

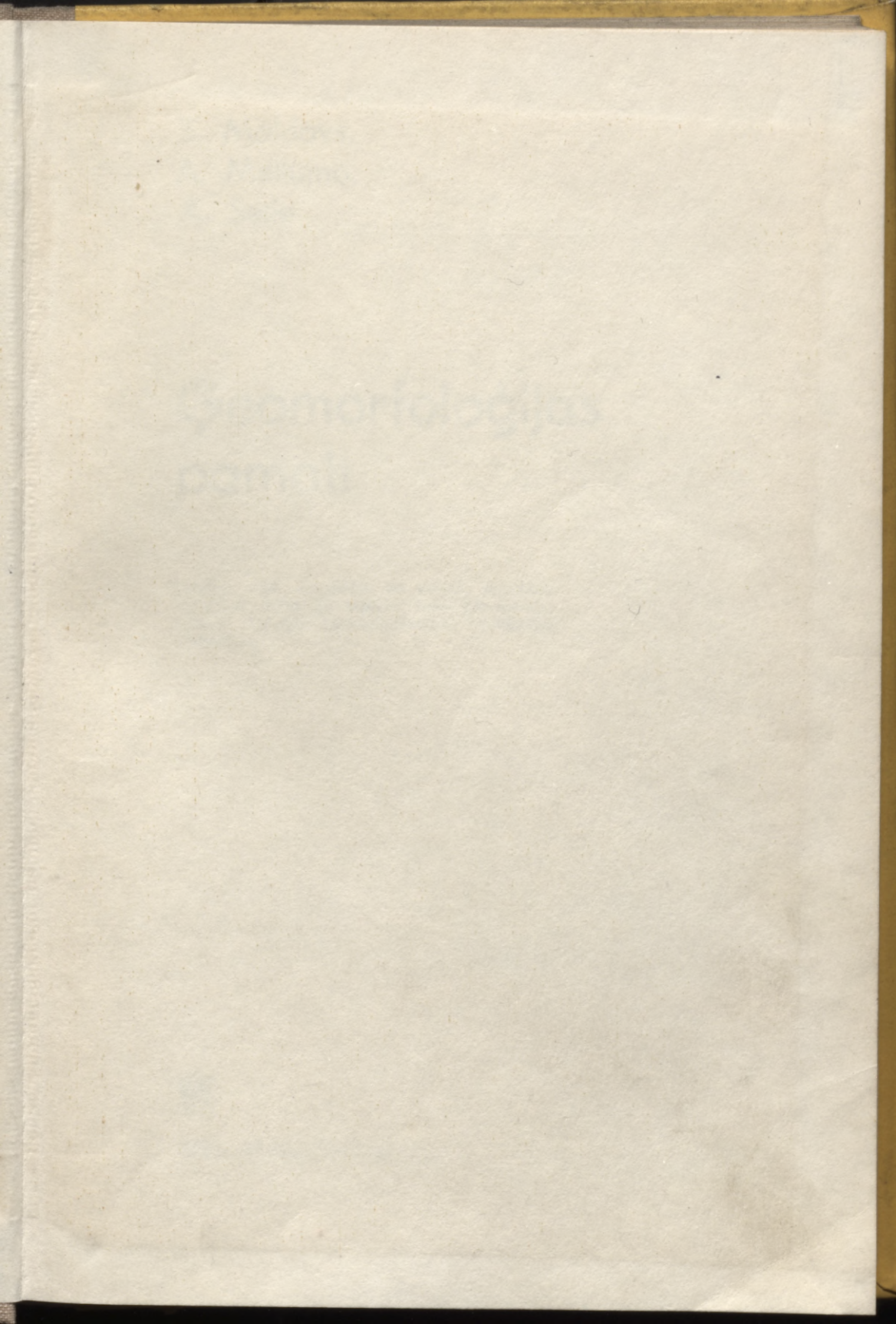
L 81-4  
61

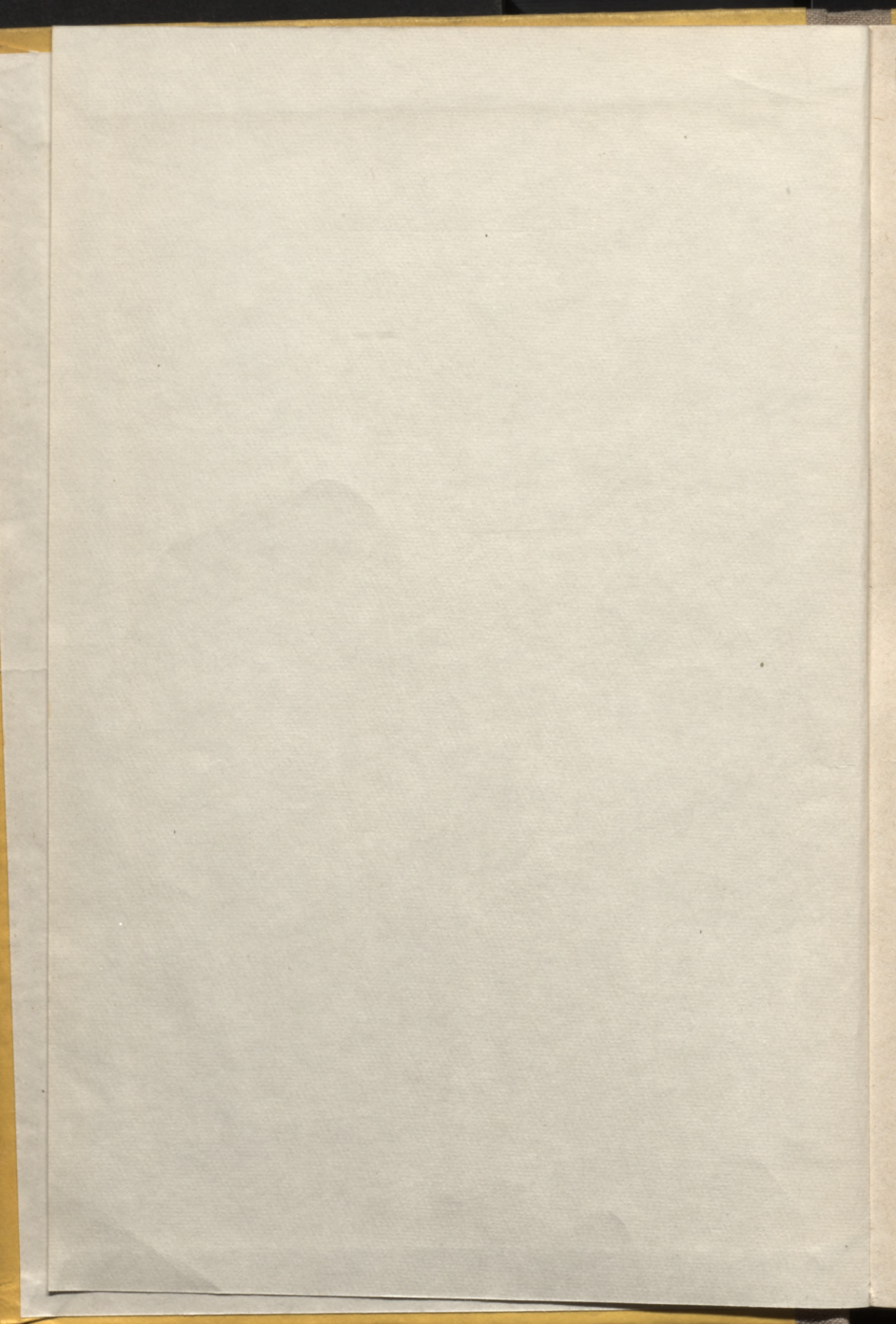
Z.Maldavs  
A.Melluma  
A.Seile

# Geo- morfologijas pamati









81-4  
61

0461  
55

Z. Maldavs,  
A. Melluma,  
A. Seile

# Geomorfoloģijas pamati

Latvijas PSR Augstākās un vidējās speciālās  
izglītības ministrija atļāvusi lietot par mācību  
līdzekli Latvijas Lauksaimniecības akadēmijas  
studentiem



RĪGA «ZVAIGZNE» 1981

551.0  
26.823  
Ma 346

Vija Lāča Latv. PSR  
VALSTS BIBLIOTĒKA

~~81-36.071~~

0305050871

В книге рассмотрены процессы, формирующие рельеф земной поверхности, формы рельефа и их комплексы, в основном на территории Латвийской ССР. Основное внимание уделено роли рельефа в сельскохозяйственном производстве, в мелиорации, в сельском строительстве и охране природы.

Книга предназначена в качестве учебного пособия для студентов ЛСХА.

Recenzenti

ģeoloģijas un mineraloģijas zinātņu doktors I. Danilāns  
un ģeogrāfijas zinātņu kandidāts G. Eberhards

20801—122  
M802(11)—81—75.81.1905030000

© Izdevniecība «Zvaigzne», 1981.

## Priekšvārds

Viens no svarīgākajiem dabas faktoriem, kas stipri un daudzveidīgi ietekmē cilvēka saimniecisko darbību, ir Zemes virsmas reljefs.

Arī lauksaimniecība, tās specializācija un ražošanas efektivitāte visos laikos un visās zemēs ir bijusi atkarīga no reljefa apstākļiem. Mūsdienu tehniskās revolūcijas laikmetā, kad noris strauja lauksaimniecības industrializācija, reljefa īpašību pareiza zinātniska izpratne ir nepieciešama katram lauksaimniecības speciālistam, jo augstākā līmenī risināmas zemes ierīcības problēmas, lauku masivizācija un saimniecību iekšējo ceļu tikla rekonstrukcija. Ar reljefa īpatnībām saistīta arī lieljaudas tehnikas izmantošana un jaunu lauksaimniecības mašīnu konstruēšana. Reljefs kā svarīgs faktors ietekmē hidromeliorācijas pasākumu īstenošanu, moderno lopkopības kompleksu racionālu izvietojumu, kolhozu ciematu projektēšanu un celšanu. Nedrīkstam aizmirst, ka augsnes un ūdens resursu, visas apkārtējās vides aizsardzībā arī jāievēro reljefa īpatnības.

Vairāku lauksaimniecības specialitāšu mācību programmās ir ietverti jautājumi par Zemes virsmas reljefu, tomēr ģeomorfoloģijas apgūšanai šā profila studentiem trūkst piemērotu mācības līdzekļu ne tikai latviešu, bet arī krievu valodā. Šajā grāmatā apskatīti ģeomorfoloģijas pamati atbilstoši lauksaimniecības speciālistu sagatavošanas prasībām, vielas izklāstā un atlasē piemērojoties Latvijas PSR un apkārtējo teritoriju ģeoloģiski ģeogrāfiskiem apstākļiem. Apgūstot šo vielu, jābūt priekšzināšanām ģeoloģijas pamatos lauksaimniecības specialitāšu (agronomijas, mežsaimniecības, hidromeliorācijas) programmu apjomā.

