. სილვესტროვის ფორმულა, რომლითაც განისაზღვრება ეროზირების კოეფიციენტი, ასეთია:

$$Э = \frac{HR}{10\sqrt[4]{S}} - K, \qquad (15.1)$$

სადაც H არის ეროზიის ბაზისის სიღრმე (წყალშემკრებ ხეობათა ტერიტორიის მაქსიმალურ სიმაღლეთა სხვაობა).

R — ჰიდროგრაფიული ქსელით მთელი ტერიტორიის დანაწევრების კოეფიციენტი (წყალშემკრები ხეობების), მიიღება მთელი ჰიდროგრაფიული ქსელის სიგრძის (იზომება კურვიმეტრით) გაყოფით წყალშემკრებ ფართობზე.

K — ტერიტორიის მოხნულობის კოეფიციენტი.

S — წყალშემკრები ხეობების საერთო ფართობი ჰექტრობით;

ფორმულაში შემავალი ყველა სიდიდე საკმაო სიზუსტით შეგვიძლია განვსაზღვროთ აეროსურათების ფოტოგრამმეტრიული გაზომვებით.

ხევების ზრდის სიჩქარე აეროსურათების გამოყენებით შეიძლება განისაზღვროს ვ. ჩერვიაკოვის ფორმულით:

$$V = \frac{l_1 m_1 - l_2 m_2}{n} \frac{მ}{წელიწადი}$$

სადაც l_1 არის აღრინდელ გადაღებულ აეროსურათზე ხევის თავსა და კონტურულ წერტილს შორის გაზომილი მანძილის სიგრძე;

l_2 — უფრო მოგვიანებით წლებში გადაღებულ აეროსურათზე ხევის თავსა და კონტურულ წერტილს შორის გაზომილი მანმანძილის სიგრძე;

m_1 და m_2 — შესაბამისი პერიოდის აეროსურათების მასშტაბის მნიშვნელი.

აეროკოსმოსურ გადაღებებში უკანასკნელი მიღწევებით (სპექტროზონალური, რადარული, ინფრაწითელი და სხვა) შესაძლებელი ხდება კამერალურ პირობებში შევისწავლოთ ადგილმდებარეობა, გამოვავლინოთ და აღვრიცხოთ არა მარტო ეროზიული მოვლენების ბევრი ელემენტი, არამედ კონტროლიც გავუწიოთ ეროზიის საწინააღმდეგო ღონისძიებათა სამუშაოების ჩატარების სისწორეს. როგორც ცალკეული რეგიონებისათვის, ისე მთელი რესპუბლიკისა და ქვეყნისათვის. ასეთი გლობალური მასშტაბით საკითხის სწორად გადაწყვეტაში დიდი როლი შეუძლია შეასრულოს აერომეთოდებითა და კოსმოსური სისტემებით მიღებული ინფორმაციის კომპლექსურად შესწავლამ.

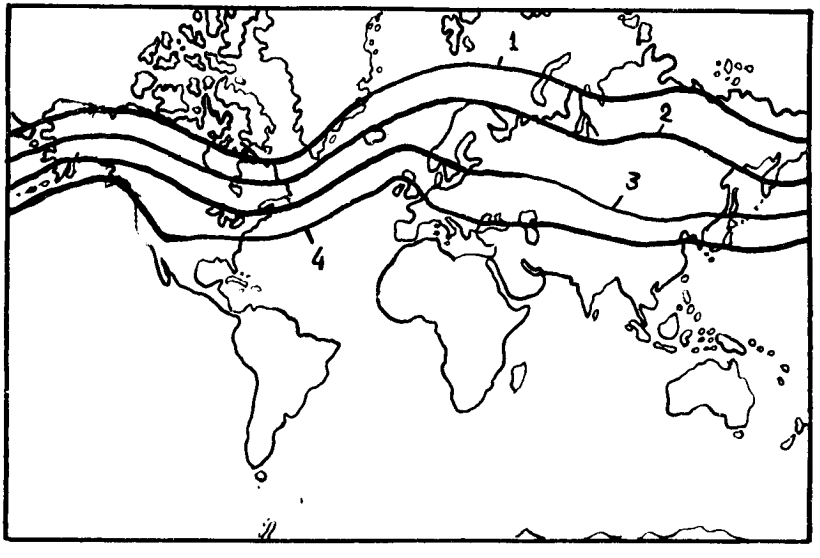
ნიადაგმცოდნეობაში მეცნიერების შემდგომი განვითარება, დისტანციურ მეთოდებში მოპოვებული მიღწევების პრაქტიკაში დანერგვა დღეისათვის საჭიროებს გულმოდგინე, დაძაბულ მუშაობას, ორგანიზებულობასა და საქმისათვის თავდადებულ კვალიფიციურ კადრებს.

15.2 ტყეების ფენოლოგიური გამოკვლევა

„ფენოლოგიის" ტერმინში იგულისხმება მცენარეებისა და ცხოველების ცხოვრების პერიოდული ცვლილებების გამოკვლევა, რომელთა გამოვლინებაც დაკავშირებულია მათი ბინადრობისა და ადგილის კლიმატურ პირობებზე.

ფენოლოგიური გამოკვლევის ერთ-ერთ მაგალითად შეიძლება დავასახელოთ დედამიწის ხელოვნური თანამგზავრიდან მკვლევართა მიერ მიღებული ფოტოსურათებით ორი მოვლენის აღმოჩენა (ნახ. 15.4):

ა) მწვანე ტალღა — ვეებერთელა რაიონზე ხეების ფოთლით შემოსვის განვითარების პროცესის გეოგრაფიული გავრცელება; ბ) ყავისფერი ტალღა — მცენარეთა დაბერების პროცესის გეოგრაფიული გავრცელება (სასოფლო-სამეურნეო კულტურების დამწიფება, ფოთლების ცვენა და ფერისცვალება); ეს პროცესი ისეთსავე როლს ასრულებს შემოდგომაზე, როგორსაც მწვანე ტალღა გაზაფხულზე. ამგვარი ფენოლოგიური ექსპერიმენტით შესაძლებელია ფენოკლიმატური კარტოგრაფიული მოდელების აგება. ასეთი ინფორმაციის გამოყენება სასარგებლოა, კერძოდ, სოფლის მეურნეობის შემდგომი განვითარებისათვის, სოფლის მეურნეობის საკარგულებისა და ნათესების მდგომარეობის გასარკვევად, მოსავლის პროგნოზირებისათვის, სოფლის მეურნეობის დაგეგმვითი სამუშაოებისათვის და სხვა.



ნახ. 15.4 დედამიწის ჩრდ. ნახევარსფეროში მწვანე ტალღის გავლის საშუალო თარიღი.

დადგენილია, რომ თანამგზავრიდან მიღებული ფოტოინფორმაციით შეიძლება განისაზღვროს ნაადრევი აღმონაცენისა და აღმონაცენის წარმოქმნის რაიონები. აგრეთვე შეიძლება გამოვავლინოთ ის რაიონები (რეგიონები), სადაც დიდი გვალვების `ან ნიადაგში სინესტის ნაკლებობის გამო ფერხდება მცენარეების განვ`ითარება, ამავე ინფორმაციით შეიძლება ამ მოვლენათა თარიღის დადგენაც.

15.3 გარეული ცხოველების პოპულაციის გამოკვლევა

აქ აერომეთოდების, როგორც დისტანციური მეთოდით გამოკვლევის ძირითადი მიზანი მდგომარეობს გარეული ცხოველების რეგულირებისა და რაოდენობის პოპულაციის (მათი აღწერა, მცენარეული საფარის მდგომარეობა, გარეულ ცხოველთა საბინადროებისა და რაიონების კარტირება) დადგენაში. პოპულაციის აღწერა საჭიროა თევზისა და გარეული ცხოველების რეწვის რეგულირებისათვის, ბუნების დაცვის ღონისძიებათა დაგეგმვისათვის და სხვა. სახმელეთო მეთოდებით გარეული ცხოველების პოპულაცია არ არის ზუსტი, რადგანაც ერთი და იგივე ცხოველი შეიძლება აღწერონ ორჯერ, ან საერთოდ ვერ აღწეროს. აერომეთოდებით კი შეგვიძლია დროის უმცირეს პერიოდში გამოვიკვლიოთ შესასწავლი რაიონები მინიმალური შეცდომებით. მაგალითად, აეროსურათებით 1930 წლიდან ითვლიან ანტილოპების ჯოგის რაოდენობას, ირმებს, ამერიკულ ცხენ-ირმებს, გარეულ ხარებს, წყლის ფრინველებს, სელაპებსა და ზოგიერთ შემთხვევაში თევზების ჯოგს.

აეროსურათების გამოყენების სირთულე ხანდახან მდგომარეობს იმაში, რომ ერთ აეროსურათზე შეიძლება აისახოს რამოდენიმე ათასი გარეული ცხოველი ან ფრინველი (მაგალითად, სურათზე აისახა 14 ათასამდე გარეული ბატი). აეროსურათზე დააფარებენ გამჭვირვალე ფირფიტას და შესაბამის ადგილებს ჩაჩხვლეტენ, შემდეგ კი დაითვლიან მათ რაოდენობას. დღეისათვის უკვე შემუშავებულია ამგვარი სამუშაოების შესრულების ავტომატური ხერხები. ამერიკის შეერთებულ შტატებში ამჟამად სწავლობენ ფერადი სპექტროზონალური და შავ-თეთრი აეროსურათების გამოყენებით შინაური ცხოველების აღრიცხვასაც.

ძალზე საინტერესოა სპექტრის ინფრაწითელ დიაპაზონში გაშლა (სკანირება), რაც საშუალებას გვაძლევს აღვრიცხოთ ცხოველები და მათი გავრცელება ღამე, რადგანაც ცხოველის სხეულის ტემპერატურა განსხვავდება დედამიწის ზედაპირის ტემპერატურისაგან. ცხადია, რომ აეროსურათებთან შეხამებით შეიძლება დავითვალოთ აგრეთვე მკვდარი ცხოველების რაოდენობაც.

რადიოლოკაციური დაკვირვებებით ადვილად ადგენენ კალიების მიგრაციას (როგორც ჯოგის, ისე ერთეულების). დადგენილია, რომ ისინი დღისით ისვენებენ და ღამით კი მიგრირებაში არიან. და აი, ასეთი ღამის რადიოლოკაციური დაკვირვებებით ნიგერიაში დაადგინეს, რომ კალიები ფრენის ორიენტაციას იღებენ ქარის მიმართულებით და თავისუფლად შეიძლება დადგინდეს მათი რაოდენობაც იქ, სადაც მათ წინააღმდეგ ბრძოლის ღონისძიება ტარდება. რადიოლოკაციური გამოკვლევებით დადგინდა, რომ მათი რაოდენობის სწრაფ ზრდას ხელს უწყობს წვიმები, ამიტომ სასურველი იქნებოდა, რომ უდაბნოს რაიონებში დანესტილი ნიადაგებისა და მწვანე მცენარეული საფარის რეგისტრირება, რომელიც ნალექების მოსვლას მიგვანიშნებს, ხოლო ეს კი კალიების გამრავლების სავარაუდო ადგილებს. კვლევის დისტანციური მეთოდების გამოყენება უდავოდ ფარდას ახდის ბუნებაში ცხოველთა ბინადრობის ადგილსამყოფელის, გავრცელებისა და ქცევის ბევრ საიდუმლოებას. ეკოსისტემების ცვალებადობის გაზომვები დიდ დროს მოითხოვს და ჩვეულებრივ, შეიძლება ჩატარდეს მხოლოდ მცირე ობიექტებზე მაშინ, როდესაც დისტანციური გადაღებებით შეგვიძლია მივიღოთ ამომწურავი ინფორმაცია ვრცელი რეგიონებისათვის, რაც დაგვეხმარება გარეული ცხოველებისა და ფრინველების დაცვის სწორ ორგანიზებაში. შესაძლებელია, რომ მხოლოდ დისტანციური დაკვირვებებით მოხდეს ბუნებრივი რესურსების რეგულირებისა და დაცვის მრავალი პრობლემის გადაწყვეტაც.

15.4 ტყეების ხანძრებისაგან ავიაციით დაცვა

მსოფლიოში ყოველწლიურად დაახლოებით 200 ათასამდე ხანძარი წარმოიქმნება ტყეში. შენიშნულია, რომ ტყეში ყოველ ათ წელიწადში ხანძარი ჩნდება 2 — 3-ჯერ, ხოლო მისი სეზონური ხანგრძლივობა დაკავშირებულია ტერიტორიის გეოგრაფიულ თავისებურებებთან.

ამა თუ იმ რეგიონის ტყეების წვისუნარიანობა განისაზღვრება ამინდის პირობებით, ტყის მცენარეულობის თავისებურებებითა და სამეურნეო ფაქტორთა მთელი კომპლექსით.

ამინდის პირობების პროგნოზირება, განსაკუთრებით კი ხანგრძლივი დროისათვის, ძალზე რთული და ძნელია, მიუხედავად მრავალმხრივი დაკვირვებისა, აგრეთვე რთული გაანგარიშებების ჩატარებისა და უახლესი ტექნიკური საშუალებების გამოყენებისა, დღევანდლამდე ვერ მიაღწიეს დამაკმაყოფილებელ შედეგებს. ამ პრობლემის დიდი სახალხო-სამეურნეო მნიშვნელობა გვიკარნახებს გამუდმებით ვეძიოთ მათი გადაჭრის გზები.

უწვიმობის ხანგრძლივი პერიოდი იწვევს გვალვებს და იზრდება

ტყეების წვისუნარიანობის კომპლექსური მაჩვენებლობის სიდიდეც. ტყეების წვისუნარიანობის კომპლექსური მაჩვენებლობის ცვალებადობას დიდი მნიშვნელობა ენიჭება ამინდის პროგნოზირებისას სამდღიანი სინოპტიკური პერიოდისთვის და ერთთვიანი პერიოდისათვის განსაზღვრულ ტერიტორიაზე.

კომპლექსური მაჩვენებლობის სიდიდის ზრდის კოეფიციენტად იყენებენ კ. კაშინისა და მ. გრიცენკოს მიერ გამომთვლელ კოეფიციენტებს, რომელთა ნაკლიც მდგომარეობს იმაში, რომ ეს კოეფიციენტები გათვალისწინებულია ხანძარსაშიში სეზონის საგაზაფხულო-ზაფხულის და ზაფხულ-შემოდგომის პერიოდებად დაყოფის გარეშე. ასეთი კოეფიციენტების განსაზღვრა კი უნდა მოხდეს ცალკეული რეგიონის ტერიტორიებისათვის სეზონური პერიოდების მიხედვით, მრავალი წლის ფაქტობრივი მასალების ანალიზის საფუძველზე. გამოკვლევებით დადგენილია, რომ ტყეების წვის კომპლექსური მაჩვენებლობის სიდიდე წვიმის მეორე დღეს საშუალოდ პირველ დღესთან შედარებით იზრდება (200 — 1000 %-მდე), ხოლო მეოთხე-მეხუთე დღეს კომპლექსური მაჩვენებლობის სიდიდე მკვეთრად ეცემა 20 %-მდე, ყოველი მომდევნო დღის შემდეგ კი 1 — 7 %-ით.

ტყეების ფაქტობრივი წვისუნარიანობა და ტყეების ხანძრიანობის სიხშირე არ შეიძლება განიმარტოს მარტო ტყეების წვისუნარიანობის კომპლექსური მაჩვენებლობის სიდიდით. ხანძარსაშიში სეზონის დახასიათებისას უნდა დავამატოთ კიდევ ისეთი მაჩვენებლები, რომლებითაც შევძლებთ უფრო მეტი საფუძვლიანობით განვმარტოთ ამა თუ იმ სამეურნეო-ადმინისტრაციული ტერიტორიის ტყეების ფაქტობრივი წვის სიდიდეები. ასეთ დამატებებში გათვალისწინებული უნდა იყოს ისეთი მაჩვენებლებიც, როგორიცაა ტყეებში მოსახლეობის შესვლის სიხშირე, რომელსაც ტალღისებრი ხასიათი აქვს.

ბევრი სპეციალისტი აღნიშნავს, რომ მზის აქტიურობის ზრდა იწვევს ჰაერის მასების გადაადგილებას მერიდიანების გასწვრივ და მცირდება მათი მოძრაობა დასავლეთიდან — ატლანტიკის ოკეანის მხრიდან. ამ მიზეზის გამო ზომიერ განედებში ხშირად იჭრება არქტიკული ჰაერი, რომელიც შეიცავს მცირე რაოდენობის წვიმის ორთქლს. თბილ პერიოდში ჰაერის მასები შეიჭრება რა მატერიკაზე, ცხელდება და უფრო მშრალი ხდება. ამგვარად, მზის აქტივობის პერიოდში მცირდება ნალექების რაოდენობა და ხშირად დიდ გვალვებს იწვევს. ეს კი თავის მხრივ, ტყეებს ძლიერ ხანძარსაშიშს ხდის.

მეცნიერმა ვოლფმა დაადგინა, რომ დიდი წვის (ხანძართა რიცხვის მიხედვით) უნარიანობა მეორდება ყოველ 11 წელიწადში. ერთი ხანძრის სეზონისათვის თუ გავითვალისწინებთ ტალღურ ცვალებადობას ცალკეული რაიონისათვის, შესაძლებელი ხდება ვიწინასწარმეტყველოთ

ტყის ხანძრების საშუალო სიხშირე ცალკეული პერიოდისათვის. დიდი და საშუალო წვის სეზონის სიხშირით ტყეების ხანძრიანობის მონაცემები საშუალებას გვაძლევს უფრო სწორად დავგეგმოთ ხანძარსაწინააღმდეგო ღონისძიებათა სისტემა, თავის დროზე მოვუყაროთ თავი ხანძარსაწინააღმდეგო საშუალებებს და მოვიყვანოთ მუდმივ მზადყოფნაში.

ხანძარსაშიში სეზონისათვის მზადება დღემდე ხდება ტყეების ფაქტობრივი წვის ვადების დადგომის გათვალისწინების გარეშე. ამავე დროს, ეს ვადები არავითარი დოკუმენტებით არ არის რეგლამენტირებული. ხანძარსაშიში ვადების დასაწყისისა და დამთავრების ცოდნა კი საშუალებას მოგვცემდა უფრო ეფექტურად გამოგვეყენებინა ხანძარსაწინააღმდეგო ძალებიც და საშუალებებიც.

ტყეების დაცვისა და ხანძარსაწინააღმდეგო ბრძოლის პირობები როგორც ვეებერთელა ტერიტორიისათვის, ისე ცალკეული სატყეო მეურნეობისათვის ერთნაირი არ არის, ამიტომ საჭიროებს სხვადასხვა ტექნიკურ საშუალებებსა და მუშაობის ორგანიზაციულ ფორმებს, რის გამოც ტერიტორია იყოფა ტყეების ხანძრისაგან დაცვის მიწისზედა და ავიაციით დაცვის სამსახურებად. ეს უკანასკნელი ვითარდება როგორც სპეციალიზებული და დამოუკიდებელი სამსახური, რომლის ამოცანაა მიუდგომელ და დაცილებულ ტყეებში ხანძრის დროული ლიკვიდაცია. 1966 — 70 წლებში ამ სამსახურით ჩააქრეს ხანძრების 65 %. იმავე რაიონებისათვის 1971 — 75 წლებში მან უკვე მიაღწია 81,6 %. დღეისათვის კი ეს რიცხვი 90 %-მდე აწევს. ავიაციის გამოყენების უპირატესობა სახანძრო საქმეებში თვალნათლივ გამოჩნდა 1972 წელს, როდესაც რუსეთის ფედერაციის ცენტრალურ ნაწილსა და ვოლგისპირეთში ტყეების მასობრივი ხანძარი გაჩნდა; ხანძრის ყველაზე ძნელ უბნებში ციმბირიდან ორი დღე-ღამის განმავლობაში გადმოისროლეს ათასზე მეტი დესანტი-მეხანძრე.

სახანძრო ავიაციის ფართოდ დანერგვამ მკვეთრად შეამცირა ტყეების ტერიტორიების დიდი ხანძრების რიცხვი. ჩვენს ქვეყანაში იგი ამჟამად არ აღემატება ხანძრების რაოდენობის 1 — 1,5%, თუმცა სამწუხაროდ, მათზე ჯერ კიდევ მოდის ხანძარგავლილი ტყეების მთელი ტერიტორიების 70 — 80%. ავიაციით ტყეების დაცვის განვითარება ერთ-ერთი მნიშვნელოვანი ამოცანაა ტყეების ხანძარსაშიშროების მუდმივად კონტროლზე აყვანის მხრივ. ამიტომ დიდი მნიშვნელობა აქვს ხანძრების დროულად აღმოჩენას, რისთვისაც საჭიროა ტერიტორიის მუდმივი პატრულირება. მუდმივი პატრულირება კი პრაქტიკულად შეუძლებელია. ტყეების ჰაერიდან დათვალიერების დროს შუალედის სიხშირე, როგორც დადგენილია გაანგარიშებით, ზაფხულის პერიოდში (ყველაზე აქტიურ პერიოდში) ხანძრის აღმოჩენის 70 % უზრუნველ-

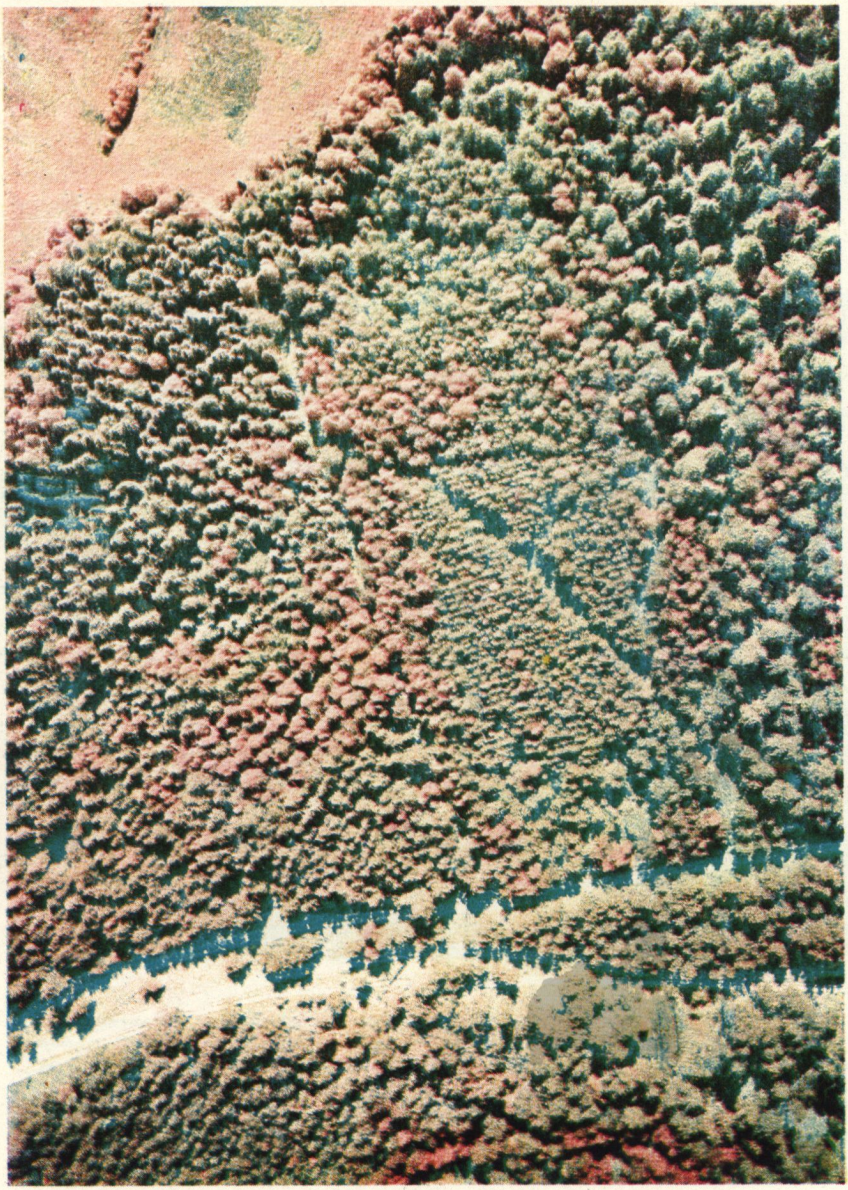
საყოფად საკმარისია 4-ჯერადი პატრულირება. დანარჩენ პერიოდში კი 2 — 3-ჯერადიც საკმარისია. ხანძრების აღმოჩენაში და ტყეების მუდმივ პატრულირებაში დიდი პერსპექტივები ესახება კოსმოსიდან ხელოვნური თანამგზავრებით ხანძრების კერების აღმოჩენას. კერძოდ, სპეციალურ ინფრაწითელ სისტემებს, რომელიც ხანძრის გაჩენის შემთხვევაში დაუყოვნებლივ იძლევა ინფორმაციას ხანძრის ადგილმდებარეობის შესახებ. ტყეების ხანძრების ერთ-ერთი გამომწვევი მიზეზთაგანია ჭექა-ქუხილი. ყოველი ათი ხანძრიდან 4 — 5 მაინც მოდის მეხით გაჩენილ ხანძარზე. ხელოვნური თანამგზავრებიდან კი თბოპელენგაციური აპარატების კომპლექსით ნებისმიერ მოცრუბლულ ამინდში, დღე-ღამის განმავლობაში შეიძლება დროულად გავაფრთხილოთ ხანძრის წარმოშობაზე. საავდრო ღრუბლების მიხედვით კი სწორად შევაფასოთ ტყეების მთელ ტერიტორიაზე ხანძრის გაჩენის მოსალოდნელი საშიში რაიონები.

დღეისათვის რუსეთის ფედერაციის ტყეების მთელი სატყეო-სამეურნეო ხარჯების 10 % მოდის ტყეების ავიაციით დაცვაზე. „აეროფლოტთან ხელშეკრულებით მუდმივ იჯარაზე იმყოფება თვითმფრინავები АН — 2 და ვერტმფრენი МИ — 2, თუმცა ამ უკანასკნელს ნაკლებად იყენებენ პატრულირებაში და ხმარობენ მხოლოდ საჭიროების შემთხვევაში, რაც შეეხება МИ — 8 და КА — 26 ხელშეკრულებაში ითვალისწინებენ მხოლოდ მაღალი ან განსაკუთრებული ხანძრის საშიშროების შემთხვევაში. ფრენის მარშრუტი ისე უნდა იქნეს შედგენილი, რომ მთლიანად უზრუნველყოს დასაცავი ტყეების დათვალიერება და გადიოდეს ხანძარსაშიშ რაიონებთან ახლოს. ავიოპატრულირების სამსახურის ეფექტურობის მიზნით ხორციელდება მოსამზადებელი სამუშაოების მთელი კომპლექსი. ტყეების დაცვის ტერიტორიაზე აწყობენ პატაკის მისაღებ სპეციალურ პუნქტებს, რომლებიც ტელეფონით დაკავშირებული არიან სატყეო მეურნეობებთან, ადგილობრივ ხელისუფლებასთან და სხვა. ძლიერი და დიდი მასშტაბის ხანძრების ჩაქრობისას იყენებენ სპეციალურ ტელეკამერებს. კამერები დამაგრებულია ვერტმფრენზე ან თვითმფრინავზე და დისტანციურად აკვირდებიან ხანძრის განვითარების ან ჩაქრობის მსვლელობას, მეხანძრეების სწორად განაწილებას და სხვა. კავშირი დამყარებულია რადიოთი ან ალმით პატაკის ჩაგდებით.

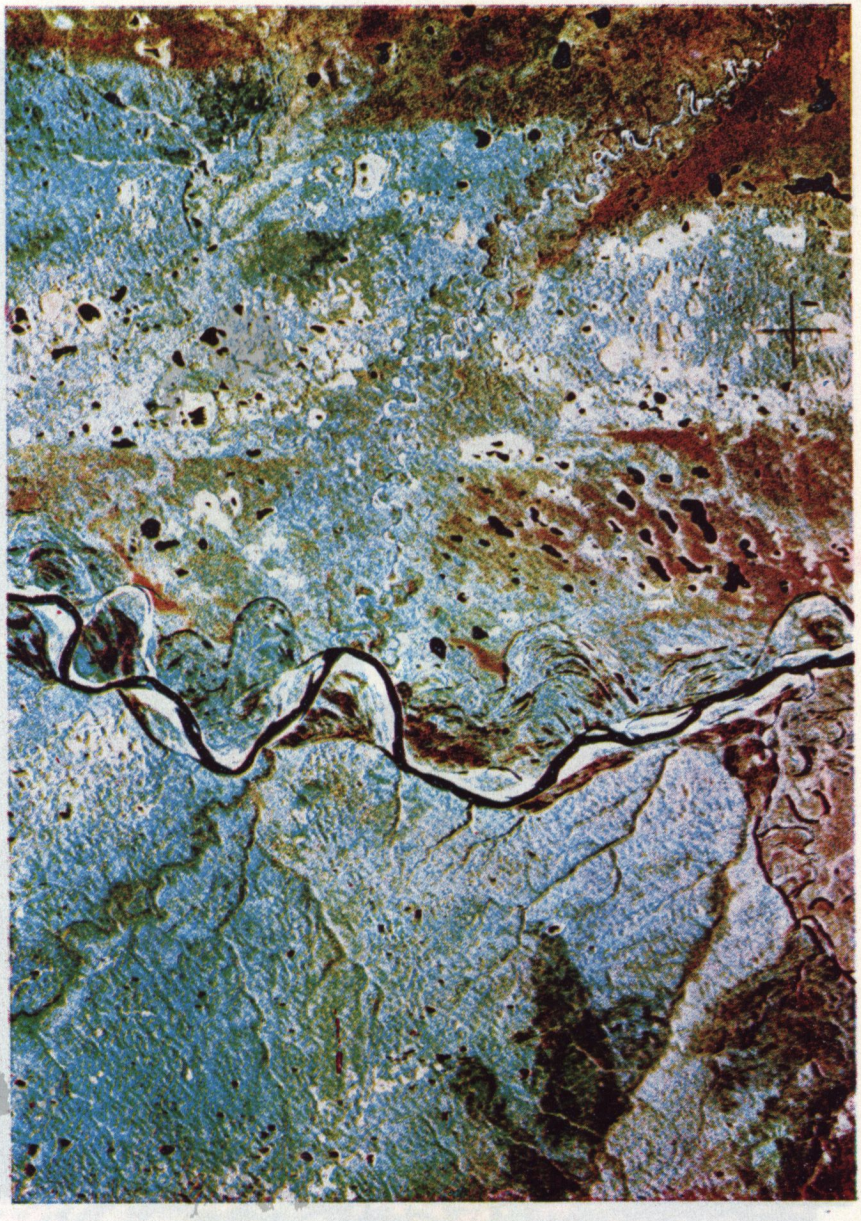
პრაქტიკაში ახალი ტურბოხრახნიანი ვერტმფრენის დანერგვა, რომელიც ხასიათდება დიდი ტვირთამწეობით, ხელს შეუწყობს ხანძრების უფრო წარმატებით ჩაქრობის ხერხებს — ნიადაგების დამმუშავებელი იარაღების, მცირე გაბარიტიანი ტრაქტორებისა და სხვა ხანძარჩასაქრობი საშუალებების გადაზიდვას.



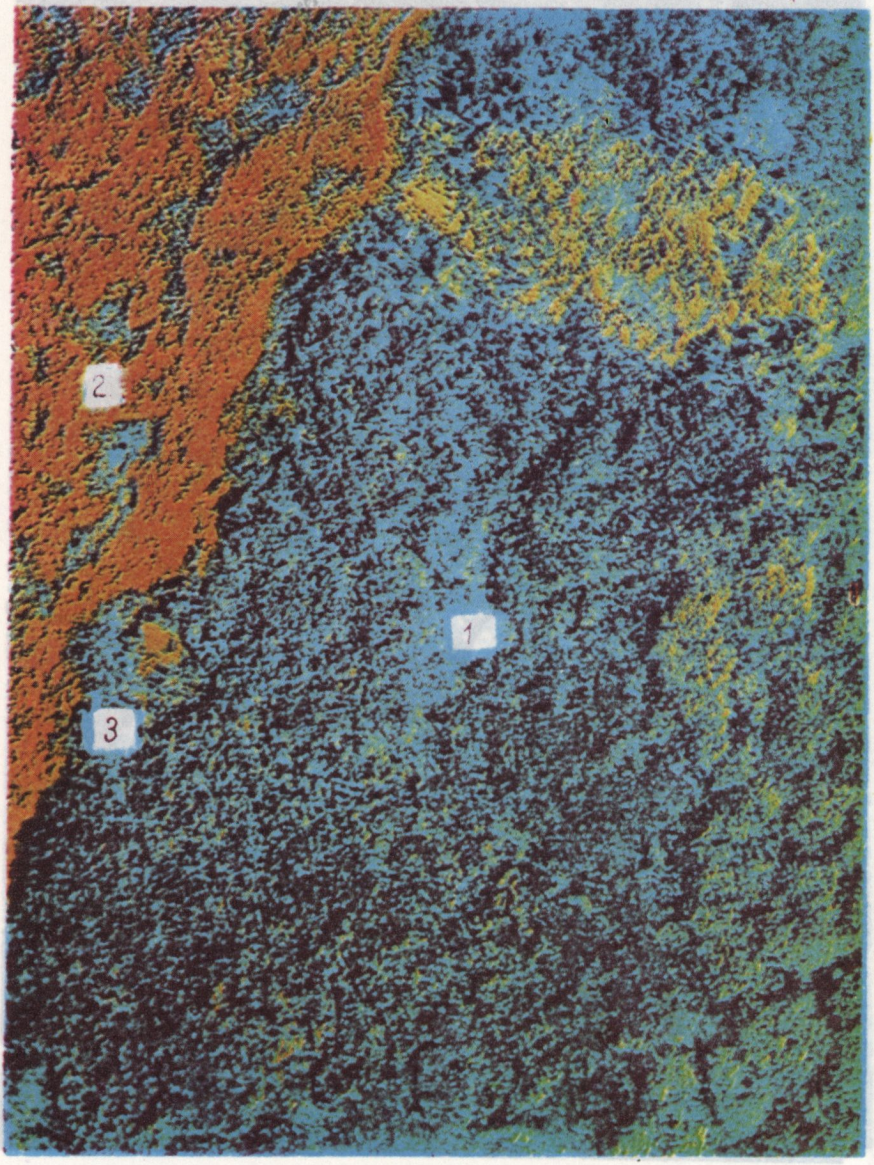
სპექტროზონალური პერსპექტიული აეროსურათი ჰორიზონტის გამოსახვით. წინა პლანის 1:2000 მასშტაბში: 1 — მინდორი; 2 — ყამირი გზები; 3 — ნარინჯის ფერით აისახა მუხნარ-წიფნარის შერეული კორომი (70 წლის, II კლასის ბონიტეტი) ალაგ-ალაგ შერეული ფიჭვნარით (მწვანე ფერი); 4 — ფიჭვნარი (I კლასის ბონიტეტი, 70 წლის) 5 — დაბლობის ჭაობი.



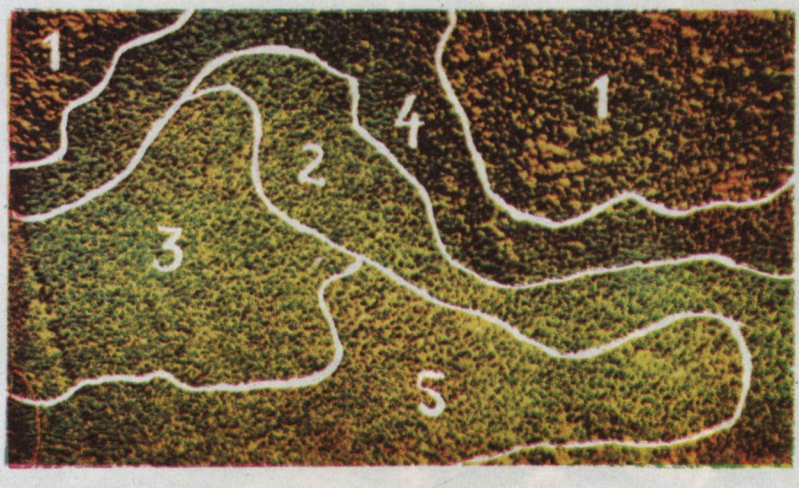
1:1000 მასშტაბის ფერადი სპექტროზონალური აეროსურათი (СН-6 М ფირი) ნარინჯისფრით ასახულია არყის ხეების ვარჯი, მწვანედ — ფიჭვნარი, ლურჯით — გამხმარი ხეები; ცენტრში ფიჭვის ტყის კულტურები.



ხუთჯერ გადიდებული (1:400000 მასშტაბამდე) ოთხ ზონაში სინთეზირებული კოსმოსური სურათი მიღებული პილოტირებული კოსმოსური ხომალდით „სოიუზ-2“ 1976 წლის სექტემბერში; თეთრი ფერით ასახულია ქვიშნარი ადგილები, მუქი შავით გადამწვარი ტყეები, მწვანედ — ფოთლოვანები, ყავისფრად — ფიჭვნარი, მდინარის კალაპოტში მუქი მწვანე ფერად — ნაძვნარი. ფერის სიმუქე მიგვანიშნებს ტყის სიხშირეს და მათში ჭიშების შერევას.



1:15000 სპექტროზონალური აეროსურათი 1 — გამხმარი წიწვიანი ტყის მასივი, II კლასის ბონიტეტი, 0,8 — სისრულე. გამხმარი ხეები აისახა ლურჯ ფერად, ნარინჯისფრად კი მასში შერეული ცოცხალი არყის ხეებია. 2 — მზარდი ფოთლოვანი ტყე (100 წლის) 7 ა 1 ხ 1 წ საშუალოდ 22 მ-ის სიმაღლის, III კლასის ბონიტეტი, 0,7 — სისრულე. ფოთლოვანი ტყის მასივში კუნძულების სახით განლაგებულია გამხმარი სოჭი; 3 — ტყის მდინარე ვიწრო დაჭაობებული კალაპოტით.



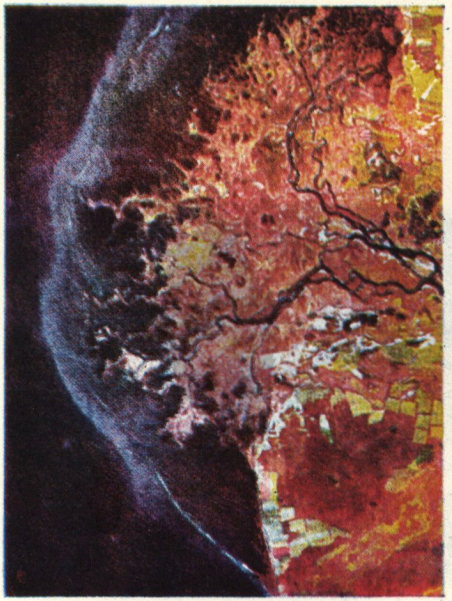
1:10 000 მასშტაბის სპექტროზონალური აეროსურათი: 1 — ფიჭვნარ-მოცვნარი 8 ფ (110 წ) 2 ა (90 წ), 0,6 სისრულის III კლასის ბონიტეტი; 2-3-4 სხვადასხვა ბონიტეტისა და სისრულის ფიჭვნარი; 5 — ჭაობი მეჩხერი ფიჭვნარითა და დამშრობი არხებით.

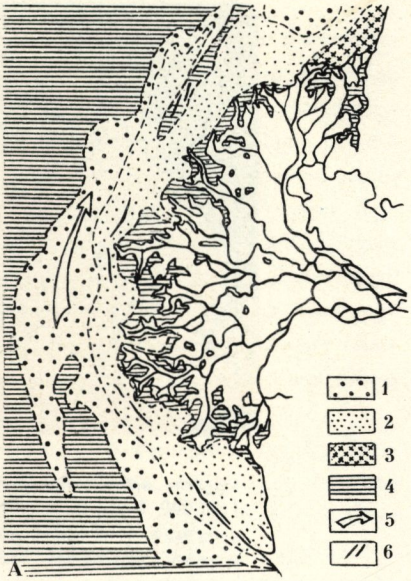


1:2000 მასშტაბის ფერადი სპექტროზონალური აეროსურათი (ნარინჯის ფერით ასახულია არყის ხის ვარჯი, მწვანე ფერით — ფიჭვის).