1860

There is a small amount of paper left from the year 1860, and it is not worth the trouble of separating it from the rest of the paper.

The paper is of a light color, and is of a good quality. It is not very thick, and is not very strong. It is not very smooth, and is not very clean. It is not very white, and is not very bright. It is not very soft, and is not very hard. It is not very elastic, and is not very brittle. It is not very durable, and is not very long-lasting. It is not very strong, and is not very weak. It is not very good, and is not very bad. It is not very nice, and is not very ugly. It is not very beautiful, and is not very ugly. It is not very interesting, and is not very boring. It is not very exciting, and is not very dull. It is not very fun, and is not very serious. It is not very happy, and is not very sad. It is not very love, and is not very hate. It is not very good, and is not very bad. It is not very nice, and is not very ugly. It is not very beautiful, and is not very ugly. It is not very interesting, and is not very boring. It is not very exciting, and is not very dull. It is not very fun, and is not very serious. It is not very happy, and is not very sad. It is not very love, and is not very hate.

The paper is of a light color, and is of a good quality. It is not very thick, and is not very strong. It is not very smooth, and is not very clean. It is not very white, and is not very bright. It is not very soft, and is not very hard. It is not very elastic, and is not very brittle. It is not very durable, and is not very long-lasting. It is not very strong, and is not very weak. It is not very good, and is not very bad. It is not very nice, and is not very ugly. It is not very beautiful, and is not very ugly. It is not very interesting, and is not very boring. It is not very exciting, and is not very dull. It is not very fun, and is not very serious. It is not very happy, and is not very sad. It is not very love, and is not very hate.

## 1. 1. ĢEOMORFOLOĢIJAS SATURS UN UZDEVUMI

Ģeomorfoloģija (no grieķu *gē* — zeme, *morphē* — forma, *logos* — mācība) ir zinātne, kas pēta Zemes virsas reljefu, tā izcelšanos, attīstības likumības, izplatību un īpašības. Ar terminu reljefs (no franču *relief* — cilnis, virsmas nelīdzenumu kopums) apzīmē Zemes virsmas nelīdzenumu — pacēlumu un iedobumu kopumu. Šo nelīdzenumu lielums (augstumu svārstības) var būt visai dažāds — no vairākiem tūkstošiem metru līdz dažiem centimetriem. Tā kā reljefs rodas Zemes garozu veidojošu materiālu pārvietošanās rezultātā, ko izraisa iekšējie un ārējie spēki, tad ģeomorfoloģija pēta arī šos materiālus (iežus), kuri piedalās reljefa uzbūvē.

Mūsdienu ģeomorfoloģija risina šādus galvenos uzdevumus: pēta atsevišķu teritoriju reljefa formu īpatnības, lielumu un izvietojumu telpā;

pēta reljefa formu izcelšanos un attīstības vēsturi, t. i., reljefa izmaiņu secību iekšējo un ārējo faktoru ietekmē (morfoģenēze);

pēta reljefa sakarības ar teritorijas ģeoloģisko uzbūvi, cenšas noskaidrot attiecības starp iekšējo un ārējo spēku darbību reljefa veidošanā;

pēta reljefa noārdīšanas procesus un ar tiem saistītos nogulumus, lai noskaidrotu reljefa formu ģeoloģisko vecumu;

dod teorētisku pamatu un praktiskas atziņas par reljefa nozīmi dažādās tautas saimniecības nozarēs.

Ģeomorfoloģija ir uzskatāma par patstāvīgu dabas zinātnes nozari, kurā cieši sakļaujas fiziskā ģeogrāfija un ģeoloģija un kas balstās arī uz vairāku citu zinātņu atziņām.

## 1. 2. ĢEOMORFOLOĢIJAS IEDALĪJUMS

Ģeomorfoloģija ir samērā jauna zinātnes nozare, kaut gan tās iedīgļi ir radušies tālā senatnē. Zinātniskās ģeomorfoloģijas pamatus ir licis M. Lomonosovs 1763. gadā publicētajā darbā «О слоях земных», kurā autors formulē vairākas atziņas par Zemes virsas formu veidošanos iekšējo un ārējo spēku mijiedarbībā, par reljefa formu sakarību ar zemes garozas iekšējo uzbūvi, par nepieciešamību pētīt reljefu attīstībā.

Ievērojamu attīstību ģeomorfoloģija sasniedza 19. un 20. gadsimtā, pateicoties vairāku Rietumeiropas, Krievijas un Amerikas pētnieku darbiem. Sevišķi jāatzīmē amerikāņu zinātnieka V. Dēvisa ieguldījums ģeomorfoloģijā. Viņš 19. gadsimta beigās un 20. gadsimta sākumā radīja un attīstīja mācību par ģeogrāfiskajiem cikliem. Balstoties uz daudziem novērojumiem dabā, V. Dēviss parādīja, ka endogēno un eksogēno faktoru darbības rezultātā jebkuras teritorijas reljefs izmainās, izejot vairākas attīstības stadijas. Reljefa attīstības sākuma stadijas V. Dēviss nosauca par reljefa jaunību, vidējās ir brieduma stadijas, kurām seko reljefa vecuma stadijas. Visas stadijas kopā sastāda tā saukto *erozijas ciklu*.

Reljefa izmaiņas erozijas ciklā sākas tad, ja teritorija endogēno spēku ietekmē ir pacelta ievērojami virs jūras līmeņa. Uz šādu apgabalu spēcīgi iedarbojas ūdens plūsmas, kas saposmo Zemes virsu ar dziļiem izgrauzumiem — ielejām. Vienlaikus darbojas *dēdēšanas* un *denudācijas* procesi. Cikla noslēgumā zemes virsa tiek nolīdzināta un pārvēršas par viļņotu līdzenumu — *peneplēnu* (no franču *pénéplaine* — gandrīz līdzenums).

V. Dēvisa mācība par reljefa attīstības cikliem, neraugoties uz daudzām nepilnībām, stipri ietekmēja zinātniskās ģeomorfoloģijas attīstību.

Ievērojama nozīme ģeomorfoloģijā ir arī V. Penka darbam. Viņš pētīja Alpu kalnu reljefa izmaiņas apledojuma ietekmē un sarakstīja fundamentālu darbu «Morfoloģiskā analīze» (1929). Šajā darbā V. Penks analizē sakarības starp nogāžu formu Zemes garozas kustībām un kalnu reljefa attīstību.

Ļoti lielu ieguldījumu ģeomorfoloģijas attīstībā devuši padomju pētnieki I. Ščukins, J. Edelšteins, I. Gerasimovs, K. Markovs, S. Soļeļevs, O. Ļeontjevs, N. Makejevs un daudzi citi. Latvijā ģeomorfoloģiskie pētījumi vērsās plašumā pēc Lielā Tēvijas kara.

Mūsdienu ģeomorfoloģijā ir izveidojušies vairāki nozarojumi: planetārā, vispārīgā, reģionālā, speciālā un lietišķā ģeomorfoloģija.

*Planetārā* ģeomorfoloģija pēta mūsu planētas formu kopumā un tās novirzes no ideāla sferoīda.

*Vispārējā* ģeomorfoloģija pēta Zemes virsas lielformas — kontinentu masīvus un okeānu ieplakas, to sakaru ar iekšējo spēku darbību.

*Reģionālā* ģeomorfoloģija pēta reljefa izcelšanos, vecumu, attīstību un citas īpašības konkrētos ģeogrāfiskos rajonos, sniedz sistemātiskus reljefa formu un tipu aprakstus.

*Speciālā* ģeomorfoloģija pēta reljefu kā dažādu ģeoloģisku procesu mijiedarbības rezultātu, sīkāk aplūko formu grupas, kuru rašanās ir saistīta ar kāda dominējoša procesa ietekmi uz reljefu, piemēram, jūras piekrastes ģeomorfoloģija, apledojuma (glaciālā) ģeomorfoloģija, tuksnešu ģeomorfoloģija, ūdens plūsmu darbības jeb fluviālā ģeomorfoloģija u. c.

*Lietišķā* ģeomorfoloģija pēta reljefu atbilstoši konkrētiem

tautas saimniecības uzdevumiem, piemēram, inženierģeomorfoloģija, topogrāfiskā ģeomorfoloģija, lauksaimnieciskā ģeomorfoloģija, militārā ģeomorfoloģija u. c.

### 1. 3. ĢEOMORFOLOĢIJAS TEORĒTISKĀ UN PRAKTISKĀ NOZĪME

Zemes virsas reljefa pētījumos gūtās ziņas un dati ir svarīgi vairāku citu dabas zinātņu attīstībai. Ģeomorfoloģijas atziņas ir svarīgas ģeoloģijai, jo reljefa formas ir cieši saistītas ar dažādiem ģeoloģiskiem procesiem un ļauj spriest par to izplatību un raksturu. Pēc reljefa īpatnībām iespējams spriest par Zemes garozas uzbūvi un derīgo izrakteņu atradnēm atsevišķās teritorijās, tātad risināt arī galvenos ģeoloģijas uzdevumus.

Ģeomorfoloģijas atziņas nepieciešamas ģeogrāfijas zinātņu attīstībai, jo reljefs ir viens no svarīgākajiem dabas faktoriem, kas ietekmē virszemes noteci, klimatu, pazemes ūdeņus, augu valsti, augsnes veidošanos un cilvēka saimniecisko darbību. Tā kā visus šos dabas resursus cilvēks arvien pieaugošos apmēros izmanto saimnieciskajām vajadzībām, Zemes virsas reljefa izpēte ir pilnīgi nepieciešama visos gadījumos, kad izvirzās jautājumi par dabas bagātību racionālu izmantošanu.

Sevišķi liela ir ģeomorfoloģijas nozīme lauksaimniecībā, jo šī tautas saimniecības nozare visciešāk ir saistīta ar dabas apstākļiem, starp kuriem Zemes virsas reljefam ir svarīga loma. Mūsdienu lauksaimnieciskā ražošana lielā mērā ir atkarīga no teritorijas racionālas organizācijas un no zemes ierīcības, kas saistās ar daudzu dabas resursu izpēti un izvērtēšanu. Tas pats attiecas uz agronomisko izrakteņu meklēšanu un izmantošanu (kūdra, kaļķošanas materiāli u. c.). Bez tam reljefa īpatnības stingri jāievēro lauksaimnieciskajā ražošanā un zemju agroekonomiskajā vērtēšanā, zemju nosusināšanā un apūdeņošanā, apmežošanā, cīņā pret augsnes eroziju u. c. Arī visāda veida lauksaimniecības celtniecības darbi (ciematu celtniecība, ceļu būve, lopkopības kompleksu būve u. c.) nevar būt sekmīgi, ja neizprot un nenovērtē reljefa īpatnības.

Ģeomorfoloģijai ir liela nozīme arī ģeodēzijā un kartogrāfijā. Ģeodēzisko un kartogrāfisko darbu galvenais mērķis ir dot iespējami precīzu Zemes virsas attēlu dažāda mēroga karšu veidā. Jebkuras teritorijas topogrāfiskā uzņemšanā un karšu sastādīšanā ievērojamu daļu darba sastāda Zemes virsas reljefa attēlošana, bet precīza un pareiza reljefa attēlošana uz kartes iespējama tikai tad, ja attiecīgie speciālisti izprot reljefa veidošanās likumības un citas svarīgākās ģeomorfoloģijas atziņas. Tāpēc ģeomorfoloģijai ir ciešas saites ar mūsdienu topogrāfiju un kartogrāfiju.

Attēlojot reljefu uz kartēm ar horizontālu palīdzību, jāpanāk, lai pietiekami pilnīgi būtu attēloti tie reljefa elementi un formas, kas veido dabiskas robežas vai orientierus;

lai pareizi būtu attēloti nogāžu slīpumi;

lai ģenēzes ziņā vienādas formas un formu kompleksi būtu attēloti uz kartēm vienādi;

lai reljefa attēls uz kartes iespējami labāk izceltu Zemes virsas formu īpatnības un kopsakarības.

Geomorfoloģijas nozīmi grūti pārvērtēt arī dabas aizsardzībā. Daba ir vienots savstarpēji saistītu procesu un parādību komplekss un reizē ar to arī avots, no kura mēs smēlam resursus saimnieciskajai darbībai (pārtika, koksne, gaiss, ūdens, derīgie izrakteņi u. c.). Dabas elementi veido cilvēkam nepieciešamo apkārtējo vidi. Rūpniecības un lauksaimniecības straujā attīstība, varenu tehnisko līdzekļu lietošana, urbanizācija (pilsētu skaita un apjoma palielināšanās) noved pie tā, ka dabas kompleksos tiek izjaukts dabiskais līdzsvars starp atsevišķiem elementiem, kas veidojies miljoniem gadu. Tas var izraisīt svarīgu dabas resursu apskāšanu un vides piesārņošanu. Lai to novērstu, jāatrisina svarīga mūsdienu problēma — kā veikt valsts un starptautiskā mēroga kompleksus pasākumus, lai pasargātu no izsīkšanas dabas resursus, kā saglabāt nākamajām paaudzēm tīrus ūdeņus, gaisu, nenopostītus mežus, dzīvnieku un augu valsti.

Šādu pasākumu veikšana lielākā vai mazākā mērogā nav iespējama bez teritorijas reljefa īpatnību izpratnes, jo, kā jau bija teikts, reljefs ir saistīts ar daudziem dabas elementiem. Tā, piemēram, reljefa īpatnības jāievēro, projektējot pasākumus augšņu segas aizsardzībai no ūdens, vēja un agrotehniskās erozijas. Reljefa ietekmē virszemes un pazemes ūdeņu noteci, tādēļ tas jāņem vērā ūdens resursu aizsardzībā. Reljefa īpatnības svarīgas ir arī dabas ainavu (dabas kompleksu) aizsardzībā, liegumu, rezervātu un nacionālo dabas parku veidošanā.

Geomorfoloģijas atziņu praktiska pielietošana sevišķi nepieciešama vēl šādās tautas saimniecības nozarēs:

ģeoloģiskā un hidroģeoloģiskā izlūkošanā — reljefa apstākļi ļauj vieglāk un ātrāk spriest par teritorijas ģeoloģisko uzbūvi, derīgo izrakteņu varbūtējām atradnēm un pazemes ūdeņu resursiem; ceļu, naftas un gāzes vadu, elektropār vadu līniju celtniecībā, kas nav iespējama bez konkrētiem datiem par reljefu visā trases garumā; pilsētu, lielu rūpniecības kompleksu, dažādu apdzīvoto vietu celtniecībā un pilsētu rekonstrukcijā nepieciešamas detālas ziņas par attiecīgās teritorijas reljefa īpašībām, lai izstrādātu kvalitatīvus projektus un nodrošinātu objektu normālu darbību;

hidrotehniskā celtniecība un meliorācija prasa dziļu un vispusīgu reljefa izpēti saistībā ar teritorijas ģeoloģisko uzbūvi un hidroģeoloģiskiem apstākļiem, lai atklātu tādu ģeoloģisko procesu cēloņus, kas var apdraudēt būvju stabilitāti; tāpat reljefa apstākļu izpēte ļauj izvērtēt virszemes ūdeņu īpatnības un pareizi tos izmantot apūdeņošanai;

valsts militārā aizsardzībā — kara zinātne arī izmanto geomorfoloģijas atziņas, jo kara darbība, taktisko un stratēģisko plānu realizēšana ir vienmēr saistīta ar kaujas lauka reljefa īpatnībām.

## 2.

# Zemeslodes vispārējs raksturojums

Mūsu planēta Zeme ir viena no 9 lielajām planētām, kas riņķo ap Sauli un kopā ar tām izveido tā saukto Saules sistēmu.

Zemeslode pēc savas uzbūves ir visai sarežģīts kosmisks ķermenis. Procesi, kas noris un ir norisējuši uz Zemes virsas un tās dzīlēs, ir tieši vai netieši ietekmējuši dažādu reljefa formu veidošanos. Tādēļ nepieciešams īsumā aplūkot mūsu planētas raksturīgākās īpašības.

### 2. 1. ZEMESLODES VISPĀRĒJĀS ĪPAŠĪBAS

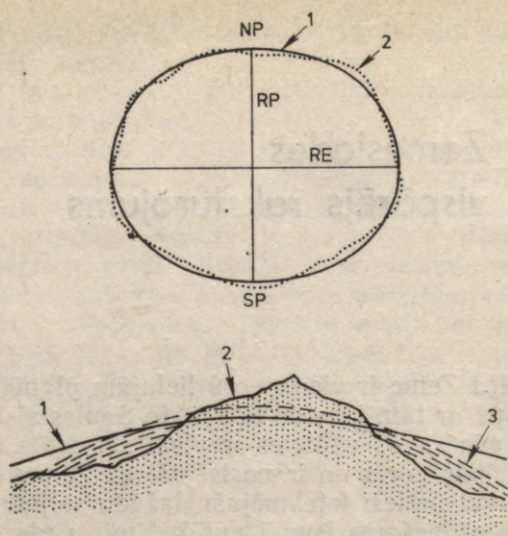
#### 2. 1. 1. ZEMESLODES FORMA UN IZMĒRI

Zemes formu var uzskatīt par sfērisku tikai tuvināti. Precīzi ģeodēziski mērījumi rāda, ka tā nav ģeometriski ideāla lode, bet ir it kā saspiesta polos. Tādēļ ekvatoriālais un polārais rādiuss nav vienāda garuma — polārais rādiuss ir par 21,4 km īsāks. Zemeslodes saplakums sastāda apmēram 1/298 no tās ekvatoriālā rādiusa. Zemeslodes izmēri ir šādi:

polārais rādiuss	— 6356,8 km
ekvatoriālais rādiuss	— 6378,2 km
ekvatoriālais apkārtmērs	— 40 076 km
virsmas platība	— 510 miljoni km <sup>2</sup>
zemeslodes tilpums	— 1183 miljardi km <sup>3</sup>

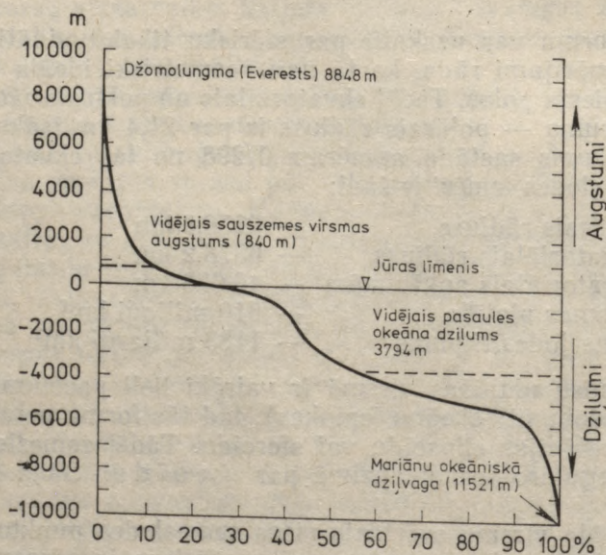
Tā kā mūsu planētas virsmā ir vairāki lieli pacēlumi (kontinenti) un iedobumi (okeānu ieplakas), tad tās formu nevar uzskatīt arī par rotācijas elipsoīdu vai sferoīdu. Tādēļ zemeslodei raksturīgo neregulāro formu apzīmē par ģeoīdu. Šāda forma ir tikai Zemei.

Pret ģeoīda virsmu svērtenis visos zemeslodes punktos novietojas stateniski, t. i., smaguma spēka virziens ir perpendikulārs šai virsmai. Praktiski par ģeoīda virsmu pieņem ūdens līmeni Pasaules okeānā absolūti mierīgā stāvoklī, turpinot līmeņa līniju arī pāri kontinentiem (1. att.)



1. att. Zemeslodes formas shematisks attēlojums (pēc V. Bončkovska):

NP — ziemeļpols, SP — dienvidpols, RP — polārais rādiuss, RE — ekvatoriālais rādiuss; 1 — rotācijas elipsoīda virsma, 2 — zemes fiziskā virsma, 3 — ģeoida virsma.



2. att. Zemes virsas hipsogrāfiskā likne.

Dažādu augstumu un dziļumu platības izteiktas procentos no visas Zemes virsmas platības.