1: 500 მასშტაბის სპექტროზონალური აეროსურათი (ნარინჯის ფერით ასახულია არყის ხის ვარჯი, მწვანეთი — ფიჭვის ვარჯი).

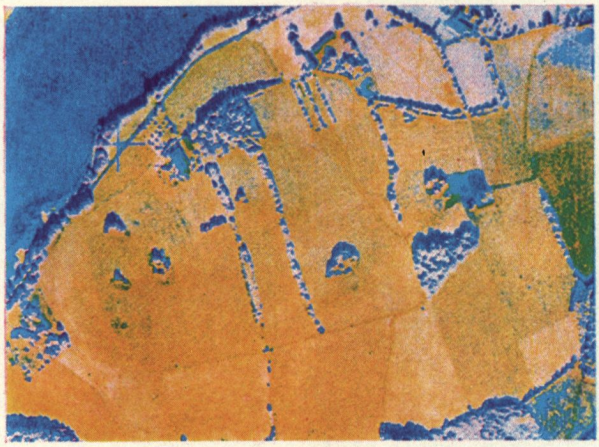




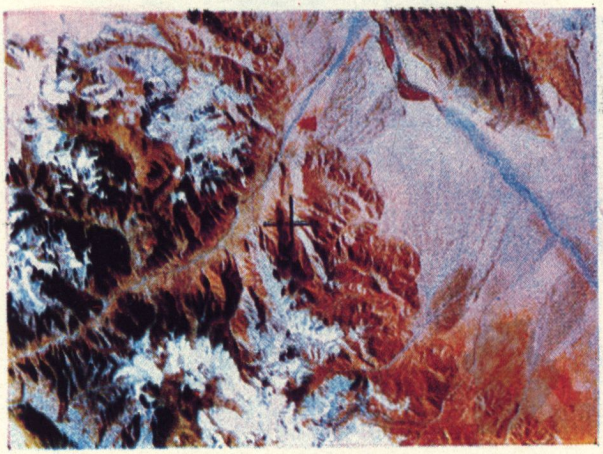
სპექტრზონალური სინთეზირებული კოსმოსური სურათი მიღებული **МКФ-6**-ით გარემოს შესწავლის მიზნით. სურათზე ასახულია (ცისფრად) ბაიკალის ტბაში მდინარე სელენგის შესართავთან ჩატანილი ჭუჭყის კონცენტრაცია.

A — დეშიფრირებული იგივე კოსმოსური სურათი:

1 — წვრილმარცვლოვანი შენარევების კონცენტრაციის უბანი;
2 — მსხვილმარცვლოვანი შენარევების კონცენტრაცია;
3 — ორგანულ ნივთიერებათა ამაღლებული კონცენტრაცია;
4 — გაჭუჭყიანებული წყლის ზედაპირი;
5 — შენარევების გადაადგილების მიმართულება;
6 — ბარჩხომლი.



ფერთა სინთეზირების სპეციალური მეთოდით მიღებული 1:10 000 მასშტაბის აეროსურათი სასოფლო-სამეურნეო სავარგულთა ნიადაგების ტენიანობის გამოკვლევის მიზნით. ნიადაგების ტენიანობა იზრდება ყვითელი ფერიდან მწვანე ფერამდე.



1:400 000 მასშტაბის ხუთჯერ გადიდებული სინთეზირებული კოსმოსური სურათი. პამირ-ალაის მაღალი ლანდშაფტის მყინვარებზე დაკვირვებისათვის.

15.5 ტყის ხანძრების ჩაქრობა ხელოვნური დაწვიმებით

აშშ-მა სამხედრო მიზნებისათვის პირველად გამოიყენა ხელოვნურად გამოწვეული წვიმები ვიეტნამის რესპუბლიკის წინააღმდეგ ომის დროს 60-იან წლებში. რამდენიმე თვის განმავლობაში გადაუღებელი კოკისპირული წვიმებით დაიტბორა სასოფლო-სამეურნეო სავარგულები და ტყეები, სადაც ვიეტნამელი პარტიზანები აფარებდნენ თავს.

ტყის ხანძრების ჩაქრობის მიზნით, ღრუბლებზე აქტიური ზემოქმედების პირველი ცდები ხელოვნურად წვიმების გამოსაწვევად იწყება 1966 წლიდან. მიღებული შედეგებით შეიქმნა და შემუშავდა ძირითადი მეთოდები ხანძრების ჩასაქრობად. 1972 წელს ეს მეთოდები გამოსცადეს კრასნოიარსკის მხარეში, იაკუტიის ავტონომიურ სსრ-ში და იაკუტიის ოლქში სულ 35 მილიონ ჰექტარ ფართობზე. აღნიშნული ხერხის არსი მდგომარეობს შემდეგში:

ზაფხულში, მზიან და ნათელ ამინდში ტყის მასივების თავზე წარმოიქმნება ძლიერი ღრუბლების გროვა, რომლის ძირითადი მიზეზია ჰაერის ვერტიკალური, კონვექტიური დინებები, დედამიწის გამთბარ ზედაპირთან შეხებით გამოწვეული გახურებით (სამხრეთის ფერდობები, გაჩეხილი, გადამწვარი და სხვა უბნების ზედაპირთან). ამ ღრუბლებში შექმნილია ყველა აუცილებელი პირობა წვიმის წარმოსაქმნელად, მაგრამ წვიმა კი არ არის. ასეთ სიტუაციაში საკმარისია ღრუბლებში შევიყვანოთ ყინულწარმომქმნელი ნივთიერებები, რომ გამოიწვიოს კოკისპირული ხასიათის თავსხმა წვიმები. ძლიერ ღრუბელთა გროვის ზედა გადაცივებულ ნაწილში შეჰყავთ სპეციალური რეაგენტები, რომელიც ხელს უწყობს ბირთვული კრისტალიზაციის სწრაფ წარმოქმნასა და ზრდას, კრისტალები ვარდება რა ქვევით, გადაიქცევა წვიმის მსხვილ წვეთებად. ასეთ რეაგენტებად შეიძლება გამოვიყენოთ იოდური ვერცხლის წვრილი ნაწილაკები, იოდური ტყვია, გოგირდოვანი სპილენძი ან მშრალი ნახშიროორჟანგი. ამასთან დღეისათვის უფრო ხშირად იყენებენ პირველს ან მეორეს. 15 გრამ რეაგენტს ჩატენიან 26 მილიმეტრიან ჩვეულებრივი სასიგნალო რაკეტის პიროპატრონაში, ათავსებენ აქტიური კვამლის კოჭაში და შეჰყავთ ღრუბელში. ამგვარი ზემოქმედებისას ამოირჩევენ ისეთ ღრუბელთა ჯგუფებს, რომლებიც მიემართებიან ხანძრისაკენ. კარგად განვითარებული ღრუბლებიდან, ხელოვნურად გამოწვეული წვიმა მოსვლას იწყებს ზემოქმედებიდან 10 – 12 წუთის შემდეგ, მაქსიმალურ სიდიდეს აღწევს 20 – 40 წთ შემდეგ, რომელიც გრძელდება საშუალოდ 50 – 70 წთ. წვიმის მოსვლის ზომები დამოკიდებულია ღრუბელთა სიმძლავრეზე, მისი ფუძის სიგანეზე და დედამიწის მიმართ მათი გადაადგილების სიჩქარეზე. მაგალითად, აღმოსავლეთისა და ციმბირის პირობებისათვის ხელოვნური წვიმის მოსვლის სიგრძის ზოლი 3-დან 30 კმ-

ზე მერყეობს, ხოლო სიგანე 2 — 6 კმ-მდე. ღრუბლებზე აქტიური ზემოქმედებისათვის ყველაზე ხელსაყრელია ივნისი და ივლისი, ზოგიერთი რეგიონისათვის აგვისტოც. მაისში, როდესაც დედამიწის ზედაპირი ჯერ კიდევ კარგად არ არის გამთბარი, მძლავრი კონვექტიური ღრუბლები ნაკლებად წარმოიქმნება.

ხელოვნური წვიმის გამოწვევის მიზნით თვითმფრინავი ისე მიფრინავს, რომ კონვექციის მომენტში იმყოფებოდეს დანიშნულ რაიონში. ხანძრის ადგილზე მიახლოებისას თვითმფრინავი ჯერ დაბალ სიმაღლეზე მიფრინავს და შემდეგ იღებს სიმაღლეს შეძლებისდაგვარად თვით ღრუბელთა ზედა ფენამდე (5000 მ-მდე). რეაგენტი შეაქვთ ღრუბლების მწვერვალზე ან გვერდით ნაწილში. თუ თვითმფრინავს არ შეუძლია ავიდეს ღრუბელთა ზედა საზღვრამდე, სარაკეტო პისტოლეტით ისვრიან თვითმფრინავის ილუმინატორიდან ან სპეციალური კასეტების დახმარებით. ხანძრის ადგილზე ხელოვნური დაწვიმების უფრო მეტი უტყუარობისათვის რეაგენტებით ზემოქმედებას ახდენენ რამოდენიმე ღრუბელზე, რომლებიც შემდგომ მოიცავენ მთლიან ზონას.

გარდა აღნიშნულისა, ავიაციას იყენებენ ხანძრის გადამღობი ზოლის დასაგებადაც სპეციალური ქიმიკატებით ან წყლით. აგრეთვე ცეცხლჩამქრობი ფუგასური ბომბების ჩამოსაყრელად. მაგრამ ისინი ნაკლებად ეფექტურია, ამიტომ დღეისათვის ტყეების ხანძრის ჩასაქრობად ფართოდ იყენებენ მეხანძრე-პარაშუტისტებს ან მეხანძრე-დესანტებს, რომელთა შრომაც უფრო ეფექტურია.

11.6 ტყეების ხანძრებისგან დაცვა კოსმოსური ინფორმაციით

დედამიწის ხელოვნური თანამგზავრებიდან და ორბიტალური სადგურებიდან მიღებული ინფორმაცია გამოიყენება ტყის ხანძრების აღმოსაჩენად. სახელმწიფო ტყეების დაცვის ორგანოები დღეში ორჯერ ღებულობენ და ანალიზს უკეთებენ ასეთ ინფორმაციას ქვეყნის მთელი ტერიტორიისათვის, განსაკუთრებით კი ტყეების ხანძარსაშიშ დღეებში.

კოსმოსურ სურათებზე ტყეების ხანძრის დეშიფრირების ძირითადი ნიშან-თვისებებია კვამლის შლეიფისა და კონვექციური სვეტის ფორმა და ზომა. ხანძარი გამოირჩევა კვამლის შლეიფით. დაბალი ინტენსივობის ქვედა ხანძრის კვამლი ფრთა-ღრუბლებს მოგვაგონებს, კონუსისებრი კვამლის შლეიფი (ნახ. 11.4) წაგრძელებულია ქარის მიმართულებით. ცეცხლის კერასთან კვამლის შლეიფი უფრო მაქსიმალურად მკაფიო არის, ხოლო ფრონტისა და ფლანგისკენ თანდათანობით მცირდება. ზედა ხანძარს ახასიათებს კონვექციური სვეტის სახე და ამიტომ კოსმოსურ სურათზე ისინი აისახებიან ნათელი ლაქების სახით, ხოლო მათი სიხშირე ძალზე წააგავს წვიმის ღრუბელთა გროვას. ტორფიანი

ტყეების ხანძრები გამოირჩევიან იმით, რომ სხვადასხვა დროს გადაღებულ სურათებზე მათი მდებარეობა არ იცვლება და მათი წვის ინტენსივობა დამოკიდებული არ არის დღე-ღამის პერიოდზე, მაშინ, როცა ქვედა ხანძრები გამოვლინდებიან სურათზე უმეტესად ადგილობრივი დროისათვის 10 — 12 საათის შემდეგ.

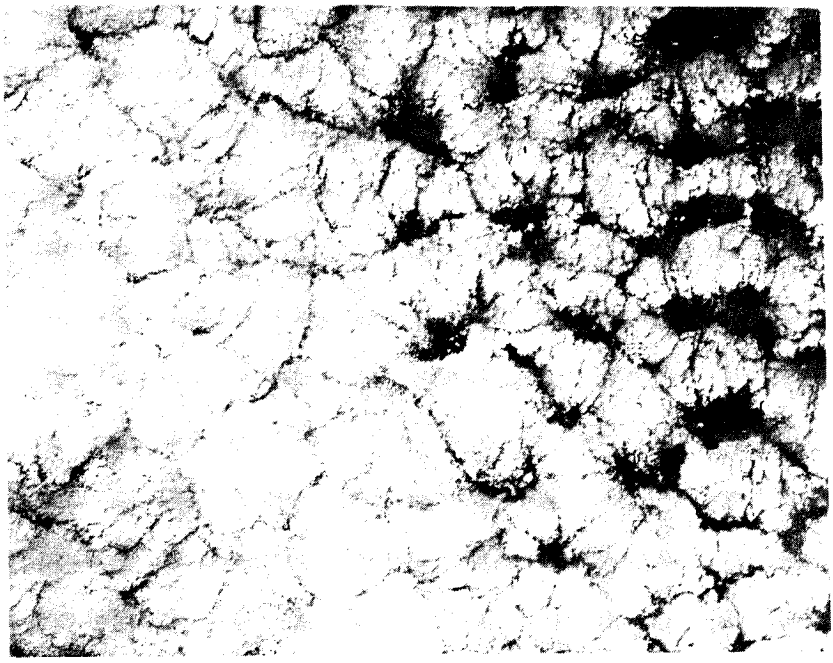
ხელოვნური თანამგზავრის „მეტეორის" ტელევიზიურ სურათებზე, რომელთაც მცირე გარჩევითობა ახასიათებთ, ფართობის 100 ჰექტარზე ხანძარი აისახება წვრილი კონუსისებრი ფორმით, 0.2 — 0.3 მმ სიგანითა და 1.5 — 2 სმ სიგრძით. ხანძრების დეშიფრირება უფრო ადვილდება და შეიძლება თვალიც გავაყოლოთ მათ დინამიკას, შევაფასოთ მათი მასშტაბებიც და ხანძრის მიმართულებაც, სხვადასხვა დროს მიღებული კოსმოსური სურათების გამოყენებით.

მიმოხილვით კოსმოსურ სურათებზე, მიღებულს თანამგზავრ „მეტეორიდან", რომლის გარჩევითობა 1 — 2 კმ შეადგენს, კარგად ამოიცნობა ელჭექიანი ღრუბლები და მათი მოძრაობის მიმართულება. ეს კი საშუალებას გვაძლევს პროგნოზირება გავუკეთოთ მოსალოდნელ ხანძრებს, რაც მეტად მნიშვნელოვანი საკითხია ტყეების ხანძრისაგან დაცვაში: შეგვიძლია ხანძარსაშიში ტერიტორიებისათვის ყურადღების დროულად გამახვილება და კონცენტრაცია ტყეების ხანძრებისაგან დაცვის სამსახურისა და ძალების. ყოველივე ეს კი საშუალებას მოგვცემს მოკლე დროში მოვახდინოთ ხანძრების ლიკვიდირება შრომისა და ხარჯების მცირედი დანახარჯებით, აგრეთვე გარემოს მინიმალური დაზიანებით.

ოპერატიული ინფორმაცია, რომელიც მიიღება თანამგზავრ „მეტეორით", საშუალებას გვაძლევს აგრეთვე, გავიგოთ კონვექციური ღრუბლიანობა, მათი ხასიათი და დინამიკა, რაც მნიშვნელოვნად ზრდის ხელოვნური დაწვიმებით ტყის ხანძრების ჩაქრობის ეფექტურობას.

ხელოვნური თანამგზავრის „მეტეორის" ტელევიზიურ სურათებზე კონვექტური ღრუბლები დამაჯერებლად დეშიფრირდება, რადგანაც ისინი აისახებიან სხვადასხვა დიამეტრის ნათელმარცვლოვანი ლაქების სახით. დედამიწის ზედაპირის გამოსახულების მავ ფონზე მათი ტონი მერყეობს დაწყებული რუხი ფერიდან მკვეთრ, მკაფიო თეთრ ფერამდე. (იხ. ნახ. 155). ტყის ხანძრების ჩასაქრობად ხელოვნური დაწვიმებით პერსპექტიულია ის ღრუბლები, რომლებიც უახლოესი საათ ით-თის ხანძრის კერების ცენტრიდან მდებარეობენ 30 — 50 კმ რადი ის ზონაში.

ტყეების ხანძრებისაგან დაცვის სისტემაში მნიშვნელოვან ამოც ნას წარმოადგენს ამინდის პირობების მიხედვით ხანძარსაშიში სატყეო ტერიტორიების რუკების შედგენა. სატყეო ფონდი შეიძლება დაიყოს ხანძრის მომწიფების პერიოდების მიხედვით, რაც დამოკიდებულია,



ნახ. 15.5 ღრუბლების ფროსტი გადაღებული კოსმოსიდან.

აგრეთვე ნარგავთა ხასიათზე, ტყემცენარეულთა პირობებზე, წლის სეზონისა და ამინდის მდგომარეობაზე.

რუკებს ადგენენ დამოუკიდებლად, ცალ-ცალკე გაზაფხულის, ზაფხულისა და შემოდგომისათვის, რადგანაც სხვადასხვა პერიოდისათვის ერთი და იგივე უბნისათვის წვისუნარიანობა განსხვავებულია. თანამედროვე დისტანციური მეთოდებით ტყის ხანძრების რუკების შედგენა კოსმოსური მასალებით საშუალებას იძლევა ხანძარსაშიში ტყეების რუკები გავხადოთ უფრო მაღალხარისხოვანი ყველა იმ ფაქტორის გათვალისწინებით, რომელიც გავლენას ახდენს ტყეთა ფონდის წვისუნარიანობაზე.

თანამედროვე მათემატიკური მეთოდები და ЭВМ-ი საშუალებას გვაძლევს ტყის ხანძრებს გავუკეთოთ მოდელირება და შემდეგ უზრუნველვყოთ მათი ეფექტური ჩაქრობის ორგანიზაცია. ტყის ხანძრების კოორდინატები შეაქვთ ЭВМ-ში, რომელიც ანალიზს უკეთებს მოცემული რაიონის მცენარეულ საფარს, რელიეფს, გრუნტისა და ნიადაგების პირობებს, მეტეოროლოგიურ პირობებს და იძლევა მონაცემებს: მათი გავრცელების სიჩქარის, მიმართულებისა და ხანძრის გაფართოების ხარისხის შესახებ დროის ერთეულში. ასეთი ინფორმა-

ცია საშუალებას გვაძლევს თავის დროზე და მიზანსწრაფულად მივიღოთ ყველა ის ღონისძიება, რომელიც საჭიროა ხანძრების უმოკლეს დროში ჩასაქრობად ... უმოკლეს დროში ცეცხლთან საბრძოლველად გავაგზავნოთ საჭირო რაოდენობის ადამიანები, ტექნიკური საშუალებები.

სანკტ-პეტერბურგის სატყეო-სამეურნეო კვლევით ინსტიტუტში შემუშავებულია ტყის ხანძრების აღმოსაჩენი ალგორითმი და გაანგარიშების პროგრამა, აგრეთვე ჩაქრობის ოპერატიული სისტემა ელექტრონულგამოთვლითი მანქანისათვის, რომელიც ინერგება ტყეების ხანძრებისაგან დაცვის პრაქტიკაში.

15.7. ტყეების სანიტარიული მდგომარეობის გამოვლენა აეროკოსმოსური მეთოდებით

სატყეო ფონდის პათოლოგიურ გამოკვლევას მიმართავენ როგორც მიწისზედა, ისე აეროკოსმოსური საშუალებებით და მეთოდებით. პირველს უპირატესად მცირეტყიანი რაიონებისათვის, მეორეს კი მრავალტყიანისთვის, თუმცა ეს უკანასკნელი თანდათანობით იჭრება მცირე ტყიან რაიონებშიც. სატყეო-პათოლოგიურ გამოკვლევებსა და მავნებლებთან ბრძოლის, აგრეთვე ტყეების დაავადებების მიწისპირა მეთოდებს სხვა დისციპლინებში იხილავენ. ამიტომ წინამდებარე კურსში განხილულია საკითხები, რომლებიც დაკავშირებულია ავიაციისა და კოსმოსური ტექნიკის საშუალებებთან.

ტყეების სატყეო-პათოლოგიური მდგომარეობის კონტროლთა სისტემაში ერთ-ერთი მნიშვნელოვანი ღონისძიებაა ტყეთმოწყობა, რაც ყოველწლიურად ტარდება 65 მილიონ ჰექტარ ფართობზე. ტყეთმოწყობის დროს ტაქსაციურ მაჩვენებლებთან ერთად იძლევიან ყოველი გამონაყოფის სანიტარიული მდგომარეობის შეფასებასაც: გამოავლენენ ნარგავებს, რომლებიც დაზიანებულია მავნებლებითა და ტყის დაავადებებით; უჩვენებენ მათ სახეებსაც; გამოყოფენ ნარგავთა ცალკეულ ტაქსაციურ გამონაყოფებს, აგრეთვე სხვა კატეგორიის ფართობებს ხანძარგავლილს, ქარქცეულებს, ნაყარ-ნუყარს, დაზიანებულებსა და სხვა მიზეზებით დასუსტებულს. ამავე დროს, განსაზღვრავენ თითოეულის პროცენტულობას და შეაფასებენ ნარგავთა საერთო მდგომარეობის ხარისხს, რის შემდეგ დაუნიშნავენ კონკრეტულ სამეურნეო და გამაჯანსაღებელ ღონისძიებებს: განადგურებითს, ბიოლოგიურს, ქიმიურს და სხვა, რომელიც მიმართულია მწერებისა და სოკოვან დაავადებათა კერების მოსასპობად. აგრეთვე ჩაატარებენ სანიტარიულ მოვლით ჭრებს ან მთლიანად გაჩეხავენ, ნაყარ-ნუყარის ლიკვიდაციით.

თანამედროვე ტყეთმოწყობის ტექნიკური საფუძველია 1:10000 — 1:15000 მასშტაბის ფერადი სპექტროზონალური აეროფოტომასალები. ამიტომ ტყეების მდგომარეობის განსაზღვრისას აეროფოტოგადაღება მიწისზედა სატაქსაციო სამუშაოების მოცულობის შემცირებისას უზრუნველყოფს ამ სამუშაოების დიდ სიზუსტეს. მუშა მასშტაბის ფერად სპექტროზონალურ აეროსურათებზე სპეციფიკური ნიშან-თვისებებით (ფერი, შეფერილობა, ვარჯის სტრუქტურა) კარგად დეშიფრირდება გამხმარი და დაზიანებული ხეები, ხმობადი, ქარქცეული და სხვა. რადგანაც ხანძრებით დაზიანებული ტყეები უფრო ხშირად გვხვდება., განვიხილოთ აეროფოტოსურათებზე დამწვრობით გამოსახვის სპეციფიკა.

სპექტროზონალურ აეროსურათებზე გადამწვარის განმასხვავებელი ნიშან-თვისებაა გამოსახულების საერთო, ნათელი ლურჯი ან მომწვანო ლურჯი ფერი, მკვეთრად დაგლეჯილი საზღვრები და სხვა. გადამწვარის საზღვრების დაგლეჯილობა განისაზღვრება ძირითადად ადგილის რელიეფით: ტყის მასივების ამაღლებულ ადგილებში ხანძარი მნიშვნელოვნად იჭრება სიღრმეში. გადამწვარი ფართობების და საზღვრების დადგენა დიდი სიზუსტით ხდება. ხანდახან დეშიფრირება ძნელდება ქვედა ხანძრისა და კოროძის დაზიანების ხარისხის მიხედვით. აქ დიდი მნიშვნელობა აქვს აეროგადაღების ჩატარების ვადებს. მაგალითად, დადგენილია, რომ ხანძრის შემდეგ ცვლილებები კარგად აისახება აეროფოტოგადაღებისას ხანძრიდან ერთი თვის შემდეგ.

მნიშვნელოვანი ფართობის ხანძრებით დაზიანებული ტყეების ღეშიფრირება 1:10000 1:15000 მასშტაბიან ფერად სპექტროზონალურ აეროსურათებზე ტყეთმოწყობისას ან სპეციალური გამოკვლევისას მოითხოვს მოსამზადებელ სამუშაოებს. აეროფოტომასალებითა და ლიტერატურული წყაროებით სწავლობენ ტყემცენარეულობათა პირობებსა და ნარგავთა აგებულების განსაკუთრებულობას, რომელიც აღმოცენებული იყო აღნიშნულ ტერიტორიაზე ხანძრამდე. გარდა ამისა, ნატურაში შეისწავლიან ხანძრის შემდეგ ამ ნარგავთა აგებულებასა და აეროსურათებზე მათი გამოსახვის კანონზომიერებებს, რაზეც დამოკიდებულია ხანძარგავლილ ნარგავთა კამერული დეშიფრირების შედეგების სიზუსტეც და ობიექტურობაც. ამიტომ, გადამწვარი დიდი ფართობის არსებობის შემთხვევაში მიმართავენ ტაქსატორების სპეციალურ სატაქსაციო სადეშიფრირო ვარჯიშებს. მოამზადებენ სატაქსაციო სვლის მარშრუტსა და 1 2 კვარტალის მჭონე სავარჯიშო უბანს. ვარჯიშის დასაწყისში თვალზომური ხერხით ტაქსაციას უკეთებენ ნარგავებს ტაქსაციური სვლის მარშრუტის გაყოლებით 100 — 120 მ ზოლზე. ამასთანავე, განსაზღვრავენ ნარგავთა ტაქსაციურ მაჩ-

ვენებლებს იქ. სადაც ხანძარმა გაიარა და ყურადღებას აქცევენ საბურვლის აგებულებასა და კორომების ხანძრებით დაზიანების ხარისხს. მათი ტაქსაციური მახასიათებლების მიხედვით. ერთდროულად გააანალიზებენ ნარგავების აეროფოტოსურათებზე ასახვის კანონზომიერებასა და დეშიფრირების ნიშან-თვისებებს. გაცნობითი ეტაპის გავლის შემდეგ ტაქსატორები მიიღებენ სავარჯიშო უბნის ფერად სპექტროზონალური აეროსურათების კომპლექტს და შეუდგებიან ნარგავების კამერალურად მორფომეტრიულ დეშიფრირებას. შემდეგ თითოეული შემსრულებლისათვის შეადგენენ შესადარებელ უწყისს. სადაც აისახება დეშიფრირების სიზუსტეცა და შეცდომებიც. ბოლოს გადაწყვეტენ შემსრულებლების დამოუკიდებლად სამუშაოზე დაშვების საკითხს. ტყის ხანძრის გავლის შემდეგ ნარგავთა ტაქსაციურ მახასიათებელთა დეშიფრირებას იწყებენ მათი შემადგენლობის განსაზღვრით. ამ მაჩვენებელს განსაზღვრავენ ნიშან-თვისებათა კომპლექსის თვალზომური შეფასებით. პირდაპირი ან არაპირდაპირი მაჩვენებლებით უჩვენებენ კორომის ჯიშობრივ შემადგენლობას. განსაკუთრებულ ყურადღებას უთმობენ ფოტოგამოსახულების ფერის ანალიზსა და საბურვლის სტრუქტურას. ვარჯის ზომისა და ფორმის სტრუქტურული ნიშან-თვისებების. ჯიშების შესაბამისად (ურთიერთგანლაგების ხასიათის. ხეების საბურვლის იმ ნაწილის. რომელიც აეროსურათზე მოჩანს) გამოსავლინებლად.

ხეების ვარჯის სტრუქტურული განსაკუთრებულობითა და ფოტოგამოსახულების ფერის ანალიზით განსაზღვრავენ გამხმარი ხეების გვერდით მდგომ ნარგავებს. რომლებიც ზედა ხანძრის პერიოდში გადარჩნენ და ვარჯი არ დაუზიანდათ. შეინარჩუნეს თავისი მახასიათებლები. გამხმარი ხეების გაბატონებულ ჯიშებს განსაზღვრავენ ვიზუალურად.

თუ საბურველი მთლიანად გადამწვარია მთელ ფართობზე. ფოტოგამოსახულების ფერის არაინფორმაციულობა ნებისმიერ შემთხვევაში გამორიცხავს მათი დეტალური შემადგენლობის დადგენას.

ხანძრის შემთხვევაში ნარგავთა შემადგენლობის განსაზღვრა. რომელსაც ცეცხლმა სწრაფად გადაურბინა. დამოკიდებულია კორომში საბურვლის დაზიანების ხარისხზე. მაგრამ ყველა შემთხვევაში ნარგავთა შემადგენლობა განისაზღვრება ჯიშებით. ცალკეული ხეების სიმაღლესა და კორომის საშუალო სიმაღლეს. რომლებსაც ხანძარმა გადაუარა. განსაზღვრავენ უშუალოდ აეროფოტოსურათებზე სტერეოსკოპული გაზომვებით. რომლებიც ემყარება გრძივი პარადოქსების სხვაობის გამოყენებას.

აეროსურათებით ხექცეული უბნის სიგრძის განსაზღვრის ტექნიკა

მდგომარეობს შემდეგში: შესასწავლი უბნის სტერეომოდელში ვიზუალური დათვალიერებისას პოულობენ ხექცეულს, რომელიც კარგად ჩანს მთელს სიგრძეზე ამობრუნებული ფესვთა სისტემიდან ვარჯის წვერომდე: სტერეოხელსაწყოს 3 5-ჯერადი გამადიდებელი ოპტიკური სისტემით დათვალიერებისას ანალიზურად წყვეტენ ხექცეულის ძირის მდებარეობის (ფესვთა ყელის) და ვარჯის დაბოლოების საკითხს. მათ მდებარეობას სურათზე ჩაჩხვლეტენ ნემსით და გაზომავენ მანძილს მათ შორის 0.05 მმ სიზუსტით. შემდეგ განსაზღვრავენ ხექცეულის სიგრძეს. მოცემული ამოცანის განსაზღვრა შეიძლება აგრეთვე მონოკულარული გამადიდებელი ლუპით, რომელსაც აქვს დიდი სიზუსტით (0.5 მმ სიზუსტით და უფრო ზუსტად) მზომი მარკები, თუმცა ხექცეულის სიგრძის განსაზღვრის სიზუსტე ამ შემთხვევაში უფრო დაბალი იქნება, ვიდრე წყვილი აეროსურათებით სტერეოსკოპიული დათვალიერებისას, რადგანაც სტერეოსკოპულად უფრო ობიექტურად დგინდება ხექცეულის ძირი და ვარჯის ბოლო.

ტაქსაციურ გამონაყოფში ხექცეულის საშუალო სიგრძეს ადგენენ შემდეგნაირად: გაზომავენ 10 – 15 ხექცეულის სიგრძეს, რომლებიც მთელი უბნის ტერიტორიაზე თანაბრად განლაგებული არიან. გამოითვლიან საშუალო არითმეტიკულს და ამ სიდიდეს მიიჩნევენ ხექცეულის საშუალო სიგრძედ.

ხექცეულის სიმაღლე შეიძლება განვსაზღვროთ, აგრეთვე ცალკეული შემორჩენილი ხეების სიმაღლის განსაზღვრითაც. 1:10000 – 1:15000 და უფრო მსხვილი მასშტაბის აეროფოტოსურათებზე ხექცეული კარგად მოჩანს ხმელი კოროძის საბურველს შორის. ამიტომ აეროსურათის მოცემული მასშტაბითა და სურათზე გაზომილი ხექცეულის სიგრძით საკმაოდ ობიექტურად და ზუსტად შეგვიძლია განვსაზღვროთ მათი სიგრძეები.

ნარგავთა ფარდობით სისრულეს, სადაც გაიარა ტყის ხანძარმა, განსაზღვრავენ აეროსურათებით, ანალიზურად, საბურვლის შეკრულობით. თუ ნარგავებში, რომელსაც არ შეეხო ტყის ხანძრები, ხშირ შემთხვევაში საბურვლის ფარდობითი შეკრულობა ნაკლებია ფარდობით სისრულესთან განსაზღვრული სიდიდით, მაშინ, ნარგავებში, სადაც გაიარა ხანძარმა, განსაკუთრებით კი ზედა მხარეში, ეს თანაფარდობაც მნიშვნელოვნად დარღვეულია და იცვლება მათი ხასიათითა და ხეთა ვარჯის დაზიანების ხარისხის შესაბამისად, აეროსურათზე წარმოქმნის ხილულ საბურველს. განსხვავება კოროძში ფარდობით სისრულესა და საბურვლის ფარდობით შეკრულობას შორის მით მეტია, რაც უფრო მეტად არის დაზიანებული ეს უკანასკნელი. ამიტომ, ხმელი კოროძის ფარდობითი სისრულის განსაზღვრით, საშუალოდ საბურვლის

ფარდობითი შეკრულობით უფრო დიდ შეცდომას დავუშვებთ, თუ დამატებით არ გავითვალისწინებთ კოროძის სიხშირეს, რომელიც ფასდება ვიზუალურად აეროფოტოსურათებით მათი სტერეოსკოპულად დათვალიერებისას. ზემოთ აღნიშნული ეხება იმ ნარგავებსაც, რომლებიც ნაწილობრივ დაზიანდნენ ტყის ხანძრების დროს.

ხახახძრალი კოროძი ხშირ შემთხვევაში წარმოდგენილია სხვადასხვა მდგომარეობაში მყოფი და სხვადასხვა სიცოცხლისუნარიანი ხეებით, რაც განსაზღვრავს დადგენილ ფარდობით სისრულეს ცალკე გამხმარი კოროძის ერთობლიობითა და მოზარდი ხეებით. ასეთ შემთხვევაში ჯერ განსაზღვრავენ მთელი კოროძის ფარდობით სისრულეს, ხოლო შემდეგ მზარდი ხეების ერთობლიობას. საცდელი სამუშაოების შედეგები გვიჩვენებენ, რომ ნარგავთა ფარდობითი სისრულე, რომელშიც ხანძარმა გაიარა, შეიძლება განვსაზღვროთ 1:10000 1:15000 მასშტაბის ფერადი სპექტროზონალური აეროფოტოსურათებით. ვიზუალური ხერხით ისეთი სიზუსტით, რომელიც არ ჩამოუვარდება მიწისზედა ტაქსაციის დროს თვალზომურ განსაზღვრას. კერძოდ, ხმელი კოროძის ფარდობითი სისრულის თვალზომური განსაზღვრის შეცდომა აეროსურათებით არ აღემატება 0.11 – 0.13, ხოლო მიწისზედა ტაქსაციის დროს – 0.09 – 0.11.

ქარნაქცევის ნარგავები აეროსურათებზე განსხვავდებიან გადამწვარისაგან არა მარტო კონტურებით, არამედ ხეების ერთ მხარეზე გადაქცევითაც. იმავე მხარეზე ხშირად მთელი ტანია წაგრძელებული. აეროსურათებზე შეგვიძლია დავადგინოთ ქარნაქცევის მარაგიც.

ამგვარად, აეროსურათები არის გადამწვარისა და ქარნაქცევის დოკუმენტური საშუალება. მათი გამოყენებით ტყეთმოწყობისა და სპეციალური სახის სამუშაოების შესრულებისას იზრდება ტაქსაციის ხარისხი და ეფექტიანობა. გამხმარი და ხმობადი ხეების დეშიფრირებისათვის ვარგისია მხოლოდ სპექტროზონალური და მრავალზონალური აეროფოტოსურათები.

15.8 სატყეო-პათოლოგიური გამოკვლევა აეროკოსმოსური მასალებით

სატყეო-პათოლოგიური გამოკვლევის მიზანია ტყეების დაავადებებისა და ყველაზე მავნე მწერების განვითარებისადმი მეთვალყურეობა. ასეთი გამოკვლევების მიზანია: იმ ტერიტორიების საძოვრების დადგენა, სადაც სატყეო დაავადებების კერებია; დაავადებების გამომწვევი მიზეზების გამოვლენა. პოპულაციის რაოდენობრივი და ხარისხობრივი მდგომარეობის დადგენა; ნარგავების დაზიანების ხარისხისა და ხასიათის დადგენა; დიდი ფართობის აეროსატყეო-

პათოლოგიური დაზვერვა და იმ სატყეო უბნების გამოვლენა, სადაც ტყეების სანიტარიულ-სატყეო-პათოლოგიური მდგომარეობა არასასიკეთოა: მავნებლების შემდგომი განვითარებისა და ნარგავებისადმი საშიშროების დასაბუთებული პროგნოზირება: მათი განადგურებისა და კერების ლოკვიდაციის ან ლოკალიზაციის შემდეგ გაჯანსაღების ღონისძიებები.

სატყეო-პათოლოგიურ გამოკვლევებს მიეკუთვნება მოსამზადებელი სამუშაოები. სატყეო-პათოლოგიური აეროდაზვერვა და ავიასატყეო-პათოლოგიური ტაქსაცია: სტაციონარული აღწერა, ანალიზი და მავნებლების გავრცელების კერებში გამოკვლევა: გადაუდებელ ღონისძიებათა პროექტის შედგენის სამუშაოები.

მოსამზადებელი სამუშაოების პროცესში აზუსტებენ ობიექტის საზღვრებს, აკონკრეტებენ გამოკვლევის ამოცანებს: შეისწავლიან ტყეთმოწყობის მასალებს, ბუნებრივ-ისტორიულ პირობებს, სატყეო-პათოლოგიური დაზვერვისა და აეროდაზვერვის მონაცემებს, რომლებიც შესრულებულია სატყეო მეურნეობათა და ტყეების ავიადაცვის მიერ. გარდა ამისა, ინჟინერ-ტექნიკურ მუშაკებს ავარჯიშებენ კოლექტიური გამოკვლევის ტექნიკის დამუშავების მიზნით, დანიშნულების საერთო პრინციპებისა და საპროექტო ღონისძიებათა დასაზუსტებლად.

სატყეო-პათოლოგიური ავიადაზვერვის შედეგებით ტოპოგრაფიულ რუკებზე დაიტანენ გამოვლენილი დაზიანებული და დაავადებული ტყეების უბნებს, ასეთ უბნებს აღწერენ ჟურნალში და უჩვენებენ მათ ადგილმდებარეობას. მოკლე ტაქსაციურ მახასიათებლებს, დაზიანების ხარისხს (გახმობის პროცენტებს), მიზეზს და სხვა.

კორომის საბურვლის დაზიანებას განსაზღვრავენ შემდეგი გრადაციით: $\leqslant 25$ % – სუსტი, 26 – 50 % – საშუალო, 51 – 75 % ძლიერი და >75 % – მთლიანი. ასევე ადგენენ ხეების გახმობის ხარისხს პროცენტობით, რომელსაც აზუსტებენ მიწისზედა სამუშაოების პროცესში. ყოველგვარი საველე სამუშაოს შესრულების შემდეგ ტყეების სატყეო-პათოლოგიური გამოკვლევის მდგომარეობას განახოგადებენ და შეადგენენ ძირითადი მავნებლების კერათა მდებარეობის რუკის პირველ ვარიანტს. მეტყევე პათოლოგები მოამზადებენ მათ შესახებ მიმოხილვას. ხოლო პარტიის უფროსები მათ საფუძველზე შეადგენენ მოხსენებას, სადაც აისახება გამოკვლეული კორომების მდგომარეობა: ტყეების მავნებელთა და დაავადებათა კერების არსებობა: მავნებელთა რაოდენობა და კერებში ნარგავთა მოსალოდნელი დაზიანება: მომავალი წლისათვის კერების განვითარების პროგნოზი: დაავადებებისა და მავნებლების რაოდენობის შემცირების ან შეზღუდვის და გაჯანსაღების ღონისძიებათა რეკომენდაციები: ტყეების დაცვის თვალსაზრისით სატყეო მეურნეობების ღონისძიებათა რეკომენდაციები

და სხვა. დაავადებული ტყეების მდგომარეობის ამგვარი გამოვლენის არსებული მეთოდები თუმცა ფართოდ გამოიყენება ჯერ კიდევ. მაგრამ ეს მეთოდები ძალზე შრომატევადი და ნაკლებად ოპერატიუ-

დინარეობს ახალი, უფრო სრულყოფილი მეთოდების შემუშავების კვლევითი სამუშაოები, რომელიც ემყარება თანამედროვე დისტანციურ საშუალებებს. კერძოდ, დამუშავებულია და პრაქტიკაში ინერგება დაზიანებული ხასძრებით, მავხებლებით და სტიქიური უბედურებით ტყეების მდგომარეობის განსაზღვრის მეთოდები აეროკოსმოსურ გადაღებათა მასალების დეშიფრირების საფუძველზე.