Zemeslodes virsmu padara neregulāru tā sauktās *planetārās reljefa formas* — okeānu ieplakas un kontinentu masīvi. Visaugstākā vieta uz kontinentiem ir Džomolungmas (Everesta) virsotne Himalaju kalnos (8848 m), bet vislielākais okeāna dziļums konstatēts Klusajā okeānā Marianas ieplakā (11 521 m). Kaut gan augstuma amplitūda Zemes virsas reljefā sasniedz gandrīz 20 km, tomēr vidējais kontinentu augstums ir tikai 840 m, bet vidējais okeānu dziļums — 3794 metri. Augstumu un dziļumu sadalījumu uz planētas virsmas rāda *hipsogrāfiskā līkne* (2. att.).

### 2. 1. 2. ZEMESLODES BLĪVUMS

Zemeslodes masa kopā ar atmosfēru ir  $5,98 \cdot 10^{21}$  tonnu. Dalot masu ar tilpumu, var aprēķināt Zemes vidējo blīvumu — 5,52. Šis skaitlis ir apmēram 2 reizes lielāks nekā to izplatītāko minerālu blīvums (2,6...2,75), kuri veido Zemes garozu. Tas norāda, ka mūsu planētas iekšienē atrodas smagākas vielas, bet virsējās kārtās koncentrētas vieglākas vielas. Jāņem vērā, ka reizē ar dziļumu pieaug spiediens, kas Zemes kodolā sasniedz 2...3 miljonus atmosfēru. Šādos apstākļos vielas blīvums, pēc dažādu pētnieku datiem, kodolā sasniedz 11...12.

### 2. 1. 3. ZEMESLODES IEKŠĒJĀ TEMPERATŪRA

Līdz ar dziļumu Zemes iekšienē pieaug arī temperatūra. Gadskārtējās temperatūras maiņas, kas notiek uz Zemes virsas, parasti nav manāmas dziļāk par dažiem desmitiem metru, zem tiem atrodas pastāvīgās temperatūras zona. Dziļāk par pastāvīgās temperatūras zonu vērojams pakāpenisks temperatūras pieaugums. Intervālu, kurā temperatūra Zemes iekšienē pieaug par 1 °C, sauc par *ģeotermisko pakāpi*, tas var svārstīties visai plašās robežās — no 20 līdz 100 m (caurmērā 33 m).

Zemes iekšējās temperatūras maiņas raksturošanai lieto arī jēdzienu *ģeotermiskais gradients* — temperatūras pieaugums grādos, iedziļinoties zemeslodes iekšienē par 100 metriem. Pie vidējās ģeotermiskās pakāpes (33 m) tas ir 3,3 °C.

Ģeotermiskās pakāpes lielās svārstības ir atkarīgas no iežu sastāva un siltuma vadīšanas spējas, Zemes garozas slāņu ģeoloģiskā vecuma un sagulumu veida, pazemes ūdens daudzuma un cirkulācijas.

Pētījumi rāda, ka ģeotermiskā pakāpe reizē ar dziļumu palielinās: dziļākās zonās temperatūra pieaug lēnāk nekā virsējās zonās. Jāievēro, ka tiešie novērojumi par temperatūras pieaugumu attiecas tikai uz visai plānu Zemes garozas kārtu — līdz 6...7 km dziļumam. Par temperatūrām, kas pastāv lielākos dziļumos, var spriest tikai no vulkānisko procesu pētījumiem, netiešiem

aprēķiniem un teorētiskiem apsvērumiem. Daži pētnieki uzskata, ka 500...600 km dziļumā temperatūra nepārsniedz 2000 °C, bet zemeslodes kodolā tai jābūt apmēram 3000 °C.

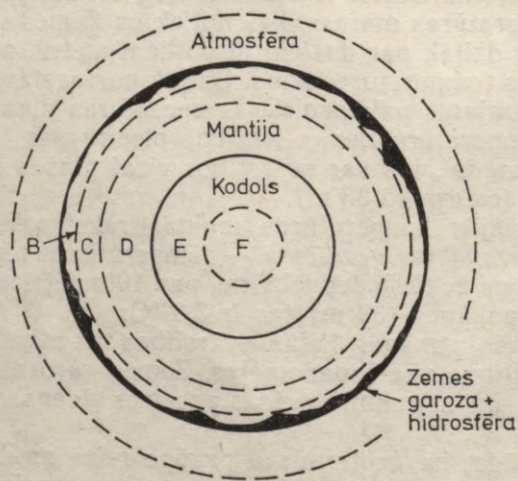
Augstas temperatūras rašanos zemeslodes iekšienē izskaidro ar radioaktīvo elementu (urāns, torijs, kālijs-40, rubīdijs u. c.) sairšanu, kuru pavada siltuma izdalīšanās ( $43,34 \cdot 10^{16}$  kcal stundā). Zemes iekšējo temperatūru palielina gravitācijas spiediens, kas Zemes dziļēs stipri pieaug, dažādas ķīmiskas reakcijas, vielas kristalizācijas enerģija u. c.

## 2. 2. ZEMESLODES UZBŪVE

Līdzšinējie ģeofiziskie pētījumi ļauj secināt, ka zemeslodei šķērsriezumā var izdalīt vairākus koncentriskus apvalkus (zonas), kuriem ir atšķirīgas fizikālās īpašības un ķīmiskais sastāvs. Šos apvalkus sauc arī par *ģeosfērām* (3. att.).

Ārējiem apvalkiem pieskaita atmosfēru jeb gāzu apvalku, hidrosfēru jeb ūdens apvalku un biosfēru jeb dzīvības apvalku. Šie apvalki balstās uz Zemes garozas vai daļēji iekļaujas tajā. Zem garozas atrodas mantija, bet planētas pašā centrālajā daļā — kodols.

**Atmosfēras** augšējo robežu noteikt ir grūti, jo tā pakāpeniski pāriet kosmiskajā telpā, kur pastāv ļoti liels vielas izretinājums.



3. att. Zemeslodes ģeosfēru shēma (pēc A. Vinogradova):

B, C, D — augšējā, vidējā un apakšējā mantija, E,

F — ārējais un iekšējais kodols.

Pētījumos ar raķešu un mākslīgo Zemes pavadoņu palīdzību konstatēts, ka atmosfēras gāzu pēdas ir pat 1000...1300 km augstumā. Atmosfērā vertikālā virzienā izšķir vairākas zonas: *troposfēru, stratosfēru, mezosfēru, jonosfēru* un *eksosfēru*.

**Troposfēra** ir tā atmosfēras daļa, kas tieši piekļaujas Zemes virsmai, tā ir 8...17 km bieza. Troposfērā ietilpst 80% no visas atmosfēras masas, un tajā noris galvenie meteoroloģiskie procesi, no kuriem atkarīgs laiks un klimats. Troposfērā notiek intensīva gaisa cirkulācija, gaiss satur daudz ūdens tvaiku (līdz 4%). Gaisa temperatūra troposfērā virzienā uz augšu pazeminās līdz -40, -50 °C. Gaisa sastāvs troposfērā ir šāds:

skābeklis (O)	— 21,0%
slāpeklis (N)	— 78,0%
argons (Ar)	— 0,94%
ogļskābā gāze (CO <sub>2</sub> )	— 0,03%
ūdeņradis (H)	— 0,003%
hēlijs (He)	— 0,0005%

**Stratosfēra** ir ļoti izretināta atmosfēras daļa, kas atrodas virs troposfēras un sniedzas līdz 40 km augstumam. Stratosfērā temperatūra vertikālā virzienā ir gandrīz nemainīga. Tās augšējā daļā atrasts paaugstināts ozona (O<sub>3</sub>) daudzums, kas aiztur lielu daļu no Saules ultravioletā starojuma, tā pasargājot dzīvos organismus uz Zemes no tā kaitīgās ietekmes.

**Mezosfēra** ir retināts atmosfēras slānis no 40 līdz 80 km augstumā. Tajā temperatūra svārstās no -30° apakšējā daļā līdz -100° augšējā daļā.

**Jonosfēra** sniedzas līdz 800...1000 km augstumam. Tajā ir daudz brīvo elektriski lādēto gāzu daļiņu (jonu), kuras rada kosmiskie stari, kas pastāvīgi ietekmē šo atmosfēras slāni. Procesī, kas notiek jonosfērā, ietekmē Zemes magnētisko lauku, rada tā sauktās magnētiskās vētras un traucē radiosakarus.

**Eksosfēra** atrodas augstāk par 800...1000 km, un gāzu molekulas no tās pakāpeniski izkļiedējas kosmiskajā telpā. V. Fesenkovs atklājis, ka šī atmosfēras daļa veido it kā lielu, izretinātu zemeslodes gāzu asti, kas vērsta pretēji Saules virzienam un sasniedz vairāku tūkstošu kilometru garumu.

Atmosfēra ir ļoti dinamisks un aktīvs mūsu planētas apvalks, kas ietekmē daudzus procesus uz Zemes (vējš, nokrišņi, temperatūras maiņa, gāzu ķīmiskās reakcijas ar Zemes virsējiem slāņiem, bioloģiskie procesi, klimata maiņa).

**Hidrosfērā** ieskaita visus virszemes un pazemes ūdeņus, jo tie dabā ir cieši saistīti. Vislielākās ūdens masas atrodas jūrās un okeānos — tie aizņem 370 miljonus km<sup>2</sup> jeb 70,8% no visas planētas virsas. Pasaules okeānā ir 1,37 miljardi km<sup>3</sup> ūdens. Upēs un ezeros ir apmēram 4 miljoni, ledājos — 20 miljoni, bet pazemes slāņos — 400 miljoni km<sup>3</sup> ūdens.

Hidrosfēra ir daudz plānāka par atmosfēru. Tās vidējais ķīmiskais sastāvs ir šāds:

O	— 85,8%
H	— 10,7%
Cl	— 2,0%
Na	— 1,1%
Pārējie elementi	— 0,4%

Okeānu un jūru ūdeņi satur daudz sāļu — vidēji 3,5 procentus.

Hidrosfērai raksturīgs liels kustīgums. Mēness pievilksanas spēks izsauc paisuma viļņus, kas ritmiski atkārtojas katru diennakti un rada straumes Pasaules okeānā. Nemitīgu okeānu un jūru ūdens kustību izraisa vēji un arī Zemes garozas svārstības. Hidrosfērai ir liela loma zemes garozas pārveidošanā un reljefa veidošanā.

**Biosfēra** ir mūsu planētas dzīvības apvalks, kurā attīstās un pastāv visdažādākie dzīvie organismi. Tā nav krasī norobežota, jo daļēji iekļaujas atmosfērā un litosfērā, bet pilnīgi — hidrosfērā. Biosfēras masa, pēc V. Vernadskas aprēķiniem, sastāda tikai 0,01% no Zemes garozas masas līdz 16 km dziļumam. Biosfēras ķīmiskajā sastāvā ir paaugstināts oglekļa, fosfora, slāpekļa, mangāna un citu elementu saturs, jo šos bioloģiski svarīgos elementus dzīvnieki, augi un baktērijas spēj koncentrēt savos ķermeņos.