ტყეების მდგომარეობა შეიძლება შევაფასოთ აეროკოსმოსურ გადაღებათა სხვადასხვა სახის მასალით. პრაქტიკულად, აეროკოსმოსური გადაღების ყველა სახის მასალაზე მკაფიოდ მოჩანს ახლად გადამწვარი ტყეები. მაგრამ მასშტაბისა და გარჩევითუნარიანობის მიხედვით დეშიფრირების დროს შეიძლება ამოვიცნოთ სხვადასხვა ზომის ფუსები. რომელთა ფერყეობაც ძალიან დიდ ზღვრებშია 10 ჰექტრიდან ასეულ ჰექტრამდე. კოსმოსური სურათების ვიზუალური დეშიფრირებისას დაზიანებული ხარვავების ფართობები განისაზღვრება ტონის (ფერის) მიხედვით. ყველაზე დიდი ეფექტით განისაზღვრება ფერადი სპექტროზონალური ან სინთეზირებული მრავალზონალური სურათების გამოყენებით. კოსმოსური სურათებით. განსაკუთრებით დიდი გარჩევითუნარიანობის მქონე სურათებით. შეგვიძლია დავადგინოთ ანომალია ტყის ტერიტორიაზე. ტყეების ფონდის მდგომარეობის კონტროლი შეიძლება დავაწესოთ ოპერატიულად დიდი ფართობებისათვის. ამავე დროს შეიდარებით შრომისა და თანხების მცირე დანახარჯებით. თახაც წლის ვანმავლობაში რამოდენიმეჯერ.

ყველაზე სრულყოფილ და მთლიან დახასიათებას ტყეების მდგომარეობის შესახებ იძლევა სხვადასხვა მასშტაბის (მსხვილი და წვრილი მასშტაბის) აეროფოტოსურათები. მავხებლებით. დავადებებით. ხანძრებითა და სტიქიური უბედურებით დაზიანებული ფართობისათვის იყენებენ 1:50000 1:100000 მასშტაბის ფერად სპექტროზონალურ და მრავალზონალურ სურათებს. რომელზეც გამოყოფენ საშუალო და ძლიერ დაზიანებებს: სუსტი დაზიანებები წვრილმასშტაბიან აეროსურათებზე არ გამოვლინდება. დაღუპული. საშუალო. ძლიერ და სუსტად დაზიანებული ნარგავები მკაფიოდ გამოიყოფა 1:10000 1:50000 მასშტაბის აეროფოტოსურათებზე. მსხვილ და ზემსხვილ მასშტაბის აეროსურათებზე კი შეგვიძლია შევაფასოთ არა მარტო დაზიანების ხარისხი მთლიანად. არამედ თითოეული ხეც და მათი საბურველის ნაწილიც.

აქვე მხედველობაში უნდა გიქონიოთ, რომ აეროკოსმოსურ გა-

დაღებათა მასალებით გამოავლენენ მხოლოდ დაზიანების ფაქტსა და ხარისხს. ხოლო მისი გამომწვევი მიზეზები, მავნებლის სახე და დაავადება დგინდება მხოლოდ მიწისზედა გამოკვლევებით. გამონაკლისს შეადგენს მხოლოდ ახლად დამწვარი ტყეები, რომლებიც სარწმუნოდ ამოიცნობა სურათებზე მისთვის დამახასიათებელი სპექტრული სადეშიფრირო ნიშან-თვისებებით. ამიტომ აეროკოსმოსური მასალების გამოყენების საფუძველზე სტერეოპათოლოგიური გამოკვლევები შეხამებული უნდა იყოს სურათების დეშიფრირებისა და შერჩევით მიწისზედა გამოკვლევათა მონაცემებთან, ხოლო ზოგ შემთხვევაში შევსებული უნდა იყოს აეროვიზუალური დაკვირვებებითაც.

კოსმოსურ გადაღებათა მასალებით სატყეო ფონდის კარტოგრაფირება და ხანძარგავლილი და სტიქიური უბედურებით დაზიანებული ფართობების გამოვლენის, დეშიფრირებისა და ტყეთმოწყობის ან სატყეო საინვენტარიზაციო მასალების შედარების საშუალებით ადგენენ დამწვარი ან დაზიანებული ნარგავების და სხვა კატეგორიის ფართობების მახასიათებლებს და განსაზღვრავენ სატყეო ფონდისადმი მიყენებულ ზარალს. მეორე ვარიანტით სატყეო ფონდის დაზიანებული ფართობების მახასიათებელთა დასაზუსტებლად იყენებენ კოსმოსურ სურათებს, რომლებიც მიღებული იყო ადრე და არასასურველი მოვლენების შემდეგ. ხოლო მესამე ვარიანტში კი დამატებით — აეროვიზუალური მასალების გამოყენებით.

უკანასკნელი ვარიანტი ნაკლებად ეკონომიკურია. მაგრამ საშუალებას იძლევა უფრო ხარისხიანად შევაფასოთ დაზიანებული ნარგაობა და უფრო დასაბუთებულად დავსახოთ ხანძრის ან სტიქიური უბედურობის შედეგების ლიკვიდაციის ღონისძიებანი, აგრეთვე დავგეგმოთ ხანძარსაწინააღმდეგო და ტყის განახლებითი ღონისძიებები.

დიდი ფართობების დაზიანების შემთხვევაში მიზანშეწონილია გამოვიყენოთ კოსმოსური სურათები, ხოლო ამორჩევით ფართობებზე მსხვილმასშტაბიანი (1:5000) აეროფოტოსურათები. კოსმოსური სურათებით განსაზღვრავენ დაზიანებული ფართობების კონტურებს, ჩატარებენ წინასწარ სტრატიფიკაციას ნარგავთა ჯგუფის და დაზიანების ხარისხის მიხედვით, ხოლო მსხვილი მასშტაბით დაზიანებულსა და გადარჩენილ ტყეებს უკეთებენ დეტალურ დახასიათებას. კოსმოსური სურათების უქონლობის ან მათი დაბალი ხარისხის შემთხვევაში იკვლევენ მთლიანი წვრილმასშტაბიანი ან საშუალომასშტაბიანი და ამორჩევით მსხვილმასშტაბიანი აეროსურათების შეხამებით. ამ შემთხვევაში სამუშაოს შრომატევადობაც და ღირებულებაც იზრდება, მაგრამ სამაგიეროდ იზრდება სამუშაოს შესრულების სიზუსტე. განსაკუთრებით კი ცალკეული კონკრეტული გამონაყოფისათვის, რამდენადაც აეროსურათების ინფორმაციულობა უფრო მაღალია. ვიდრე

კოსმოსურის. ყველა შემთხვევაში გათვალისწინებულია შეზღუდული რაოდენობის მიწისზედა სამუშაოები, რომელიც საჭიროა დეშიფრირების ნიშან-თვისებების დასადგენად და დეშიფრირების შედეგების შესაფასებლად.

ნარგავებს. განსაკუთრებით კი წიწვიანებს. მნიშვნელოვან ზიანს აყენებს საწარმოო დანაყრები. მათი ზემოქმედებით ირღვევა წიწვების ასიმილაციური აპარატის სიცოცხლისუნარიანობა, დეფორმირდება მეზოფილის უჯრედები და სხვა. შეიმჩნევა ხეების ქრონიკული დაღუპვა და გადამხმართა დაგროვება. რამდენადაც საწარმოო დანაყრებით დაზიანებულ ნარგავთა ფართობები შედარებით მცირე ზომისაა, ამიტომ მათი დისტანციურად ზონდირებისათვის საკმარისია აეროფოტოგადაღებაც. მაღალი ინფორმაციის კოსმოსური სურათებით ავლენენ ნარგავთა დაზიანების ფაქტს სამრეწველო წარმოების ზონაში, მაგრამ ამ ფართობების ხარისხობრივ დახასიათებას ვერ იძლევა. ამიტომ უმჯობესია ვაწარმოოთ 1:500 მასშტაბში სპექტროზონალური ან მრავალზონალური აეროგადაღება.

15.9 ტყეების დაცვა ავიაქიმიური მეთოდებით

ტყეების მავნებლებისაგან დასაცავად — ავიაქიმიური მეთოდების გამოყენებით — საჭიროა ვიცოდეთ: ა) მავნებელთა ბიოლოგია; ბ) რეკომენდებული პრეპარატების ქიმია და ტოქსიკოლოგია; გ) მათი გამოყენების ტექნოლოგია; ბიოლოგიისა და ტოქსიკოლოგიის საკითხები ისწავლება სატყეო ენტომოლოგიასა და ფიტოპათოლოგიაში. აქ კი განვიხილავთ ქიმიკატების გამოყენების ტექნოლოგიის საკითხებს ავიაციური აპარატებით.

ავიაციის გამოყენება დიდი ფართობების სწრაფი ქიმიური დამუშავების საშუალებას იძლევა, მათ შორის ძნელად მისადგომი ტერიტორიებისასაც. ბრძოლის ეს მეთოდები ითვალისწინებს შესხურებებს და დამტვერიანებას სპეციალური აპარატებით, რომლებიც დამაგრებულია თვითმფრინავებზე АН-2 ან ვერტმფრენებზე — МИ — 1, МИ — 2, К — 15 და К — 26. მავნე მწერების ბიოლოგიურ თავისებურებათა მიხედვით იყენებენ სხვადასხვა სახის ქიმიურ და ბაქტერიოლოგიურ პრეპარატებს ხსნარის, ემულსიის, სუსპენზიის, ფხვნილის, პასტისა და გრანულის სახით. ყველა პრეპარატი, რომელიც გამოიყენება სატყეო მეურნეობაში, ნებადართული უნდა იყოს ჯანმრთელობის დაცვის სამინისტროს მიერ, რომ არ მოვახდინოთ გარემოზე მნიშვნელოვანი მავნე ზემოქმედება. სატყეო-სამეურნეო წარმოებები და სამოქალაქო ავიაციის სამინისტრო წინასწარ ადგენენ ავიაქიმიური ბრძოლის პროექტს და ეს უკანასკნელი, ხელშეკრულებათა პირობების თანახ-

მად. გამოყოფს სპეციალური აღჭურვილობით მოწყობილ თვითმფრინავებს ან ვერტმფრენებს და ამ სამუშაოებისათვის მომზადებულ ეკიპაჟებს.

პროექტის განხილვისა და დამტკიცების შემდეგ იწყებენ მოსამზადებელ სამუშაოებს. პირველ რიგში, ამოირჩევენ ადგილს მუშა აეროდრომის მოსაწყობად. აეროდრომი მაქსიმალურად უნდა იყოს დაახლოებული დასამუშავებელ ნარგავებთან. გათვალისწინებული უნდა იყოს დასახლებული პუნქტების, წყლის, გზის სიახლოვეც.

დროებითი აეროდრომის ასაფრენი ზოლი თვითმფრინავისათვის უნდა იყოს 550×100 მ განზომილების (არა ნაკლები 525×60 მ). მასზე გამოყოფენ მოვაკებულ 500×60 მ მუშა ფართობს. ბალახის სიმაღლე არ უნდა აღემატებოდეს 30 სმ. მუშა ფართის საზღვრებს აღნიშნავენ ნიშნებითა და თეთრი ან წითელი ალმებით. ვერტმფრენებისათვის ასაფრენი ზოლის სიგრძე 60 — 80 მ-ზე ნაკლები არ უნდა იყოს, ხოლო სიგანე — 30 მ-ზე. ზღვის დონიდან 500 მ სიმაღლეზე მინიმალური სიგრძე უნდა იყოს არა ნაკლები 70 მ, ხოლო 1500 — 2500 მ-თვის 80 მ. როდესაც ვერტმფრენის თვითმფრინავისებრი აფრენის (დაჯდომის) საშუალება არ არის, ასაფრენი ზოლის ფარგლებში გამოყოფენ და მოაწყობენ 6×6 მ მყარ გრუნტს ან მორებით დაფენილ ფართობს. აეროდრომზე მოაწყობენ აგრეთვე დასატვირთ მოედანსა და ეკიპაჟის ტანსაცმლისათვის და დამცველი სპეცტანსაცმლის შესანახ ნაგებობებს. ქიმიკატების შესანახ დროებით საწყობებს. სასწორს, მუშასითხის დასამზადებელ ჭურჭელს, დამტვირთავი საშუალებების სადგომსა და სხვა საჭირო ინვენტარის შესანახ ნაგებობებს.

დასამუშავებელ დიდ ფართობებს დაყოფენ ერთგვაროვან მუშა უბნებად ადგილის რელიეფისა და კოროშის სიმაღლის გათვალისწინებით. მთიანი რელიეფისათვის ითვალისწინებენ ფერდობთა დახრილობას და ქანობის მიმართულებას. მუშა უბანს შეძლებისდაგვარად გამოყოფენ მართკუთხედის ფორმისას ისე, რომ სიგრძე ერთი გაფრენის იყოს და სიგანე კი — ფრენის დროს შესხურების სიგანის. მუშა ფართის საზღვრებზე თუ არ არის მკვეთრად გამოსახული კონტურები, მაშინ ადგილზე გაჰყავთ სპეციალური ციზირები, თუ არადა, კუთხეებს აღნიშნავენ ალმებით ან კვამლიანი კოკონით. თვითმფრინავის ან ვერტმფრენის სიმაღლე შესხურების დროს საბურველის ზემოთ ვაკე ადგილისათვის უნდა იყოს 10 მ, ხოლო მთიანი რელიეფის შემთხვევაში — 15 მ.

შხამქიმიკატების დამტვერიანების ხარჯის ნორმაა 30 კგ/ჰა, ხოლო შესასხურებლის 15 — 25 ლ/ჰა. დადგენილია, რომ შესხურება დამტვერიანებასთან შედარებით 20 — 30%-ით უფრო მწარმოებლუ-

რია და 40 — 50%-ით იაფი. თვითმფრინავ АН — 2-ის შეფრქვევის მწარმოებლობა საათში აღწევს 80 — 90 ჰა-ს, ხოლო სამუშაო დღეში 300 — 500 ჰა-ს, შესხურებისათვის — 700 ჰა-ზე მეტს. მაშასადამე, თვითმფრინავის დღიური მწარმოებლობა შესხურებისა 2-ჯერ მაღალია, ხოლო ღირებულება — დაახლოებით 1,5-ჯერ იაფი. გარდა ამისა, ამ მეთოდისას მეტეოროლოგიური მდგომარეობისადმი მოთხოვნილება ნაკლებია და ფრენის ხანგრძლივობაც მეტია.

ავიაქიმიური ბრძოლის ეფექტურობას აღწერენ ერთი კივრის განმავლობაში. მაგალითად, კალიების განადგურება 80 — 90%-ით ითვლება დამაკმაყოფილებლად, ხოლო 95%-ზე მეტად — ფრიადზე. ყველა ქიმიკატი ასე თუ ისე საშიშია, როგორც ადამიანისთვის, ისე ფაუნისათვის და ფუტკრებისათვის. ამიტომ წინასწარ უნდა ჩატარდეს საკარანტინო ღონისძიებები — ფუტკარი უნდა გაიყვანონ 10 — 15 კმ დაშორებით, მოსახლეობაში უნდა ჩარტარდეს სპეციალური მუშაობა უშიშროების ტექნიკის ხაზით და სხვა.

XVI თავი
ავიაციისა და აერომეთოდების გამოყენება სამონადირეო მეურნეობაში

16.1 სანადირო ცხოველების რაოდენობის ავიააღწერა

სავარგულებში მობინადრე სანადირო ცხოველები საკვების მოსაპოვებლად და თავშესაფარად მუდმივად გადაადგილდებიან ურთიერთის მიმართ. მათი განლაგება ნებისმიერ ტერიტორიაზე ყოველი კონკრეტული მომენტისათვის იცვლება. მიუხედავად ამისა, ცხოველების სივრცებრივი განლაგება, ცალკეული ფიქსირებული მომენტისათვის, ექვემდებარება იმავე კანონებს, რომელსაც ბიოცენოზის უძრავი კომპონენტების განლაგება. განსხვავება მხოლოდ იმაშია, რომ ეს უკანასკნელი უფრო სტატიკურია და ხანგრძლივი, რადგანაც უძრავი ობიექტების განლაგების გამოვლენილი სურათი დიდხანს ინარჩუნებს თავის სახეს, ვიდრე სანადირო ცხოველების განლაგება. მხედველობაში უნდა ვიქონიოთ ისიც, რომ ტერიტორიის ერთ უბანში სახეობები წარმოქმნიან შესამჩნევ შეჯგუფებებს, ხოლო სხვა უბნისთვის კი ისინი ერთმანეთისაგან ძალზე დაცილებული არიან, ან საერთოდ არ არიან. ცხოველთა განლაგების ხასიათი სამგვარია: 1) რეგულარული — ერთმანეთისგან დაცილების განლაგება დაახლოებით ერთნაირია. ამ ტიპის განაწილება ბუნებაში იშვიათად გვხვდება და ისიც ჩლიქოვანთა დიდ ჯგუფებად, როცა მძოვარა (ქოსმენი) ცხოველები ცდილობენ

მკაცრად დაიცვან ურთიერთშორის ძოვის დისტანცია: 2) შემთხვევითი — როდესაც სახეობათა თანაბარი ალბათობის ცხოველები შეიძლება აღმოჩნდნენ ტერიტორიის ნებისმიერ წერტილში. მაგრამ თითოეული სახეობის ან ჯგუფის ერთმანეთისაგან დაცილება შეიძლება იყოს სხვადასხვანაირი. ასეთი განაწილება ახასიათებთ ხარირმების განლაგებას დიდი ფართობის ერთგვაროვან, გაჩეხილ ტყეში: 3) აგრეგირებული ანუ კონტაგიოზური - ეს ტიპი დაკავშირებულია არაერთგვაროვან საბინადროსთან. ეს ტიპი ბუნებაში უფრო ხშირად გვხვდება. ერთი და იგივე ადგილებში ცხოველები წარმოქმნიან კანონზომიერ, მდგრად კონცენტრაციას და გვხვდებიან იქ ხშირად, ხოლო სხვა ადგილების მიმართ ისინი დაცილებული არიან დიდი მანძილებით და გვხვდებიან იშვიათად.

ცხოველთა სივრცითი განლაგების ტიპები შეიძლება განვიხილოთ მხოლოდ კონკრეტულად საკვლევი ტერიტორიისათვის. საკვლევი ტერიტორიის საზღვრებს წინასწარ განსაზღვრავენ რუკებზე დადგენილი უბნებისათვის ან მათ გამოავლენენ ავიააღწერის სამუშაოთა პროცესში. დანაწევრებული ტერიტორია შეიძლება იყოს დიდი და მცირე ფართობის, მაგრამ მცირე არაიზოლირებულ ტერიტორიაზე აღწერის შედეგზე შესამჩნევ გავლენას ახდენს აღწერის დროს შეშფოთებით გამოწვეულ ცხოველთა იმიგრაცია და ემიგრაცია. დიდი ფართობების ტერიტორიაზე კი მცირეა საზღვრების გადამლახავ ცხოველთა წილი.

სამონადირეო მეურნეობათა ამოცანების შესაბამისად აღწერის მიზანია მივიღოთ დროის მოცემულ მონაკვეთში ისეთი მაჩვენებლები, რომლებიც დაახასიათებს ცხოველთა რაოდენობას და განლაგებას კვლევის ტერიტორიის ფარგლებში.

სამონადირეო ცხოველების რაოდენობის მაჩვენებელი არის სახეობათა გამოთვლილ ან გამოვლენილ რიცხვთა ჯამი, რომელიც იმყოფებოდა კვლევის ტერიტორიაზე აღწერის მომენტში. შეფასების მონაცემების საფუძველზე გეგმავენ ნადირობის საერთო მოცულობას: შეიმუშავებენ ცხოველთა რაოდენობის აღდგენისა და შენარჩუნების ღონისძიებებს: წინა წლების შეთანასწორებით ადგენენ რაოდენობათა ადრინდელ ცვლილებებს ან პროგნოზირებას უკეთებენ სახეობების მდგომარეობას. გამოთვლიან აგრეთვე სახეობის პოპულაციის სხვა პარამეტრებსაც — საერთო ნამატს, გადაშენებას, ნაყოფიერებას და სხვა.

ცხოველთა სიხშირის მაჩვენებელი არის ცხოველების სახეობათა საშუალოდ გამოვლენილი ან გამოთვლილი რაოდენობა, რომელიც მოდის საკვლევი ტერიტორიის ფართობის ერთეულზე ან მის ცალკეულ უბანზე.

ამ მაჩვენებლებით განისაზღვრება ცხოველთა ტერიტორიაზე გან-

ლაგება, რომელიც გვაძლევს გარკვეულ წარმოდგენას სწორად შევაფასოთ სახეობათა რიცხვი ტერიტორიაზე, ან სწორად გავანაწილოთ მონადირეობის წარმოება.

ფარდობითი მაჩვენებელი (ცხოველთა სიხშირის) არის სახეობის გამოვლენილი ან გამოთვლილი რაოდენობა ან სხვა არაპირდაპირი ნიშან-თვისებებით დადგენა მათი არსებობისა ერთნაირი ზომის მარშრუტის სიგრძის ერთეულზე, აღწერის ერთი მომენტისათვის, მაგალითად, ფრენის დროს შემხვედრ ცხოველთა რაოდენობა 100 ჰა-ზე და ა. შ.

ზემოჩამოთვლილი მაჩვენებლებით შეგვიძლია გავანაწილოთ მონადირეობის წარმოება და შევაფასოთ ერთი ტერიტორია მეორესთან შედარებით რამდენად მწარმოებლურია. გარდა ამისა, შეგვიძლია შევიმუშაოთ მიახლოებითი წარმოდგენა კვლევის ობიექტზე თუ როგორი ცვლილებები მიმდინარეობს და დავასაბუთოთ პროგნოზი. აღნიშნული მაჩვენებლების მთავარი ღირსება არის მისი მიღების სიმარტივე. სწორი სამეურნეო გადაწყვეტისათვის საკმარისი არ არის მხოლოდ ერთი მაჩვენებლით სარგებლობა. მაგალითად, მარტო რაოდენობისა და სახეობათა ბინადრობის სიხშირის საფუძველზე ტერიტორიის სხვადასხვა უბნისათვის შეგვიძლია განვსაზღვროთ ის რაოდენობა, რომელიც ცხოველთა პოპულაციიდან უნდა ამოვიღოთ და სწორად გავანაწილოთ მონადირეობითი რეწვა, ე. ი. დავხოცოთ ცხოველები იქ, სადაც ისინი ხშირად გეხვდებიან. ივიათად, მაგრამ ხანდახან მაინც საჭიროა ვისარგებლოთ სამივე და უფრო მეტი მაჩვენებლის ანალიზით სამონადირეო ნორმების შემუშავებისათვის, რათა უკეთესად ავითვისოთ სამონადირეო რესურსები. მაგალითად, ვთქვათ, რაოდენობრივი მაჩვენებლებიდან გამომდინარე, სამონადირეო მეურნეობის კონკრეტული ტერიტორიისათვის მონიშნულია 100 ტახის ამოღება. სამონადირეო ღონისძიება სასურველია გავამახვილოთ იმ ადგილებზე, სადაც მათი რაოდენობა მეტია. ამ შემთხვევაში თითქოს უნდა დაგვეხმაროს ტერიტორიის სხვადასხვა უბნის ამ სახეობის ბინადართა სიხშირის რაოდენობის მაჩვენებელი, მაგრამ სინამდვილეში გარეული ღორი შეიძლება გვხვდებოდეს როგორც ცალ-ცალკე, ისე 10 — 20 ღორისაგან შემდგარი ჯგუფითაც. ამავე დროს, დადგენილია, რომ ნადირობა სარგებლიანია უფრო იქ, სადაც ამ სახეობის ჯგუფურობის კოეფიციენტი მაღალია. ტერიტორიის სწორად ამორჩევისათვის შეიძლება ვისარგებლოთ სახეობათა ბინადრობის ფარდობითი მაჩვენებლით, კერძოდ: ფართობის ერთ ერთეულზე გარეული ღორის ბინადართა ჯოგის რაოდენობით. არჩეული მაჩვენებლები შეიძლება მივიღოთ ავიაღწერის გარკვეული მეთოდების გამოყენებით. მათი სისტემატიზაციისათვის იყენებენ სხვადასხვა ნიშან-თვი-

სებას, რომელიც საშუალებას გვაძლევს გავმიჯნოთ ერთი მეთოდი მეორისაგან. სისტემატიზაციას ასრულებენ ცხოველთა აღმოჩენის ხერხებით, (ცხოველთა დანახვით — ვიზუალურად, კვალით, ცხოვრების ნირით), ხშირად ამისათვის მიმართავენ სხვადასხვა კონფიგურაციის ფართობზე სინჯის აღების ხერხს (მთლიანი ან ამორჩევითი — სასინჯ ფართობებზე, მარშრუტებზე, ზოლზე), იშვიათად იყენებენ აგრეთვე მიღებული სიზუსტით ცნობათა ხარისხით შეფასებებს (არბიტრაჟული და ვარაუდით აღწერა) ან ითვალისწინებენ საკვლევი ტერიტორიის ზომებს.

დღეისათვის არსებობს 50-ზე მეტი აღწერის მეთოდი და მათი მოდიფიკაცია. მიუხედავად ამისა, ცხოველთა ჰაერიდან აღწერა ძირითადად მიმდინარეობს სამ ეტაპად: 1) აღწერის პერიოდში ინფორმაციის შეგროვება; 2) ინფორმაციის ფორმირება და ბინადართა სიხშირის სხვადასხვა მაჩვენებლების მიღება; 3) საკვლევ ტერიტორიაზე ცხოველთა რაოდენობის მაჩვენებლების გაანგარიშება და მიღებული შეფასების სარწმუნო ინტერვალის განსაზღვრა.

ავიააღწერის დროს მკვლევარისთვის ერთ-ერთი მთავარი სირთულეა ცხოველის სახეობითი მიკუთვნების სწორად განსაზღვრა. გარდა ამისა, მიწისპირა აღმრიცხველისაგან განსხვავებით, რომელსაც შეუძლია ცხოველებს დააკვირდეს ბინოკლით, ავიააღრიცხვისას ის დრო, როდესაც ცხოველი იმყოფება დამკვირვებლის მხედველობის არეში, არ აღემატება 5 — 10 წამს. ასეთ მოკლე პერიოდში დამკვირვებელი ვალდებულია არა მარტო მოძებნოს ცხოველები, განსაზღვროს მათი სახეობითი მიკუთვნება, არამედ შეძლებისდაგვარად უფრო ზუსტადაც დაითვალოს ჯგუფში მათი რაოდენობაც. ჰაერიდან სახეობის დადგენა ძნელი არ არის მხოლოდ იმ შემთხვევაში, თუ კვლევის რაიონში ბინადრობს მხოლოდ ერთი ან ორი სახეობის ცხოველი, თანაც თუ ისინი ერთმანეთისაგან გარეგნობით მკვეთრად განსხვავდებიან (მაგალითად, გარეული ღორი და ირემი). სხვა სახის ცხოველები და ფრინველები თვითმფრინავიდან შეიძლება განვსაზღვროთ ექსტერიერული ნიშან-თვისებებით, ქცევით, თვითმფრინავის ან ვერტმფრენის ხმაურზე რეაქციით, სხვადასხვაგვარად მათი შეჯგუფების ხასიათით და ა. შ. ზოგიერთ ჩლიქოვანთა სახეობის, მაგალითად, კავკასიური (დაღესტნის ან ყუბანის) ჯიხვების გარჩევა ჰაერიდან ძალიან ძნელია, თითქმის შეუძლებელია.

ჰაერიდან სანადირო თითქმის ყველა სახეობიდან ადვილად ამოიცნობიან მამლები. მამალ ქოსმენებსა და გარეული წყლის ფრინველების უმრავლესობას კაშკაშა შეფერილობა აქვს, ჩლიქოვან მამლებს კარგად ეტყობათ სქესის მეორადი ნიშნები — რქები, წვერები და სხვა. ამიტომ მამლები უფრო ხშირად რეგისტრირდებიან, ვიდრე დედლები. განვიხილოთ ზოგიერთი ცხოველის ამოცნობის პირობები.

გარეული ღორი — ჰაერიდან ამოიცნობა სილუეტის სიმკვრივით, მგლისმაგვარი ჩადგმულობით, მზიან დღეში საღებავთა ფერის ვარიაციით — ღია წაბლისფერიდან მუქ მურა ფერამდე. კერატებს დაბალი სიმაღლიდან მოუჩანს ეშვებიც. გოჭები და ბურვაკები ღორებისაგან გამოირჩევიან ზომებით, აგრეთვე წლის განმავლობაში ჯოგის მაღალი კოეფიციენტით. საშუალოდ ჯოგი შემოდგომისათვის შედგება 6 — 7 ცხოველისაგან, ხოლო გაზაფხულის დასაწყისში ჯგუფში 4 — 5-ღა რჩება. გარეული ღორის ყველაზე დიდი ჯოგი შეინიშნება ფოთლოვან ტყეებში საკვებ ადგილებთან ან წყაროებთან. გარეული ღორის აღსაწერად უმჯობესია გამოვიყენოთ ვერტმფრენები. საშუალო ფრენის სიჩქარე არ უნდა აღემატებოდეს 60 კმ/სთ, ხოლო ფრენის სიმაღლე 75 — 100 მეტრს. ავიააღრიცხვის საუკეთესო დროა თებერვლის ბოლო და მარტის დასაწყისი. უმჯობესია თოვლის მოსვლის მეორე-მესამე დღეს, რადგანაც მათი გადაადგილება, მოძრაობა შეზღუდულია და კვალიც უკეთ მოჩანს. გარეული ღორის რაოდენობის რეალურ შეფასებას ავიააღწერა უფრო იძლევა, ვიდრე მიწისზედა აღწერები. ხანდახან გარეული ღორები ისე გადათხრიან მთლიან გაჩეხილ ტყეს, თითქოს ისინი რამდენიმე ათეული ყოფილიყოს, სინამდვილეში კი 5 — 6 სული თუ იქნებოდა. გარდა ამისა, ეს ცხოველები ნადირობისას ადვილად გადაადგილდებიან ერთი რაიონის ტერიტორიიდან მეორეში.

კ ე თ ი ლ შ ო ბ ი ლ ი ი რ ე მ ი — ერთ-ერთი ყველაზე მსხვილი ირემია. გამოირჩევა გრაციოზული აღნაგობით, შედარებით გრძელი ყელითა და მსუბუქი თავით. ხარ-ირემს გვიან შემოდგომიდან შორიდან ეტყობა რქები. ფურირემი და მათი ნუკრებიც ერთნაირი შეფერილობისანი არიან და ზამთარში ისინი გამოირჩევიან თავიანთი მოცულობით.

ირმების ავიააღწერა უმჯობესია თებერვალში ან მარტის დასაწყისში, რადგანაც ამ პერიოდში ისინი თავს იყრიან ჯგუფურად საკვებ ადგილებთან ახლოს, თხელ ფოთლოვან ტყეებში, მდინარის ჭალებთან და ნაკადულებთან. გამოიყენება მხოლოდ ვერტმფრენები. აღრიცხვის საუკეთესო დროა განთიადის ან შებინდების საათები, ფრენის საშუალო სიჩქარეა 60 — 80 კმ/სთ 75 მ სიმაღლიდან. დიდი ჯოგების არსებობის შემთხვევაში ძნელდება მათი დათვლა და ამიტომ უნდა დავგეგმოთ 2 — 3 ვირაჟი 50 მ სიმაღლიდან ისე, რომ ჯოგს თავზე არ გადავუფრინოთ, რადგან ისინი ვერ იტანენ ხმაურს და ფრთხებიან სხვადასხვა მიმართულებით. მთაში აღწერა უმჯობესია დიდი თოვლის მოსვლიდან მეორე დღეს.

შ ვ ე ლ ი — ერთ-ერთი მცირე ზომის ირემია, მსუბუქი და მეტად მოხდენილი აგებულების, წვრილი ფეხებით, გრძელი კისრითა და ნოყა თავით. კავკასიის შვლის ზამთრის ბეწვი რუხი ფერისაა, ოდნავ მოწითალო შეფერილობით. გვერდების ქვედა ნაწილი უფრო ღია ფერისა აქვს,

ვიდრე ზურგის. კარგად მოჩანს თეთრი გულმკერდი, რქები ბუჩქებში ნაკლებად შესამჩნევია, ამიტომ დედალ-მამლისა და ნუკრის გარჩევა გაძნელებულია. მამალი შეიძლება გავარჩიოთ მხოლოდ ძლიერ განვითარებული კისრით. მთებში აღრიცხვა პერსპექტიულია უფრო ფოთლოვანი ტყეების სასინჯ ფართობებზე. მთებიდან ისინი ყოველთვის ხტუნვით გარბიან ქვემოთ ნაკადულის მიმართულებით. წიწვიან ტყეებში მათი ავიააღწერა გაძნელებულია. სასინჯ ფართობებზე მთიან პირობებში ოპტიმალური სიმაღლეა 40 — 50 მ.

ჯ ე ი რ ა ნ ი — ჰაერიდან ადვილად ამოიცნობა გრძელი ფეხების მჭონე და მსუბუქი აღნაგობის ნიშნებით. ზამთარში ქვიშის ფერია, ალაგ-ალაგ მოწითალო შეფერილობით. მუცელი და კისრის ქვედა ნაწილი თეთრი აქვს. მწოლიარე ჯეირანს უკანა ფეხები ყოველთვის გაფშეკილი უწყვია და ამიტომ თეთრი მუცელი კარგად მოუჩანს. კარგ შედეგებს იძლევა მათი მთლიანი აღწერის მეთოდი 50 მეტრის სიმაღლიდან. ნახევრად უდაბნო ადგილებში მათი ამოცნობა ძნელდება. ამიტომ აღწერა უმჯობესია მცენარეთა ვეგეტაციის პერიოდში.

კ ა ვ კ ა ს ი ი ს ჯ ი ხ ვ ი — მსხვილი, მკვრივი აღნაგობის ცხოველია. ისინი ძნელად ამოიცნობიან ჰაერიდან. მათთვის დამახასიათებელია წლის ყველა სეზონში ჯოგთა მაღალი კოეფიციენტიანობა. ცხლკეულ ჯგუფში აღრიცხულია 100 — 180 თავი. ჩვეულებრივ, 10 — 50 სულისაგან შედგება მათი ჯგუფები. ყველა სეზონში, გარდა ბუნიობის პერიოდისა, და ნახირის ერთობლივი ძოვისა, მოზრდილი ჯიხვების ჯოგი ერთნაირი სქესისაგან შედგება. ღია, გაშლილ ადგილებში ჯიხვები ძალიან ფრთხილობენ. საშიშროების შემთხვევაში, განსაკუთრებით კი დევნის დროს, სხვადასხვა მიმართულებით გარბიან და თავს აფარებენ მაღალ ჭიუხებს. მათი აღწერა და კარტირება უმჯობესია აპრილის ბოლოს და მაისის დასაწყისში, ახლადამოსულ ბალახის მდელოზე გამოსვლის დროს, ზამთარში კი დიდი თოვლის დროს დილით ადრე ან საღამოს თოვლის მოსვლის მეორე დღეს. აღწერა უმჯობესია МИ — 8 ან МИ — 4 ვერტმფრენით 50 — 100 მ სიმაღლიდან მინიმალური სიჩქარით. მათი აღმოჩენის მაქსიმალური მანძილია ალპურ ზონაში 600 მ. ყველაზე მეტი შეხვედრები აღინიშნება აღწერის ზოლის 200 — 500 მ ფარგლებში.

ცხოველების რაოდენობის ჰაერიდან აღწერის სამუშაოს ხარისხიანად ჩასატარებლად დიდი მნიშვნელობა ენიჭება კარტოგრაფიულ და აეროფოტომასალების სწორ შერჩევას. დაგეგმის ეტაპზე ტაქსატორმა უკვე უნდა იცოდეს, რომელი მასშტაბის რუკებით უნდა ისარგებლოს და როგორი შინაარსის უნდა იყოს ისინი. რუკებზე დაიტანენ აღწერის მარშრუტებს, განსაზღვრავენ მარშრუტების სიგრძეს ან სასინჯ ფართობებს, ამოიცნობენ მიწისზედა ორიენტირებს. ერთი შეხედვით, თითქოს უმჯობესია აეროსურათები გვქონდეს მხსვილმასშტაბიანი (1:15000 —

1:30000), მაგრამ სინამდვილეში ეს ასე არ არის. მიუხედავად იმისა, რომ ასეთი მასშტაბის რუკებითა და გეგმებით თითქმის ადვილად უნდა ავიღოთ ორიენტაცია ადგილზე, სინამდვილეში უმრავლეს ავიასამუშაოებში ისინი გამოუსადეგია, რადგანაც თვით მცირე ტერიტორიისთვისაც კი ავიააღწერისას საჭიროა ათობით კარტოგრაფიული ფურცელი გვქონდეს თვითმფრინავში ან ვერტმფრენში, რაც ერთგვარ უხერხულობას ქმნის კაბინაში მათი გამოყენებისათვის. ავიააღწერისათვის, აგრეთვე გამოუყენებელია 1:1000000 — 1:2 500000 წვრილმასშტაბიანი რუკებიც, რადგან ძნელდება ორიენტირება ფრენის დროს. ამ დროს შეცდომით გამოითვლება, აგრეთვე, მარშრუტის სიგრძეც და სასინჯი ფართობებიც. ამიტომ შეზღუდული ტერიტორიისათვის (10 — 30 ათასი ჰა სამონადირეო მეურნეობისთვის) ავიააღწერა უმჯობესია 1:25000 — 1:100000 მასშტაბის რუკებით, ხოლო უფრო ვრცელი ტერიტორიებისათვის ამორჩევითი ავიააღწერა უმჯობესია 1:300 000 — 1:500 000 მასშტაბიანი რუკების გამოყენებით. მოუხერხებელია აგრეთვე აეროსურათების გამოყენებაც. უფრო პერსპექტიულია 1:25000 — 1:30000 მასშტაბის ფოტოგეგმების ან ფოტოსქემების გამოყენება. თუ წყალში ბინადარ ცხოველებს აღვწერთ, უკეთესია გამოვიყენოთ ჰიდროგრაფიული რუკები, რადგანაც ისინი შეიცავენ გამდინარე და ჩაკეტილ წყალსაცავებს. ხანდახან ნაჩვენებია მათზე როგორც წყლის ზედა, ისე წყალქვეშა მცენარეულობაც ან წყალსაცავის იზობატებიც. 10 — 15 მ სიმაღლის ტყით დაფარული ტერიტორიისათვის ცხოველთა ავიააღწერის დროს როცა რელიეფი სანდო ორიენტირი ვერ არის, უკეთესია გამოვიყენოთ გეობოტანიკური სამონადირეო ტიპოლოგიური ან ტყის ტიპების რუკები.

მკვეთრად დასერილი რელიეფის მქონე ტერიტორიაზე აღწერისას უმჯობესია გამოვიყენოთ ტოპოგრაფიული ან მიმოხილვით-ტოპოგრაფიული რუკები, რომელზედაც საკმაოდ სრულად არის წარმოდგენილი და ასახული როგორც ბუნებრივი სიტუაცია (ტყის მასივები გაბატონებული ჯიშებით, ჰიდროგრაფიის ქსელი, რელიეფი და სხვა), აგრეთვე საინჟინრო ნაგებობებიც, რომლებიც გვიადვილებენ ორიენტირებას (გზები, რკინიგზები, არხები, წყაროები, ნაგებობები და სხვა).

სასინჯი ფართობების შერჩევისას საჭიროა ვიცოდეთ აგრეთვე მათი ფართობებიც, რომლებიც იზომება რუკებზე პლანიმეტრის დახმარებით, პალეტით ან სხვა ხერხით. მთიანი რელიეფის ფართობების განსაზღვრისას მხედველობაში უნდა მივიღოთ რელიეფით გამოწვეული ფართობის დამახინჯება (ფაქტობრივი ფართობი ყოველთვის მეტი იქნება გაზომილზე), რისთვისაც უნდა განვსაზღვროთ შესწორების კოეფიციენტი.

16.2 ავიაგამოკვლევათა მონაცემებით სამონადირეო ცხოველების რაოდენობის გაანგარიშების მეთოდები

სამონადირეო ცხოველების რაოდენობის დასადგენად არსებობს გაანგარიშების რამოდენიმე მეთოდი. თუ ტერიტორიას, რომელშიაც უნდა განისაზღვროს რომელიმე სახეობის ცხოველთა რაოდენობა, გამოიკვლევენ მთლიანად, დაითვლიან ტერიტორიაზე არსებულ ყველა ცხოველს, გაანგარიშებებიც საჭირო აღარ იქნება. ასეთ აღწერებს იყენებენ მცირე ტერიტორიებისთვისაც, როდესაც ყოველი ცხოველი კარგად მოჩანს ჰაერიდან. დათვლისას შეიძლება გამოგვრჩეს ცხოველთა განსაზღვრული რაოდენობა, რომელსაც იწვევს როგორც ობიექტური ფაქტორი (ცხოველი თავშესაფარშია, ხეების ვარჯის ქვეშ და ა. შ.), ისე სუბიექტური მიზეზები (დამკვირვებლის გამოუცდელობა, გადაღლა და სხვა) მაშინ სულთა რაოდენობას ანგარიშობენ ფორმულით:

$$N=\frac{n}{c} \qquad (16.1)$$

სადაც N არის რაოდენობის შეფასება; n — აღმოჩენილ სულთა რაოდენობა; c — გამოტოვილის (აღურიცხავის) მაჩვენებელი;

როგორც ფორმულა (16.1)-დან ჩანს, რაოდენობის შეფასების სიზუსტის შეცდომა ძირითადად დამოკიდებულია აღურიცხავი მაჩვენებლის სიზუსტეზე, რომლის სიდიდესაც გაიანგარიშებენ ავიააღწერების მონაცემების შედარებებით უფრო ზუსტ მიწისპირა აღწერის მონაცემებთან ან სპეციალურად ტერიტორიის ან რომელიმე მისი უბნის მრავალჯერადი შემოფრენით აღწერებთან. საკონტროლო აღწერების მონაცემებით აღურიცხავის მაჩვენებელს გამოიანგარიშებენ ფორმულით:

$$C=\frac{n^1}{N^1}, \qquad (16.2)$$

სადაც n^1 არის ტერიტორიის რომელიმე უბანში აღმოჩენილი სულადობის რაოდენობა;

N^1 — იქ არსებული ცხოველების მთლიანი რაოდენობა.

ამ შემთხვევაში ფარდობით სტატისტიკურ შეცდომას, მთლიან გამოსაკვლევ ტერიტორიაზე რაოდენობის შესაფასებლად გამოითვლიან ფორმულით:

$$S_x=\sqrt{\left(\frac{1}{n}+\frac{1}{n^1}\right)(1-c)}\cdot 100\% \qquad (16.3)$$

მ ა გ ა ლ ი თ ი 1. საკონტროლო აღრიცხვისას აღმოჩენილი იყო 8 სული. მთლიანად კი იყო 10. რაოდენობის შეცდომა $n=100$ შემთხვევისას გამოტოვილის (აღურიცხავის) მაჩვენებელი 0,8 შეადგენს 16%.

ცხოველთა ჯგუფების აღწერისას (ჯგუფში ყველა სულადობის დათვლის ან გამოტოვების შემთხვევაში) n^1 და N^1-ის მაგიერ ფორმულა (16.2) და (16.3)-ში საჭიროა შევიტანოთ როგორც აღმოჩენილის რაოდენობა, ისე ჯგუფების მთლიანი რაოდენობა.

მთლიანმა აღწერამ შეიძლება ასევე არ მოგვცეს უშუალოდ სულადობის რაოდენობა იმ შემთხვევაშიც, როცა ჰაერიდან რეგისტრირებას ვუკეთებთ არა ცხოველებს, არამედ მათ თავშესაფარს, სოროებს, ბუნაგებს და ა. შ. ცხოველთა რაოდენობის გასაანგარიშებლად ამ შემთხვევაში იყენებენ ხელახლა გადაანგარიშების კოეფიციენტს. იგი ტოლია სულადობის საშუალო რაოდენობისა, რომელიც მოდის რეგისტრირებულ ობიექტზე.

$$N = gA, \qquad 16.4)$$

სადაც g არის ჰაერიდან აღმოჩენილი სულადობის რაოდენობა;

A — ხელახლა გადათვლის კოეფიციენტი, რომელიც გამოითვლება ფორმულით:

$$A = \frac{1}{k} \sum_{i=1}^{k} Ai,$$

სადაც k არის საკონტროლო მიწისპირა გამოკვლევის რაოდენობა — ყოველ i ობიექტზე გამოკვლეულ სულთა რაოდენობის განსაზღვრით.

A_i — სულადობის რაოდენობა, რომელიც მიეკუთვნება i ობიექტს.

რაოდენობის შეფასებაში ასეთი აღწერის შემთხვევაში ფარდობითი სტატისტიკური შეცდომა გამოითვლება ფორმულით:

$$\delta_A = \sqrt{\frac{1}{K-1}(A^2/A^2-1)} \cdot 100\% \qquad (16.4^a)$$

აქ

$$A^2 = \frac{1}{k} \sum_{i=1}^{k} A^2_i$$

მ ა გ ა ლ ი თ ი 2. მიწისპირა გამოკვლევის პროცესში 10 თავშესაფარში აღმოაჩინეს 0; 2; 3; 1; 0; 1; 2; 1; 3; 2 სული. ფორმულა (16.4ა) რაოდენობის განსაზღვრისას (A = 1,5) იძლევა ფარდობით სტატისტიკურ შეცდომის შეფასებას, რომელიც ტოლია 23 %-ის.

დიდ ტერიტორიაზე ცხოველთა რაოდენობის განსაზღვრისას ცხოველებს იკვლევენ და ითვლიან მხოლოდ ტერიტორიის მცირე უბანზე — განსაზღვრული წესით შერჩეულ მარშრუტებზე ან სასინჯ ფართობებ-

ზე. ამორჩევის მეთოდით მიღებულ ცხოველთა სიხშირის მონაცემებით ანგარიშობენ ცხოველთა რაოდენობასა და სიხშირეს მოცემული მთლიანი ტერიტორიისათვის, ე. ი. ჩაატერებენ ექსტრაპოლიაციას. აღწერის ამორჩევითი მეთოდები იძლევა რაოდენობის შეფასებას მხოლოდ მიახლოებით. შეცდომის სიდიდეზე გავლენას ახდენს როგორც ტერიტორიაზე ბინადრობის სიხშირის ვარიაცია, ისე მასში ამორჩეულ ფართობთა განლაგების ხერხები. თუ როგორ არის განლაგებული სინჯები, ექსტრაპოლიაციის დროს შეიძლება წარმოიშვას სხვადასხვა სიდიდის სისტემატური და სტატისტიკური შეცდომები. შესაძლებელია სამი შემთხვევა:

1) სინჯის არათანაბრად განლაგება, სინჯებში რაოდენობის შეფასება სიმჭიდროვის მნიშვნელობის გაშუალედებით. სისტემატური შეცდომის მნიშვნელობა შეიძლება გვქონდეს როგორც გადიდებული, ისე შემცირებული, იმისდა მიხედვით, შესაბამისად, სინჯები სადაა განლაგებული ცხოველთა ბინადრობის დიდი სიხშირისა თუ ნაკლები სიხშირის ადგილებში.

სისტემატური შეცდომა ასეთ შემთხვევაში ჰარბობს სტატისტიკურს, რომელიც ემპირიულად ფასდება ამორჩევით.

2) სინჯის შემთხვევითი განლაგება. ასეთი განლაგების ერთ-ერთი ხერხის დროს ტერიტორიას დაყოფენ ფართობის მიხედვით რამოდენიმე ტოლ უბნად. შემდეგ თითოეულ სინჯს მორიგეობით მოათავსებენ ერთ-ერთ უბანში, რომელიც ამოირჩევა როგორც შემთხვევითი სინჯი. მეორე ხერხი მდგომარეობს იმაში, რომ მთელ ტერიტორიას წინასწარ დაყოფენ უბნებად ისე, რომ თითოეულმა მათგანმა შეასრულოს სინჯის როლი. აღწერის წინ განსაზღვრული რაოდენობის უბანს შემთხვევითი სახით ამოიჩევენ (შემთხვევით რიცხვთა ცხრილებით) და ჩაატარებენ აღწერას. ამ შემთხვევაში სისტემატური შეცდომები რაოდენობის შეფასებაში არ გვექნება. სტატისტიკური შეფასების ემპირიული შეფასება ამონარჩევში შეესაბამება რაოდენობის შეფასების უალბათეს გადახრას მის ჭეშმარიტ სიდიდესთან.

3) სინჯის თანაბარი განლაგება. სინჯებს განალაგებენ თანაბარი თანამიმდევრობით, ჭადრაკულად ან ტერიტორიის ტოლ უბნებში თანაბრად განალაგებენ ერთნაირი რაოდენობის სინჯს. ამ შემთხვევაში საშუალო სიდიდის სიმჭიდროვის ბინადრობაში ცხოველთა რაოდენობის შეფასებისას სინჯებში სისტემატიური შეცდომა არ გვექნება. სტატისტიკური შეცდომის შეფასება ამორჩევის მიხედვით გაზრდილი იქნება ჭეშმარიტ შეცდომასთან შედარებით და სინჯის შემთხვევაში განლაგების დროს სიდიდით ახლოს იქნება სტატისტიკურ შეცდომასთან. სინჯის შემთხვევითი ამონარჩევის მეთოდის ორგანიზება და რაოდენობის გაანგარიშება ისეთნაირად უნდა აეწყოს, რომ თავი ავარიდოთ

სინჯის არათანაბარ განლაგებას. აგრეთვე რაოდენობის შეფასებაში სისტემატიური შეცდომა და ამ შეფასების სტატისტიკური შეცდომაც მივიღოთ სწორი მნიშვნელობისა. სისტემატური შეცდომის გაანგარიშება მნიშვნელოვანი შემადგენელი ნაწილი უნდა იყოს მოცემულ ტერიტორიაზე ცხოველთა რაოდენობის განსაზღვრის პროცესისა. სტატისტიკური შეცდომის სიდიდე არა მარტო მიღებული შეფასების სიზუსტის განსჯის საშუალებას გვაძლევს, არამედ, აგრეთვე გვაქვს შესაძლებლობა აღრიცხვიდან აღრიცხვამდე გავაკეთოთ ცხოველთა რაოდენობათა ცვალებადობის დასაბუთებული დასკვნები. გარდა ამისა, აღრიცხვისა და რაოდენობის გაანგარიშების სხვადასხვა მეთოდის შედარებისას იგი შეიძლება იყოს მათი განსაზღვრის კრიტერიუმიც.

რაოდენობის განსაზღვრის ამოცანა ამორჩევითი მონაცემებით მეთოდურად იშლება მრავალ ცალკეულ ოპერაციად, ოომელთა რიცხვშიც შეიძლება იყოს შემდეგი: ტერიტორიის გამოყოფა ბუნებრივ ან ადმინისტრაციულ-სამეურნეო რაიონებად (ზონებად), ზონალური ექსტრაპოლიაციის ჩასატარებლად; სავარგულების ტიპებად დაყოფა განცალკევებული ექსტრაპოლიაციისათვის; ამორჩევითი აღწერის ფართობებისთვის უბნების გამოყოფა, შემდგომში ცხოველთა ბინადრობის სიმჭიდროვის ამორჩევითი მონაცემების მისაღებად; გამოყოფილ უბნებში ცხოველთა ბინადრობის სიმჭიდროვის გაანგარიშება; სავარგულების ტიპებში და ზონებში რაოდენობისა და სტატისტიკური შეცდომების გაანგარიშება მოცემული მთელი ტერიტორიისათვის.

ტერიტორიის დაყოფის დროს ცდილობენ, რომ გამოყოფილ ზონაში ცხოველების ბინადრობა მეტნაკლებად თანაბრად იყოს განლაგებული, ვიდრე მთლიან ტერიტორიაზე. ამით მნიშვნელოვნად მოვიგებთ რაოდენობის სიზუსტის შეფასებისას. ზონებად შეიძლება შეირჩეს ბუნებრივი ფიზიკურ-გეოგრაფიული რაიონები, აგრეთვე ადმინისტრაციულ-სამეურნეო ერთეულები, იმდენად, რამდენადაც იმითაც ხშირად ცხოველთა ბინადრობის სხვადასხვა სიმჭიდროვე გააჩნიათ. სავარგულების ტიპების მიხედვით შესაძლებელია განცალკევებული ექსტრაპოლიაციის ორი ვარიანტი. რუკაზე სავარგულების ტიპების გამოყოფისას თითოეული მათგანი წარმოადგენს ზემოთ ჩამოთვლილ ზონას. თუ ცნობილია ცალკეული სავარგულით დაკავებული ფართობები (მაგალითად, ტყით დაფარული ფართობები), მაშინ განცალკევებული ექსტრაპოლიაციისათვის აუცილებელია ვიცოდეთ კიდევ ამონარჩევში სავარგულთა ტიპების ფართობები. ე. ი. ტერიტორიის იმ უბანზე, რომელზედაც გამოკვლევა ტარდება ჰაერიდან. არანაკლებ ყურადღებას აქცევენ ექსტრაპოლიაციის მიზნებისათვის ტერიტორიის დარაიონების საკითხებს. ამ უკანასკნელს კი დარაიონებისა და განცალკევებული ექსტრაპოლიაციის როგორც ეფექტურ მეთოდს რატომღაც ნაკლებად იყენებენ.

ზონების ან სავარგულების ტიპების გამოყოფის დროს საჭიროა თვალყური ვადევნოთ, რომ ყოველ გამონაყოფში იყოს ამორჩეული ფართობის გარკვეული ნაწილიც, რომლისთვისაც ავიაგამოკვლევა ჩატარდა. ზონების გამოყოფა შეიძლება ჩავატაროთ ეტაპურად და ყოველ ეტაპზე შევიტანოთ დარაიონების ახალი კრიტერიუმი. მაგალითად, რეგიონალური ავიააღწერისას ექსტრაპოლიაცია თითოეულ ადმინისტრაციულ რაიონში შეიძლება ჩატარდეს სავარგულების ტიპების მიხედვით ცალცალკე. ზონების გამოყოფის დროს თავი უნდა ავარიდოთ მათი ერთი ნიშან-თვისებებით გამოყოფას. ტერიტორიის გეოვრაფიული ან ადმინისტრაციულ-სამეურნეო დარაიონების ჩატარების შემდეგ ცალკეულ რაიონში (ან მთელ ტერიტორიაზე, სადაც დარაიონება არ ჩატარებულა) შეიძლება დარჩეს საკმარისად განშტოებული ამორჩევითი ფართობები. ამ შემთხვევაში ექსტრაპოლიაციის არენის შეკუმშვას და ამავე დროს ცხოველთა რაოდენობის გაანგარიშების სიზუსტეს მთელ ტერიტორიაზე შესაძლებელია მივაღწიოთ გამოყოფილი რაიონის „გეომეტრიულ“ ზონებად დაყოფით.

ამორჩევითი ფართობების უბნებად გამოყოფის მიზანია მივიღოთ ის ზონა, სადაც ჩატარდება ექსტრაპოლიაცია ამორჩევითი უბნების ცალკეული უბნისთვის, რომლებიც თავიანთი განლაგებით წარმოგვიდგენენ მთელ ზონას და არა მის რომელიმე ნაწილს. ამავე დროს, ორი სინჯის მისაღებად შეიძლება გამოვიყენოთ იგივე ხერხი, რაც „გეომეტრიული“ ზონის გამოყოფისას.

ტერიტორიების ზონებად დაყოფისა და ამორჩეულ ფართობებზე ცალკეული უბნის გამოყოფის შემდეგ ანგარიშობენ თითოეული უბნისათვის ცხოველთა ბინადრობის სიმჭიდროვეს. როდესაც უბანთა საზღვრები მოცემულია, ჯერ ანგარიშობენ მათ ფართობებს, შემდეგ კი მოცემული უბნისათვის ცხოველთა ბინადრობის სიხშირეს გაიანგარიშებენ ფორმულით:

$$a = \frac{n}{s}, \qquad (16.5)$$

სადაც n არის სულადობის რაოდენობა, რომელიც აღმოჩენილია ჰაერიდან მოცემულ უბანზე;

S — უბნის ფართობი.

ცხოველთა ბინადრობის სიმჭიდროვეს (სიხშირეს) ასეთი უბნისათვის განსაზღვრავენ ფორმულით:

$$a = \frac{n}{LB}, \qquad (16.6)$$

სადაც L არის უბნის სიგრძე, ხოლო B — ზოლის სიგანე.

მიღებული (16.5) და (16.6) ფორმულებით შეიძლება მივიღოთ ცხოველთა სიმჭიდროვის ზუსტი შეფასება იმ შემთხვევაში, როცა გამოტოვილ ცხოველთა რაოდენობა მცირეა და შეიძლება მხედველობაში არ მივიღოთ. მნიშვნელოვანი რაოდენობით გამოტოვების შემთხვევაში ფორმულაში შეაქვთ შესწორებები, რომელთა კოეფიციენტებიც განისაზღვრება ფორმულებით:

$$a=\frac{n}{Sc} \qquad \text{და} \qquad a=\frac{n}{LBc}, \tag{16.7}$$

სადაც c არის გამოტოვილის მაჩვენებელი და ტოლია ცხოველთა აღწერის დროს აღმოჩენილთა ნაწილის, რომელიც ტოლია:

$$c=c_{აბს.} \cdot c_{ფარდ.} \tag{16.8}$$

სადაც $c_{აბს.}$ არის გამოტოვებულის აბსოლუტური მაჩვენებელი და რიცხობრივად ტოლია აღწერის ზოლის ფარგლებში აღმოჩენის უდიდესი ალბათობისა, ე. ი. $c_{აბს.}=P_{max}$, ხოლო $c_{ფარდ.}$ გამოტოვილის ფარდობითი მაჩვენებელი, რომლის სიდიდეც განისაზღვრება აღმოჩენის ალბათობის ინტეგრალით:

$$c_{ფარდ.}=\frac{P}{P_{max}}=\frac{1}{P_{max}B/2}\int_0^{B/2}p(y)dy \tag{16.9}$$

თუ $c_{აბს.}=1$, ხოლო შერჩეული ზოლი კი იმდენად ვიწროა, რომ $c_{ფარდ.}=1$, მაშინ ცხოველთ ბინადრობის სიმჭიდროვე ზოლში შეიძლება გავიანგარიშოთ ისე, რომ არ შევიტანოთ შესწორების კოეფიციენტები.

სამონადირეო გარეულ ცხოველთა და ფრინველთა აღწერაში ავიაციის გამოყენებით ყველა პარამეტრის დადგენაში ფართოდ შეგვიძლია გამოვიყენოთ სტატისტიკისა და ვარიაციის სხვადასხვა ხერხები და მეთოდები. სიზუსტის მისაღწევად საჭიროა მრავალი ფაქტორის გავლენის მხედველობაში მიღება.

16.3 ავიაციის გამოყენება სამონადირეო სავარგულების ტაქსაციის ჩასატარებლად

სამრეწველო ან სპორტული სამონადირეო მეურნეობის შექმნისა და ორგანიზებისას, სამონადირეო რესურსების რაციონალურად ათვისების ხერხების შემუშავებისათვის, საჭიროა გვქონდეს ცნობები საკვლევი ტერიტორიის სამონადირეო მეურნეობათა სავარგულების ხარისხის შესახებ. ამ მიზნით, მცენარეული ჯგუფის შემადგენლობიდან უნდა გამოვყოთ ისეთი ტიპოლოგიური ან რეგიონალური ერთეულები, რომლებიც ერთის მხრივ მთლიანად ასახავენ ბუნებრივი პირობების ერთ-

ნაირობას და. მეორე მხრივ კი სწორად აღწერენ სამონადირეო ცხოველთა სივრცობრივ განლაგებას. ე. ი. მკვეთრად გაირჩეოდნენ როგორც საკვები, ისე თავდაცვითი პირობებით. აგრეთვე. იქ სამონადირეო ცხოველების ბინადრობის სიმჭიდროვითაც.

ტერიტორიული ერთეულის გამოყოფა. ჩვეულებრივ. ხდება როგორც სატყეო-ტიპოლოგიურად. ისე ტერიტორიის ლანდშაფტურად დაყოფით. ტერიტორიული ერთეულის სატყეო-პათოლოგიური პრინციპის საფუძველზე. ჩვეულებრივ. გამოყოფენ მერქნის ჯიშების შემადგენლობას. ადგილაღმოცენების პირობების. ასაკისა და ნარგავების შეკრულობის მიხედვით. ვაკე. დაცემულ სამონადირეო სავარგულების მრავალსახეობა ადგილაღმოცენების პირობების მიხედვით შეიძლება გავაერთიანოთ 6 ჯგუფში: ვაკე-არადრენირებულით: განვითარებული რელიეფით: ველებითა და ჭალებით: ვაკე-დრენირებულით: ბორცვიანი: დამრეცი დაქანებებით: სამონადირეო სავარგულების კოროძის ასაკის მიხედვით იყოფა: ნორჩი ტყე (1 15 წლამდე). საშუალო ასაკის (20 — 60 წ) და ხნიერი (60 წ-ზე ზევით). ხოლო სისრულის მიხედვით ხშირი ტყე (ნერგის 0.5 და მეტი სისრულის) და მეჩხერი ტყე (0.4-ზე ნაკლები სისრულის).

სატყეო-სამონადირეო სავარგულების ტიპოლოგიის ჩასატარებლად ჩვეულებრივ. ტყეთმოწყობის მასალებს იყენებენ: სატყეო-პათოლოგიურ რუკებს, სატყეო-სამეურნეო და ტაქსაციურ აღწერებს და სხვა. მაგრამ ხშირ შემთხვევაში ძნელად მისადგომი ტერიტორიების სატყეო-პათოლოგიური რუკები ან სრულებით არ არის შედგენილი ან თუ არის. შესრულებულია წვრილ მასშტაბში. რაც ნაკლებად გამოსაყენებელია მონადირეთმოწყობის პრაქტიკული სამუშაოებისათვის. ამიტომ, ასეთ ადგილებში სამონადირეო სავარგულების შემადგენლობისა და ხარისხის თანაფარდობათა გამოსარკვევად ატარებენ სავარგულების აეროვიზუალურ ტაქსაციას. რომელიც შედგება სამი ძირითადი ეტაპისაგან მოსამზადებელი პერიოდი. სავარგულების გამოკვლევა უშუალოდ ჰაერიდან და მასალების კამერული დამუშავება.

აეროვიზუალური სავარგულების ტაქსაციას ასრულებენ თვითმფრინავიდან 75 — 100 მეტრის სიმაღლიდან, ვერტმფრენით 50 მეტრიდან. ოპტიმალური სიჩქარეა შესაბამისად 120 160 და 40 80 კმ/სთ. ამ სამუშაოების ჩატარების საუკეთესო დროა გაზაფხული — მთლიანად შეფოთვლამდე ან შემოდგომით. როცა ფოთლები იწყებენ სხვადასხვა ტონით შეფერვას. ტაქსაცია შეიძლება ზამთარშიაც შევასრულოთ — სამონადირეო ცხოველთა აღწერასთან ერთად. როცა თოვლის საფარი მდგრადია. მიუხედავად იმისა. რომ ამ დროს ფოთლოვანთა ჯიშების ამოცნობა ძალზე ძნელია. სამაგიეროდ, რამდენადმე ზუსტად შეგვიძლია განვსაზღვროთ სხვა ტაქსაციური მაჩვენებლები: წიწვოვანთა ჯიშების მონაწილეობა და ნარგავთა ასაკი.

ფრენის დროს საფუძვლად უდევს შტურმანის ან ტოპოგრაფიული რუკები. შესწავლილი ფართობის მიხედვით სხვადასხვა მასშტაბის რუკები (30 — 50 ათასი ჰა-თვის 1:10000₵, ხოლო უფრო დიდი ფართობებისათვის 1:300 000 — 1:500 000 მასშტაბის რუკები). ასეთ რუკებზე ორიენტირიდან ორიენტირამდე გაჰყავთ სატაქსაციო მარშრუტები. გაიანგარიშებენ ფრენის კურსს, მონიშნავენ ტექნიკის ბაზირების ადგილებს. ორიენტირებად შეარჩევენ მდინარის მოსახვევებს, ტბებს, მსხვილ დასახლებულ პუნქტებს, გზაჯვარედინებს, ჭაობებსა და ა. შ. თუ ტექნიკის ბაზირებისთვის შერჩეულია უბნის ცენტრი, მაშინ სატაქსაციო მარშრუტებს განალაგებენ რადიალურად. მარშრუტების სიხშირე ტერიტორიის 100 ჰა-ზე უნდა შეადგენდეს არანაკლებ 0.5 — 1 კმ-ს.

სხვადასხვა ტიპის სატყეო სავარგულების ტაქსაციური მაჩვენებლების დასადგენად დამკვირვებელმა უნდა იცოდეს ის მახასიათებელი ნიშან-თვისებები, რომლებიც საშუალებას გვაძლევენ მკაფიოდ გავარჩიოთ ტყის წარმომქმნელი ერთი ჯიში მეორესაგან. სხვადასხვა კოროძისათვის ნიშან-თვისებები შეიძლება იყოს როგორც პირდაპირი, ისე არაპირდაპირი: კოროძის ვარჯის ფორმა, სიხშირე და კომპაქტობა, ტოტებისა და წიწვის ფერი. ღეროს ფორმა, ტოტების ჩონჩხის მდგომარეობა და ქერქის ფერი. ტაქსაციურ ნიშან-თვისებას, რომლის საშუალებითაც განისაზღვრება ნარგავთა ხნოვანება, წარმოადგენს კოროძის სიმაღლე, ვარჯის ფორმა და საბურვლის გამჭვირვალობა. უფრო დიდი ასაკის ხეებს ვარჯი შეთხელებული აქვს ვიდრე ახალგაზრდას. ასაკის განმასხვავებელი ნიშან-თვისებებია აგრეთვე კოროძის სიხშირეც, ე. ი. რაც უფრო ხნოვანია ხეები, მათ შორის დაშორების მანძილიც საშუალოდ უფრო მეტია. ფიჭვნარი ტყეების ძირითადი განმასხვავებელი ნიშან-თვისებაა ვარჯის ფერი, ფორმა, აგებულება და ღეროს ფერი. ჰაერიდან დაკვირვებისას ახალგაზრდა და საშუალო ასაკის ფიჭვს კონუსისებრი ვარჯი აქვს, ხოლო უფრო დიდი ხნოვანების ხეებისათვის დამახასიათებელია პარაბოლური ან არასწორად მომრგვალებული ფორმის ვარჯი. წიწვები გაზაფხულობით მწვანეა, ხოლო შემოდგომითა და ზამთრობით წაბლისფერ-მომწვანო. 80 — 100 მეტრის სიმაღლიდან კარგად ეტყობა ნარინჯისფერი ტოტების ჩონჩხი და ღეროს მუქი ყავისფერის ქერქი.

წმინდა ნაძვნარის ტყეები ხშირად გვხვდება მდინარეებისა და ნაკადულების ჭალებში. ზოგჯერ მცირე მასივებითაც გვხვდება ვაკე ადგილების დაჭანებებში: ნაძვის ნიშან-თვისებების მახასიათებელია ვარჯის ვიწრო-პირამიდული ფორმა, თანაც ტოტები დაშვებულია დედამიწის ზედაპირამდეც. გაზაფხულსა და შემოდგომაზე წიწვი მუქი მწვანე ფერისაა, ხოლო ზამთარში — რუხი შეფერილობის. ფრენის მუშა სიმაღლიდან ვარჯის კონუსისებრი ფორმის გამო, ხეების ღერო ცუდად

მოჩანს. დიდი ასაკის ხეების ღერო მუქი ნარინჯისფერი. ხოლო ახალგაზრდა ნაძვისა მუქი რუხი. ნაძვნარების თანმხლები არყისა და ვერხვის ხეებია. იშვიათად კი ფიჭვი და კედარი.

შედარებით ცუდად ამოიცნობა ჰაერიდან სოჭნარები. რადგანაც ბევრად წააგავს ნაძვნარს. ამ ჯიშების ერთმანეთისგან განმასხვავებელი ძირითადი ნიშან-თვისებებია პირველ რიგში სოჭის სანთლისმაგვარობა. ვარჯი წვეტიანია. ღეროს ქერქი რუხი ან მუქი რუხი. მნიშვნელოვანი განმასხვავებელი ნიშან-თვისებაა მათი ადგილაღმოცენების მიხედვით განსხვავება. სოჭნარები ძირითადად კარგად ეწყობიან შემაღლებული ფორმის რელიეფს. ნაძვისაგან განსხვავებით სოჭი იშვიათად გვხვდება მდინარის ველებსა და ჭალებში.

ხნიერი წმინდა ვერხვის კოროში იშვიათად გვხვდება. უფრო ახალგაზრდა ვერხვები ხშირია გადამწვარი და გაჩეხილი ტყის ადგილებში. სხვა ფოთლოვანი ხეებისგან გამოირჩევა ვარჯის ფორმითა და ქერქის ფერით. ახალგაზრდა ვერხვებს ვარჯის ფორმა ელიფსოიდური აქვს. ხოლო ხნოვანს — კონუსური და მიმართულია ქვემოთ. შტამბის ქვედა მხარეს ქერქი მუქი რუხი ფერისაა.

სამონადირეო ფოთლოვანი სავარგულები თოვლის საფარის დროს კარგად ამოიცნობა. ზამთრის პერიოდში პირდაპირი ხაზებითა და მკაფიო მკვეთრი კონტურებით ვაკე ან მთაგორიან რელიეფზე კარგად გამოიყოფა სასოფლო-სამეურნეო სავარგულები. მინდვრები, სათიბები და საძოვრები.

სამონადირეო სავარგულების აეროვიზუალური ტაქსაციის მნიშვნელოვანი ნაწილია მასალების კამერული დამუშავება. მუშაობას იწყებენ ყველა მარშრუტზე ფრენის მონაცემების განზოგადებით. სამონადირეო სავარგულების ტიპების ან ჯგუფების გამოყოფით და სასინჯი ფართობების ტაქსაციური მახასიათებლების ტიპოლოგიური ერთეულებისადმი მიკუთვნებით. რისთვისაც სასინჯ ფართობებს აანალიზებენ ტყეთწარმომქმნელი ჯიშების შემადგენლობით, სისრულით, ადგილაღმოცენების პირობებითა და ნარგავთა ასაკით. მიღებული მასალებით ადგენენ ერთიან ცხრილებს, სადაც ნაჩვენებია მარშრუტების საერთო სიგრძე, სინჯის რაოდენობა, რომელიც მიეკუთვნება ამა თუ იმ ტიპოლოგიურ ერთეულს. აჯამებენ ყველა მარშრუტის ტაქსაციის შედეგებს და გაიანგარიშებენ კვლევის მთლიანი ტერიტორიისათვის სავარგულების პროცენტულ თანაფარდობას.

სხვადასხვა სამონადირეო მეურნეობის ორგანიზებისათვის იყენებენ სამონადირეო მოწყობის პროექტებს. პროექტის აუცილებელი ნაწილია სამონადირეო მოწყობის რუკები და სქემები. ტიპოლოგიური სქემატური რუკები და სხვა.

სამონადირეოს მომწყობნი გამოყოფენ სხვადასხვაგვარ ტიპოლოგიურ ერთეულებს — ტაქსაციურ გამონაყოფებს, სამონადირეო სავარგულების ტიპებს ან ჯგუფთა ტიპებს. იქ, სადაც ტყეთმოწყობა არ ჩატარებულა, ან ჩატარებულია, მე-3, მე-4 თანრიგისა და სამონადირეო სავარგულების ხარისხოვანი ტიპოლრგიური სქემატური რუკების შესადგენად საკმარისი ინფორმაცია არ გაგვაჩნია, ამ მიზნებისათვის იყენებენ აეროფოტოგადაღების მასალებს, რომელიც იქმნება სპეციალიზებული საწარმოო ორგანიზაციების მიერ. აღნიშნული მასალების წარმატებით გამოყენებისათვის სამონადირეო მომწყობებმა კარგად უნდა იცოდნენ აეროფოტომასალებისადმი წაყენებული ის ტექნიკური მოთხოვნილებანი, რომელიც წინა თავებშია აღნიშნული. ამ შემთხვევაშიც ისე, როგორც სატყეო დეშიფრირებისათვის, გადასაღებ ყველაზე კარგ აეროფირად მიღებულია სპექტროზონალური აეროფირი CH — 23 ან CH — 2M. გამოყოფილი საზღვრების ზუსტი ამოცნობისათვის და ზოგიერთი ტაქსაციური მაჩვენებლის გამოსავლენად დიდი მნიშვნელობა აქვს აეროსურათის მასშტაბის შერჩევას. დადგენილია, რომ უმჯობესია 1:5000 — 1:15000 მასშტაბის აეროსურათების გამოყენება.

აეროფოტომასალების საფუძველზე სავარგულების ტიპოლოგიის ჩასატარებლად მუშაობას იწყებენ დაფენითი მონტაჟის შედგენით. შეაფასებენ გადაღების გრძივ და განივ გადაფარვებს, მარშრუტების პარალელურობას, თუ ეს პირობა დარღვეულია და აღემატება 3 %, მაშინ ეს მარშრუტი უნდა გადაკეთდეს. სხვა ყველა ტექნიკური პირობები უნდა აკმაყოფილებდეს იმ მონაცემებს, რასაც ადრე გავეცანით.

აეროსურათების დეშიფრირების პროცესი იყოფა ორ ეტაპად. პირველში ტაქსატორები ასრულებენ მორფოგრაფიულ დეშიფრირებას, ე. ი. გამოყოფენ ერთგვაროვან გამონაყოფებს, რისთვისაც ყურადღებას ამახვილებენ ზომებზე, კონფიგურაციაზე, გამოსახულების ფერზე და ტონზე. ფართოდ იყენებენ მარტივ სტერეოხელსაწყოებს, წყვილი აეროსურათით სტერეოსკოპიული ეფექტის მიღებას. ერთი სიტყვით, ყველა იმ პირობების დაცვას, რაც დეშიფრირებისას იყო განხილული. ტაქსაციური სამუშაოების ჩატარებას შეახამებენ ჰაერიდან აეროტაქსაციასთან.

ფერად სპექტროზონალურ აეროსურათებზე ნაკაფის განახლების შემადგენლობაზე შეგვიძლია ვიმსჯელოთ ფერის მიხედვით. წიწვიანი ჯიშები გამოსახულია მწვანე ფერით, ფოთლოვანი — მონარინჯისფერომეწამულით. გადანარუჯის ფერად სპექტროზონალურ აეროფოტოსურათებზე გამოისახება ციისფერიდან მონარინჯისფერომდე, რაც დამოკიდებულია ხეთაწყობისა და ბალახოვანი საფარის ხასიათზე. გადანარუჯის საზღვარი უსწორმასწოროა (დაფლეთილი ხასიათის). ხმელ ხეებს

ფერად სპექტროზონალურ აეროფოტოსურათებზე უმეტესად ღია ლურჯი ან მომწვანო-მოლურჯო ფერი აქვს, ხოლო პანქრომატულ აეროფოტოსურათებზე გადანარუჯს ღია ფერი აქვს, ინფრაქრომატულზე — მუქი რუხი. გაშიშვლებულ ადგილებს შავ-თეთრზე და სპექტროზონალურ აეროფოტოსურათებზე სხვადასხვა ფერი აქვს.' ბალახეული საფარის ხასიათის მიხედვით და ხშირ შემთხვევაში ჰგვანან სათიბებს.

ჭაობებს საზღვრავენ ყოველგვარი სიძნელეების გარეშე. თუ ჭაობი არ შეიცავს მერქნიან მცენარეებს შავ-თეთრი გამოსახულების აეროსურათზე ერთგვაროვანი მუქი რუხი ტონი აქვს. სპექტროზონალურზე — ღია ნარინჯისფერი. მერქნიან მცენარეებს საერთო ფონზე აქვთ გაფანტული ლაქები, რომელთა ფერიც დამოკიდებულია ჯიშზე.

ჭაობის ტიპების დეშიფრირებისას ითვალისწინებენ მერქნიანი მცენარეების ხასიათსა და რელიეფს.

სამონადირეო ცხოველების ტერიტორიაზე განლაგების შესწავლისას კარგ შედეგებს იძლევა თოვლის საფარზე ცხოველთა კვალის ამოცნობა და ამ მიზნით ჩატარებული სპეციალური მსხვილმასშტაბიანი აეროფოტოგადაღებები. ცხოველთა კვალის გადაღების ყველაზე კარგი პერიოდია ზამთრის მეორე ნახევარი, (1:500 — 1:5000 მასშტაბი), თოვლის მოსვლიდან მეორე-მესამე დღეს. ასეთი გადაღებები უფრო დამაჯერებელია ფოთლოვანი ტყეებისათვის, შეკრულ ნაძვნარებში და ფიჭვნარებში, რადგანაც ცხოველები ვარჯის ქვეშ მოძრაობენ, მათი კვალი ხშირად წყვეტილად მოჩანს. მაგრამ ერთი მიმართულებისაა და ამიტომ მათი კვალის აღდგენა ძალზე ადვილია თვით წიწვოვან ნარგავთა ვარჯის ქვეშ. საკმაოდ ძნელია ქოსმენთა კვალის დეშიფრირება, რადგანაც ისინი ხშირად გადაიკვეთებიან და თან ერთმანეთს ემთხვევიან.

ცხოველთა სახეობის დადგენა მათი კვალის მიხედვით აეროსურათზე უნდა მოხდეს პირდაპირი და არაპირდაპირი ნიშან-თვისებებით. პირდაპირ ნიშან-თვისებებს მიეკუთვნება: კვალის ხასიათი, ცხოველების სხვადასხვა სიჩქარის მოძრაობით ანაბეჭდების განლაგება, ანაბეჭდებს შორის საშუალო მანძილი, თოვლის ჩაჭყლეტის სიღრმე და ანაბეჭდის მკაფიოობა და სხვა. არაპირდაპირ ნიშან-თვისებებს მიეკუთვნება: სამონადირეო სავარგულების ტიპი, ნაწოლი, ნათხარი, მინალეწი და ა. შ. ყველაზე უკეთ აეროსურათებზე ამოიცნობა ქოსმენთა კვალი. მაგალითად. შვლის ნაკვალევი კარგად დეშიფრირდება მსხვილმასშტაბიან აეროსურათზე. ისინი წვრილი, მკვეთრი და ღრმად ჩაჩხვლეტილია. მათი ნაბიჯის სიგრძე წყნარი სვლისას 30 — 45 სმ. შველი სხვა ქოსმენებზე უფრო ხშირად ოთხით დარბის, რის გამოც კვალის მოხატულობაც იცვლება და მანძილიც კვლებს შორის იზრდება 2 მეტრამდე. ხოლო შეშინებისას მას შეუძლია გადახტეს 2 — 6 მ. შვლის ნაწოლი მრგვალი

და მუქი ფერისა, რადგან ის დაწოლამდე თოვლს გადაყრის მიწის ზედაპირის გამოჩენამდე.