Neskatoties uz biosfēras šaurajām robežām un nelielo masu, tai pieder ļoti svarīga loma atmosfēras, hidrosfēras un Zemes garozas virsējo slāņu attīstībā. Fotosintēzes procesā augiem saistot oglekli no atmosfērā esošās oglekļa dioksīda gāzes, vienlaikus atbrīvojas skābeklis. Tādējādi augu darbības rezultātā Zemes atmosfēra tiek bagātināta ar skābekli. Arī hidrosfēras gāzu sastāvs ir stipri atkarīgs no dzīvo organismu darbības. Dzīvie organismi ir spējīgi saistīt CO<sub>2</sub>; tiem atmirstot, zemes garozas slāņos uzkrājas ogleklis akmeņogļu, kūdras, kaļķakmeņu un citā veidā. Dzīvnieku un augu darbība vairāk nekā vienu miljardu gadu ilgajā Zemes ģeoloģiskās vēstures laikā ir radījusi dažādus nogulumiežus, pie kuriem pieder arī derīgie izrakteņi, piemēram, dzelzs rūdas, mangāna rūdas, fosforīti, degslānekļi u. c.

Jāievēro, ka ļoti svarīga biosfēras sastāvdaļa ir augsne. Tā rodas dzīvo būtņu, dabas apstākļu un iežu mijiedarbības rezultātā. Augsnes virsējā slānī notiek trūdvielu (humusa) un citu sarežģītu organisko savienojumu uzkrāšanās. Augsnē uzkrājas arī daudzi bioloģiski svarīgi elementi (C, P, N, S, Ca, K, Mg, Cu, Co, Zn, I u. c.) un biogēni augsti dispersie alumosilikātu minerāli. Tādējādi augsne iegūst ārkārtīgi svarīgu īpašību — *auglibu* un kļūst par neaizstājamu lauksaimnieciskās ražošanas līdzekli.

Aplūkojot zemeslodes **iekšējo uzbūvi**, jāņem vērā, ka dati par to iegūti netiešā ceļā, galvenokārt pētot seismisko viļņu izplatības īpatnības Zemes iekšienē. So viļņu avots ir zemestrīces. Tie pakļauti galvenajiem viļņu izplatības likumiem — uz robežas starp

diviem slāņiem, kuru fizikālās īpašības ir atšķirīgas, notiek viļņu refrakcija (lūšana), atstarošana, kā arī mainās to ātrums.

**Zemes garoza** ir zemeslodes virsējais apvalks, kas sastāv galvenokārt no cietiem kristāliskiem iežiem — granītiem un bazaltiem, tajā ir arī nedaudz nogulumiežu. Zemes garoza vidēji ir apmēram 35 km bieza.

Jāatzīmē, ka ģeoloģiskajā literatūrā bieži lieto terminu *litosfēra*, ko daži zinātnieki uzskata par viennozīmīgu jēdzienam «Zemes garoza». Tomēr vairums ģeologu un ģeofiziķu uzskata, ka litosfēra ir kristālisku iežu zona, kas sniedzas līdz 100...180 km dziļumam. Zemes garozas apakšējā robeža atbilst tā sauktajai Mohorovičiča robežvirsmi.

**Mantija** atrodas zem litosfēras un sniedzas līdz 2900 km dziļumam. Ārējai mantijas zonai līdz 1000 km dziļumam raksturīgs lielāks seismisko viļņu ātruma pieaugums — to sauc par virsējo mantiju, un tai ir galvenā loma Zemes garozas veidošanā. Pastāv uzskats, ka vulkānisma procesi, Zemes garozas kustības, kalnu veidošanās ir saistīti ar procesiem, kas noris mantijā.

Vielas blīvums mantijas virsējā daļā ir 3,3, bet apakšējā — 5,7. Daži fakti norāda uz to, ka mantijas vielai piemīt zināms plastiskums, kaut gan tā ir cieta un pēc savas struktūras nekristāliska (amorfa). Par mantijas ķīmisko sastāvu noteiktu datu nav, bet ir izteiktas domas, ka mantijas sastāvā pārsvarā ir dzelzs un magnija silikāti, no kuriem izplatītākais ir minerāls olivīns  $(\text{FeMg})_2[\text{SiO}_4]$ .

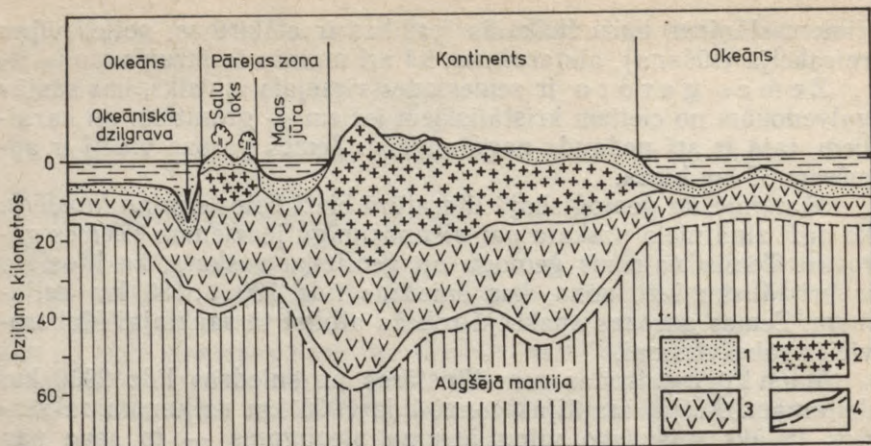
**Zemeslodes kodola** rādiuss ir 3480 km; pāreja no mantijas uz kodolu ir krasi izteikta (seismisko viļņu ātrums 2900 km dziļumā krasi samazinās). Kodolā valda milzīgs spiediens (2...3 miljoni atmosfēru) un augsta temperatūra (2...3 tūkstoši grādu). Par vielas stāvokli kodolā ir izteiktas dažādas hipotēzes, piemēram, ka kodolā esošās vielas fizikālajām īpašībām jābūt līdzīgām šķidriem metāliem, kam piemīt plastiskums un plūstamība. Kodola ķīmiskā sastāvā, domājams, pārsvarā ir metāli — dzelzs un niķelis.

## **2. 3. ZEMES GAROZA**

### **2. 3. 1. ZEMES GAROZAS UZBŪVE**

Kā jau iepriekš teikts, zemes garoza dziļumā sniedzas līdz *Mohorovičiča robežvirsmi*. Saīsināti to sauc par *Moho* jeb *M* robežu (4. att.). Šī robeža nosaukta dienvidslāvu zinātnieka A. Mohorovičiča vārdā, kurš pirmais 1909. gadā atklāja, ka zemestrīču radītie seismiskie viļņi uz šīs robežas krasi maina savu ātrumu. Tas liecina, ka šajā dziļumā krasi mainās vielas fizikālās un, domājams, arī ķīmiskās īpašības.

Zemes garozas biezums nav visur vienāds. Tas svārstās kontinentos no 20 līdz 75 km, bet okeānu teritorijā no 5 līdz 20 km.



4. att. Zemes garozas vertikālā griezumā vienkāršota shēma (pēc J. Haina):  
1 — nogulumiežu zona, 2 — granītu zona, 3 — bazaltu zona, 4 — M (Moho) robeža.

Zemes garozas biezums vislielākais ir zem augstiem kalniem, bet daudz mazāks līdzenās Zemes garozas daļās.

Ģeoloģisko un ģeofizisko pētījumu dati rāda, ka Zemes garozā vertikālā griezumā ir trīs slāņu kompleksi — nogulumieži, granīti un bazalti.

Nogulumiežu slāņi sastāv no maz pārveidotiem, maz sablīvētiem iežiem. To biezums kopumā nav liels, kaut gan atsevišķās vietās, piemēram, Piekaspijas ieliecē, tie sasniedz 20...25 km biezumu.

Granītu zona sastāv no masīvi kristāliskiem iežiem — granītiem un gneisiem. Vidējais šo slāņu blīvums ir 2,57...2,80 g/cm<sup>3</sup>, bet zonas biezums svārstās ļoti plašās robežās, jauno kalnu rajonos sasniedz 25...30 kilometrus.

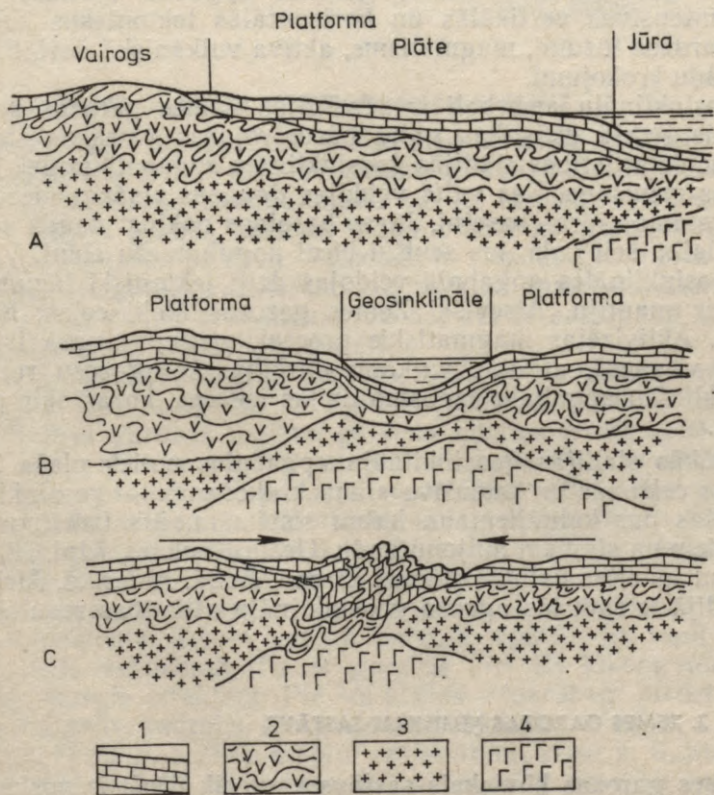
Bazaltu zona sastāv no bāziskiem magmatiskiem iežiem (bazalts, gabro, piroksenīti), kuru sastāvā visvairāk silīcija un magnija savienojumu. Blīvums svārstās no 2,8 līdz 3,3. Bazaltu zonas biezums arī ir ļoti mainīgs. Robežu starp bazaltu un granītu zonām sauc par *Konrāda virsmu* jeb K robežu.

Horizontālā virzienā Zemes garozā izšķir divus galvenos tipus: kontinentālo un okeānisko. Kontinentālā garoza ir biežāka un sastāv no visiem trim slāņu kompleksiem — tajā ir nogulumiežu, granītu un bazaltu zonas. Okeāniskā garoza ir daudz plānāka par kontinentālo, un tajā nav granītu zonas (5. att.). Izdala arī tā saukto pārejas zonu, kas atrodas starp kontinentu un okeānu. Parasti pārejas zonā atrodas malas jūras, kuras no okeāna šķir salu loks (piemēram, Japānas salas). Pārejas zonā Zemes garozas uzbūvē pakāpeniski izzūd granītu iežu slāņi un noris garozas grimšana mantijas vielā.

Zemes garozas uzbūve cieši saistīta ar Zemes virsas reljefa lielformām — kontinentu masīviem, okeānu ieplakām, jūru baseiniem un kalnu sistēmām.

Ilgajā ģeoloģiskās attīstības gaitā Zemes garozā notikušas neskaitāmas izmaiņas iekšējo un ārējo spēku darbības rezultātā. Zemes garozā izveidojušās atsevišķas liela mēroga **tektoniskās** (no grieķu *tektonikos* — tāds, kas prot būvēt) **struktūras**, kas atšķiras ar savu ģeoloģisko uzbūvi, reljefu un lielumu. Galvenās no šīm struktūrām ir platformas un ģeosinklināles.

Par **tektoniskām platformām** sauc plašus Zemes garozas apgabalus, kuriem ir skaidri izteikta divdaļīga vertikālā uzbūve: apakšā stipri sakrokots, ar magmatiskām dzīslām caurausts, no granītiem un gneisiem sastāvošs kristāliskis pamats, virs kura atrodas samērā biezs dažādu nogulumiežu slāņu komplekss. Nogulumu slāņi



5. att. Zemes garozas tektoniskās struktūras:

A — platforma pirms ģeosinklināles veidošanās, B — ģeosinklināle sākotnējā attīstības stadijā, C — ģeosinklināle pārvērtusies par kroku kalniem. 1 — nogulumiežu komplekss, 2 — gneisi, 3 — granīti, 4 — bazalti.

uzgulst platformas kristāliskam pamatam, piekļaujoties tā ieliecēm un pacēlumiem. Platformas ir visai stabili un izturīgi Zemes garozas struktūras elementi, kas ilgstoši nav pārcietuši katastrofālas izmaiņas, bet bijuši pakļauti galvenokārt plašām vertikālām kustībām. Labi pazīstamas ir Krievijas, Sibīrijas, Āfrikas, Austrālijas un citas platformas.

Platformās izdala divus pamatstruktūru tipus — vairogus un plātes. *Vairogi* ir platformu daļas, kuras līdz pēdējam ģeoloģiskam laika posmam ceļas. Tādēļ uz vairogiem nav nogulumiežu slāņu, te uz Zemes virsas atsedzas 2...3 miljardus gadu veci ieži. Tādi ir Baltijas, Aldanas, Kanādas un citi vairogī. *Plātes* ir tās platformu daļas, kuru kristālisko pamatu sedz bieza nogulumiežu kārtā.

**Ģeosinklināles** (no grieķu *gē* — zeme, *synkliniai* — ieliece starp nogāzēm) ir samērā šauri, bet simtiem un pat tūkstošiem kilometru gari nestabili Zemes garozas apgabali (joslas), kuros noris intensīvas vertikālās un horizontālās tektoniskās kustības, dziļi garozas lūzumi, magmatisms, aktīva vulkāniskā darbība, spēcīgi slāņu krokojumi.

Ģeosinklināļu apgabali ir sarežģītas Zemes garozas struktūras, kas ilgajā attīstības gaitā pārdzīvojušas vairākas stadijas. Sākotnējās attīstības stadijās ģeosinklināļu apgabalā notiek Zemes garozas grimšana. Tās gaitā veidojas daudzas plašas ielieces, kurās izveidojas jūras baseini. Jūras baseinos nokļūst daudz sanesu, un ar laiku šeit uzkrājas sevišķi biezi nogulumiežu slāņi. Vienlaikus ģeosinklināles apgabalā veidojas dziļi tektoniski lūzumi, kas sasniedz mantiju. Atsevišķi Zemes garozas bloki ceļas, bet citi grimst. Aktivizējas magmatiskie procesi, magmas masa izlaužas Zemes virspusē, attīstās vulkānu darbība. Šo procesu rezultātā ģeosinklinālo apgabalu saposmo dziļas ielieces, kuras šķir pacelti masīvi.

Vēlākās stadijās ģeosinklināļu apgabalos notiek plaša Zemes garozas celšanās un intensīva slāņu krokošanās — ģeosinklināles pārvēršas par kalnājiem un kalnu sistēmām. Šīs izmaiņas ilgst desmitiem un simtiem miljonu gadu. Urāli, Kaukāzs, Alpi, Himalaji un daudzas citas kalnu sistēmas Eiropā, Āzijā, Amerikā, Āfrikā un Austrālijā ir radušās agrāko ģeosinklināļu attīstības rezultātā.

### 2. 3. 2. ZEMES GAROZAS ĶĪMISKAIS SASTĀVS

Zemes garozas ķīmiskais sastāvs kaut cik droši ir noskaidrots līdz 20 km dziļumam. Pēc akadēmiķa A. Vinogradova datiem (1962. g.), 98,74% no Zemes garozas sastāv no desmit ķīmiskiem elementiem (sk. 1. tabulu). Starp tiem vislielākais īpatsvars (90,03%) ir tikai pieciem elementiem — skābeklim, silīcijam, alumīnijam, dzelzij un kalcijam.

Zemes garozas (kopā ar hidrosfēru un atmosfēru) ķīmiskais sastāvs  
(pēc A. Vinogradova)

Elementa nosaukums	Elementa daudzums svara procentos
Skābeklis	49,13
Silīcijs	26,00
Alumīnijs	7,45
Dzelzs	4,20
Kalcijs	3,25
Nātrijs	2,40
Kālijs	2,35
Magnijs	2,35
Ūdeņradis	1,00
Titāns	0,61
Pārējie elementi	1,26

Kopā: 100,00

### 2. 3. 3. ZEMES GAROZAS MINERALOĢISKAIS SASTĀVS

Zemes garozas sastāvā ietilpstošie ķīmiskie elementi samērā reti sastopami brīvā veidā, tie parasti atrodas savienojumos. Šādus dabiskus ķīmiskus savienojumus, kā arī elementārvielas, kas radušās Zemes garozā norītošu fizikāli ķīmisku procesu rezultātā, sauc par *minerāliem*. Minerāli ir viendabīgas vielas ar diezgan noteiktu ķīmisku sastāvu un fizikālajām īpašībām. Lielākā daļa minerālu ir cietas kristāliskas vielas, bet ir sastopami arī šķidri un nekristāliski (amorfī) minerāli.

Zemes garozā minerāli atrodas dabisku sakopojumu veidā, kurus sauc par *iežiem*. Ir izpētīti apmēram 3000 minerālu. No tiem Zemes garozas uzbūvē galvenā nozīme ir 20...50 minerāliem, bet pārējie sastopami samērā nelielu ieslēgumu veidā. Dominējošos minerālus sauc par *iežu veidotājiem minerāliem*.

Lai būtu iespējams orientēties lielajā minerālu dažādībā, tos iedala grupās, kurās apvieno ķīmiskā sastāva ziņā līdzīgus minerālus. Svarīgākās ir šādas minerālu klases.

**Tīrradņā elementi** ir minerāli, kas sastāv no viena ķīmiskā elementa. Zemes garozā tie maz izplatīti un tiem nav nozīmes iežu veidošanā. Tomēr gandrīz visi šīs klases minerāli ir vērtīgi derīgie izrakteņi. Pie šīs klases minerāliem pieder grafiīts, dimants, zelts, sudrabs, platīns, sērs, varš u. c.

**Sulfīdi** ir dažādu metālu savienojumi ar sēru. Sulfīdu klasē ietilpst vairāk nekā 200 minerālu. Sulfīdi iežus neveido, tomēr tie ir ļoti svarīgi tautas saimniecībā kā krāsaino metālu rūdas. Visizplatītākie no sulfīdiem ir pirīts, halkopirīts, galenīts (svina spīde) u. c.

**Oksīdi** — dažādu elementu savienojumi ar skābekli — ir ļoti izplatīti Zemes garozā. Kvarcs ( $\text{SiO}_2$ ) un tā daudzie paveidi aizņem 12% no Zemes garozas masas. Visai izplatīti ir arī dzelzs,

mangāna un alumīnija oksīdi, kurus izmanto kā šo metālu rūdas (hematīts, magnetīts, limonīts, piroluzīts, boksīts u. c.).

**Silikāti** (silīcija savienojumi ar citiem elementiem) sastāda Zemes garozas lielāko daļu — gandrīz 80%. Silikātu ir apmēram 800, tie ir svarīgākie magmatisko un metamorfo iežu veidotāji (granīts, gneiss, bazalts), tiem ir samērā neliels blīvums (2,5...4,3). Lielākai daļai no tiem piemīt augsta cietība un stikla spīdums. Svarīgākie no silikātiem ir laukšpati, augīts, ragmānis, vizlas, nefelīns, talks, kaolinīts u. c.

**Karbonāti** ir ogļskābes sāļi, tie visai izplatīti Zemes garozas virsējā zonā, kas sastāv no nogulumiežiem. Svarīgākie no karbonātiem ir kalcīts un dolomīts.

**Sulfāti** ir sērskābes sāļi. Svarīgākais no tiem ir ģipsis, kas vietām veido biezus ģipšakmens slāņus.

**Halogenīdi** ir dažādu halogēnskābju (hlorūdeņražskābe, fluorūdeņražskābe u. c.) sāļi. Izplatītākie šīs klases minerāli ir akmeņsāls (halīts) un kālija sāļi (silvīns, silvīnīts, karnalīts u. c.).

**Fosfāti** ir fosforskābes sāļi. Svarīgākie no tiem ir apatīts un fosforīts.

**Nitrāti** ir slāpekļskābes sāļi, kas Zemes garozā uzkrājas ļoti reti, jo tie viegli šķīst ūdenī un izskalojas.

**Organiskie savienojumi** sastāv no ogļūdeņražiem. Šo minerālu skaits Zemes garozā nav liels. Svarīgākie ir asfalts, ozokerīts, dzintars.