აეროსურათებზე კარგად ამოიცნობა გარეული ღორის ნაკვალევიც და ბილიკებიც ღრმა თოვლის პირობებში. გადასვლისას ისინი ერთმანეთს მისდევენ და თან თხრიან ვიწრო და ღრმა ბილიკს, ამიტომ ბილიკებზე მათი ნაფეხურები აეროსურათებზე არ ამოიცნობა. ნაფეხურებს შორის მანძილი ასაკისა და ინდივიდუალობის მიხედვით 45 — 50 სმ შეადგენს. აეროსურათზე უკეთესად ამოიცნობა კერატი ღორის ლაღობის ადგილი.

ამოცნობილ კვალს აეროსურათზე ამოსწევენ ფერადი ტუშით ისე, რომ სადეშიფრირო ხაზი ცოტათი კვლიდან გვერდზე გადიოდეს, რომ საჭიროების შემთხვევაში გავზომოთ ანაბეჭდებს შორის საშუალო მანძილი. კვალის დეშიფრირებას იწყებენ იმ უბნებიდან, საიდანაც ცხოველთა კვალი აეროსურათზე უკეთ შესამჩნევია. თუ ცნობილი გახდება ცხოველთა სვლის მიმართულება, მას უჩვენებენ ისრებით. ცხოველთა ნაწოლს წრეხაზით შემოხაზავენ.

ხეების ვარჯის ქვეშ დაკარგულ კვალს წერტილებით აღნიშნავენ, ხოლო ხეების ქვეშ სავარაუდო სვლას პუნქტირით.

ნაფეხურის ანაბეჭდებს შორის საშუალო მანძილს ცხოველთა წყნარი სვლის დროს სურათზე გაზომავენ 10 — 20 მკაფიო ნაკვალევის მონაკვეთებს. კვლის ანაბეჭდებს შორის მანძილს გაიანგარიშებენ ფორმულით:

$$l = \frac{L \cdot m}{n}$$

სადაც L არის აეროსურათზე მანძილი; n — კვლის რაოდენობა; m — სურათის მასშტაბი.

დეშიფრირების დამთავრების შემდეგ გამოითვლიან მთლიანი კვლის სიგრძეს, რისთვისაც იყენებენ კურვიმეტრს. ცხოველთა კვლის საერთო დატვირთვას აეროსურათზე შეუთანაბრებენ განსაზღვრულ ტიპოლოგიურ ერთეულს.

16.4 ავიაციის გამოყენება სამონადირეო ღონისძიებათა ჩატარებისას

სამონადირეო მეურნეობაში რეწვის პერიოდში ფართოდ გამოიყენება ავიაცია. ძნელად მისადგომ რაიონებში სამონადირეო სეზონის პერიოდში დღეისათვის ვერტმფრენებით გადაჰყავთ მონადირეთა ბრიგადები. ზამთრის სეზონში მიაქვთ მათთვის საკვები, მედიკამენტები, ტყვია-წამალი, ახალი გაზეთები და სხვადასხვა აღჭურვილობა. სარე-

წაო სეზონის დამთავრების შემდეგ კი გადმოაქვთ დამზადებული პროდუქცია. გადმოჰყავთ მონადირეები თავიანთ საცხოვრებელ ადგილებში. ავიაციის გამოყენებით შეგვიძლია თანაბრად გადავანაწილოთ სამონადირეო სავარგულებში მონადირეები, დავიცვათ რეწვის მორიგეობა.

ფრენის რაციონალურად გამოყენების მიზნით, სამუშაო რაიონის ტერიტორიაზე აწყობენ საბაზო პუნქტებს, სასაწყობო სათავსოებს, დროებით აეროდრომებს და სხვა.

ძირითად ბაზაზე ტვირთიც და ხალხიც გადაჰყავთ თვითმფრინავით, ხოლო შემდეგ მათ ვერტმფრენებით გადაიყვანენ სახადირო ადგილებში. გარდა აღნიშნულისა, ავიაცია დღეისათვის ფართოდ გამოიყენება ჰაერიდან ზოგიერთ ცხოველთა დასახოცად; სამონადირეო მეურნეობაში, მრავალ ბიოტექნიკურ და დაცვით ღონისძიებაში. მაგალითად, უკანასკნელ წლებში ინტენსიურ მეცხოველეობაში ვერტმფრენი დიდ როლს ასრულებს მგლების ჰაერიდან დახოცვაში, სპორტულ სამონადირეო საქმიანობაში.

მეორე მსოფლიო ომის დროს მგლების რიცხვი მთელს კავშირში მნიშვნელოვნად გაიზარდა. ეს გამოწვეული იყო იმით, რომ ბევრი მონადირე გაწვეული იყო ფრონტზე და მაშინდელი გამოკვლევებით მგლების რიცხვმა 50-იან წლებში 100 ათასს მიაღწია, ხოლო მათ მიერ განადგურებულმა შინაურმა ცხოველების რიცხვმა წელიწადში 200 ათას სულს მიაღწია. სამონადირეო მეურნეობებმა ამ მტაცებლების წინააღმდეგ ბრძოლაში ყველა ღონისძიება გამოიყენეს, მათ შორის ავიაციაც. კერძოდ, იმ პერიოდში ფართოდ იყენებდნენ პოლიკარპოვის კონსტრუქციის ПО-2 თვითმფრინავს.

დღეისათვის სამონადირეო ორგანიზაციებს მგლებთან ბრძოლაში ძირითადად შეუძლიათ გამოიყენონ ვერტმფრენები МИ-4, МИ-6, МИ-8, აგრეთვე ვერტმფრენი КА-26. მათგან კარგად მოჩანს ადგილმდებარეობა და ამავე დროს, სატვირთო ლუკიდან შესაძლებელია დამზერაც და უშიშრად სროლაც. სამგზავრო სალონში უკანა კარი შემინულია და უკანა მხრიდან დაკვირვების საშუალება არსებობს, გვერდითი ილუმინატორებიდან აკვირდებიან აქეთ-იქით ორივე მხარეს. სამგზავრო სალონი აღჭურვილი უნდა იყოს გადასალაპარაკებელი მოწყობილობით СПУ, ხოლო ლუკის ზემოდან გადაჭიმული უნდა იყოს 15×15 სმ ზომის უჯრედებიანი კაპრონის ბადე. გარდა ამისა, ვერტმფრენი დაკომპლექტებული უნდა იყოს: ორი თოფით (12 კალიბრიანი ან „ბრაუნინგის“ სისტემის), სავაზნეებით, (ერთი გაფრენისათვის არა ნაკლები 50 ცალი ვაზნით), სარაკეტო იარაღით (20 — 30 რაკეტის მარაგით), ორი წყვილი სამონადირეო თხილამურით, ცულით, დანით, კომპასით, სამუშაო ადგილის სქემატური რუკებით, 10 — 15 მეტრი სიგრძის დაკეცილი კაპრონით, ძონძებით, 10 — 15 სასიგნალო ალამით (1 — 1,5 მეტრიან

ჯოხზე დამაგრებული მკაფიო ნაჭრით. ჯოხის ბოლოზე წამოცმული უნდა იყოს 400 — 500 გრ ტვირთი), რომელიც ვარდება ვერტიკალურად და ეფლობა თოვლში, რაც ორიენტირებას უკეთებს მოკლული მგლის მდებარეობას. გარდა აღნიშნულისა, სალოწში უნდა იყოს სააფთიაქო ჩანთა, საკვების მარაგი, ბრეზენტი დახოცილი მგლების შესახვევად და სხვა აუცილებელი საგნები.

ვერტმფრენიდან მგლებზე ნადირობისას განსაკუთრებულ მოთხოვნილებას უყენებენ ვაზნების დატენვას. ვაზნის წამლის დოზა ჩვეულებრივ ნორმაზე მეტი უნდა იყოს 0.2 — 0.3 გრამით. მაღალი ხეებიდან ტყეში სროლის დროს უმჯობესია გამოვიყენოთ 7,1 მმ კარტეჩი (მსხვილი საფანტი). ასეთი ვაზნებით მხეცებს შეიძლება ვესროლოთ ხეების ვარჯქვეშ 50 — 60 მ სიმაღლიდან. ხოლო გაშლილ ველზე ან ბუჩქნარების პირობებში მიზანშეწონილია გამოვიყენოთ 5.8 მმ-იანი კარტეჩი.

ნადირობის დროსა და წელს განსაზღვრული მნიშვნელობა აქვს. ცივ და ქარიან ამინდში მგლები ძირითადად უნდა ვეძებოთ ხევებში ან ტყის წყნარ ადგილებში, ხოლო თბილ და წყნარ ამინდში ისინი წვანან იქ, სადაც მოუხდებათ. ხშირად შეიძლება შეგვხვდნენ ღია ადგილებში. მგლებზე სანადიროდ ყველაზე კარგ პერიოდად თვლიან ზამთარ-გაზაფხულს. ამ დროს თოვლის საფარი ღრმა არის და მტაცებლებს უჭირთ ტყეში ღრმა თოვლში სიარული, ამიტომ ისინი უმეტესად გამოდიან ტყის პირებზე ან მდელოებზე.

მგლებზე სანადიროდ წინასწარ უნდა გვქონდეს ინფორმაცია მონკავშირთა, მეთევზეთა, მეტყევეთა, ეგერებისა და სხვა ინსპექციებისგან, თუ სად არიან გავრცელებულნი, ან რა რაოდენობით არიან სავარაუდო რაიონის ტერიტორიაზე. ასეთი მონაცემების საფუძველზე ნაკლები დანახარჯებით და მაღალნაყოფიერად შესრულდება სამუშაო. ფრენის ყოველდღიური მარშრუტი შეთანხმებული უნდა იყოს აეროპორტის სადისპეტჩერო სამსახურთანაც. კარგი იქნება თუ ფრენის დროს გამყოლებად მიწვეული იქნებიან მგლებზე სანადირო ტერიტორიის მცოდნე მეტყევეები ან ეგერები, რომლებიც ჰაერიდან კარგად და უშეცდომოდ იღებენ ორიენტაციას. გამოცდილმა ეკიპაჟმა კარგად იცის მგლების სავარაუდო ყოფნის ადგილები და ამიტომ ისინი ეძებენ ამორჩეულ ადგილებში. მაგალითად, დღისით ისინი ისვენებენ შემაღლებულ ადგილებში, ტყისპირებში, ტყის მდელოებში, განაკაფებში, მდინარე ბისა და ტბების მახლობელ ფერდობებზე. ღია ადგილებში მგლის აღმოცნობა შეიძლება ორი კმ-ის მანძილიდან, განსაკუთრებით კი თოვლის საფარის ფონზე. მგელზე სროლისათვის ძალზე დაბალი სიმაღლის ფრენაც სასურველი არ არის, რადგანაც ვერტმფრენის ქვეშ მგელი მკვეთრად იცვლის მიმართულებებს და სროლაც ძნელდება, აცდენებიც

ხშირია. სროლის ოპტიმალური სიმაღლეა ღია ადგილებისათვის 100 მ. ხოლო ტყიან ადგილებში 50 მ. ორი მგლის შეხვედრისას პირველ რიგში უნდა მოიკლას ძუ მგელი, რადგან ხვადი მგელი დიდხანს არ ტოვებს იმ ტერიტორიას და თუ პირველ დღეს ვერ იქნა ისიც მოკლული, მაშინ მეორე-მესამე დღეს მისი პოვნა იმავე ადგილებში ადვილი იქნება.

საკმაოდ რთულია გაზაფხულობით მგლების ხროვაზე ნადირობა, რადგან პირველი გასროლისთანავე ისინი სხვადასხვა მიმართულებით გარბიან. დაჭრილი მგელი დადევნებისას ძალზე შორს გარბის და ამიტომ დადევნება მიზანშეწონილი არ არის, რადგან ამ დროს სხვებს გავუშვებთ ხელიდან. მგელს 2 — 3 წუთში შეუძლია შემოურბინოს ძველ ადგილს 1 — 2 კმ-ზე და ამიტომ ისინი უნდა ვეძებოთ ნასროლიდან 1 — 2 კმ-ის რადიუსით. გარდა ამისა, მგელს სწრაფად უმუშავდება ვერტმფრენის მიმართ რეფლექსი და ამიტომ არცერთი მგელი ხროვიდან ცოცხალი არ უნდა იქნეს გაშვებული. ფრენის სიჩქარე სროლის ან დევნის დროს უნდა იყოს თანაბარი და მუდმივი. უშედეგო სროლის შემდეგ არ არის საჭირო მონადირის ნასროლზე კომენტირება, რადგან ეს უფრო აღიზიანებს მას სროლის დროს და კარგავს ყურადღებასაც.

უკანასკნელ წლებში ჩვენი ქვეყნის ცალკეულ რაიონში ავიაციას ხშირად იყენებენ ჩლიქოსნებზე ნადირობისას. ჩლიქოსნებზე ნადირობა ავიაციით საშუალებას გვაძლევს დროულად ჩავატაროთ პოპულაციიდან სელექციური ამოღებებიც მახინჯი და ტრავმირებული ცხოველებისა. ამოსაღებ ცხოველს ვერტმფრენით შეავიწროებენ მოცემული მარშრუტის მიმართულებით და მხოლოდ ამის შემდეგ ესვრიან. ბრიგადის წევრები (ვიდრე ცხოველს გაატყავებენ და დაამუშავებენ), ვერტმფრენით მიდიან ცხოველთა საძებნელად. ცხოველის გვამის ტრანსპორტირება ვერტმფრენზე ჩამოკიდებით კატეგორიულად აკრძალულია. ნებადართულია 2 — 4 ცალის მხოლოდ ვერტმფრენ МИ-8-ზე ჩამობმა.

რეკომენდებული არ არის ცხოველების დახოცვა მათი გამოზამთრების ადგილებში, რადგან ეს იწვევს მათ მიდრეკილებას მიგრაციებისადმი. ამიტომ ნადირობა ჩლიქოსნებზე ვერტმფრენით, უნდა მიმდინარეობდეს სახმონინსპექციის კონტროლით.

16.5 ავიაციის გამოყენებით აეროთესვა

უკანასკნელ წლებში ავიაცია ფართოდ გამოიყენება სატყეო და სამონადირეო საქმიანობაში მერქნიანი ჯიშებისა და მცენარეული ბალახების აეროთესვის დროს. აეროთესვის კარგ შედეგებს იძლევა წიწვიანი ჯიშების თესლი იმ გაჩეხილ ადგილებში, სადაც ბალახეული საფარი სუსტადაა განვითარებული. აეროთესვას ატარებენ ახლად გაჩეხილი ტყის დაფარულ, სველ (და არა ნესტიან) და მშრალ, ქვიშნარე-

ბიან. თიხნარ ნიადაგებში, აგრეთვე საფარდამწვარ და მინერალიზებულ ნიადაგებში, თუ ხეების დარგვა გაძნელებულია დიდი რაოდენობის წანაქცევების გამო. ფიჭვის პირველი კლასის თესლით აეროთესვის ნორმა გადამწვარი ფართობებისათვის შეადგენს 1 — 1,5 კგ, გაჩეხილისთვის 1,2 — 1,8 კგ, ხოლო II კლასის თესლისათვის 30%-ზე მეტს. აეროთესვას მიმართავენ თოვლის დროს ან მისი დნობის პერიოდში, ე. ი. ადრე გაზაფხულზე ან ზამთრის მიწურულს.

განსაკთრებულ ყურადღებას იმსახურებს ავიაციის გამოყენებით საძოვრებზე საკვები ბალახის შეთესვა და სასუქების შეტანა. პარკოსანი მცენარეების თესლი დათესვამდე უმჯობესია 2 — 3 საათით ადრე შევურიოთ კალიუმის სასუქებს: 75 კგ/ჰა-ზე ქლორის კალიუმს ან 100 — 150 კგ/ჰა-ზე 40 % კალიუმის მარილის ხსნარით. მარცვლოვანი მცენარეების თესლი შეიძლება გამოვიყენოთ მისი გაფუების (მაგალითად ტორფთან ერთად) შემდეგ. დასაშვებია ასეთი თესლი ავურიოთ აზოტიან, ფოსფორიან და კალიუმიან სასუქებთან უშუალოდ თესვის დაწყების წინ (კალიუმიანისათვის თესვის დაწყებამდე 2 — 3 საათის წინ).

აეროთესვა უნდა ჩატარდეს უქარო ამინდში, დასაშვებია მცირე ზომის ნიავი, რომლის სიჩქარე 3 მ/სეკ არ აღემატება პარკოსნებისათვის, ხოლო მარცვლოვანისათვის 5 მ/სეკ. ფრენის სიმაღლეა 10 — 20 მეტრი ქარის სიძლიერის მიხედვით. პარკოსნების თესლის აეროთესვისათვის თესვის სიგანე 8 მ-ია, ხოლო მარცვლოვანებისათვის 1 — 14 მ. ასეთი მეთოდის გამოყენებით თივის მოსავალი ჰექტარზე 10 — 12 ცენტნერით და მეტად გაიზრდება.

ნახევრად უდაბნოსა და სტეპის ზონაში, ე. კუნაევის რეკომენდაციით უნდა ვთესოთ სხვადასხვა ფორმის კაპუეტის თესლი, აგრეთვე ნახევრად ბუჩქნარებისა და უდაბნოს ბალახების თესლი. ასეთი ქსეროფიტი მცენარეები ტენის ნაკლებმომთხოვნი არიან და ყუათიანობას კარგად ინარჩუნებენ ვეგეტაციის შემდეგადაც. კაპუეტის ბალახი ცნობილია როგორც გვალვიანი და ყინვიანი ადგილების მცენარეული კულტურა. იგი თესლისა და თივის დიდ მოსავალს იძლევა. კაპუეტის თესვის საუკეთესო პერიოდად ითვლება შემოდგომა და ადრე გაზაფხული. თუმცა, პირველს მრავალი უპირატესობა გააჩნია. კაპუეტას ჰაერიდან თესენ АН-2 თვითმფრინავით 160 კმ/სთ ფრენის სიჩქარით, 5 — 10 მეტრის სიმაღლიდან. ასეთი სიმაღლიდან თესვის სიგანის ზოლი 30 მეტრია, ხოლო ერთ ჰექტარზე თესლის ნორმაა 12 კგ. კაპუეტის ხანგრძლივობა დამოკიდებულია ეკოლოგიურ პირობებზე. ნახევრადუდაბნოს ზონის წაბლისფერ ნიადაგებზე მისი სიცოცხლის ხანგრძლივობაა 14 — 25 წელი. ჩატარებულმა ცდებმა გვიჩვენეს, რომ საძოვრების ძირეულად გაუმჯობესებისას ყოველ დახარჯულ მანეთზე შემოსავალი 5 — 13 მანეთამდე შეადგენს.

ქვიშების დამაგრებაში და მაღალპროდუქტიულ სავარგულებად მათ გადაქცევაში დიდ როლს ასრულებს მრავალწლიანი მცენარის კიაკისის ანუ ქვიშნარის ქერის აეროთესვა. ეს მრავალწლიანი ბალახი კარგად აღმოცენდება ხოლმე მოძრავ ან ფხვიერ ქვიშაზე. მისი ძლიერი ფესვთა სისტემა სწრაფად მაგრდება და ამავე დროს წინააღმდეგობას უწევს ნიადაგის გამოქარვას.

კიაკისის თესლის აეროთესვის საუკეთესო დროდ ითვლება შემოდგომა — დაწყებული სექტემბრიდან ყინვების დადგომამდე. მისი თესვის ნორმაა ერთ ჰა-ზე 10 — 15 კგ, ესპარცეტის — 50, ჭვავის — 69 — 70 კგ.

ავიაცია დიდ როლს ასრულებს, აგრეთვე, მთის მდელოებისა და საძოვრების სასუქებით გამოკვებაში. იგი განსაკუთრებულ მნიშვნელობას იძენს, როცა მიმდინარეობს საქონლის ან გარეული ცხოველების ინტენსიური ძოვა. მთიან რიაონებში სასუქები შეაქვთ ვერტმფრენებით. ამ ღონისძიებებით დამატებით მიიღება 10 — 25 ცენტნერი თივა ჰექტარზე. რითაც მთლიანად მართლდება ვერტმფრენის გამოყენება. სასუქებშეტანილი ყოველი ჰექტრიდან შემოსავალი იზრდება 5-დან 25 მანეთამდე. ვერტმფრენის დახმარებით სასუქები შეაქვთ 45°-მდე დახრილ მთის ფერდობებზეც. ამ სამუშაოების შესრულებისათვის საჭიროა შემდეგი წესების დაცვა: მთიანი ფერდობები უნდა დამუშავდეს ჰორიზონტალების გაყოლებით პარალელურ ზოლებად — ზემოდან ქვემოთ; ამ დროს, ფრენის ხაზზე უნდა იდგეს სიგნალის მიმცემი სამი კაცი: ვერტმფრენის სიჩქარე უნდა იყოს 60 — 80 კმ/სთ, ხოლო ფრენის სიმაღლე ფერდობის მიმართ 30 მ.

უკანასკნელ წლებში ზოგიერთ ქვეყანაში სულ უფრო ფართოდ იყენებენ სასუქებს ტყეების პროდუქტიულობის გაზრდის მიზნით. სასუქები შეაქვთ როგორც თვითმფრინავებით, ისე ვერტმფრენებით. უფრო ნაყოფიერია სასუქების გაფანტვით შეტანის ხერხი. გაფანტვა ხდება ხეების წვეროდან 20 — 40 მეტრის სიმაღლიდან. სასუქების შეტანის ორგანიზაცია ისე უნდა მოვაწყოთ, რომ თვითმფრინავს ობიექტამდე მისაფრენად მაქსიმალურად 2 — 3 კმ ჰქონდეს, ხოლო დასამუშავებელი ობიექტი არ იყოს 100 ჰა-ზე ნაკლები.

ამ ბოლო დროს ავიაციას იყენებენ, აგრეთვე, მერქნიანი ჯიშებისა და ბუჩქნარების განვითარების აეროვიზუალურად ფენოლოგიური დაკვირვებისათვის. ყვავილობისა და ნაყოფიანობის მონაცემთა საფუძველზე ადგენენ ტყის თესლის მომცემ მცენარეთა მოსავლიანობის პროგნოზს, ადგენენ თესლისა და ბეწვეულის დამზადების გეგმებს. მაგალითად, 1978 წელს თვითმფრინავ АН-2-ით დაამუშავეს 8,5 მილიონი ჰექტარი. ამ სამუშაოების შესრულების საუკეთესო დროა შემოდგომა, როცა მცენარეულობა სხვადასხვაგვარად არის შეფერილი. თითოეულ

ჯიშს თავისი ფერი გააჩნია და ეს საშუალებას გვაძლევს კორომის შემადგენლობა რამოდენიმე კილომეტრიდან განვსაზღვროთ. ფრენის ოპტიმალური სიმაღლეა 100 — 120 მ, ხოლო სიჩქარე — მინიმალური, შერჩეული საფრენოსნო აპარატისათვის დამახასიათებელი. სამონადირეო სავარგულების გამოკვლევისას უმჯობესია გამოვიყენოთ პატარა ვერტმფრენები. წინასწარ ასრულებენ სავარგულების დარაიონებას და ადგენენ რუკის ლეგენდას. გაფრენები მიზანშეწონილია დღეგამოშვებით: ერთი დღე — მარშრუტზე, ერთი დღე კიდევ — გარჩევისთვისა და მასალების მოსამზადებლად. აქვე უნდა აღვნიშნოთ, რომ მაგნიტოფონი ან ვიდეომაგნიტოფონი ბევრად ამაღლებს მუშაობის ეფექტურობას.

ავიაცია წარმატებით გამოიყენება, აგრეთვე, ცხოველთა საკვების მარაგის აღსარიცხავად. მაგალითად, დიდი სამუშაოებია შესრულებული ვერტმფრენით ნაძვისა და კედრის გირჩების აღრიცხვისათვის, რომლებიც განსაკუთრებით კარგად მოჩანს ვარჯის წვეროში. დადგენილია, რომ გირჩების ყველაზე მეტი რაოდენობა ასხია მზიან მხარეზე, ე. ი. სამხრეთის მხარეს და ვერტმფრენიდან (ჰაერიდან) უკეთ მოჩანს ვიდრე დედამიწიდან. მომწიფებული გირჩები ან მათი ჯგუფები ნათელ ამინდში ხეებზე კარგად მოჩანს 180 — 250 მეტრიდან, ხოლო თუ გირჩების ჯგუფში 10 ცალზე მეტია, მოჩანან 300 — 400 მეტრის დაშორებიდანაც. გირჩების აღრიცხვის საუკეთესო პერიოდია აგვისტოდან მარტამდე. მათი აღრიცხვისა და მარაგის დადგენა (როგორც ციყვების საკვები) საშუალებას გვაძლევს შევიმუშაოთ ციყვების რაოდენობის გრძელვადიანი პროგნოზები.

გირჩების აღწერის მეთოდიკა მდგომარეობს იმაში, რომ მისი მოსავლის რეგისტრაცია მოვახდინოთ რუკაზე და შევაფასოთ ბალებში. გირჩების საშუალო მოსავლიანობას წერენ ასე: 3 ბალი — 40 — 50 გირჩა, ნაყოფიანობა — 35 — 40 %. იქვე მიაწერენ ნარგავთა შემადგენლობას ან მოკლე სახელწოდებას სხვა გადამკვეთ სავარგულისას, რაც ჩაიწერება მაგალითად ასე: 7 ნ 2 ფ 1 ა (რაც ნიშნავს: ნარგავთა საშუალო შემადგენლობას 7 ნაძვი, 2 ფიჭვი და 1 არყი). მოსავალს ჩაინიშნავენ ყოველ 3 — 5 წუთში. ფრენის დამთავრების შემდეგ დაბრუნებისას ყველა მიღებულ მასალას შეავსებენ საჭირო ცნობებით და გადაიტანენ რუკაზე.

სამონადირეო მეურნეობაში ავიაცია გამოიყენება, აგრეთვე, ცხოველებისათვის კრიტიკულ სიტუაციაში (დიდი თოვლი) დამატებითი საკვების შესატანად. დიდი თოვლის მოსვლის შემთხვევაში ჩლიქოსნებს უჭირთ თოვლში გადაადგილება და ამ დროს ისინი მრავლად იღუპებიან, როგორც შიმშილით, ისე ნადირისაგან. ამიტომ, მათი კონცენტ-

რაციის ადგილებში შეაქვთ საკვები და სხვა სახის დახმარებასაც აღმოუჩენენ ხოლმე.

ვერტმფრენებით საკვები შეაქვთ, აგრეთვე, წყალში მცურავ ფრინველებისთვისაც, როცა მათი გამოზამთრების ადგილებში ყინვები დაიჭერს და ნავით შესვლა წყალში შეუძლებელი ხდება. ამ დროს წყლის გაყინულ ზედაპირზე ვერტმფრენიდან გადმოყრიან მათთვის საჭირო საკვებს. გარდა აღნიშნულისა, ვერტმფრენის გამოყენება თანდათან ფართოვდება, აგრეთვე, ბრაკონიერების წინააღმდეგ საბრძოლველად.

სატყეო-სამეურნეო და სამონადირეო მეურნეობაში ავიაციის გამოყენების დროს სამუშაოების შესრულების ხარისხზე, უშიშროების ტექნიკის დაცვაზე და დისციპლინაზე პასუხისმგებლობა ეკისრება სამუშაოს ხელმძღვანელს.

XVII თავი

აეროსტატებისა და დირიჟაბლის გამოყენება სატყეო და სოფლის მეურნეობაში

17.1 ჰაერზე მსუბუქი საფრენოსნო აპარატის განვითარების მოკლე ისტორია

ჰაერზე მსუბუქი საფრენოსნო აპარატის გამოყენების შესაძლებლობა სხვადასხვა სპეციალისტის, მათ შორის სატყეო და სოფლის მეურნეობის, ტრანსპორტის, გეოდეზისტების, გეოლოგების, გეოგრაფების, მშენებლებისა და სხვათა გამუდმებულ ყურადღებას იქცევდა, რადგანაც საჰაერო ნაოსნობის ყველაზე ეფექტური და ეკონომიკური საშუალებაა ჰაერზე მსუბუქი საფრენოსნო აპარატი, ანუ მართული აეროსტატი. ასეთ აპარატს იაფი ამწევი ძალა აქვს. ეს კი შესაძლებლობას იძლევა უხარჯოდ შევასრულოთ ესა თუ ის ოპერაცია.

აეროსტატი ჰაერში ადის (არქიმედის კანონის თანახმად) იაფი მსუბუქი გაზის (წყალბადის, ჰელიუმის, გამონაბოლქვი გაზის) საშუალებით და მოძრაობს მცირე ენერგიის ხარჯვით — ჰორიზონტალური მიმართულებით, რის გამოც ტვირთის გადაზიდვა აეროსტატით 4 — 5-ჯერ უფრო იაფი ჯდება, ვიდრე თვითმფრინავით და 10 — 15-ჯერ იაფი, ვიდრე ვერტმფრენით.

1896 წელს ინჟინერმა რ. საველიევმა გამოთქვა აზრი, რომ რკინიგზების კვლევა-ძიებით სამუშაოებში და გზის ტრასის მიმართულების სწორად შერჩევისათვის გამოეყენებინათ მისაბმელი აეროსტატი. მაგრამ მანამდე აეროსტატი აეროფოტოგადაღებაში უკვე გამოიყენებოდა აშშ-ში, ინგლისში, გერმანიაში.

1900 წელს გერმანელმა კავალერიის გენერალმა ფ. ცეპელინმა პირველმა შექმნა სამგზავრო, უკვე მართული, აეროსტატი. 1928 წლამდე მან შექმნა 130-მდე აპარატი.

1901 1908 წლებში ინჟინერმა რ. ტილემ დააყენა ძნელად მისადგომი ადგილების აეროსტატებით ფოტოგრაფირებისა და შემდეგ მათი ტოპოგრაფიულ რუკებად და გეგმებად გარდაქმნის საკითხი.

1921 წელს მოსკოვში მიმდინარე სატყეო კონფერენციაზე იდგა საკითხი ტყეების ხანძრებისაგან დასაცავად გამოყენებულიყო აეროსტატები.

1928 წელს ყოფილ სსრ კავშირში დაიწყო რბილი დირიჟაბლების შექმნა და გამოყენება.

1929 წელს ფ. ცეპელინმა უკვე იმოგზაურა დედამიწის ირგვლივ და სამჯერ გაჩერდა ტოკიოში, ლოს-ანჯელესში და შტატ ახალ ინგლისში. 30-იან წლებში საბჭოთა მართულმა აეროსტატმა ჰაერში ძირს დაუშვებლად დაჰყო 130 საათი და გაიარა 4800 კმ. რომლისთვისაც ხელი არ შეუშლიათ ძლიერ ქარებს, წვიმებსა და ნისლს.

1933 წელს სატყეო ორგანიზაციების ინიციატივით პირველად შესრულდა დირიჟაბლით ფრენა ტყის ტაქსაციის ჩასატარებლად. 34 წუთის განმავლობაში მეტყევეებმა შეასრულეს 3999 ჰექტარი ტყის ფართობის გამოკვლევა. ფრენა მიმდინარეობდა 50 კმ/სთ სიჩქარით 75 — 80 მეტრის სიმაღლიდან.

1945 წელს სასწავლო დირიჟაბლით მეტყევეებმა (კონვაიტის, კობზარი, პიკალკინი) შეასრულეს გადამწვარი და ქარტეხილი ტყის ფართობების გამოკვლევა 4 — 5 კმ-ის მარშრუტებს შორის მანძილით — 400 მეტრის სიმაღლიდან (30 კმ სიჩქარით). ტაქსატორებმა შეადგინეს აბრისი და კორომების აღწერა, რაც სამჯერ უფრო ზუსტი აღმოჩნდა, ვიდრე თვითმფრინავიდან.

აეროსტატის მოძრაობის სიჩქარეა 0 — 200 კმ/სთ. აპარატის ჰაერში ცურვის მანძილი 6 — 15 ათასი კმ. შეუძლია თავისუფალი დრეიფი. მართული აეროსტატები სხვადასხვა კონსტრუქციისაა და ერთ-ერთი მათგანის კორპუსი სამნაკვეთურიანია, რომელთაგან განაპირები ივსება მსუბუქი გაზით — ჰელიუმით, შუა ნაკვეთური კი არეგულირებს აპარატის მოძრაობას შვეული მიმართულებით. თუ მასში შევუშვებთ მისივე მოტორის გამონაბოლქვ გაზს, აეროსტატის ამწევი ძალა გაიზრდება, ხოლო თუ შევცვლით ცივი ჰაერით, აპარატი დამძიმდება და ძირს დაეშვება.

ამჟამად საპროექტო-საკონსტრუქტორო სამუშაოებისა და მაკეტების გამოკვლევებზე მუშაობა მიმდინარეობს სხვადასხვა ქალაქში. დღეისათვის სანკტ-პეტერბურგში დამუშავდა ტექნიკური დავალება ხეტყის საზიდი აეროსტატის დასაპროექტებლად. წარმატებით მუშაობენ საზღვარგარეთის განვითარებულ ქვეყნებშიც.

17.2 აეროსტატების გამოყენების პერსპექტივები სატყეო და სოფლის მეურნეობაში

ისეთ მთაგორიან პირობებში, როგორიც ჩვენი რესპუბლიკაა, მეტად ძნელია და ძვირი ჯდება ბუნებრივი რესურსების ათვისება ტრადიციული რელსიანი და ურელსო გზებით, ამიტომ ბუნებრივად იბადება ინტერესი საჰაერო ტრანსპორტით ტვირთის გადაზიდვისადმი. თვითმფრინავები დიდძალ საწვავს ხარჯავენ და ტვირთის ტრანსპორტირება მეტად ძვირი ჯდება. საჰაერო ნაოსნობისათვის ყველაზე ეფექტიანი და ეკონომიურია ჰაერზე მსუბუქი ტრანსპორტის აპარატის, ანუ მართული აეროსტატის გამოყენება.

აეროსტატის ძირითადი უპირატესობა იაფი ამწევი ძალაა დიდი გაბარიტიანი ტვირთის (მანქანა აგრეგატების, ნაგებობების, დიდი ზომის ტოტებ-გაუკაფავი ხეების, სამშენებლო კონსტრუქციების, ელექტროგადაცემის ანძების და სხვა) გადაზიდვის შესაძლებლობა. აეროსტატი გამოიყენება ყოველგვარ მეტეოროლოგიურ პირობებში, გარდა ძლიერი შტორმისა; საჰაერო სივრცეში მისი მწყობრი მოძრაობით შესანიშნავი პირობები იქმნება სოფლის მეურნეობის პროდუქტების გადასაზიდად; ამ აპარატს ახასიათებს: საექსპლოატაციო საიმედოობა, დიდი ტექნიკურ-ეკონომიკური ეფექტიანობა, დატვირთვა-განტვირთვის ოპერაციების სიმარტივე და სხვა. მაგალითად, მის გარე საკიდზე შეიძლება ცალობრივი ტვირთის ჩამოკიდება; მას შეუძლია შვეულად აცურება და დაჯდომა და სხვა.

დღეისათვის არსებობს მისი ეკონომიკური ეფექტიანობის უამრავი სარწმუნო პაქტიკული მონაცემი. მაგალითად, სანკტ-პეტერბურგის სპეციალისტებმა შეასრულეს გაანგარიშებანი: კარელიის „ხეტყეემრეწვის“ და ტყიდან 50 კილომეტრზე კუბური მეტრი მერქნის აეროსტატით გამოტანის ღირებულება 3 მან. და 44 კაპიკი იყო. ეს იმ დროს, როდესაც ჩვენს რესპუბლიკაში ერთი კუბური მეტრი მერქნის გამოტანა ტყიდან 60 კმ-ზე ჯდება 65 მანეთი და 47 კაპიკი.

სოფლის მეურნეობის პროდუქტების გადასაზიდად ნჯღრევისა და მექანიკური დაზიანების თავიდან აცილების მიზნით, ხილი და ბოსტნეული შეიძლება ისე გამოვიტანოთ აეროსტატებით რომ ზარალი სულ მცირე იყოს. აეროსტატები და დირიჟაბლები ძვირფასია სატყეო და სოფლის მეურნეობაში მავნებლების წინააღმდეგ საბრძოლველად, ნათესებისა და ხეხილის დამტვერიანებისათვის, სატყეო და სასოფლო-სამეურნეო სავარგულების აეროვიზუალური დათვალიერებისა და გამოკვლევისათვის, ტოპოგრაფიული აგეგმვებისათვის. მაღალმთიანი ადგილებიდან თივის ჩამოსაზიდად, პირუტყვის დაუზიანებლად გადასაადგილებლად ზამთრის თუ ალპურ საძოვრებზე და შემოდგომაზე

მთიდან ჩამოსაყვანად. რაც სხვა ტრანსპორტით დღეს დიდ ზარალთან არის დაკავშირებული.

კონსტრუქტორები და მკვლევარები ცდილობენ, რომ აპარატის წონა შეძლებისდაგვარად შეამცირონ და დიზელებს ცვლიან მსუბუქი მოტორებით. ამავე დროს, ასაფრენად გამწევი მოტორის ღერძს ატრიალებენ და აძლევენ შვეულ მიმართულებას. ფეთქებადი წყალბადი, ისევე, როგორც ჩენში, უცხოეთშიც იდევნება უსაფრთხო ჰელიუმით. თანამედროვე მართული აეროსტატი თვითმფრინავისაგან და ვერტმფრენისაგან განსხვავებით ჰაერში ცურავს წყნარად, უხმაუროდ, გარემოს უმნიშვნელო გაჭუჭყიანებით. ამიტომ იგი მიჩნეულია საუკეთესო სახეობის ტრანსპორტად.

XVIII თავი

აეროკოსმოსური მეთოდების გამოყენება სოფლის მეურნეობაში

18.1 აეროკოსმოსური ფოტომასალების გამოყენება რაიონულ დაგეგმარებაში

დღეისათვის რაიონულ დაგეგმარებასა და არქიტექტურული დაპროექტების ყველა სტადიაში გამოიყენება სხვადასხვა მასშტაბის ტოპოგრაფიული რუკები და გეგმები. ტოპოგრაფიული რუკები წარმოადგენენ აგრეთვე ცალკეული მსხვილი სახალხო მეურნეობის ობიექტების სატრანსპორტო კომუნისკაციების, სასოფლო-სამეურნეო მშენებლობებისა და სხვა სახის კვლევა-ძიებითი სამუშაოების პირველად საფუძველს, რის გამოც ტოპოგეოდეზიურ სამუშაოებს დიდ ყურადღებას აქცევენ და ამ სამუშაოების შესასრულებლად იყენებენ ყველაზე სრულყოფილ ტექნიკას, რომელიც მოითხოვს მრავალრიცხოვანი ადამიანების შრომას, ტექნიკას, აგრეთვე შესასრულებელი სამუშაოს ვადების ხანგრძლივობას, რაც ხშირად ცუდ ბუნებრივ პირობებში მიმდინარეობს. გეგმური და საპროექტო დამუშავების თითოეული სტადია შეესაბამება კარტოგრაფიული მასალების დეტალიზაციის თავისივე მასშტაბს. მაგალითად, ქვეყნის ან მსხვილი ეკონომიკური რაიონებისათვის საწარმოო ძალების განლაგებასა და განვითარებას იკვლევენ იმ კარტოგრაფიული მასალებით, რომლის მასშტაბიცაა 1:1 მლნ — 1:5 მლნ. და უფრო წვრილი. პირველი რიგის ეკონომიკური რაიონებისა და ქვერაიონების რაიონული დაგეგმარებისას სარგებლობენ 1:100000 1:300000 მასშტაბის ტოპოგრაფიული რუკებით, ხოლო მეორე რიგის ქვერაიონებისათვის 1:25000 — 1:50000, საწარმოო კვანძებისათვის — 1:10000 1:25000. ქალაქების სიდიდის მიხედვით გე-

ნერალური გეგმებისათვის იყენებენ 1:5000 — 1:25000 მასშტაბის გეგმურ-კარტოგრაფიულ მასალებს, ხოლო რაიონის დეტალური დაგეგმარებისათვის კი 1:100 — 1:2000. ამგვარი სამუშაოების შესასრულებლად ამომწურავი ინფორმაცია შეგვიძლია მივიღოთ როგორც 1:8000 — 1:80000 მასშტაბის აეროფტომასალებით, ისე 1:1 მლნ. — 1:5 მლნ. მასშტაბში კოსმოსური გადაღებებით.