## 2. 3. 4. ZEMES GAROZAS PETROGRĀFISKAIS SASTĀVS

Zemes garozas lielākās masas (slāņus, masīvus u. c.) veido dažādi dabiski minerālu sakopojumi — **ieži**, kas radušies ģeoloģisku procesu rezultātā (magmatiskie procesi, dēdēšana, ūdens, ledus, vēja darbība u. c.). Iežu pēta zinātne **petrogrāfija** jeb **petroloģija** (no grieķu *petra* — klints).

Katram iežim piemīt zināms viendabīgums mineraloģiskā sastāva ziņā, kā arī atsevišķu sastāvdaļu (minerālu) telpiskā sakārtojumā ieža masā, t. i., ieža struktūrā. Tādēļ katru iezi var uzskatīt par zināmu ģeoloģisku vienību un apzīmēt ar noteiktu nosaukumu.

Ieži parasti sastāv no vairākiem minerāliem, piemēram, granīts, smilšakmeņi, māli u. c., bet ir arī tādi ieži, kas sastāv no viena minerāla, piemēram, kaļķakmeņi — no kalcīta, ģipšakmeņi — no ģipša utt. Daži ieži ir veidoti no citu iežu gabaliem, piemēram, konglomerāti. Katrā iežī ir viens vai vairāki galvenie minerāli un nelielā daudzumā *akcesorie* (papildu) minerāli.

Iežu sastāvā un uzbūvē parasti labi saglabājas tādas īpašības, kas raksturo tos ģeoloģiskos procesus, kuros ieži radušies (mineraloģiskais sastāvs, dzīvnieku un augu pārakmeņojumi, slāņojums u. c.).

Iežus parasti klasificē pēc to izcelšanās, jo iežu sastāvs, veids

un galvenās īpašības ir atkarīgas no to rašanās apstākļiem (ģenēzes). Pastāv arī citas iežu klasifikācijas, piemēram, inženierģeoloģiskā iežu klasifikācijā tos iedala pēc atsevišķu iežu daļiņu savstarpējo saišu ciešuma, t. i., spējas pretoties slodzei.

Pēc ģenētiskās klasifikācijas izšķir trīs lielas iežu klases — magmatiskos iežus, nogulumiežus un metamorfos iežus. Katru no šīm klasēm iedala sīkāk pēc iežu uzbūves, struktūras, ķīmiskā sastāva u. c. Zemes garozas uzbūvē līdz 16 km dziļumam 95% no kopējā daudzuma ir magmatiskie ieži.

**Magmatiskie ieži** ir radušies, atdziestot, sacietējot un kristalizējoties ugunīgi karstajam silikātu kausējumam — magmā. Pēc magmas sacietēšanas apstākļiem tos iedala trijās grupās.

**Dziļumieži** ir veidojušies, magmai lēni kristalizējoties lielā dziļumā zem liela spiediena. Šiem iežiem piemīt pilnkristāliska struktūra (piemēram, granīti).

**Dzīslu ieži** radušies, magmai kristalizējoties dzīslās tuvāk Zemes virsai. Šiem iežiem raksturīga rupjkristāliska porfirveida struktūra (piemēram, rapakivi granīti).

**Izlijumieži** (vulkanīti) veidojušies, ja magma sacietējusi, izplūstot uz Zemes virsas. Tiem raksturīga slēpti kristāliska, stiklaina struktūra, reizēm arī porainība (piemēram, bazalti, kvarcporfīri, vulkāniskie tufi u. c.).

Bez tam visus magmatiskos iežus klasificē pēc mineraloģiskā sastāva, ņemot vērā kopējo  $\text{SiO}_2$  daudzumu iežī. Izšķir

**skābos iežus** — kopējais  $\text{SiO}_2$  daudzums vairāk nekā 65% (piemēram, granīti);

**neitrālos iežus** — kopējais  $\text{SiO}_2$  daudzums 52...65% (piemēram, diorīti);

**bāziskos iežus** — kopējais  $\text{SiO}_2$  daudzums 45...52% (piemēram, gabro, bazalti);

**ultrabāziskos iežus** — kopējais  $\text{SiO}_2$  daudzums mazāks nekā 45% (piemēram, piroksenīti, peridotīti).

Skābajos iežos vienmēr ir daudz kvarca un kālija laukšpatu, bet maz tumšo minerālu, tādēļ to krāsa ir gaiša. Ultrabāziskie ieži kvarcu nesatur un sastāv galvenokārt no kāda tumša minerāla (augīts, ragmānis, olivīns). Tie ir tumši un blīvi. Bāziskajos iežos nav kvarca, bet ir laukšpati (plagioklazi), apmēram pusi no iežu masas aizņem tumšie minerāli. Neitrālajos iežos kvarca ir ļoti maz, bet pārējo minerālu daudzums ir tāds pats kā skābajos iežos.

Šis mineraloģiskā sastāva īpatnības ir ļoti svarīgas magmatisko iežu noteikšanā.

**Nogulumieži** ir radušies no dažādu magmatisko, metamorfo vai arī vecāku nogulumiežu sairšanas produktiem.

Kaut gan tie aizņem tikai nelielu daļu no visas Zemes garozas, tomēr tie ir praktiski ļoti svarīgi, jo parasti atrodas virsējos slāņos un daudzus no tiem izmanto tautas saimniecībā (derīgie izrakteņi, būvmateriāli). Nogulumieži radušies mehāniskās, ķīmiskās un

bioloģiskās dēdēšanas procesos no dažādiem iežu sairšanas produktiem. Daļa no tiem ir dažāda lieluma iežu un minerālu drupatas un lauskas, bet daļa — ķīmiski savienojumi, kas pāriet šķīdumos un izgulsnējas no tiem.

Nogulumiežus iedala četrās grupās:

drupu ieži — akmeņi, oļi, grants, šķembas, smilts, putekļi; mālu ieži — dažādi māli;

ķīmiskie nogulumi — sāls, ģipšakmens, dolomīti u. c.; organiskie nogulumi — ieži, kas radušies no dzīvo organismu atliekām (akmeņogles, kūdra, kaļķakmeņi, fosforīti u. c.).

**Metamorfie ieži** radušies no magmatiskiem vai nogulumu iežiem, tiem pārveidojoties augsta spiediena, augstas temperatūras vai arī ķīmisku faktoru (gāzes, šķīdumu) ietekmē.

### 2. 3. 5. IEŽU VECUMS

Zemes garozu veidojošie minerālu sakopojumi — ieži atšķiras ne tikai pēc ķīmiskajām un fizikālajām īpašībām, bet arī pēc vecuma.

Lai būtu iespējams pareizi izprast Zemes garozas uzbūvi, visdažādāko derīgo izrakteņu izplatību, reljefa īpatnības u. c., nepieciešams noteikt dažādu iežu ģeoloģisko vecumu. Šim nolūkam ir izstrādātas vairākas Zemes slāņu relatīvā un absolūtā vecuma noteikšanas metodes.

Iežu relatīvo vecumu nosakot, noskaidro, kādi Zemes garozas slāņi ir radušies agrāk un kādi izveidojušies vēlāk. Noteikšanai lieto vai nu stratigrāfiskās, vai paleontoloģiskās metodes.

Stratigrāfiskās (no latīņu *stratum* — segums un grieķu *graphō* — rakstu) metodes balstās uz slāņojuma secības principa, pieņemot, ka normālā slāņu kompleksā vecāks ir katrs slānis, kas atrodas zem cita slāņa (un otrādi). Stratigrāfiskās metodes ir noderīgas nelielām teritorijām, kur nogulumiežu slāņi izveidošanās laikā uzgūlušies citiem un šāds stāvoklis palicis neizmainīts. Šādā gadījumā apakšējie slāņi neapšaubāmi ir vecāki par augšējiem. Stratigrāfiskās metodes lieto slāņu vecuma salīdzināšanai teritorijās, kur samērā vienkārša ģeoloģiskā uzbūve, kur slāņu sagulums ir tuvs horizontālam stāvoklim.

Pie stratigrāfiskām metodēm pieder arī slāņu mineraloģiski petrogrāfiskā izpēte. Ja salīdzināmajiem slāņiem ir līdzīgs mineraloģiskais un petrogrāfiskais sastāvs, tad var pieņemt, ka tiem ir vienāds ģeoloģiskais vecums. Jāievēro, ka šāds secinājums būs pareizs tikai tad, ja slāņi nogulsējušies vienā baseinā.

Paleontoloģiskās metodes vecuma noteikšanai izmanto nogulumiežu slāņos sastopamos dzīvnieku un augu pārkmeņojumus, nospiedumus, dažādas atliekas, putekšņus, sporas u. c. Šīs metodes balstās uz Č. Darvina evolūcijas mācības principiem — ka dzīvnieku un augu valsts attīstība uz Zemes sākās ar vienkāršākām organismu formām, kas laika gaitā kļuva arvien pilnīgā-

kas, sarežģītākas, daudzveidīgākas. Jo vecāki ir Zemes garozas slāņi, jo primitīvāki ir tajos sastopamie dzīvie organismi.

Svarīgs ir evolūcijas neatgriezeniskuma princips: organismi nekad neatgriežas agrākajā attīstības stāvoklī, pat arī tad, ja tie nokļūst tādos vides apstākļos, kādos dzīvojuši viņu priekšteči. No šī likuma izriet, ka dzīvnieku un augu attīstības vēsturē vienādas formas neatkārtojas. Seno organismu atliekas, kas sastopamas kādā slānī, atspoguļo zināmu laika posmu organismiskās pasaules attīstībā, un tās nevar atkārtoties citā laika posmā.

Tāpēc, atrodot zemes slāņos seno dzīvo organismu pārakmeņojumus, var spriest, kuri slāņi veidojušies vienā laika posmā un kuri ir par tiem jaunāki vai vecāki. Lietojot šo metodi, pieņem, ka vienādu dzīvnieku pārakmeņojumi dažādos slāņos liecina par šo slāņu vienādu ģeoloģisko vecumu. Stingri saistītas ar noteikta ģeoloģiskā laika posma slāņiem ir tādas dzīvo organismu formas, kas viegli mainījušās atkarībā no ārējās vides apstākļu pārmaiņām. Šādu dzīvnieku pārakmeņojumi ir sevišķi svarīgi slāņu ģeoloģiskā vecuma noteikšanai, tos sauc par vadfosilijām (no latīņu *fossilis* — izrakts).