აეროფოტოგადაღების მასალებზე დეშიფრირების პირდაპირი ნიშან-თვისებებით შეგვიძლია ადვილად გავარჩიოთ თესლბრუნვის მასივები, თითქმის ყველა სასოფლო-სამეურნეო სავარგულები (სახნავი, მრავალწლიანი ნარგავები და ა. შ.) და მათი მდგომარეობა (ეროზია, მეწყერები, ხევები, ბუჩქნარიანობა, ნესტიანობა და ა. შ.), ტყეები, ქარსაცავი ტყეები, სარწყავი არხები, გზები, წყლის რესურსები (ჰიდროგრაფიული ქსელი, წყალსაცავები, საგუბრები და ა. შ.), ცალკეული საინჟინრო ნაგებობები (სადგურები, ხიდები, გადასასვლელები და სხვა), ენერგოქსელი (ჰიდროელექტროსადგურები, ელექტროგადაცემის ხაზები, სატრანსფორმაციო ქვესადგურები და ა. შ.), რაიონული ცენტრების განლაგებისა და განსახლების შექმნილი სისტემები, საკოლმეურნეო დაბები, მუშათა დაბები, ფერმები და სხვა კონკრეტული მონაცემები (კულტურულ-საყოფაცხოვრებო, საცხოვრებელი ფონდი, კომლთა რაოდენობა, კეთილმოწყობის ელემენტები, სანიტარიული პირობები და ა. შ.), აგრეთვე განსახლების სისტემის არსებული ნაკლოვანებები და სამშენებლო მოედნები ახალი დასახლების გასაშენებლად და ძველის გასავითარებლად, კავშირი სხვა დასახლებულ პუნქტებთან, სამეურნეო ობიექტებთან და ა. შ.

რაიონული დაგეგმარების სქემის ზოგიერთი ელემენტი თუმცა კარგადაა გამოსახული სურათზე, დეშიფრირება მაინც სრულდება უშუალოდ ადგილზე მათი გამოკვლევით. ასეთ ელემენტებს მიეკუთვნება ნაგებობები მესაქონლეობისათვის, სარემონტო-ტექნიკური, სამანქანე-სამელიორაციო, საინკუბატორო-მეფრინველეობის სადგურები, სარემონტო ბაზები, დამზადების, სამედიცინო მომსახურებისა და საყოფაცხოვრებო მომსახურების პუნქტები, აგრეთვე სხვა ელემენტები.

ბუნებრივი პირობების შესწავლის საფუძველზე, რაიონის ტერიტორიის გამოყენების შესაბამისად, შეადგენენ ფოტოსქემას ან სტერეოფოტოსქემას, რომელზედაც უჩვენებენ: მიწათსარგებლობის ყველა საზღვარს, სარწყავი და ამოსაშრობი არხების მუდმივ ნაგებობებს, თავიანთი საკომანდო ზონებით; სასოფლო-სამეურნეო წარმოების ბუნებრივ-ეკონომიკურ ქვეზონებს, წარმოების უბნებს, დასახლებულ პუნქტებს, ფერმებს, საწარმოო კომპლექსებს, საინჟინრო ნაგებობებს და სხვა. აგრეთვე იმ უბნებს, რომლებიც უვარგისია როგორც სოფლის მეურნეობისათვის, ისე დასახლებული პუნქტების მოსაწყობად. ასეთი

ფოტოსქემები, რომლებიც მოყვანილი იქნება შესაბამის სტანდარტულ მასშტაბში, შეიძლება გამოვიყენოთ როგორც ტოპოგრაფიული საფუძველი რაიონული დაგეგმარების სქემის დასამუშავებლად.

ბოლო წლებში დასახლებული რაიონებისა და ქალაქების შესწავლაში ფართოდ იყენებენ არაფოტოგრაფიული გადაღების მეთოდებს, კერძოდ, ინფრაწითელ დიაპაზონში სკანირებასა და რადიოლოკაციურ დაკვირვებებს, რომელნიც დიდ სასარგებლო ინფორმაციას იძლევიან უეცარი სტიქიური უბედურების შემთხვევაში ქალაქებისა და რაიონების მდგომარეობის შეფასების საქმეში.

ქალაქების ინვენტარიზაციის საქმეში დაკვირვების დისტანციური მეთოდის გამოყენებისას ძირითად მასალად მიღებულია სპექტროზონალური ფოტოგადაღებები (ამჟამად მრავალზონალური), რომლებიც ძვირფას მასალას წარმოადგენს მოსახლეობის აღწერის, საქალაქო მიწების მდგომარეობის, დემოგრაფიული მონაცემების, საცხოვრებელი ბინების ხარისხიანობისა და მათი სწორი განაწილების შესახებ და ა. შ.

აერო და კოსმოსური გადაღებებით შეიძლება სამრეწველო საქმიანობის სამი ძირითადი ასპექტის შესწავლა: 1. სამრეწველო წარმოებების განლაგებისა და სხვადასხვა ტიპის სამრეწველო მიწათსარგებლობის საკითხები; 2. სამრეწველო წარმოებების მიერ ატმოსფეროსა და წყლების გაჭუჭყიანება; 3. ახალი სამრეწველო ნაგებობების აშენების შესაძლებლობები და არსებულის (ძველის) რეკონსტრუქციის ზონები. აეროკოსმოსურ მასალებს ზოგიერთ ქვეყანაში, მაგალითად, ამერიკის შეერთებულ შტატებში, დღეისათვის უკვე ფართოდ იყენებენ საავტომობილო გზების დაპროექტების, ტრანსპორტის მოძრაობის გამოკვლევისა და მათი სადგომი ადგილების შერჩევის, გზების მდგომარეობის შემოწმების, ტრანსპორტისა და მიწების გამოყენების ურთიერთკავშირისა და ა. შ. დროს. მსხვილი მასშტაბის აეროფოტოგადაღებები ფართოდ გამოიყენება ქალაქისა და საწარმოო ობიექტების მშენებლობაში. ფართოდ იყენებენ ამ მასალებს აგრეთვე რაიონებისა და ქალაქის წყალმომარაგების ქსელის დაპროექტებისას, სატუმბი სადგურებისა და სადაწნეო ნაგებობების ადგილის შერჩევისა და განლაგების, მაღალი ძაბვის ელექტროგადაცემის საყრდენების ადგილების შერჩევისას და ა. შ.

ამრიგად, აერო და კოსმოსური გადაღებები, რაიონულ დაგეგმარებაში და საქალაქო მშენებლობაში, ხასიათდებიან გარკვეული სპეციფიკით. ამიტომ, კოსმოსური სურათების გამოყენების საქმეში საჭიროა, რომ მკვლევარი ერკვეოდეს არქიტექტურისა და საქალაქო მშენებლობის საფუძვლებში. მომავალში საპროექტო-სამშენებლო პროცესებში უდავოდ თავის ადგილებს დაიკავებენ სხვადასხვა დარგის

სპეციალისტებიც – გეოდეზისტები, გეოლოგები, მეტყევეები, მიწათმოწყობნი, ნიადაგთმცოდნეები, რომელნიც ფასდაუდებელ სამსახურს გაუწევენ სხვადასხვა უწყების სამშენებლო ორგანიზაციებს.

18.2 დაგეგმარების ტერიტორიის კომპლექსური შეფასება

რაიონული დაგეგმარების თეორიისა და პრაქტიკის ძირითადი საკითხია ტერიტორიის ორგანიზება და მისი დაგეგმარების ანალიზი, რომელიც ითვალისწინებს ტერიტორიის კომპლექსურ შეფასებასა და ფუნქციონარულ ზონებად დაყოფას. ამასთანავე, მომზადებული წინადადებების ობიექტურობა და დასაბუთებულობა დამოკიდებულია საწყისი მასალების ხარისხზე, რომელთა შორის პირველხარისხოვანი მნიშვნელობა ენიჭება გეგმურ-კარტოგრაფიულ მასალებს.

ყოველი რაიონული დაგეგმარების გადასაწყვეტი ამოცანა დაახლოებით ერთნაირი საკითხებისაგან შედგება, თუმცა, კოსმოსური სურათების ანალიზის შედეგების გამოყენების მეთოდები ადგილის ბუნებრივი პირობების მიხედვით, შეიძლება სხვადასხვა იყოს (რელიეფი, გატყიანება, ჰიდროლოგიური რეჟიმი). მშენებლობისათვის ხელსაყრელი საინჟინრო გეოლოგიური პირობებით ვაკე ადგილის შესწავლისას საკმარისია ვისარგებლოთ სხვადასხვა შინაარსის დეშიფრირებული სქემებით, რომლებიც მომზადებულია უკანასკნელ გადაღებათა მასალებით.

განსაკუთრებით უნდა ითქვას რაიონული დაგეგმარების საზღვრების შესახებ. ტრადიციულად მისი აგება ძირითადად ხდებოდა ეკონომიკურ და ქალაქმშენებლობათა კრიტერიუმებიდან გამომდინარე. რაიონული დაგეგმარების მიღებისა და რეალიზაციის მნიშვნელოვანი პირობაა გარემოს დაცვა და მისი ხარისხის გაუმჯობესება. მაშასადამე, რაიონული დაგეგმარების საზღვრების ფორმირებას ეკოლოგიური კრიტერიუმებით თან უნდა სდევდეს.

საპროექტო სამუშაოებს აგებენ ადგილობრივი ბუნებრივი პირობების მრავალმხრივი ანალიზის საფუძველზე. ამგვარად, რაიონული დაგეგმარებისას (ისევე, როგორც ყოველ ტერიტორიულ დაგეგმარებით სამუშაოებში) შეიძლება გამოვყოთ სამი ტიპი:

1. საწყისი ინფორმაციის შეგროვება; 2. საწყისი ინფორმაციის ანალიზი და შეფასება და 3. საპროექტო წინადადებების შემუშავება. ეს უკანასკნელი ეტაპი დამოკიდებულია გადასაწყვეტი ამოცანების მიზნებზე და არქიტექტორის კვალიფიკაციაზე. ხოლო თუ მეორე ეტაპის სამუშაოები ნაწილობრივ ქალაქმშენებლებთან აოის დაკავშირებული, პირველი ეტაპის სამუშაოები ცოდნის სხვა დარგის პრეროგატივს წარმოადგენს. კერძოდ, გეოლოგების, გეოგრაფებისა და ა. შ.

აეროკოსმოსური გადაღებებით შესაძლებელი ხდება ტერიტორიუ-

ლი ინფორმაციის შეგროვების ორგანიზება, რეგულარობის, პერიოდულობის, მასშტაბის, ტერიტორიისა და შინაარსის ყოველგვარ მოთხოვნილებათა დაკმაყოფილებით.

ტერიტორიულ-დაგეგმარებითი პრობლემები სამ დონეზე წყდება: მაკრო, მეზო და მიკრო დონეზე. კოსმოსური სურათების გამოყენებ ს თითოეული მათგანისათვის თავისი სპეციფიკა აქვს.

მაკრო დონეზე წყდება ვრცელი ტერიტორიის პერსპექტიული გამოძიების ამოცანები 1:5 მლნ-დან 1:500 000 მასშტაბიანი სქემების შედგენით. მიზანშეწონილია სქემების შედგენის საფუძვლად გამოვიყენოთ კოსმოფოტოსქემები, რომლებიც შედგენილია დასაპროექტებელი ტერიტორიის შესაბამისი მასშტაბის ტრანსფორმირებული მეტეოსურათებით. 1:1 მლნ მასშტაბზე უფრო წვრილი მასშტაბით ფიზიკურ-გეოგრაფიულ ასპექტში დედამიწის ზედაპირის ტერიტორია უკვე შესწავლილია, ამიტომ აქ იშვიათად შეიძლება გვქონდეს იმედი ახალ ინფორმაციაზე, რომელიც შეიძლება ამოვიღოთ სურათიდან. გამონაკლისს შეადგენს მხოლოდ თოვლის საფარისა და წყლის აუზის გაჰუჭყიანების კარტოგრაფირება, აგრეთვე ხანძრები.

მეზო დონის ამოცანები (1:3000 000 — 1:25000 მასშტაბის სქემები) შეიძლება წარმოვადგინოთ სხვადასხვა რანგის რაიონული დაგეგმარებით. ამ მასშტაბში უფრო ვლინდება ანტროპოგენური მოღვაწეობები, სტიქია და საერთოდ ბუნებრივი პროცესები. საჭირო, გეოგრაფიული სიზუსტის უზრუნველყოფისათვის საფუძვლად იღებენ ტოპორუკებს ან ცალკეული დეშიფრირებული ფურცლებით შედგენილ „მოზაიკურ" სქემას.

მიკრო დონეზე კოსმოსური სურათების (1 10 000 — 1:2000 მასშტაბის სქემები) გამოყენების აუცილებლობა დღეისათვის ჯერ არ არის დასაბუთებული, თუმცა. მრავლად გამოქვეყნებული შრომა ამტკიცებს სადეშიფრირო სქემების 1:10 000 და უფრო მსხვილ მასშტაბში შედგენის შესაძლებლობას. აქ ძირითადი სიძნელე მდგომარეობს ასეთი სურათების გამოყენების ორგანიზაციაში.

რაიონული დაგეგმარების ერთ-ერთი მთავარი მიზანია — ტერიტორიის ბუნებრივ რესურსებსა და საზოგადოების მრავალმხრივ მოთხოვნილებათა შორის განსაზღვრული შესაბამისობის დადგენა. ამ მიზნის მისაღწევად ხშირად წამოიჭრება აუცილებლობა მონაცემების შეფასების კრიტერიუმების, ეკონომიკური მაჩვენებლებისა და ა. შ. ოპერატიული კორექტირების.

ტერიტორიის შეფასება შეიძლება იყოს კომპლექსური (ყოველგვარი სახით მათი გამოყენების თვალსაზრისით) ან კერძო (ტერიტორიის ერთი რომელიმე მიმართულებით გამოყენების თვალსაზრისით). ინფორ-

მაციის ზოგიერთი მოცულობა (პირობითად შეიძლება ვუწოდოთ „პირველადი") საერთოა კომპლექსურისთვისაც და ნებისმიერი კერძო შეფასებისთვისაც.

მაშასადამე, შეფასების კრიტერიუმების სიდიდისა და შემადგენლობის ცვლით, ერთი და იგივე სადეშიფრირო სქემის ინფორმაციით, შეგვიძლია მოვახდინოთ კომპლექსური შეფასებაც და ნებისმიერი კერძო შეფასებაც.

დაგეგმარების სტრუქტურის ზონალურ ელემენტებს სურათებზე არა აქვს ურბანიზებული რაიონების მკვეთრი საზღვრები, მაგრამ მიეკუთვნებიან გამოსახულ ბუნებრივ და სამეურნეო თავისებურებათა ტერიტორიებს (მთიანი რაიონები, უდაბნოს ზონები და სხვა).

დაგეგმარების სტრუქტურის ელემენტი უნდა განიხილებოდეს მათზე გავლენის ზონასთან ერთად. ამ უკანასკნელის საზღვრები დადგინდება კოსმოსური სურათების ანალიზის საფუძველზე, არაპირდაპირი სადეშიფრირო ნიშან-თვისებების გამოყენებით. დაგეგმარების სტრუქტურის ელემენტის საკუთარი გავლენა გარემოზე, უშუალოდ სურათზე არ ფიქსირდება, მაგრამ ვლინდება ნიადაგისა და მცენარეული საფარის ცვალებადობით, აგრეთვე გარემოს გაჭუჭყიანებითა და სხვა.

ტერიტორიის კომპლექსური შეფასების საფუძველზე და განსახლების არსებული სისტემის ანალიზით დამუშავდება რაიონის პერსპექტიული დაგეგმარების სტრუქტურა. ჩატარდება ტერიტორიის ფუნქციონალურ ზონებად დაყოფა, რომელიც მოიცავს მთლიან განსახილველ ტერიტორიას. თუ კომპლექსური შეფასება ჩატარებულია ბუნებრივი ლანდშაფტის სურათებით საკმაოდ ღრმა შესწავლით, მაშინ კოსმოსური სურათების გამოყენება ფუნქციონალური ზონირების სტადიაზე მიზანშეწონილი არ არის.

ბუნებრივი ობიექტების მდგომარეობის შეცვლა იწვევს ტერიტორიის დემოგრაფიული ტევადობის ცვლილებას. კოსმოსური სურათებით ბუნებრივი ობიექტების დინამიკის კარტირებით შესაძლებელი ხდება გავაკონტროლოთ და ვმართოთ კიდეც ტერიტორიის დემოგრაფიული ტევადობის ცვალებადობაც. ეს ამოცანა შეიძლება გადაწყდეს რაიონული დაგეგმარების დინამიური მოდელის დამუშავებისას. ტერიტორიული ანალიზის ამოცანაა გამოვავლინოთ საერეზერვო მოედნები სხვადასხვა სახის მშენებლობისათვის. ამისათვის კი უნდა ჩავრთოთ კოსმოსური გადაღებების დამატებითი მასალები.

18.3 აეროფოტოგადაღების მასალების გამოყენება მეურნეობათაშორისო მიწათმოწყობაში

აეროგადაღების მასალების გამოყენებით მეურნეობათაშორის მიწათმოწყობაში საშუალება გვეძლევა შესასწავლ ობიექტზე მივიღოთ როგორც თვალსაჩინო, ისე დეტალური წარმოდგენა, რაც საგრძნობლად აადვილებს ტერიტორიის გამოკვლევის და პროექტის ნატურაში გადატანის პროცესს.

სამუშაოს პირველ სტადიაში სწავლობენ რაიონული დაგეგმარების მასალების სქემებს: რაიონების მიხრდვით ჯგუფის ან ცალკეული მიწათსარგებლობის გეგმებს; ისეთ მასალებს, როგორიცაა ნიადაგების, გეობოტანიკის, სამელიორაციო, წყალსამეურნეო, აგროსატყეო, სამელიორაციო, საგზაო, წინა წლების სამიწათმოწყობო მასალები და სხვა, რისთვისაც ადგენენ და იყენებენ 1:25000 — 1:1 000 000 და კიდევ უფრო წვრილი მასშტაბის რუკებს.

ზემოთ ჩამოთვლილი მასალებითა და აეროსურათების დეშიფრირებათა ეტალონებით ასრულებენ აეროსურათების კამერულ დეშიფრირებას, რომლის მიზანიცაა სამიწათმოწყობო ტერიტორიის კამერულად გამოკვლევა. აეროფოტოსურათების კამერული გამოკვლევის შემდეგ განსაზღვრავენ საველე სამუშაოების მოცულობას, რათა მეურნეობათაშორისო სამიწათმოწყობო პროექტის შედგენისას ყველა დასმულ საკითხზე გაეცეს სწორი პასუხი. აერომასალების გამოყენება საგრძნობლად ამცირებს საველე გამოკვლევების მოცულობას, რადგანაც უშუალოდ ადგილზე აღარ ხდება დასახლებული პუნქტების, გზების, საველე სადგომების, საზაფხულო ბანაკების, წყალმომარაგების არსებული წყაროების, სხვადასხვა სახის ნაგებობის, ნარგავისა და სხვა დათვალიერება. ამიტომ საველე გამოკვლევის პროცესში ადგენენ მხოლოდ გეგმურ-კარტოგრაფიულისა და მიწების საარრიცხვო მასალების შესაბამისობას ფაქტობრივ მიწათსარგებლობასთან: აზუსტებენ იმ მიწებს, რომლებსაც მიწათმოწყობა შეეხება, ხოლო იმ მიწებზე, რომლებიც გათვალისწინებულია გამოსაყოფად, გადასაცემად ან გადასაცვლელად, გამოავლენენ გამოუყენებელ ხარჯებს, კაპიტალურ დაბანდებებსა და დასამთავრებელ წარმოებებს. საჭირო რაოდენობრივ და ხარისხობრივ მახასიათებლებს კი უჩვენებენ უშუალოდ აეროფოტომასალებზე.

სურათების კამერულად დეშიფრირების შემდეგ ფოტოსურათებზე ან ფოტოსქემებზე უჩვენებენ მიწათსარგებლობის საზღვრებს: აღნიშნავენ აგრეთვე სახელმწიფო მეურნეობების განყოფილებებსა და აგრო-ფირმების ბრიგადებს თაკიანთი მიწათსარგებლობის საზღვრებით, საწარმოო ნაგებობებით (მეცხოველეობის ფერმებით, სახელოსნოებით, საველე სადგომებითა და ა. შ.), მდინარეებით, ტბებით, არხებით,

ჭებით, სასოფლო-სამეურნეო სავარგულებით, საგზაო და სამელიორაციო ქსელით, ტყეებით, მინდორსაცავი ტყის ზოლებით, სეზონური საძოვრებით, სარეკულტივაციო ფართობებითა და სხვა.

მიწათსარგებლობის ფორმირების მეორე სტადიაში იყენებენ 1:25000 — 1:100000 მასშტაბის (სამეურნეო ინტენსიურობის თანახმად) გეგმების ნაკრებს. ამასთანავე, სამუშაოს შესრულების დაჩქარების მიზნით, ფართოდ იყენებენ ფოტოსქემებს (სტერეოფოტოსქემებს), რომლებიც საკმაო სიზუსტით გამოირჩევა მიწათსარგებლობის ფორმირების პროექტის სხვადასხვა ვარიანტის შედგენისათვის. ფოტოსქემაზე გამოყოფენ იმ მიწის მასივებს, რომლებიც ვარგისია სასოფლო-სამეურნეო კულტურებისათვის და საწარმოო პროცესების განხორციელებისათვის, რისთვისაც დეშიფრირების მეთოდებით სწავლობენ ნიადაგების, ჰიდროლოგიისა და სხვა პირობებს, აგრეთვე ადგილის რელიეფს (ფერდობთა ექსპოზიციას, მათ დაქანებას, რელიეფის დანაწევრებასა და სხვა).

პროექტის შედგენის პროცესში დაადგენენ მიწის მასივების ფართობთა ზომებს, შემადგენლობასა და ხარისხს, მდებარეობასა და საზღვრების კონფიგურაციას. ყველა ეს საკითხი ურთიერთკავშირში იმყოფება და ამიტომ მათი გადაწყვეტაც სრულდება ერთდროულად. სტერეოფოტოსქემების დახმარებით გამოყოფენ თანაბრად სუსტი რელიეფის მასივებს მარცვლეული კულტურებისათვის, სადაც უკეთესად გამოვიყენებთ მძლავრ სასოფლო-სამეურნეო ტექნიკას. რელიეფის პირობების შესაბამისად გამოყოფენ, აგრეთვე, უფრო მოხერხებულ ადგილებს სამეურნეო ცენტრების განლაგებისათვის. ასეთი სტერეოსქემების გამოყენება უკეთესია მთიანი და მნიშვნელოვანი რელიეფის მქონე და ეროზირებული ადგილებისათვის. ამ შემთხვევაში იყენებენ ადგილის სტერეომოდელს, რომლის დათვალიერებითაც სწავლობენ წყალგამყოფებსა და ჰიდროგრაფიული ქსელის ელემენტებს, რომლის საზღვრებსაც შემდგომში შეუთავსებენ წარმოქმნილი მიწათსარგებლობის საზღვრებს ისე, რომ ცალკეული წყალშემკრები ფართობი ერთ მთლიან მიწათსარგებლობაში შევიდეს შიდასამეურნეო მიწათმოწყობის კომპლექსური ღონისძიების ჩატარებისას წყლით რეგულირებისა და ეროზიის წინააღმდეგ ბრძოლის უკეთ მოწყობის მიზნით. სტერეომოდელზე შეარჩევენ სარწყავი სისტემების გამანაწილებელ ზონებს, მათ დამოკიდებულებებს, მსხვილ, სამეურნეო მნიშვნელობის არხებს, რომლებსაც შეუთავსებენ აგრეთვე მომავალ მიწათსარგებლობის საზღვრებს, წყალთამეურნეობის ღონისძიებათა უკეთ განხორციელებისათვის.

მესამე სტადიაში დგინდება მიწათსარგებლობის გარე საზღვრები, რომლებიც ნატურაში აღინიშნება სპეციალური სამიჯნე ბოძებით, რომლებზედაც ფორმდება არსებული წესით იურიდიული დოკუმენტაცია

წესის თანახმად, საზღვრების გარშემო დააგებენ თეოდოლიტურ სვლებს შესაბამისი სიზუსტით. მიღებული კოორდინატების საფეძველზე შეადგენენ მიწათსარგებლობისა და მათი გარე საზღვრების გამოყენების უფლებათა აქტებს. აგრეთვე განსაზღვრავენ ამ მიწათსარგებლობის ფართობებს. ამგვარი საველე გეოდეზიური სამუშაოების ნაკლოვანება ის არის, რომ იგი შრომატევადი და ძვირია, განსაკუთრებით მთაგორიანი პირობებისათვის. გარდა ამისა, ხშირად ველზე დამშვებული შეცდომები გამოვლინდება მხოლოდ კამერულად დამუშაკების პროცესში, რის გამოც საველე გეოდეზიური სამუშაოების მნიშვნელოვანი მოცულობა, ისევ ადგილზე, ხელახლად უნდა შესრულდეს. ფოტოგრამეტრიული მეთოდების გამოყენებით კი მიწათსარგებლობის საზღვრების გამოყოფა შეიძლება შევასრულოთ საველე გეოდეზიური სამუშაოების მნიშვნელოვანი შემცირებით კამერულ პირობებში, თანაც უმოკლეს ვადებში, ნაკლები დანახარჯებით. მეურნეობათაშორისო მიწათმოწყობის ჩატარებულ უბანზე თუ არსებობს აეროფოტოსურათების მასალები, მაშინ სასაზღვრე (სამიჯნე) წერტილების კოორდინატების განსაზღვრა შეიძლება შევასრულოთ მარშრუტული ან ბლოკური ანალიზური ფოტოტრიანგულაციის მეთოდით, რისთვისაც წინასწარ შეადგენენ ჯერ პროექტს, ხოლო შემდეგ კი შეასრულებენ აეროსურათების გეგმურ მიბმას. აეროსურათების გეგმური მიბმის პროექტი მიზანშეწონილია შედგეს არა ცალკეული მიწათსარგებლობის უბნისათვის, არამედ, მათი ჯგუფისათვის ან ადმინისტრაციული რაიონისათვის. 1:20 000 მასშტაბის აეროსურათებისათვის გეგმური მიბმის პროექტის შედგენისას საყრდენი წერტილები უნდა განლაგდეს ყოველი 7 ბაზისათვის, რადგანაც სასაზღვრო წერტილების განსაზღვრის სიზუსტე $m_{x,y}$ საყრდენი გეოდეზიური ქსელის პუნქტების მიმართ არ უნდა აღემატებოდეს 1.0 მ. მაგალითად, თუ საყრდენი წერტილები განლაგებულია მარშრუტის ბოლოებში, მაშინ ტრიანგულაციური მწკრივის შუა ნაწილში წერტილების კოორდინატები განისაზღვრება საშუალო კვადრატული შეცდომით $m_{x,y}=0{,}27\ mm_0n^{3/2}$, სადაც m აეროსურათების მასშტაბის მნიშვნელია; m_0 — სტერეოკომპარატორზე გაზომვების საშუალო კვადრატული შეცდომა ტოლია 0.01 მმ-ის; n — განაპირა საყრდენ წერტილებს შორის ბაზისების რაოდენობა. ვთქვათ $m=20000$, $m_0=0{,}01$ მმ, $n=7$, მაშინ მწკრივის შუა წერტილების კოორდინატები განისაზღვრება $m_{x,y}=1{,}0$ მ სიზუსტით. თუ მიწათსარგებლობის საზღვრების დადგენამდე დაგეგმილია სპეციალურად შესრულდეს აეროფოტოგადაღება, ჯერ ადგილზე წინასწარ დაამაგრებ 5 მიწათსარგებლობის წერტილებს ბოძებით და გარშემო გაუკეთებენ 2.5—3 მ დიამეტრის თხრილს, გაუკეთებენ 20—30 სმ სიმაღლის ყორღანს და სურათზე კარგად ამოცნობის მიზნით უკეთებენ მარკირებს თეთრი კი-

რით, ნახერხით ან ხრეშით (ადგილის პირობების შესაბამისად მარკირების ზოლის სიგრძე უნდა იყოს არანაკლები 4 მ და სიგანე 1 მ. 1:10000 1:25000 მასშტაბის აეროფოტოგადაღებისათვის). მარკირებას უკეთებენ აგრეთვე ტრიანგულაციისა და პოლიგონომეტრიის პუნქტებსაც და იმ წერტილებსაც, რომლის კოორდინატებიც ცნობილია. შემდეგ აწარმოებენ აეროფოტოგადაღებით სამუშაოს არსებული ტექნოლოგიური სქემით.

მეურნეობათაშორისო მიწათმოწყობისათვის შესრულებული აეროფოტომასალები შემდგომში შეიძლება გამოყენებული იქნეს როგორც მიწათსარგებლობის გეგმების კორექტირებისას, ისე შიგასამეურნეო მიწათმოწყობისას. მიწათსარგებლობის საზღვრების აღდგენას ასრულებენ იმ შემთხვევაში, თუ ნატურაში დაკარგულია მიწათსარგებლობის საზღვრების სასაზღვრო წერტილების ნაწილი.

საზღვრების აღსადგენად იყენებენ ტერიტორიის მიწათსარგებლობის მასალებს (გეოდეზიურ გაზომვებსა და კოორდინატებს), რომელიც ჩატარებული იყო ადრე საზღვრების დასადგენად. საზღვრების აღსადგენად იყენებენ ფოტოგეგმებს ან აეროსურათებს. ფოტოგეგმის გამოყენებისას მასზე წინასწარ დაიტანენ კოორდინატებით დაკარგულ სასაზღვრო წერტილებს. ახალი აეროგადაღების აეროფოტოსურათების გამოყენებისას დაკარგულ სასაზღვრო წერტილებს დაიტანენ ახლად აეროგადაღების აეროფოტოსურათებზე. დაკარგულ სასაზღვრო წერტილებს დაიტანენ სურათზე შემორჩენილი იდენტური კონტურების წერტილებით ხაზოვანი გადაკვეთებითა და ადრე გადაღებული აეროგადაღების მასალებით შედგენილი ფოტოგეგმებით. შემდეგ ფოტოგეგმაზე ან აეროსურათებზე დატანილ სასაზღვრო წერტილებს გადაიტანენ ნატურაში ხაზების, კუთხეების ან კომბინირებული გადაკვეთების მეთოდით ან პერპენდიკულარების და სწორი ხაზების მეთოდით (აგეგმვის მარტივი ხერხებით). მოძებნილ სასაზღვრო წერტილებს დაამაგრებენ ადგილზე არსებული წესით.

დიდი მანძილისათვის სასაზღვრო წერტილების აღდგენას ასრულებენ მიახლოებითი მეთოდით, რისთვისაც იყენებენ ფოტოგამოსახულებას, ადგილზე სასაზღვრო წერტილების მიახლოებითი განსაზღვრით. შემდეგ ხაზოვანი გადაკვეთებით დაიტანენ დგომის ადგილს ფოტოგამოსახულებაზე. თუ დატანილი წერტილი არ ემთხვევა მის ნამდვილ მდებარეობას, მაშინ გაზომავენ იმ სიდიდეს, რა სიდიდითაც არ ემთხვევა და გადაიტანენ ნატურაში არდამთხვევის მიმართულებით. ასეთ მიახლოებებს იმეორებენ მანამდე, სანამ მათი დამთხვევა ფოტოგეგმის მასშტაბში არ იქნება 0,2 მმ-ზე ნაკლები. გამოკვლევებით დადგენილია, რომ ამ ვარიანტით აღდგენილი სასაზღვრო წერტილის მდებარეობის საშუალო კვადრატული შეცდომა არ აღემატება 1,8 მ-ს 1:10 000 მასშტაბის აეროსურათების გამოყენების შემთხვევაში.

18.4 რაიონების სასოფლო-სამეურნეო რუკების შედგენა

რაიონების სახელმწიფო მიწების წიგნში დართული უნდა იყოს რაიონის მიწათსარგებლობის რუკა, რომელიც წარმოადგენს თვალსაჩინოების საცნობარო დოკუმენტს მიწათსარგებლობის, მიწების აღრიცხვისა და მიწის კადასტრის სახელმწიფო რეგისტრირების წარმოებისათვის. რაიონული რუკა უნდა შეიცავდეს ადგილის თანამედროვე მდგომარეობის ასახვის ცნობებს. ამიტომ უნდა ხდებოდეს მისი სისტემატური განახლება.

სარაიონო სასოფლო-სამეურნეო რუკები (მიმოხილვითი, მიწათსარგებლობის, ეროზიული მიწების, ნიადაგებისა და ა. შ.) გამოიყენება სხვადასხვა მიზნებისათვის. მათ ქმნიან ზოგად გეგმურ-კარტოგრაფიულ საფუძველზე, რომლის დამზადების ტექნოლოგიური სქემაც კონკრეტულ შემთხვევაში განისაზღვრება საწყის გეგმურ-კარტოგრაფიული მასალებით, ტექნოლოგიური აღჭურვილობით, რუკის დადგენილი სახით და ორიგინალთა გამრავლების ხერხით.

რაიონულ სასოფლო-სამეურნეო რუკებს ამზადებენ 1:25000 — 1:200 000 მასშტაბებში აგეგმვითი და სხვა სახის მასალათა საფუძველზე. რუკის მასშტაბის შერჩევა განისაზღვრება რაიონის ფართობით და მისი კონტურიანობით; იგი დადგინდება ყოველი საკარტოგრაფირებელი რაიონის ბუნებრივ-სამეურნეო თავისებურებების გულდასმით შესწავლის შემდეგ და შეათანხმებენ საოლქო ან რესპუბლიკურ მიწის რეფორმის კომიტეტთან. რუკის მასშტაბი შეირჩევა მთელი ინფორმაციის მასზე მოთავსების გათვალისწინებით და მისი საკმაოდ მკაფიოდ წაკითხვის შესაძლებლობის უზრუნველყოფით.

რაიონული სასოფლო-სამეურნეო რუკები იქმნება კოლმეურნეობათა, სახელმწიფო მეურნეობათა და სხვა მეურნეობათა 1:10000 მასშტაბის კორექტირებული მიწათსარგებლობის გეგმებით. თუ რომელიმე მცირე უბნისათვის აღნიშნული გეგმები არ არსებობს, შესაძლებელია გამოვიყენოთ ტოპოგრაფიული რუკები, ტყეთმოწყობის გეგმები ან სხვა სახის გეგმურ-კარტოგრაფიული მასალები. რაიონული რუკების შედგენის სამუშაოები სრულდება ტექნიკურ-ეკონომიკური დასაბუთების თანახმად, რომელშიც ჩამოყალიბებულია საკითხები: რუკის დანიშნულება; მისი გამოცემის დასაბუთება; საწყისი მასალები; სამუშაოს ტექნოლოგიური სქემა; ტირაჟი; ეკონომიკური გაანგარიშებები; სარედაქციო მითითებები;

სარედაქციო მითითებებში მოცემულია რუკის შინაარსის ელემენტების ჩამოთვლა, განისაზღვრება გენერალიზაციის ძირითადი პრინციპები. რუკის შინაარსის ელემენტებით დადგინდება სიზუსტის ნორმა.

ჩამონათვალში განისაზღვრება ელემენტები, რომლებიც მთლიანად დაიტანება. ჩატარდება კონტურების შერჩევა ზომების მიხედვით. დასაკარტოგრაფირებელი რაიონისათვის დადგინდება საჭვენებელი ელემენტების თავისებურებანი (ადგილობრივი გზები, მინდვრის გზები, ბილიკები და ა. შ.). განისაზღვრება ობიექტები, რომლებიც უნდა აჩვენონ როგორც გამონაკლისი შემთხვევა, რუკის თითოეული ელემენტის ასახვით. მისი გაფორმების სარედაქციო მითითებებში კი დადგინდება მოხატულობა, ზომა და ფერი ყველა შტრიხისებრი პირობითი აღნიშვნით. შეარჩევენ შრიფტებს მათი ზომებისა და სახელწოდებების ჩვენებით, აგრეთვე გაფერადების ფონს, საღებავთა სკალას და ა. შ.

რეკომენდაციებმა უნდა უზრუნველყონ რუკის სისრულე, სიზუსტე, წამკითხველობა და მაქსიმალურად ეკონომიური ეფექტიანობის სამუშაოების შესრულების ტექნოლოგიური შესაძლებლობა. რაიონული სასოფლო-სამეურნეო რუკები, ისევე როგორც ტოპოგრაფიული რუკები და მიწათსარგებლობის გეგმები, იქმნება გაუსის მართკუთხა განივცილინდრულ პროექციაში გამოთვლილს კრასოვსკის ელიფსოიდის ელემენტებით.

რუკის ფურცლების სახე მართკუთხედისაა გვერდების თვითნებურად განლაგებით რაიონის კონფიგურაციის შესაბამისად და ფურცლების გაორიენტირებით ქვეყნის მხარეების მიხედვით. გვერდების ზომები დგინდება დამკვეთთან შეთანხმებით.

გეგმურობის შესაბამისად, რუკის გეოდეზიურ საფუძვლად აღებულია სახელმწიფო გეოდეზიური ქსელის პუნქტები და აგეგმვის გეგმური ქსელის წერტილები. რაიონული რუკების შედგენისას იყენებენ სპეციალურად შემუშავებულ პირობით ნიშნებს, რომლებიც ძირითადად ეფუძნება ტოპოგრაფიულ პირობით ნიშნებსა და სპეციალურ პირობით ნიშნებს ან სიმბოლოებს.

ტექნოლოგიური სქემის შესაბამისად წინასწარ ატარებენ მოსამზადებელ სამუშაოებს, რაც მდგომარეობს დეშიფრირებისათვის მომზადებული მასალების ადგილზე (რაიონში) კორექტირებაში, რომელიც შეგროვილია 1:10 000 და 1:25 000 მასშტაბში სასოფლო-სამეურნეო აეროფოტოგეოდეზიური კვლევა-ძიებითი სამუშაოებისას. გამოვლენილ ცვლილებებს მოსამზადებელ ორიგინალზე გამოხაზავენ ტუშით, რომლის ფერი განსხვავებული უნდა იყოს კორექტირებული გამოსახულების ფერისაგან. ისინი დამოწმებული უნდა იქნეს რაიონის მთავარი (უფროსი) მიწათმომწყობის მიერ. შეირჩევა გეგმურ-კარტოგრაფიული მასალები, რომლებიც გათვალისწინებულია რაიონული რუკების შესადგენად. აგრეთვე, ამზადებენ მიწათსარგებლობის სიებს, მიკუთვნებული ნორმების შესაბამისად, რომლებიც რეგისტრირებულია სახელმწიფო მიწების წიგნში.

შეგროვილი მასალების ანალიზის შემდეგ ადგენენ რაიონების გაერთიანებული რუკების მაკეტს, რისთვისაც 1:100 000 (ან 1:50 000) მასშტაბის ტოპოგრაფიულ რუკაზე მიწათსარგებლობის დაშტრიხული გეგმების მიხედვით ფანქრით მოხაზავენ რაიონის ან ოლქის საზღვრებს. მიწათსარგებლობის დაშტრიხულ გეგმებს 1:25000 მასშტაბში ადგენენ ვატმანის ქაღალდზე ლურჯი ან მკრთალი ყავისფერი ასლების სახით. შემცირებულს მომიჯნე 1:25000 მასშტაბისათვის ან შესაბამისად 1:50 000 მასშტაბში. ასლების შესაბამისობა გაერთიანებულ მაკეტთან მოწმდება კოორდინატთა ბადით ან წინასწარ მომზადებული ფურცლის ჩარჩოების კუთხეებით. დამონტაჟებულ ასლებზე ატარებენ გენერალიზაციას და შემოავლებენ ობიექტების კონტურებს, რომლებიც უნდა აისახოს რაიონულ რუკაზე. გენერალიზაცია რუკის შექმნის პროცესის ერთ-ერთი საპასუხისმგებლო საქმეა, რადგანაც მასზე დამოკიდებულია რუკის ხარისხი, სისრულე, სიზუსტე და წამკითხველობა. დამკვეთთან შეთანხმების შემდეგ რუკებს ამრავლებენ დადგენილი ტირაჟით.

18.5 სამიწათმოწყობო გეგმების კორექტირება აერომეთოდებით

ადამიანის აქტიური ზემოქმედება ბუნებაზე სახეს უცვლის დედამიწას. სწრაფი ცვლილებები გამოწვეულია სამშენებლო საწარმოო ობიექტების, ჰიდროელექტროსადგურების, ქალაქებისა და დასახლებული პუნქტების, საგზაო ქსელთა და სხვა კომუნიკაციათა მშენებლობით. განსაკუთრებულად დიდი ცვლილებები მიმდინარეობს სოფლის მეურნეობის სფეროში, კერძოდ ახალი მიწების ათვისებით, სავარგულების ტრანსფორმაციით, ახალი სასოფლო-სამეურნეო ობიექტების შექმნითა და სხვა. ყოველივე ზემოთ ხსენებულის გამო, ადრე შექმნილი გეგმური მასალები აღარ ასახავენ იმ მრავალსახეობას, რომელიც დედამიწის ზედაპირის თანამედროვე სახეს შეადგენს, ე. ი. გეგმური მასალები ძველდება და კარგავს თავის ღირსებას.

გეგმური მასალების თანამედროვეობის შენარჩუნებას დიდი მნიშვნელობა აქვს სახალხო მეურნეობისათვის, განსაკუთრებით კი სოფლის მეურნეობის დაგეგმვისა და მიწათმოწყობისათვის. მიწების ხარისხრბრივი და რაოდენობრივი აღრიცხვის მოთხოვნილებათა გაზრდის გამო, არსებული გეოდეზიური აგეგმვის მეთოდების გამოყენება საგრძნობლად აქვეითებს შესრულების ეფექტურობას, რაც გამოწვეულია საველე სამუშაოების ხანგრძლივობის გაზრდით. საველე სეზონის პერიოდში საჭირო ხდება დიდი რაოდენობით სპეციალისტთა გამოყენება. თანაც ვერ უზრუნველყოფს ინფორმაციის იმ დიდ მოცულობის გადმოცემას ადგილის შესახებ, რომელიც გააჩნია ახალ აეროფოტოგა-

დაღების მასალებს. მაშასადამე, გეგმების განახლების პროცესი მთლიანად დაფუძნებული უნდა იყოს პერიოდულ აეროფოტომასალებზე, რომელიც უზრუნველყოფს გეგმების განახლების შემცირების ვადებს და ობიექტის ცვლილებათა ფიქსირებაც ხდება სრულად.

იმისდა მიხედვით, თუ რა ხასიათის ცვლილებებია და რა რაოდენობით მოხდა სიტუაციის ელემენტების შეცვლა, ე. ი. გეგმის მოძველების ხარისხი როგორია. მიმართავენ გეგმის ან მთლიანად განახლებას, ე. ი. გეგმის მთლიანად ხელახლა შედგენას ან ძველ გეგმაზე დაიტანენ ყველა ცვლილებას, რასაც კორექტირებას უწოდებენ. გეგმის მთლიანი განახლება მიზანშეწონილია მხოლოდ მაშინ, როდესაც ადგილზე ისეთი ცვლილებებია მომხდარი, რომ აზრი აღარ აქვს მოხდეს ძველი გეგმების კორექტირება. ასეთი პროცესი იშვიათად ტარდება. ვიდრე კორექტირება, რომელიც შეიძლება შესრულდეს ყოველწლიურად ან 1 3 წელიწადში ერთხელ.

გეგმების განახლების მიზნით, ვადების დადგენისათვის, საჭიროა განვსაზღვროთ მათი მოძველების ხარისხი. მიწათსარგებლობის გეგმების მოძველების ხარისხი შეიძლება გამოისახოს სხვადასხვაგვარი მაჩვენებლით, კერძოდ: შეცვლილი კონტურების რაოდენობის ფარდობით საკვლევ უბანზე საერთო რაოდენობასთან ან მთლიანად მიწათსარგებლობასთან, აგრეთვე შეცვლილი კონტურების ფართობების ფარდობით საერთო მიწათსარგებლობის ფართობთან. გეგმების მოძველების ხარისხის გამოვლენა პრაქტიკულად შეიძლება განხორციელდეს ან ექსტრაპოლიაციის ხერხით, ან შერჩევითი გამოკვლევის ხერხით.

პირველი ხერხის გამოყენება შესაძლებელია თუ მოცემული ტერიტორიისათვის გვაქვს მომდევნო უკანასკნელი ორი წლის აეროგადაღების მასალები. ამ შემთხვევაში განსაზღვრავენ მოძველების ხარისხს გადაღებებს შორის. მიღებულ მაჩვენებლებს ამრავლებენ მომდევნო წლებისათვისაც რაიონის პერსპექტიული განვითარების გათვალისწინებით.

მეორე ხერხი ითვალისწინებს წინასწარ დაგეგმილი მარშრუტებით ტერიტორიის მიწისპირა გამოკვლევებს. მარშრუტების გასწვრივ მთლიანი გამოკვლევისას გეგმაზე აფიქსირებენ სიტუაციის მომხდარ ცვლილებებს, შემდეგ კი განსაზღვრავენ ცვლილებებს პროცენტობით. პროცენტობით ცვლილებების გამოსახვის განსაზღვრის პროცესი შეიძლება განხორციელდეს გამჭვირვალე საფუძველზე დატანილი კვადრატული ბადის (5×5 მმ ან 2×2 მმ ზომების) პოლეტის დახმარებით.

გეგმაზე დატანილ ცვლილებებზე პოლეტას დადებენ და დაითვლიან

უჯრედების $П_1$ რაოდენობას, რომელიც შეიცავს სიტუაციის ცვლილებებს: უჯრების რაოდენობას $П_2$-ს, რომელიც შეიცავს სიტუაციის დატვირთვას ცვლილებების გარეშე და უჯრედების რაოდენობას — $П_3$-ს სიტუაციის დატვირთვის გარეშე. შემდეგ განისაზღვრება გეგმაზე მომხდარი ცვლილებები, რომლებიც მოხდა განახლებებს შორის — ფორმულით:

$$P = \frac{П_3}{П_1 + П_2} 100 \qquad (18.1)$$

$П_1 + П_2 + П_3$ ჯამი უნდა შეესაბამებოდეს გამოსაკვლევ უბანზე პოლეტის უჯრედების საერთო ჯამს. თუ მიღებულ მოძველების პროცენტს P გავყოფთ წლების K რაოდენობაზე, მივიღებთ მოძველების პროცენტს წლის განმავლობაში.

$$ψ = \frac{P}{K}. \qquad (18.2)$$

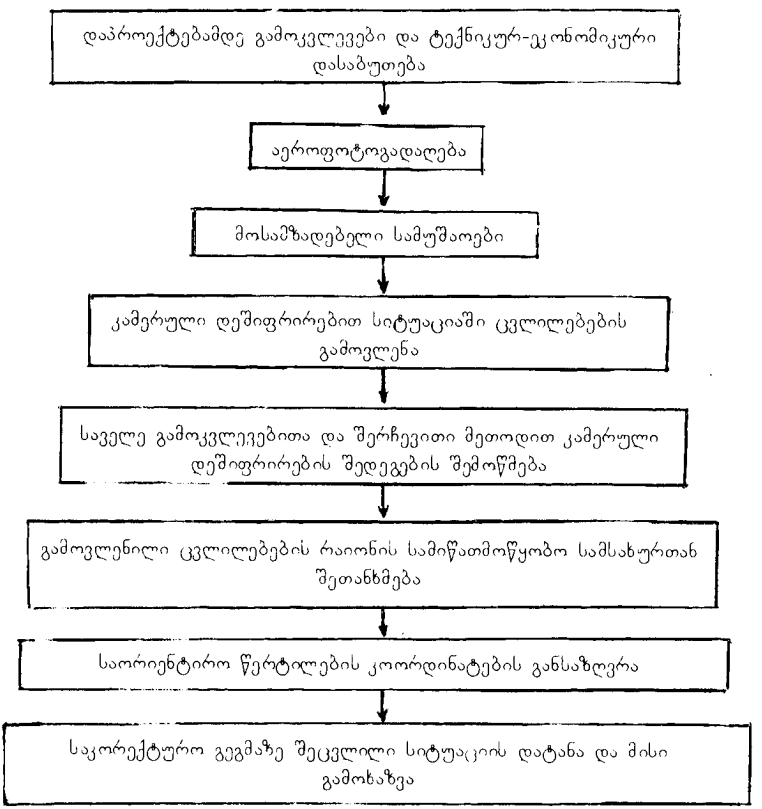
ტერიტორიის ახალი აეროფოტოგადაღების ჩატარების მიზანშეწონილობა დამოკიდებულია გეგმების მოძველების ხარისხზე. თუ გეგმების მოძველების ხარისხი არ აღემატება მათზე გამოსახული სიტუაციის ელემენტების რაოდენობის 20 — 30 %, მაშინ მათი შემცველობის დაზუსტება შეიძლება შესრულდეს სხვადასხვაგვარი გეოდეზიური ხერხით (მენზულური ან თეოდოლიტური აგეგმვის, გაზომვებით, გადაკვეთებით და ა. შ.). მიწათმოსაწყობ მეურნეობაში გამოკვლევით სამუშაოების შესრულებისას, როდესაც სიტუაციის ცვლილებები მნიშვნელოვანია და კორექტირება გეოდეზიური მეთოდებით ეკონომიკურად ტოლია ან ძვირია ახალ აგეგმვაზე, მიზანშეწონილია კორექტირება შევასრულოთ ახალი აეროფოტომასალების დეშიფრირებით. ცხადია, ეს ასეთ შემთხვევაში, როცა კი საკითხი დგება აეროგადაღებაზე. აუცილებელია გავითვალისწინოთ ტერიტორიის მთელი ფართობის გეგმების კორექტირება. რადგანაც პატარა ფართობებისთვის აეროფოტოგადაღება ეკონომიკურად სასარგებლო არ არის. კორექტირებას ასრულებენ ძირითადად ფოტოგეგმებზე ან ცალკეულ გიროსტაბილიზებულ აეროფოტოსურათებზე მათი დეშიფრირების (ინტერპრეტაციის) გზით საველე კამერული და კომბინირებული ხერხებით. იმისათვის, რომ მაქსიმალურად შემცირდეს ძვირად ღირებული საველე სადეშიფრირო სამუშაოები, ფართოდ უნდა გამოვიყენოთ წინა წლების ფოტოგეგმები, ცალკეული აეროფოტოსურათები და დეშიფრირების ეტალონები.

რაც შეეხება რელიეფს, იგი ფაქტობრივად, როგორც წესი, უცვლელია და შეიძლება მთლიანად გადმოვიტანოთ ძველი გეგმებიდან.

ერთი და იგივე გეგმის მრავალჯერ კორექტირება იწვევს მისი ხარისხის დაცემას, რაც გამოწვეულია ხშირი გადაკეთებებით. ამიტომ, უმჯობესია პერიოდულად ჩავატაროთ გეგმების მთლიანი განახლება.

18.5.1 კორექტირების ტექნოლოგიური სქემები

მიწათსარგებლობის გეგმების კორექტირების ტექნოლოგიური სქემები ფოტოგრამმეტრიული მეთოდებით შეიძლება იყოს სხვადასხვაგვარი. ეს დამოკიდებულია ფოტოგრამმეტრიულ აღჭურვილობაზე, ხელსაწყოებზე, წინა წლების არსებული აგეგმვის მასალებზე და მის ხარისხზე, ადგილის რელიეფზე, სიტუაციაში რაოდენობრივ ცვალებადობაზე და სხვა ფაქტორებზე. ქვემოთ მოყვანილია ფოტოგრამმეტრიული მეთოდებით მიწათსარგებლობის გეგმების კორექტირების პრინციპული სქემა.



მოყვანილი ტექნოლოგიური სქემით არ ამოიწურება მიწათსარგებ-

ლობის მოძველებული გეგმების აეროფოტომასალების გამოყენებით კორექტირების სამუშაოს ორგანიზების მრავალსახეობა. ასე იმ შემთხვევაში ხდება, როდესაც მასალების ნაწილი შესაძლებელია ვაკორექტიროთ ფოტოგრამმეტრიული ხელსაწყოებით ან საკმარისია გამოვიყენოთ უმარტივესი ილეთები და აღჭურვილობანი.

კორექტირების სამუშაოთა ორგანიზების კონკრეტული ვარიანტები განისაზღვრება მას შემდეგ, რაც წინასწარ შეისწავლება ობიექტებზე არსებული წინა წლების აგეგმვითი მასალები, წინასწარ გამოვლინდება მომხდარი ცვლილებების რაოდენობა, აეროფოტოსურათების მუშა ფართის ფარგლებში განისაზღვრება ტრანსფორმირების ზონათა რაოდენობა. ტექნოლოგიური სქემების შერჩევისას ძირითად ყურადღებას აქცევენ მეთოდის უბრალოებასა და ხელმისაწვდომობას, რომელიც უზრუნველყოფს საჭირო სიზუსტეს, ეკონომიურობასა და სამუშაოების ოპერატიულად შესრულების შესაძლებლობას.

თანამედროვე ფოტოგრამმეტრიული აღჭურვილობა (ინტერპრეტასკოპი, ფოტოტრანსფორმატორი, უნივერსალური ფოტოგრამმეტრიული ხელსაწყოები) ამარტივებს საკორექტურო სამუშაოებს. მაგალითად, მომხდარი ცვლილებების გამოვლენა, მათი კამერული დეშიფრირება და ცვლილებების დატანა გეგმაზე შეიძლება მოხდეს ერთი ხელსაწყოს — ინტერპრეტასკოპის დახმარებით, თანაც ამ ხელსაწყოზე შეგვიძლია გამოვიყენოთ წვრილმასშტაბიანი აეროფოტოგადაღებებიც.

ფოტოტრანსფორმატორის გამოყენების შემთხვევაში გამოვლენილი და დეშიფრირებული ცვლილებების დატანა სრულდება საკორექტურო ფოტოგეგმაში ტრანსფორმირებული სურათის ან მისი რომელიმე ნაწილის ჩასმით.

უნივერსალური სტერეოფოტოგრამმეტრიული ხელსაწყოები (დრობიშევის სტერეოგრაფი СД, რომანოვსკის სტერეოპროექტორი СПР) კორექტირების საშუალებას იძლევა როგორც ფოტოგეგმის, ისე უშუალოდ ხელსაწყოზე დაშტრიხული გეგმისას.

ამასთან ერთად, ვაკე ადგილისათვის სიტუაციის მცირედი ცვლილებისას, საკორექტურო გეგმაზე შესაძლებელია მათი დატანა ფოტოგრამმეტრიული ხელსაწყოების გარეშე, მაგალითად, გრაფიკული ან გრაფიკულ-მექანიკური ხერხით. ამ შემთხვევაში სამუშაოები სრულდება მარტივი სახაზავი ხელსაწყოების დახმარებით — სახაზავით, სამკუთხედებით, ზუსტმზომით, მასშტაბური სახაზავით, პროპორციული ფარგლით ან პანტოგრაფით.

ორგანიზაციულად, ეს მეთოდები მარტივია, მაგრამ მათი შესრულების სიზუსტე დამოკიდებულია საკორექტურო გეგმისა და აეროსურათის მასშტაბების მნიშვნელოვან თანაფარდობაზე.

18.5.2 მოსამზადებელი სამუშაოები

მიწათსარგებლობის გეგმების კორექტირების სამუშაოთა შესრულებისას დიდ ყურადღებას უთმობენ მოსამზადებელ სამუშაოებს, რადგანაც შემდგომში ისინი განსაზღვრავენ ყველა მომდევნო სამუშაოს ორგანიზაციას.

1. მოსამზადებელი სამუშაოები პირობითად შეიძლება დავყოთ სამ ეტაპად: ადგილებზე (რაიონებში) მასალებისა და დოკუმენტების შეგროვება და შესწავლა, რომელიც საჭიროა შემდგომში კორექტირებისათვის;

2. ობიექტზე კორექტირების სამუშაოს წარმოების ტექნიკურ-ეკონომიკური დასაბუთების შემუშავება;

3. აეროფოტომასალების მომზადება კორექტირებისათვის;

პირველ ეტაპზე შეგროვდება ისეთივე გეგმურ-კარტოგრაფიული, გეოდეზიური, აეროფოტოგეოდეზიური, სამიწათმოწყობო და სხვა მასალები და დოკუმენტები, როგორც მიწათსარგებლობის გეგმების განახლებისას. მეორე ეტაპზე შეგროვილი მასალები ანალიზდება და მის საფუძველზე შეადგენენ სამუშაოს წარმოების ტექნიკურ-ეკონომიკურ დასაბუთებას (ტედ), რომელშიაც მოჰყავთ ადრე ჩატარებული აგეგმვებისა და ობიექტზე არსებული გეგმურ-კარტოგრაფიული მასალების ცნობები (დამზადების წელი, მასშტაბი, კოორდინატთა სისტემა, პლანშეტის დაყოფა). იძლევიან სამუშაო რაიონის ფიზიკურ-გეოგრაფიული პირობების მოკლე აღწერას, დაახასიათებენ დასამუშავებლად განკუთვნილ მოძველებულ გეგმურ-კარტოგრაფიულ მასალებს და აწარმოებენ სავარგულების კონტურების ცვლილებების წინასწარ პროცენტულობის განსაზღვრას ზემოთ აღწერილი მეთოდით. დასაბუთდება ახალი აეროფოტოგადაღების პარამეტრები, შესასრულებელი სამუშაოების მიღებული ვარიანტები და ჩამოყალიბდება აეროფოტომასალების გამოყენების თანამიმდევრობა. შედგება დაწვრილებითი საწარმოო პროგრამა ყველა სახის საპროექტო სამუშაოების ჩამოთვლით, მათი მოცულობის, საჭირო შრომის დანახარჯებითა და თითოეული სახის ღირებულებით.

ტექნიკურ-ეკონომიკურ დასაბუთებას თან ერთვის საჭირო საილუსტრაციო მასალები — კარტოსქემები ობიექტების საზღვრებით, მიწათსარგებლობისა და რაიონების საზღვრებით, პლანშეტების მუშა ნომრებით, სიძნელის კატეგორიებით, უბნებით, რომლისთვისაც დამზადებული იქნება საკორექტურო გეგმის მასშტაბამდე გადიდებული აეროსურათები.

მესამე ეტაპზე თანახმად ტექნიკურ-ეკონომიკური დასაბუთებისა, აეროფირებიდან დამზადდება ობიექტისათვის აუცილებელი რაოდე-

ნობის კონტაქტური, გადიდებული ან საკორექტურო გეგმის მასშტაბში მოყვანილი აეროფოტოსურათები.

აეროფოტოსურათების შემდგომ მომზადებაში იგულისხმება მუშა ფართის და ტრაპეციის ჩარჩოების მონიშვნა; ტუშით გამოხაზვა და აეროსურათების დაკომპლექტება მიწათსარგებლობის მიხედვით.

ობიექტზე შეაგროვებენ ან ხელახლა დაამზადებენ საველე პირობებში დეშიფრირებულ (ეტალონი) აეროფოტოსურათების ალბომებს, დამახასიათებელს თითოეული სამუშაო რაიონისათვის.

მოსამზადებელი სამუშაოების ჩატარებაზე დამოკიდებულია არა მარტო ტექნოლოგია, არამედ თვით კორექტირების ხარისხიც.

18.5.3 ობიექტების ცვლილებების გამოვლენა და დეშიფრირება აეროსურათებზე

გეგმების განახლებასა და კორექტირებაში გამოყენებული აეროსურათების დეშიფრირების პროცესში გვერდს ვერ ავუვლით საველე გამოკვლევებს, მაგრამ მნიშვნელოვნად გაადვილდება დეშიფრირება, თუ გამოვიყენებთ ახალ აეროფოტოგადაღების მასალებს. რაც უნდა დიდი ცვლილებები მოხდეს ადგილზე, ყოველთვის იქნება შენარჩუნებული სიტუაციის ელემენტები, რომლებიც ადვილად დადგინდებიან ახლად გადაღებული აეროსურათების საკორექტურო გეგმებთან შედარებით.

კამერულად ყველა უშეცდომოდ ამოცნობილი სიტუაციის ელემენტი გამოიხაზება აეროფოტოსურათებზე ან წინასწარ დამზადებულ ფოტოგეგმებზე. ამასთანავე, ხშირად შემორჩენილი სიტუაციის ელემენტები გვიადვილებენ ახლადწარმოშობილის შინაარსის გახსნას.

ამგვარად, ველზე გასვლამდე შეგვიძლია მოვხაზოთ უფრო მიზანშეწონილი მარშრუტები იმ ადგილებისა, რომლებიც კამერული დეშიფრირებისას რაიმე ეჭვს იწვევდა.

დეშიფრირება მიზანშეწონილია ჩავატაროთ იმ აეროსურათებზე, რომლებიც გადიდებულია გასანახლებელი გეგმების მასშტაბამდე. განსაკუთრებით კი მაშინ, როდესაც გათვალისწინებულია გრაფიკული ტრანსფორმირების გამოყენება.

საველე დეშიფრირებისას გამოავლენენ და დაიტანენ სიტუაციის ყველა იმ ელემენტს, რაც არ გამოისახა აეროსურათზე, მაგრამ საჭირო და აუცილებელია დეშიფრირების მომენტისათვის მათი გეგმებზე გამოსახვა. გამოვლენილი ადგილის ელემენტებს დაიტანენ აეროსურათებზე ან ფოტოგეგმებზე. გარდა აღნიშნულისა, შეაგროვებენ დასახლებული პუნქტებისა და ადგილების ახალ სახელწოდებებს, დააზუსტებენ ძველ სახელწოდებებს და ა. შ.

ცვლილებების გამოსავლენად და დეშიფრირებისათვის მიზანშეწონილია გამოვიყენოთ ინტერპრეტასკოპი ან უნივერსალური ტოპოგრაფიული პროექტორი УТП – 2. ინტერპრეტასკოპის გამოყენების შემთხვევაში ცვლილებათა გამოვლენის დეშიფრირება უმჯობესია ვაწარმოოთ მიწათსარგებლობის ფოტოგეგმებზე. რისთვისაც ხელსაწყოს მარჯვენა ოპტიკური სისტემის ქვეშ მოვათავსოთ მიწათსარგებლობის ფოტოგეგმა. ხოლო მარცხენის ქვეშ თანამიმდევრობით შესაბამისი ტერიტორიის აეროფოტოსურათები. ფოტოგეგმის მიმართ აეროფოტოსურათების გაორიენტირებისა და სტერეოეფექტის მიღების შემდეგ დაათვალიერებენ მიღებულ სტერეომოდელს. გამოავლენენ მომხდარ ცვლილებებს და უშუალოდ მიწათსარგებლობის ფოტოგეგმაზე დეშიფრირების შედეგებს დააფიქსირებენ. ამ შემთხვევაში მუშაობა მიმდინარეობს ოპტიკური სისტემით აეროსურათებზე გამოსახულების გამუდმებითი გადიდებით.

უნივერსალური ტოპოგრაფიული პროექტორის УТП – 2 საშუალებით ფოტოგეგმებზე ცვლილებები შეგვიძლია დავიტანოთ როგორც აეროსურათებით, ისე აერონეგატივებითაც. ამასთანავე, ხელსაწყოს კორექციული მოწყობილობებით შედარებისას შეიძლება შევასრულოთ მნიშვნელოვანი დახრის კუთხის მქონე აეროსურათების ტრანსფორმირებაც.

ზემოთ აღნიშნული ხელსაწყოებით შეგვიძლია გამოვავლინოთ სიტუაციაში არსებული ცვლილებები. აგრეთვე ერთდროულად მოვახდინოთ მათი დეშიფრირებაცა და ამ შედეგების საკორექტურო გეგმაზე დატანაც. იგივე პროცესები შეგვიძლია შევასრულოთ უნივერსალურ სტერეოფოტოგრამმეტრიული ხელსაწყოებითაც. კორექტირება შეიძლება მიწათსარგებლობის როგორც ფოტოგეგმებზე, ისე მიწათსარგებლობის დამტრიხულ გეგმებზეც. დეშიფრირება შეიძლება ხელსაწყოს კასეტებში ჩალაგებულ და გაორიენტირებულ სურათებზე.

აეროსურათებზე დეშიფრირებულ სიტუაციას, როგორც წესი, გამოხაზავენ ფერადი ტუშით არსებული პირობითი ნიშნების დებულებათა დაცვით. კონტურების პირობითი ნიშნები შევცვალოთ განმარტებითი წარწერებით. მაგრამ უნდა დავიცვათ სიტუაციის ასახვის სისრულე და სიზუსტე.

18.5.4 აეროსურათებზე და საკორექტირო გეგმებზე შესაბამისი საორიენტირო წერტილების შერჩევა, ამოცნობა და მათი კოორდინატების განსაზღვრა

განვიხილოთ გეგმების მთლიანი განახლებისა და კორექტირების ტექნოლოგიის ზოგიერთი თავისებურებანი აეროფოტომასალების გამოყენებით. ორივე შემთხვევაში აეროფოტოგადაღების პარამეტრე-

ბის შერჩევა ისეთივეა, როგორიც ახალი გეგმების შედგენისას. რადგანაც ადგილის უმრავლესი ლანდშაფტისათვის რელიეფი რჩება უცვლელი და გასწორებას მოითხოვს გეგმის მხოლოდ კონტურული ნაწილი, ამიტომ მიზანშეწონილია აეროფოტოგადაღება ვაწარმოოთ რელიეფით გამოწვეული მინიმალური დამახინჯებებით, რათა გავამარტივოთ აეროსურათების გეგმებად გარდაქმნის პროცესი.

გეგმების კონტურული ნაწილის განახლების ტექნოლოგიის თავისებურება. მოცულობა და სამუშაოს ორგანიზაცია დამოკიდებულია გეგმების მოძველების ხარისხზე და მათ მასშტაბზე, ადგილის ხასიათზე, აეროფოტომასალებისა და სხვა არსებული მასალების ხარისხზე.

გეგმების განახლებისას ყველაზე შრომატევად და ძვირადღირებულ სამუშაოდ ითვლება საველე სამუშაოები, რისთვისაც ცდილობენ მაქსიმალურად შეამცირონ აღნიშნული სამუშაოები არსებული გეგმებისა და სხვა მასალების ფართოდ გამოყენებით. ასეთ მასალებს მიეკუთვნება წინა წლების აეროსურათები საველე გეგმური მომზადების წერტილებითა და საველე დეშიფრირების ელემენტებით, ძველი ფოტოგეგმები თავისი ფორმულარებით, ადრე შესრულებული აეროფოტოგეოდეზიური საველე და კამერული სამუშაოების ტექნიკური ანგარიშები, მიწათსარგებლობის საზღვრების სქემები, მონაცემები გზების გასწვრივ მიწების მიკუთვნების შესახებ, გაუცხოებული მიწათსარგებლობის სიები, დასახლებული პუნქტები, ადგილმდებარეობათა სახელწოდებები, ლიტერატურული ცნობარები და სხვა. ყველა შეკრებილი მასალა გულდასმით შეისწავლება და გაანალიზდება, რის შედეგადაც დადგინდება ხარისხისა და სიზუსტის მიხედვით მათი ვარგისიანობა შემდგომში გამოყენების მიზნით.

შემდეგ განსაზღვრავენ საჭირო შესწორებების ხასიათსა და მოცულობას ძველ გეგმებთან ახალი აეროგადაღების სურათების შედარებით. თუ სიტუაციის ელემენტების ცვლილებების რაოდენობა საშუალებას იძლევა სიზუსტის მხრივ, ხარისხის წახდენის გარეშე, დავიტანოთ უშუალოდ გეგმაზე, მაშინ ამ სამუშაოს საფუძვლად დაედება ძველი გეგმა, რომელზედაც დაიტანება ამა თუ იმ ხერხით ყველა განზომილება და მიიღებენ შესწორებულ ან კორექტირებულ გეგმას. დიდი ცვლილებების შემთხვევაში მიმართავენ მთლიან განახლებას ანუ ხელახალი გეგმის შედგენას.

აეროსურათების გეგმების გარდასაქმნელად — მთლიანი განახლებისას ან მათი კორექტირებისას, როცა განისაზღვრება შეცვლილი სიტუაციის ელემენტების გეგმური მდებარეობა, საჭიროა, რომ აეროსურათები უზრუნველყოფილი იქნენ სატრანსფორმაციო წერტილებით. ახალი აეროსურათებით ხერხდება ამა თუ იმ ხერხით გეგმური ფოტოტრიანგულაციური ქსელის განვითარება. ქსელის რედუცირებისათვის

მაქსიმალურად იყენებენ გეოდეზიურ პუნქტებს და წინა წლების აგეგმვათა საყრდენ წერტილებს, რომლებსაც ამოიცნობენ ახალი გადაღების აეროფოტოსურათებზე. თუ ასეთი წერტილები ვერ ამოიცნობიან. მაშინ მათ მდებარეობას განსაზღვრავენ შემორჩენილი საერთო წერტილებიდან ან კონტურებიდან. გადაკვეთებით. წერტილების ამორჩევა ისე უნდა მოხდეს. რომ ისინი ძირითადად მოთავსებული იყვნენ ფოტოგეგმის ერთ აეროსურათზე. წერტილების გეგმური კოორდინატები განისაზღვრება გრაფიკულად ფოტოტრიანგულაციით. შებრუნებული ფოტოტრიანგულაციური გადაკვეთებით განისაზღვრება ცალკეული აეროსურათების მუშა ცენტრები, რისთვისაც საჭიროა გვქონდეს ოთხი საორიენტირო წერტილი. ამოცნობილი როგორც აეროსურათებზე (სურათის კუთხეებში). ისე მიწათსარგებლობის გეგმებზე. აეროსურათის ქვეშ მოათავსებენ კალკას. სურათებზე ჩაჰხვლეტენ საორიენტაციო წერტილებს და მუშა ცენტრს. შემდეგ აიღებენ აეროსურათს და კალკაზე მუშა ცენტრიდან გაატარებენ მიმართულებებს საორიენტირო წერტილებზე. ასე მიღებულ კალკას დადებენ მიწათსარგებლობის გეგმაზე. მოძებნიან მეორე აეროსურათის მუშა ცენტრსაც. მაშინ საჭირო საორიენტირო წერტილების მდებარეობას განსაზღვრავენ პირდაპირი გადაკვეთებით. მაღალი სიზუსტის გადაკვეთების მისაღებად ზოგ შემთხვევაში იყენებენ სამ აეროსურათს. აღსანიშნავია. რომ ფოტოტრიანგულაციური გადაკვეთების სიზუსტე ძირითადად დამოკიდებულია საწყისი წერტილების მდებარეობის შეცდომაზე. კონტურული წერტილებისათვის მათი გეგმური მდებარეობის განსაზღვრის საშუალო კვადრატული შეცდომა შეადგენს 0.5 0.6 მმ გეგმის მასშტაბში. ხოლო ზღვრული შეცდომა არ აღემატება 1.0 მმ. ამიტომ. ზოგიერთ შემთხვევაში მოგვიწევს მიმართულებების გრაფიკული გაწონასწორება ისე. რომ შეუბმელობა თანაბრად გადანაწილდეს ყველა წერტილზე.

ერთმარშრუტიანი გრაფიკული ფოტოტრიანგულაციური მწკრივის აგებისას მათი სიგრძე ფოტოგრაფირების ბაზისების რაოდენობით არ უნდა აღემატებოდეს სიდიდეს:

$$n = \frac{5}{K},$$

აქ

$$K = \frac{m}{M},$$

სადაც m არის აეროსურათის მასშტაბის მნიშვნელი: M დასაკორექტირებელი მიწათსარგებლობის გეგმის მასშტაბის მნიშვნელი.

კონტაქტური აეროსურათებით ქსელის აგებისას რედუცირების კოეფიციენტი Kარ უნდა იყოს 1,4-ზე მეტი. მისი შემცირებისათვის მიზანშეწონილია ფოტოტრიანგულაციის მწკრივი ავაგოთ მასშტაბში. რომელიც ახლოს იქნება გასაკორექტირებელი გეგმის მასშტაბთან.

18.5.5 შეცვლილი სიტუაციის ელემენტების გადატანა საკორექტურო გეგმაზე

მიწათსარგებლობის საკორექტირო გეგმებზე შეცვლილი სიტუაციის ელემენტები გადააქვთ სხვადასხვა ხერხით. ვაკე ადგილების სავეღე პირობებში იყენებენ მარტივ ხერხებს: ხაზების გაზომვას, გადაკვეთის ხერხს და ა. შ. ეს მეთოდები გამოიყენება როცა მცირე რაოდენობის ცვლილებებია დასატანი. რთული რელიეფისა და კონტურების დიდი რაოდენობის ცვლილებების შემთხვევაში იყენებენ ტრანსფორმირების ხერხს. თუ ზონების რაოდენობა დიდია, ე. ი. 5-ზე მეტია. მაშინ ტრანსფორმირებას ასრულებენ ოპტიკურ-გრაფიკული ხერხით. ეს კი ნაკლებად სასურველია. რადგან საბოლოო პროდუქცია გვექნება გრაფიკული გეგმის სახით. ოპტიკურ-გრაფიკული ტრანსფორმირება შეიძლება შესრულდეს ერთმაგი პროექტორით. ტოპოგრაფიული პროექტორით. სპეციალური პროექტორებით (კამერა კლარა. LUS და სხვა). პანტოგრაფებით და სხვა. ტრანსფორმირებამდე სურათები უნდა იყოს დეშიფრირებული და ტრანსფორმირება უნდა მიმდინარეობდეს უშუალოდ მიწათსარგებლობის საკორექტირო გეგმის ორიგინალზე საორიენტირო წერტილებით. სიტუაციის ელემენტების ყველა ცვლილება დაიტანება ჯერ ფანქრით. ხოლო შემდეგ გამოიხაზება ტუშით. ექსპედიციურ პირობებში ტრანსფორმირებას ატარებენ გრაფიკული ხერხით ან ურთიერთპროექციული ბადით (ვაკე ადგილის შემთხვევაში). რადიალური ბადის ხერხით (მნიშვნელოვანი რელიეფის შემთხვევაში). რისთვისაც გეგმაზე მოძებნიან სურათების მთავარი წერტილების მდებარეობას ზემოთ აღწერილი მეთოდით. ამ მეთოდის გამოყენებისას სურათის ცენტრიდან გატარებული მიმართულებები არ მახინჯდებიან.

სიტუაციათა ცვლილებების გადატანა შეიძლება. აგრეთვე. სტერეოსკოპებით. რისთვისაც იყენებენ გადიდებულს ან გეგმის მასშტაბში მოყვანილ სურათებს. სტერეოსკოპის ქვეშ აეროსურათებს გააორიენტირებენ გეგმის მიმართ. შემდეგ სურათის თანდათანობითი გადაადგილებით. გრძივი და განივი პარალაქსების მოსპობით (საერთო-საორიენტაციო წერტილებზე შეუთავსებლობა შეიძლება დაუშვათ არა უმეტეს 0.5 მმ). შემდეგ აეროსურათსა და გეგმას დაამაგრებენ და გადაიტანენ შეცვლილ კონტურებს. სტაციონარულ პირობებში გეგმის კორექტირების შესასრულებლად ფართოდ შეიძლება გამოვიყენოთ ისეთი ფოტოგრამმეტრიული ხელსაწყოები. როგორიცაა: ინტერპრეტასკოპი. უნივერსალური სტერეოფოტოგრამმეტრიული ხელსაწყოები. YTII, ფოტორედუქტორი და სხვა.

სამუშაოს გულდასმით შესრულების შემთხვევაში. აეროფოტოსურათებიდან გეგმაზე კონტურების გადატანის საშუალო კვადრატული

შეცდომა m_1 ყველა ხელსაწყოსათვის თითქმის ერთნაირია (0.2 — 0.3 მმ). კორექტულ გეგმაზე კონტურული წერტილების საერთო ცდომილების დასადგენად აუცილებლად უნდა გავითვალისწინოთ საორიენტირო წერტილების საწყისი m_2 შეცდომებიც (0.3 — 0.4 მმ). მაშინ კონტურული წერტილების მდებარეობის საშუალო კვადრატული შეცდომა გამოითვლება ფორმულით:

$$m=\sqrt{\left[m_1^2+\left(\frac{m_2^2}{K}\right)^2\right]} \qquad (18.4)$$

სადაც K აეროსურათის ტრანსფორმირების კოეფიციენტია, რომლის სიდიდეც სასურველია 2-ზე მეტი არ იყოს.

მაგალითად, თუ $m_1=0,3$ მმ, $m_2=0,35$ მმ და $K=2$, მაშინ $m=0,35$ მმ. ე. ი. ზემოთ მოყვანილი ხერხებით შეცვლილი სიტუაციების დატანით 10 — 15 % ეცემა კორექტირებული გეგმის ხარისხი. სამაგიეროდ, მათი შესრულებისათვის საკმარისია გამოვიყენოთ მარტივი ხელსაწყოები საველე პირობებში.

ყველაზე უფრო ზუსტია, და ამავე დროს შეგვიძლია გამოვიყენოთ მნიშვნელოვანრელიეფიანი კონტურებისათვის, ოპტიკურ-მექანიკური ტრანსფორმირების ხერხით გეგმების კორექტირება. წერტილების შეცდომები ამ შემთხვევაში გამოწვეული რელიეფით, სურათის დახრის კუთხით და სურათის მასშტაბში მოყვანით გამოისახება ფორმულით:

$$\delta=\delta\alpha+\delta_n+\delta_m. \qquad (18.5)$$

თუ შევიტანთ (18.5) ფორმულაში თითოეული წევრის დამახინჯებების მათემატიკურ გამოსახულებას, გვექნება

$$\delta=\frac{r^2\cos\varphi\sin\varphi}{f_k}+\frac{rh}{H}+\frac{\Delta H}{H}r, \qquad (18.6)$$

სადაც r არის რადიუს-ვექტორი აეროსურათის მთავარი წერტილიდან განსასაზღვრ წერტილამდე;

α — აეროსურათის დახრის კუთხე;

f_k — აეროფოტოაპარატის ფოკუსური მანძილი;

h — წერტილის ამაღლება სიბრტყის მიმართ;

ΔH — ფოტოგრაფირების სიმაღლეთა სხვაობის შეცდომა, რომელიც განისაზღვრება რადიოსიმაღლმზომითა და სტატოსკოპით. სურათის ტრანსფორმირება შეიძლება მოხდეს როგორც ზონებით, ისე სურათის კოორდინატთა ჭდეებს შორის მანძილებით.

პირველ შემთხვევაში ზონის სიმაღლე გამოითვლება ჩვენთვის უკვე ცნობილი ფორმულით ან

$$2h=\frac{2\delta_n f_k M}{1000\ r.} \qquad (18.7)$$

2h ზონის სიმაღლის განსაზღვრის შემდეგ გამოითვლიან თითოეული ზონის მასშტაბის მნიშვნელს:

$$m_i = \frac{H_i}{f_k}, \qquad (18.8)$$

სადაც H_i არის ფოტოგრაფირების სიმაღლე, $_i$ — ზონის საშუალო სიბრტყისადმი.

შემდეგ აეროფოტოაპარატის პასპორტიდან გამოიყენებენ კორდინატთა ჰდეებს შორის ცნობილ l_x და l_y მანძილებს და გამოითვლიან პლანშეტზე შესაბამის მონაკვეთებს:

$$L_{xi} = l_x \frac{m_i}{M} K_l$$

$$L_{yi} = l_y \frac{m_i}{M} K_l \qquad (18.9)$$

სადაც K_l ფოტოქაღალდის დეფორმაციის კოეფიციენტია.

გამოთვლილი მონაკვეთების ზომებს დაიტანენ და ტუშით გამოხაზავენ სახაზავ ქაღალდზე. მიღებულ პოლეტას იყენებენ შემდგომში როგორც საყრდენ პლანშეტს, ხოლო მონაკვეთების ბოლოებს (ე. ი. კოორდინატთა ჰდეებს საორიენტაციო წერტილებად.

აეროსურათის მოცემულ მასშტაბში მოსაყვანად ფოტოტრანსფორმატორის ეკრანიცა და კასეტაც მოჰყავთ თარაზოთი ან საკონტროლო ბადით ჰორიზონტალურ მდგომარეობაში. ნეგატივის კოორდინატთა ჰდეების პროექციას ეკრანზე შეუთავსებენ შესაბამისი წარწერების პოლეტის ხაზების ბოლოებს L_{xi} და L_{yi}. თითოეული ზონისათვის დაბეჭდავენ ცალკეულ სურათებს ფოტოქაღალდზე, რომლისთვისაც წინასწარ გამოითვლიან დეფორმაციის კოეფიციენტს. ტრანსფორმირება და ფოტოგეგმის მონტაჟიც სრულდება არსებული ტექნოლოგიით, რომელიც ჩვენთვის უკვე ცნობილია. შეცვლილი სიტუაციის ელემენტების გადატანაც და საერთოდ მთლიანად დეშიფრირებული სურათებით ფოტოგეგმების დამზადება მნიშვნელოვანი რელიეფის მქონე მიწათსარგებლობის ტერიტორიისათვის მაღალი სიზუსტით ყველაზე მოხერხებულია მოვახდინოთ დიფერენცირებული ტრანსფორმირების ხელსაწყოთი, ე. ი. ორთოფოტოსურათების მიღებით.

18.6 კოსმოსური სურათების გამოყენება სასოფლო-სამეურნეო გეგმების კორექტირებისათვის

სასოფლო-სამეურნეო კულტურების დისტანციური აეროკოსმოსური მეთოდებით შესწავლის დროს დიდი მნიშვნელობა ენიჭება სასოფლო-სამეურნეო კულტურების განლაგებას, სათეს ფართობებს, მათი

მდგომარეობისა და მოსავლიანობის მიმდინარე ოპერატიულ ინფორმაციას. მართალია, ასეთი ინფორმაციის შეგროვება მიმდინარეობს მიწისპირა არხებითაც, მაგრამ ხშირად ეს საკმარისი არ არის, არც ზუსტია და ხშირად მათი მიღებაც და ანალიზიც გვიანდება. აეროკოსმოსური მეთოდების ინფორმაციას შეუძლია მოგვცეს დროში სინქრონირებულად დიდი ფართობების ნათესების შესახებ მიმდინარე პროცესების ინფორმაცია, რომელიც შეგვიძლია შევადაროთ მეთოდების მიხედვით და სწრაფად მივიღოთ შედეგებიც.

ასეთი ინფორმაცია მოსავლიანობის პროგნოზირების საშუალებას გვაძლევს რეგიონალური ნათესების სასოფლო-სამეურნეო კულტურების ვეგეტაციის პერიოდში. აგრეთვე შესაძლებლობა გვეძლევა თავის დროზე დავგეგმოთ სასოფლო-სამეურნეო ოპერაციები და ბოლოს, გავაკონტროლოთ სხვადასხვა სასოფლო-სამეურნეო ობიექტებზე ცალკეული გეგმებისა და პროექტების შესრულება. დისტანციურ ინდიკაციის მეთოდებს განსაკუთრებით დიდი მნიშვნელობა ენიჭება წყალდიდობის შედეგად ნათესების დაზიანების აღმოჩენასა და სიდიდის დადგენისას, საძოვრების პროდუქტიულობის შესწავლისა და მათი რაციონალურად გამოყენებისათვის.

სასოფლო-სამეურნეო კულტურების ამოცნობის უტყუარობამ კოსმოსურ სურათებზე, რომელიც მიღებული იქნა ხელოვნური თანამგზავრებით შეადგინა 90 – 100 %.

დღეისათვის ძირითად პრობლემას წარმოადგენს კოსმოსური სურათებით სასოფლო-სამეურნეო კულტურების ამოცნობა და მათი განვითარების გამაფრთხილებელი ოპერატიული ინფორმაციის გაცემა. ამ მიმართებით დიდი მუშაობა მიმდინარეობს როგორც ჩვენში, ისე საზღვარგარეთის ქვეყნებში.

ყველაზე უფრო ეფექტურ საშუალებად ითვლება სინქრონული მრავალსაფეხურიანი, მრავალზონალური აეროკოსმოსური გადაღებები, რომელსაც დიდი პერსპექტივები ესახება კოსმოსური ინფორმაციის მიღების დახვეწაში.

18.7 აეროფოტომასალებით სასოფლო-სამეურნეო სავარგულების ფართობების განსაზღვრა

სასოფლო-სამეურნეო სავარგულების ფართობების გამოთვლა ხდება უშუალოდ მიწათსარგებლობის გეგმების კორექტირების, ან მათი განახლების შემდეგ, მიწის ფონდების აღრიცხვის, მიწის კადასტრისა და სამიწათმოწყობო დაპროექტების ფართობების გამოთვლისას. კონტურების გამოთვლის ადრე შედგენილ უწყისებში და ექსპლიკაციაში შეაქვთ მხოლოდ შესწორებები, თუ ცვლილებები არ აღემატება 30 %. წინააღმდეგ შემთხვევაში, მთლიანი მიწათსარგებლობის სავარგულების კონტურების ფართობების გამოთვლასა და ექსპლიკაციის შედგენას აწარმოებენ ხელახლა.

სამიწათმოწყობო სამუშაოების დროს ფართობებს განსაზღვრავენ ტოპოსაფუძვლით ანალიზური, გრაფიკული და მექანიკური ხერხებით. ფართობების განსაზღვრის სიზუსტე ამ შემთხვევაში დამოკიდებულია როგორც გაზომვის ხერხზე, ისე ტოპოსაფუძვლის სახეზე (იხ. ი. რობიტაშვილი. გეოდეზიის პრაქტიკუმი. თბილისი 1986 წ.) მაგალითად, ფოტოგეგმაზე ფართობის განსაზღვრის სიზუსტე იგივე იქნება, რაც იმავე მასშტაბის ტოპოგრაფიულ გეგმაზე. მაგრამ რელიეფიანი ადგილის ფოტოგეგმის გამოყენების შემთხვევაში ერთ ზონაში მოქცეული კონტურის ფართობის ზღვრულმა დამახინჯებამ შეიძლება მიაღწიოს:

$$\frac{\Delta S}{S} = \frac{2\delta_{hmax.}}{l}. \qquad (18.10)$$

სადაც $d_{hmax.}$ არის ზონის ფარგლებში რელიეფით გამოწვეული დასაშვები დამახინჯება (ტოლია 0,4 — 0,5 მმ);

l — ტრანსფორმირებული ფოტოსურათის ზოლის სიგანე, რომელიც ჩამონტაჟებულია ფოტოგეგმაში (მისი სიგანე დამოკიდებულია ადგილის დახრაზე).

გაანგარიშებები გვიჩვენებს, რომ ადგილის 6°დახრის კუთხის შემთხვევაში $\frac{\Delta S}{S}$ შეადგენს 1:12, ხოლო 1° 1:175;

აეროსურათზე კონტურების ფართობები შეიცავს დამახინჯებებსა და შეცდომებს, რომელიც გამოწვეულია რელიეფით, სურათის დახრის კუთხითა და სხვა ფაქტორებით. ამიტომ, მათი გავლენის გამორიცხვით, ფართობების განსაზღვრა უმჯობესია მოხდეს უნივერსალური სტერეოფოტოგრამმეტრიული ხელსაწყოების გამოყენებით, რისთვისაც ჩაწყობენ რა სტერეოხელსაწყოში დიაპოზიტივებს, ჯერ მოახდენენ მათ ურთიერთ და გეოდეზიურ ორიენტირებას ადრე აღწერილი მეთოდით. შემდეგ კი ხელსაწყოს კოორდინატოგრაფის ფანქრის მოწყობილობაზე შეაერთებენ პლანიმეტრს, რომელიც კოორდინატოგრაფის მაგიდაზე დევს და X, Y, Z შტურვალის გადაადგილებით სივრცით მარკას შემოატარებენ კონტურს. განსასაზღვრ ფართობს ჯერ მივიღებთ პლანიმეტრის დანაყოფებში, შემდეგ მას გადავიანგარიშებთ ჰა-ში თუ ვიცით მოდელის მასშტაბი. უნივერსალური სტერეოფოტოგრამმეტრიული ხელსაწყოებით გამოთვლილი ფართობი სიზუსტით ახლოსაა ანალიზური ხერხით განსაზღვრულ ფართობთან. ანალიზური ხერხით ფართობის განსაზღვრისათვის იყენებენ გეოდეზიიდან ცნობილ ფორმულას:

$$2S = \sum_{1}^{n} X_i (Y_{i+1} - Y_{i-1})$$

$$2S = \sum_{1}^{n} Y_i (X_{i-1} - X_{i+1}) \qquad (18.11)$$

სადაც X_i და Y_i კონტურის წერტილების კოორდინატებია;

n — კონტურის საზღვრის მოხვევის წერტილების რაოდენობა. ფართობის განსაზღვრის საშუალო კვადრატულ შეცდომა გამოითვლება:

$$m_{s_{\text{ბ}}} = m_l + \frac{M}{10000}\sqrt{S_{\text{ბ}}}\,\frac{4\sqrt{0{,}5_n}}{n}\cdot\frac{K+1}{2\sqrt{K}}, \qquad (18.12)$$

სადაც m_l არის ფოტოგეგმაზე კონტურული წერტილის მდებარეობის საშუალო კვადრატული შეცდომა (სმ-ობით).

M — ფოტოგეგმის მასშტაბის მნიშვნელი;

n — კონტურის საზღვრის მოხვევის წერტილების რაოდენობა;

K — კონტურის წაგრძელების კოეფიციენტი.

კონტურის საზღვრის მოხვევის წერტილების კოორდინატების განსაზღვრამდე ადგენენ პროექტს, რისთვისაც მრუდე კონტურს დაყოფენ სწორხაზოვან ტეხილ მონაკვეთებად: დანომრავენ წერტილებს, მიწათსარგებლობის დამხმარე უბნებსა და სასოფლო-სამეურნეო სავარგულების კონტურებს. აღრიცხვის ერთეულად მიღებულია ტრაპეციის (ან ფოტოპლანშეტის) ფართობი, რომლის თეორიული ფართობის მნიშვნელობა ცნობილია. ამიტომ რთული სიტუაციის შემთხვევაში პლანშეტზე მონიშნავენ დამხმარე უბნებს, რომლის საზღვრებადაც შეძლებისდაგვარად ამოირჩევენ სწორხაზოვან სასოფლო-სამეურნეო სავარგულების კონტურებს ისე, რომ ამ შემთხვევაში არ შეიქმნას ახალი კონტური, ე. ი. კონტურის გასწორების Δ შეცდომა არ უნდა აღემატებოდეს 0,1 მმ (გეგმის მასშტაბის გრაფიკული სიზუსტე). კონტურის ტეხილი ხაზის წვეროების კოორდინატები იზომება „ცეისის" კოორდინატოგრაფით, მაშინ კოორდინატოგრაფს შეაერთებენ კოორდინატების ავტომატურ მარეგისტრირებელს, რომელიც თითოეულ კონტურზე შემოვლებას რეგისტრირებას უკეთებს პერფოლენტაზე. პერფოლენტის მონაცემები შეაქვთ ЭВМ-ში. გამოითვლება ყველა კონტურის ფართობები და ტელეტაიპზე იბეჭდება პლანშეტის ფარგლებში სასოფლო-სამეურნეო სავარგულების ექსპლიკაცია თითოეული კონტურის ფართობის ჩვენებითა და თითოეული მიწათსარგებლობის კრებსითი ექსპლიკაცია.

პროგრამაში გათვალისწინებულია აგრეთვე ფართობების გაწონასწორებაც, სადაც მხედველობაში მიღებულია ყველა სახის შეცდომები (კოორდინატების გაზომვის, კონტურების Δ-შეცდომა და სხვა).

პროგრამით ჯერ გამოითვლება პლანშეტის ფარგლებში მოქცეული მიწათსარგებლობის მთლიანი ფართობი და შეადარებენ მას თეორიულ

ფართობთან. თუ შეუბმელობა დასაშვებზე ნაკლებია, მაშინ ის გადანაწილდება მიწათსარგებლობის ფართობზე პროპორციულად და მიღებულ ფართობს მიიღებენ როგორც ჭეშმარიტ მნიშვნელობად. თუ გამოთვლილი ფართობების შეუბმელობა დასაშვებზე მეტი მიიღება, მაშინ გათვალისწინებულია მანქანის გაჩერება. ამ შემთხვევაში უნდა შემოწმდეს პერფოლენტაზე ყველა საწყისი მონაცემი ან კოორდინატების გაზომვებში უხეში შეცდომები.

შემდეგ თანამიმდევრობით გამოითვლება ცალკეული მიწათსარგებლობის უბნების ფართობები, რომელთა ფართობებს შეუსაბამებენ მიწათსარგებლობის საზღვრების ფართობს. თუ ცნობილია მიწათსარგებლობის მოხვევის წერტილების კოორდინატები (მეურნეობათშორის მიწათმოწყობის საზღვრების დადგენისას), რომლებიც დეშიფრირებულია პლანშეტზე, მაშინ მიწათსარგებლობის ფართობის გაწონასწორებას აკეთებენ ამ მონაცემებით.

საკარმიდამო მიწების ფონდის აღრიცხვაც შეიძლება შესრულდეს აეროფოტომასალებით. ყოველი საკარმიდამო ნაკვეთის ფართობის განსაზღვრის ზღვრულ შეცდომად იღებენ 0,005 ჰა ტოლს, ხოლო სამუშაო კვადრატულ შეცდომად 0.003 ჰა, ხოლო დასახლებული პუნქტის საერთო ფართობისათვის ფარდობით საშუალო კვადრატულ შეცდომას — 1:300.

აღნიშნულ დაშვებათა გამოყენებით ვპოულობთ, რომ საკარმიდამო მიწების ფონდის აღრიცხვისათვის ოპტიმალური აეროფოტოგადაღების ვარიანტი იქნება ისეთი, რომლის დროსაც აეროფოტოგადაღება შესრულებულია 1:8000 — 1:12000 მასშტაბში (განურჩევლად დასახლებული პუნქტის სიდიდისა), რომლის დროსაც აეროფოტოაპარატის $f_к = 200$ მმ. გრძივი გადაფარვა უნდა იყოს 60 — 80%, ხოლო განივი 30 — 40%. ასეთ შემთხვევაში აეროფოტოგადაღებას აწარმოებენ გიროსტაბილიზატორის, სტატოსკოპისა და რადიოსიმაღლმზომის გამოყენებით.

აეროფოტოგადაღების წარმოების შემდეგ ამოიღებენ დასახლებული პუნქტების გამოსახულებიან აერონეგატივებს და მათი ცენტრალური ნაწილებით მონიშნავენ სურათის გასადიდებელი უბნების საზღვრებს. იყენებენ რა 1:10000 მასშტაბის ტოპოგრაფიული რუკის (ან მიწათსარგებლობის გეგმების) ჰორიზონტალებს, შეამოწმებენ გადიდების საზღვრების უბნისთვის ადგილის რელიეფის გავლენით გამოწვეულ დასაშვებ დამახინჯებებს. თუ რელიეფით გამოწვეული დამახინჯებები მნიშვნელოვანი სიდიდისა აღმოჩნდება, მაშინ აეროსურათებზე მონიშნავენ სიმაღლურ ზონებს. რადიოსიმაღლმზომითა და სტატოსკოპის ჩვენებებით გამოითვლიან ფოტოგრაფირებათა სიმაღლეებს შესწორებების გათვალისწინებით. ამ სიმაღლეებით გამოითვ-

ლიან სტანდარტული მონაკვეთების სიგრძეებს. რომლებიც შემდგომ საჭიროა გამოსახულების მოცემულ მასშტაბში მოყვანისათვის.

გადიდებულს ან 1:2000 მასშტაბში მოყვანილ აეროფოტოსურათებს ამზადებენ მყარ საფუძველზე (მინის ფირფიტაზე) და შემდეგ ახდენენ ამ სურათების კომბინირებული მეთოდით დეშიფრირებას. ველზე საკონტროლო ბაზისების გაზომვებს. რაც საჭიროა აეროსურათების მასშტაბში მოყვანის გასაკონტროლებლად. შემდეგ დაიწყებენ ფართობების გამოთვლას ანალითური მეთოდით ან პლანიმეტრის დახმარებით.

დიაპოზიტივების გამოყენებით ანალითური მეთოდის ფართობების გამოთვლის გამოყენებისას სტერეოკომპარატორზე გაზომავენ კონტურის მოხვევის წვეროების კოორდინატებს. აგრეთვე გრძივ და განივ პარალექსებს სტანდარტული წერტილებისას და ოთხივე კოორდინატთა ჭდეებით კოორდინატებს. ამ მონაცემებით ეგმ-ზე წინასწარ შედგენილი პროგრამით გამოითვლიან ფართობებს ფოტოგრამმეტრიული მეთოდით. თუ სურათების ფოტოგრამმეტრიულ დამუშავებაში გამოვიყენებთ პროექციული გეომეტრიის ანგარმანული მეთოდით სხივთა კონის გარდაქმნას. მაშინ კოორდინატთა ჭდეების გაზომვა არ არის საჭირო და წერტილების კოორდინატებიც მიიღება გეოდეზიურ კოორდინატთა სისტემაში (აღნიშნული მეთოდი დამუშავებულია წინამდებარე სახელმძღვანელოს ავტორის მიერ ფოტოგრამმეტრიულ გამოკვლევებში და გამოქვეყნებულია სათანადო სამეცნიერო ჟურნალებში). ფართობების გამოთვლა კი სრულდება (18.11)-ში მოყვანილი ფორმულებით.

აქვე უნდა აღინიშნოს, რომ აეროფოტოსურათებით ეგმ-ით ფართობების ანალითური ხერხით განსაზღვრის გარდა, წარმატებით შეგვიძლია გამოვიყენოთ იგი სასოფლო-სამეურნეო სავარგულების რაოდენობრივ აღრიცხვაშიც. ფოტოგრამმეტრიული ხელსაწყოების გამოყენებით. რომელიც საშუალებას იძლევა გაზომილი შედეგების ავტომატური რეგისტრირებისას პერფოლენტაზე ან პერფობარათზე. მნიშვნელოვნად ზრდის ამ მეთოდით ფართობების განსაზღვრის შრომის ნაყოფიერებას. გარდა ამისა. მნიშვნელოვნად იზრდება (ფოტოგეგმასთან შედარებით) ფართობების განსაზღვრის სიზუსტეც. თუ არა გვაქვს სტერეოკომპარატორი. ფართობების გამოთვლა უმჯობესია შესრულდეს ფოტოგეგმებზე. რომლებიც შედგენილია ორთოფოტოსურათებით.

18.8 აერომასალების გამოყენება მიწის კადასტრის შედგენაში

ქვეყნის მიწის რესურსების გამოყენების მიზნით, დაგეგმარების გაუმჯობესების, სასოფლო-სამეურნო წარმოებათა და სპეციალიზაციის სწორი განლაგების, მიწების ეროზიისაგან, დაჭაობების, მლაშობე-

ბისა და სხვა მავნე პროცესებისგან დაცვის უზრუნველყოფის მიზნით, აგრეთვე არასასოფლო-სამეურნეო დანიშნულების საჭიროებისათვის მიწების ამოღების საკითხის სწორად გადაწყვეტისათვის ტარდება მიწის კადასტრი, მიწების ბუნებრივი, სამეურნეო და სამართლებრივი მდგომარეობის როგორც აღრიცხვის და რეგისტრაციის ერთიანი სისტემა.

მიწის კადასტრის შედგენისას სრულდება იურიდიული დოკუმენტების, ე. ი. მიწის სარგებლობის უფლებათა აქტები: გაფორმების, გეგმურ-კარტოგრაფიული მასალების კორექტირებისა და განახლებისა; ნიადაგებრივი და გეობოტანიკური გამოკვლევებით ნიადაგებისა და გეობოტანიკური (რესპუბლიკური, საოლქო და რაიონული) რუკების; ყველა მიწათმოსარგებლეს სასოფლო-სამეურნეო სავარგულების ნიადაგების ბონიტირებისა და ეკონომიკური შეფასების; საკადასტრო დოკუმენტაციის გაფორმების და საკადასტრო დოკუმენტაციის თანამედროვე მოთხოვნილებათა დონეზე შენარჩუნების სამუშაოები. ზემოთ ჩამოთვლილი საკითხებიდან ბევრი ჩვენს მიერ უკვე განხილული იქნა წინა თავებში.

ტოპოგრაფიული აგეგმვების, კორექტირებისა და გეგმების განახლების მასალები მიწის კადასტრის დროს გამოიყენება ნიადაგის რუკების შედგენაში. აეროფოტომასალებით ადგენენ 1:5000 მასშტაბის დეტალურ ნიადაგების რუკებს. აგრეთვე მსხვილი მასშტაბის (1:10000— 1:50000), საშუალო მასშტაბის (1:100000 1:300000) და წვრილი მასშტაბის (1:300000 და უფრო წვრილი) რუკებს.

ნიადაგების დეტალურსა და მსხვილმასშტაბიან რუკებს იყენებენ ნიადაგების ბონიტირებისათვის, სასოფლო-სამეურნეო მიწების ტიპების გამოსაყოფად, მელიორაციულ დაპროექტებაში და ა. შ. საშუალო მასშტაბის ნიადაგების რუკებს იყენებენ ადმინისტრაციული რაიონების სხვადასხვა სახის მიწების აღრიცხვასა და შეფასების სამუშაოებში, ხოლო წვრილმასშტაბიანს კი იმავე სამუშაოებისათვის, მხოლოდ ოლქებისათვის, ან მცირე ტერიტორიის მქონე სახელმწიფოებისათვის.

ნიადაგების რუკების შედგენაში აეროფოტომასალები (აეროფოტოსურათები, ფოტოსქემები და ფოტოგეგმები) ფართოდ გამოიყენება. მათი გამოყენების ტექნოლოგია და მეთოდიკა თანდათანობით სულ უფრო სრულყოფილი ხდება. ამ შემთხვევაში ნიადაგების გამოკვლევის მეთოდიკა ისეთივე რჩება, როგორც მიწისპირა აგეგმვების. თუმცა მნიშვნელოვანი რაოდენობის ინფორმაცია, რომელსაც შეიცავს აეროფოტომასალები, ნიადაგმცოდნეებს საშუალებას აძლევს საველე სამუშაოების მნიშვნელოვანი ნაწილი (50 %-ზე მეტი) გადაიტანონ კამერალურ პირობებში. ნიადაგების კარტირების ტექნოლოგიური სქემა აეროფოტომასალების გამოყენება შედგება ეტაპებისაგან.

ლიტერატურა

1. Аковецкий В. И., и др. Радиолокационная фотограмметрия. М., Недра, 1979.
2. Аковецкий В. И. Дешифррование снимков. М., Недра. 1983. 371 с.
3. Альтер С. Н. Ландшафтный метод дешифрования аэрофотоснимков. М., 1966.
4. Аэрокосмические исследования Земли. М., 1979.
5. Баррет Э., Куртис Л. Введение в космическое землеведение (пер. с англ.) М., 1979.
6. Белов С. В., Дмитрев И. Д., Колосова А. Е. Аэрофотосъемка и авиация в лесном хозяйстве. Л., 1962.
7. Береговой Г. Т., Киенко Ю. П. Изучение природных ресурсов земли методом дистанционного зондирования. — Геодезия и картография, 1977, № 4.
8. Бобир Н. Я., Лобанов А. Н. Федорук Г. Д. Фотограмметрия. М., Недра. 1975.
9. Богомолов Л. А. Дешифрирование снимков. М., Недра. 1976.
10. Виноградов Б. В. Космические методы изучения природной среды М., 1976.
11. Герман М. Н. Спутниковая метеорология. Л. Гидрометиздат., 1975.
12. Дмитриев И. Д., Муратханов Е. С., Сухих В. И. Лесная аэрофотосъемка и авиация. М., Лесная промышленность. 1982.
13. Живичин А. Н., Соколов В. С. Дешифрирование фотографических изображений. М., Недра. 1980.
14. Космическая съемка и тематическое картографирование. М., МГУ, 1977.
15. Кузьмин И. Ф. и др. Авиация в охотничьем хозяйстве. М. Лес. пром. 1984.
16. Кучко А. С. Аэрофотография. М., Недра, 1974 г.
17. Кравцов В. И. Космическое картографирование. М. 1977.
18. Кислов В. В. Фотограмметрия. М., Недра. 1979 г.
19. Лавров Н. П., Стеценко А. Ф. Аэрофотосъемка. Аэрофотосъемочное оборудование. М. 1981.
20. Лобанов А. Н. Фотограмметрия. Недра, 1984.
21. Лысенков А. П., Робиташвили И. Ф. Новые аэрометоды изучения лесов. Труды Груз. СХИ, Тбилиси. 1983. с. 101 – 103.
22. Назаров В. А. и др. Применение авиации в сельском и лесном хозяйстве. М., 1975 г.
23. Прокудин Ю. А., Харин Н. Г. Аэрометоды в лесном хозяйстве. Красноярск, 1978.
24. Робиташвили И. Ф. Проблемы прикладной фотограмметрии и пути ее решения для некоторых инженерных задач. Труды Груз. СХИ, Тбилиси, 1977.
25. Робиташвили И. Ф. Составление фотоплана лесных массивов и участков землеустройств любой пересеченности. НТО Груз. лесхозпром. сб. 5., Тблиси. 1978.
26. Робиташвили И. Ф. и др. Возможности использования аэрокосмических снимков при изучении горных лесов «Проблемы геодезии и фотограмметрии». Знание., Киев, 1980 г.
27. Самойлович Г. Г. Применение аэрофотосъемки и авиации в лесном хозяйстве. М. 1964.
28. Самойлович Г. Г. и др. Применение аэросъемки в лесоинженерном деле. М. 1965.

29. Смирнов Л. Е. Аэрокосмические методы географических исследований. Л. 1975.
30. Сухих В. И. и др. Аэрометоды в лесоустройстве. М. 1977.
31. Сухих В. И. и др. Аэрокосмические методы в охране природы и в лесном хозяйстве. М. 1979.
32. Харин Н. Г. Лесохозяйственное дешифрирование аэроснимков. М. 1965.
33. Федоров Б. В., Пермяков В. Д. Космическое фотографирование. М. 1978.
34. Червонный М. Г. Воздушная служба лесной охраны. М. 1977.
36. აფციაური შ., რობიტაშვილი ი. აეროსურათების სატყეო ინტერპრეტაცია. სიახლენი სატყეო ტექნიკასა და ტექნოლოგიაში. კრებული 9. თბილისი 1980.
36. აფციაური შ., სეხნიაშვილი ი. სატყეო ტაქსაცია. თბილისი, 1968.
37. რობიტაშვილი ი. აეროსურათების ინტერპრეტაცია. სიახლენი სატყეო ტექნიკასა და ტექნოლოგიაში. კრებული 9. თბილისი 1980.
38. რობიტაშვილი ი. მეთოდური მითითებები აეროფოტოაგეგმვაში. თბილისი. 1980.
39. რობიტაშვილი ი. სატყეო აეროფოტოაგეგმვა. თბილისი 1981.
40. რობიტაშვილი ი. აეროკოსმოსური მეთოდები სატყეო საქმეში. თბილისი 1982.
41. რობიტაშვილი ი. აეროფოტოგეოდეზიური მეთოდებით ნიადაგის ეროზიის შესწავლა მთიანი სატყეო ტერიტორიის მაგალითზე. სსსი შრომები, თბილისი, 1983.
42. რობიტაშვილი ი. გეოდეზიის პრაქტიკუმი (ზოგადი საკითხები. ამოცანების ამოხსნა გეგმაზე) თბილისი, 1986, 1987.
[illegible]
4[illegible]. ტალახაძე გ., რობიტაშვილი ი. დავიცვათ მიწა ეროზიისაგან. გაზ. „კომუნისტი". № 39, 1982.
45. ჩეკურიშვილი რ. ფოტოგრამმეტრია. თბილისი, 1965.

ს ა რ ჩ ე ვ ი

წინასიტყვაობა. 3
შესავალი. 4
თ ა ვ ი I. **აეროფოტოგადაღების როლი სახალხო მეურნეობაში.** 8
1.1 აეროფოტოგადაღების საკითხი. ამოცანები და კვლევითარების ისტორია. .8
1.2. აეროფოტოგადაღების კვლევითარების ისტორია ჩეტყეეობაში. . . 11
1.3 აეროგადაღებათა ქვედანაყოფის სტრუქტურული სქემა 14
1.4 აეროფოტომასალების გამოყენება სახალხო მეურნეობაში 16
თ ა ვ ი II. **საავიაციო მეტეოროლოგიის საფუძვლები.** 18
2.1 ძირითადი ცნობები ატმოსფეროს აგებულების შესახებ. 18
2.2 ძირითადი მეტეოროლოგიური ელემენტები. 22
2.3 ატმოსფეროს გავლენა დედამიწის ზედაპირის განათებულობაზე და ბუნებრივი წარმონაქმნების სპექტრულ სიკაშკაშეზე. 28
2.4 ატმოსფეროს გავლენა მეოცნიანი მცენარეების სპექტრულ სიკაშკაშეზე. 31
თ ა ვ ი III **აეროფოტოგადამღები და სატყეო საქმეში გამოყენებული საფრენოსნო აპარატები.** 33
3.1 ფრენის პრინციპები. 33
3.2 თვითმფრინავების კლასიფიკაცია. 37
3.3 აეროფოტოგადაღებათა გამოყენებული თვითმფრინავების ტექნიკო-ტექნიკური მონაცემები. 40
3.3.1თვითმფრინავი АП-30. 40
3.3.2 თვითმფრინავი Ил – 14 ФК 41
3.3.3 თვითმფრინავი АП – 2. 43
3.4ვერტმფრენები. 44
3.5 კოსმოსური საფრენოსნო აპარატები (კსა). 48
თ ა ვ ი IV. **აეროფოტოგადაღება და მისი ტექნიკური საშუალებანი.** 53
4.1 აეროფოტოგადაღების არსი. აეროფოტოგადაღების სახეები. . . . 53
4.2აეროფოტოაპარატი 58
4.3 აეროფოტოფირი. გაბნეროება ფოკ-ში. 64
4.4 ობიექტივი. ობიექტივის კარგეგირებობაიბობა 66
4.5ფილტრები. 68
4.6 გიროსტაბილიზატორი, ოპტიკომპენსატორი და სტატოსკოპი. . . .70
4.7აეროფოტო 75
4.8 აეროფოტო კამერის შეფასება ტყეების აეროგადაღებისათვის. . . .83
4.9 აეროგადაღება ინფრაწითელი ფილმით. 85
4.10 ვერტმფრენიდან აეროგადაღების თავისებურება 86
4.11 აეროფოტოგადაღების ზოგიერთი საკითხი აეროფოტოგადაღებაზე ფრენისას თანამედროვე 92
4.12 სავალე ფოტოელექტრონული და ავტომატიზებული აპარატები 94
4.13 ფოტოელექტრონული აეროფოტოგადაღების თავისებურებები. . . .100
თ ა ვ ი V. **კოსმოსური გადაღებები.** 103
5.1 კოსმოსური გადაღების არსი და ამოცანები. 103
5.2 კოსმოსური აეროფოტოაპარატები 107
5.3 მეტეოროლოგიური დანიშნულების 109
5.4. კოსმოსური აეროფოტოს თავისებურება „სოიუზში". 110

5.2.3 ორბიტალური პილოტირებული სადგური „სალიუტი“ (სსრკ) და „სკაილაბი“ (აშშ). 111
5.2.4 საპლანეტთაშორისო ავტომატური სადგურები (სსრკ). 114
5.2.5 კოსმოსური სატელეფონო ბმის ორბიტალური ძირითადი პარამეტრები. 116
5.3 კოსმოსური ტექნიკის ფუნქციონალური კლასიფიკაცია. 3
5.4 კოსმოსური ტექნიკის ტექნიკური კლასიფიკაცია. 22
თავი VI. დისტანციური ზონდირების ძირითადი პრინციპები. 126
6.1 დისტანციური ზონდირების ზოგადი საფუძვლები. 126
6.2 ვიზუალური დაკვირვება პილოტირებული ორბიტალური სადგურებიდან. 127
6.3 ავტომატური ორბიტული ტელევიზიური სისტემები. 129
6.4 ელექტრონული ოპტიკური ფოტოგრაფიული სისტემები. 131
6.5 რადიოტექნიკური ზონდირება. 133
6.6 ინფრაწითელი ზონდირების საშუალებები. 135
6.7 ლაზერული ზონდირება. 139
თავი VII. აეროსურათის კომპიუტერული ანალიზი. 139
7.1 ავტომატური ანალიზის ამოცანების ფორმულირება. 139
7.2 ავტომატიზაციის ინფორმაციული საშუალებები და ტექნიკა. 142
7.3 ფოტოსურათების ციფრული ავტომატური ანალიზი. 146
7.4 ავტომატური ანალიზის ალგორითმიზაცია. 149
7.5 ტიპიური ამოცანები. 153
7.6 ფოტოსურათების ციფრული ანალიზის სისტემები. 158
7.7 აეროსურათების ანალიზი. 164
7.8 კომპიუტერული ხედვა. 167
7.9 აეროსურათების ავტომატური კორელაციური და მათი გამოყენების ზოგიერთი ამოცანა. 168
თავი VIII. წყვილი აეროსურათის ანალიზი. სტერეოფოტოგრამმეტრიული აგებგმვის ზოგადი ცნობები. 171
8.1 ატერეოფოტოგრამმეტრიული აგებგმვის არსი. 171
8.2 პირველი წყვილი აეროსურათი და მათი მაჩვენებლები. 172
8.3 ატერეოსკოპული ხედვის ზოგადი და ატერეოსკოპული გაზომვები. 174
8.4 სტერეოსკოპის საშუალებით აეროსურათებზე რელიეფის გაძოწაზვა პრაქტიკაში. 183
8.5 წყვილი აეროსურათის ძირითადი ფორმულები. 185
8.6 ფოტოგრამეტრიული ელემენტები და მათი განსაზღვრა. 188
8.7 ატერეოკომპარატორი. 190
8.8 ტოპოგრაფიული სტერეოსკოპი CTT-2. 192
8.9 აეროსურათების ორიენტირება ტოპოგრაფიულ სტერეომეტრზე CTT-2-ზე. 193
8.10 ორიენტირება გამოსახვა სტერეოტიპზე CTT-2ზე. 198
8.11 უფიცრულალური სტერეოსკოპული წყვილები. 200
8.12 გეოდეზიური საფუძვლის წერტილების განსაზღვრა ანალიტიკური სტერეოფოტოგრამმეტრიული მეთოდით. 204
თავი IX. აეროსურათების დეშიფრირება. 205
9.1 აეროსურათების დეშიფრირების ძირითადი პრინციპები. 205
9.2 აეროსურათების ვიზუალური დეშიფრირება. 208
9.3 აეროსურათების ფოტოელექტრული სპექტრალური დეშიფრირება. 21

9.4 აეროკოსმოსური ... .215
თავი X სატყეო დეშიფრირების თეორიული საფუძვლები. .217
10.1 სატყეო ობიექტების ... .217
10.2 ხვეულთა ... .219
10.3 ტყეების ... .224
10.4 სატყეო დეშიფრირებაში ... .234
10.5 აეროკოსმოსურათების ... .235
თავი XI კოსმოსური სურათების დეშიფრირება (ინტერპრეტაცია). .237
11.1 კოსმოსური ... .237
11.2 კოსმოსური ... .239
11.3 კოსმოსური ... .241
11.4 მრავალზონალური ... .250
11.5 ავიაციური ... .265
11.5.1 რადიოლოკაციური ... .265
11.5.2 ინფრაწითელი ... .270
11.5.3 ტელევიზიური ... .280
11.5.4 ლაზერული ... .281
თავი XII. დეშიფრირების ავტომატიზაცია. .282
12.1 დეშიფრირების ... .282
12.2 მულტისპექტრული ... .285
12.3 ავტომატური ... .288
12.4 მრავალზონალური ... .290
თავი XIII. აეროკოსმოსური სურათების გამოყენება სატყეო ტაქსაციაში. .292
13.1 აეროსურათების ... .292
13.2 ტყეების ... .295
13.3 ძირითადი ... .299
13.4 ტყის ... .300
13.5 მთიანი ... .302
13.6 ტყეების ... .305
13.7 აეროსურათებით ... .306
13.8 კოსმოსური ... .309
თავი XIV აერომეთოდებით ზოგიერთი სატყეო ამოცანების გადაწყვეტა. .313
14.1 აერომეთოდების ... .313
14.2 წყლის ... .316
14.3 წყლის ... .317
14.4 ტყის ... .319
14.5 ნიადაგების ... .322
თავი XV აეროკოსმოსური მეთოდების გამოყენება ბუნებრივი რესურსების გამოკვლევასა და გარემოს დაცვაში. 325
15.1 ეროზიებული ... .325
15.2 ტყეების ... .331
15.3 გარეული ... .332

15.4 ტყეები [illegible] 35
15.5 ტყის [illegible] 37
15.6 ტყეები [illegible] 38
15.7 ტყეები [illegible] 41
15.8 ტყეები [illegible] 45
15.9 ტყეები [illegible] 49
თავი XVI. ავიაკოსმოსი და აერომეთოდების გამოყენება სამონადირეო მეურნეობაში. 51
16.1 საბაზრო კონკურენტუნარიანი ავიაუწყება. 51
16.2 ავიაგამოკვლევები [illegible] 58
16.3 ავიაცნობა [illegible] 63
16.4 ავიაკოსმოსი [illegible] 69
16.5 ავიაკოსმოსი [illegible] 72
თავი XVII. აეროსტატებისა და დირიჟაბლების გამოყენება სატყეო და სოფლის მეურნეობაში. 76
17.1 ჰაერზე [illegible] 76
17.2 აეროსტატების [illegible] 78
თავი XVIII. აეროკოსმიური მეთოდების გამოყენება სოფლის მეურნეობაში. ...79
18.1 აეროკოსმიური [illegible] 82
18.2 დაგეგმარებისტერეოტიპის [illegible] 85
18.3 აეროფოტოსამსახურის [illegible] 89
18.4 საველე [illegible] 91
18.5.1 [illegible] 94
18.5.2 [illegible] 96
18.5.3 [illegible] 97
18.5.4 აეროფოტოსურათებზე და [illegible] 98
18.5.5 შეცდომის [illegible] 401
18.6 კოსმოსური [illegible] 403
18.7 აეროფოტოსურათის [illegible] 404
18.8 აეროფოტოსურათები [illegible] 408
ლიტერატურა 413
შინაარსი 412