Ar paleontoloģisko metožu palīdzību ir izstrādāts zemes ģeoloģiskās vēstures iedalījums — *ģeohronoloģija*.

**Absolūtā ģeoloģiskā vecuma** noteikšana pamatojas uz to, ka daudzos minerālos un iežos ir radioaktīvie elementi (U,  $^{40}\text{K}$ ,  $^{14}\text{C}$ ,  $^{87}\text{Rb}$  u. c.), kuri dabiskās radioaktīvās sabrukšanas gala rezultātā pārvēršas citos elementos. Katra radioaktīvā elementa pussabrukšanas periods ir precīzi zināms. Absolūtā ģeoloģiskā vecuma noteikšanai no pētāmiem slāņiem izvēlas minerālu, kurš satur kādu radioaktīvo elementu, kuram garš pussabrukšanas periods (miljoni, pat miljardi gadu). Šādā minerālā ļoti precīzi jānoteic attiecīgā radioaktīvā elementa un tā sabrukšanas produktu daudzums. Pēc tam, izmantojot speciālas formulas, aprēķina, cik gadu ir pagājis kopš izveidojies minerāls, kurš ņemts no tiem zemes garozas slāņiem, kuru vecums jānosaka.

Visbiežāk absolūtā vecuma noteikšanai lieto metodes, kuras nosauc radioaktīvās sabrukšanas gala produkta vārdā — svina, argona, stroncija u. c.

Svina metode balstās uz urāna un torija radioaktīvās sabrukšanas procesu, kurā viens no gala produktiem ir svins ( $^{238}\text{U} \rightarrow 8\text{He}_4 + ^{206}\text{Pb}$ ;  $^{232}\text{Th} \rightarrow 6\text{He}_4 + ^{208}\text{Pb}$ ).

Argona metode izmanto radioaktīvā kālija-40 sabrukšanas galaproduktu argonu-40 ( $^{40}\text{K} \rightarrow ^{40}\text{Ar}$ ).

Stroncija metode balstās uz rubīdija-87 pārvēršanos par stronciju-87 ( $^{87}\text{Rb} \rightarrow ^{87}\text{Sr}$ ).

Radiometriskās metodes slāņu absolūtā vecuma noteikšanai vēl atrodas pilnveidošanas stadijā un dod tikai orientējošus datus. Šo metožu precizitāte ir apmēram 5% — tas nozīmē, ka slāņiem, kuru vecums ir viens miljards gadu, kļūda var sasniegt 50 miljonus gadu.

### 3.

## Reljefa pētīšanas metodes

Kā jau bija teikts, mūsdienu ģeomorfoloģija ir zinātne, kurā cieši sakļaujas ģeoloģija un ģeogrāfija kā pētījumu objektu, tā arī pētīšanas metožu ziņā. Lai vispusīgi izpētītu reljefu, tā īpatnības un ģenēzi, ģeomorfoloģijā lieto dažādas metodes, ar kuru palīdzību cenšas veikt šādus svarīgākos uzdevumus:

1) noskaidrot, kādas ir pētāmās teritorijas reljefa formas, to izvietojums telpā, raksturot reljefa vertikālo un horizontālo sapojumu;

2) izpētīt reljefu veidotājus iežus, nogulumus, kas rodas reljefa noārdīšanās rezultātā, noskaidrot sakarības starp zemes garozu veidotājiem iežiem un reljefa formām dotajā teritorijā;

3) izpētīt reljefa formu sakarības ar teritorijas ģeoloģisko uzbūvi, tektoniskajiem lūzumiem, pārrāvumiem un krokojumiem;

4) atklāt vietas, kur notiek jaunākās zemes garozas tektoniskās kustības, pētīt to ievirzi, intensitāti un reljefa formu atkarību no šīm kustībām;

5) izpētīt mūsdienu endogēno un eksogēno procesu dinamiku un izmaiņas, ko šie procesi rada reljefā;

6) izpētīt apgabala ģeogrāfiskos apstākļus, kuros izpaužas eksogēno reljefa veidotāju faktoru darbība, un noteikt šo faktoru lomu esošā reljefa izveidē;

7) noskaidrot reljefa formu un to kompleksu attīstību zināmā laika posmā.

Lai risinātu minētos uzdevumus, ģeomorfoloģijā lieto dažādas konkrētam uzdevumam piemērotas metodes.

Morfoloģisko metodi lieto, lai izpētītu reljefa formu un elementu ārējās pazīmes, kuras var raksturot ar specifiskiem kvalitatīviem un kvantitatīviem rādītājiem.

Morfofaciālā metode pēta sakarības starp reljefu un korelatīvajiem nogulumiem, kas rodas dažādu reljefa formu noārdīšanās un pārveidošanās rezultātā.

Morfostruktūras metodi lieto, lai noskaidrotu sakarības starp reljefa formām un dažādu kategoriju ģeoloģiskajām struktūrām.

Morfodinamiskā metode noder, lai noskaidrotu sakarību

starp mūsdienu endogēno un eksogēno procesu (it sevišķi katastrofālo) darbību un reljefa veidošanos.

Paleogeomorfoloģisko metodi izmanto, lai skaidrotu reljefa vecumu, un tā galvenos attīstības etapus.

Lietišķajā ģeomorfoloģijā sevišķi svarīga ir reljefa morfoloģiskā analīze, kuru apskatīsim sīkāk.

### 3. 1. RELJEFA MORFOLOĢISKĀ ANALĪZE

Reljefa morfoloģiskā analīze ietver reljefa formu ārējās uzbūves vai apveida raksturojumu pēc morfogrāfiskām (aprakstot formu izskatu un virsmas uzbūvi) un morfometriskām (mērot formas) pazīmēm.

Lai varētu kvalitatīvi veikt šādas analīzes, nepieciešams zināt un precīzi lietot galvenos ģeomorfoloģiskos jēdzienus, piemēram, reljefa elements, reljefa forma, reljefa tips vai reljefa komplekss. Jāpiebilst, ka ne visi šie jēdzieni ir nostiprinājušies un tiek lietoti viennozīmīgi. Piemēram, jēdzieniem reljefa elements un reljefa forma visbiežāk ir vispārēja nozīme, t. i., par reljefa elementiem (vai formām) nosauc jebkura lieluma un sarežģītības pakāpes reljefa veidojumus: kalnu grēdas, atsevišķus paugurus, ieplakas, nogāzes utt. Daudz retāk, galvenokārt tikai detalizētākos pētījumos, par reljefa formām un elementiem nosauc noteiktas reljefa veidojumu grupas, kurām atšķirīgs lielums un sarežģītības pakāpe. Reljefa elementus šajā gadījumā uzskata par reljefa formu sastāvdaļām.

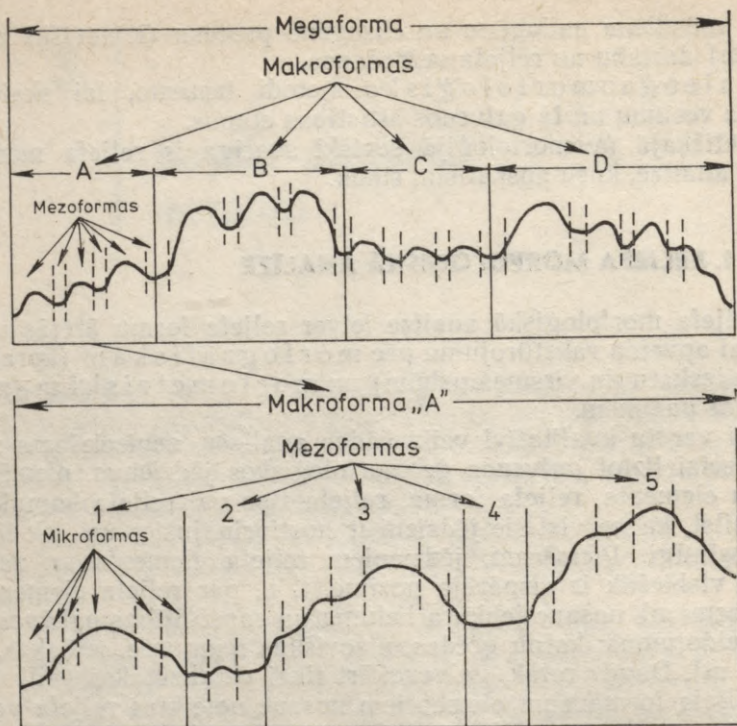
Precīzas un viennozīmīgas ģeomorfoloģijas jēdzienu lietošanas pamatā jābūt priekšstatam par reljefa teritoriālo struktūru.

#### 3. 1. 1. RELJEFA TERITORIĀLĀ STRUKTŪRA

Atcerēsimies, ka Zemes virsas reljefu kopumā veido dažāda lieluma, sarežģītības pakāpes un vecuma reljefa formas. Tā ir liela un salikta sistēma, taču tajā pietiekami skaidri nodalās atsevišķas teritoriālas vienības, kas vienā noteiktā pētījumu mērogā var tikt uzskatītas par vienotu veselumu. Pārejot uz detalizētāku pētījumu mērogu, šo vienību robežās var izdalīt sīkākus reljefa veidojumus. Tātad varam izveidot vienotu un savstarpēji pakļautu reljefa teritoriālo vienību rindu, kurā katra zemāka vienība attiecas pret iepriekšējo kā daļa pret veselo (6. att.).

Nereti par galveno pazīmi šādas reljefa vienību rindas veidošanai izvēlas formu izmērus, jo dažādās formu izmēru pakāpes kopumā atspoguļo arī noteiktas morfogrāfiskas un ģenētiskas likumsakarības.

N. Živago un V. Piotrovskis pēc reljefa formu izmēriem izdala 7 grupas, kurām atbilst arī noteikti pētījumu līmeņi un mērogi.



6. att. Reljefa teritoriālās struktūras shematiskais attēlojums.

1. Planetārās formas — kontinenti un okeānu ieplakas. To platība mērāma miljonos kvadrātkilometru, vidējā augstumu starpība ir 2500... 6500 m, bet maksimālā — gandrīz 20 000 metri. Šīs reljefa formas attēlo uz globusiem un sīka mēroga kartēs, bet atsevišķas formu detaļas var tikt parādītas mērogā 1 : 50 000 000.

2. Megaformas (vislielākās formas) ir pozitīvas un negatīvas planetāro formu ietvaros, piemēram, kalnu masīvi, plaši līdzenumi un zemienes. To platība sasniedz desmitus un simtus tūkstošu kvadrātkilometru, augstumu starpības — simtus un tūkstošus metru (sasniedz 11 000 m). Šīs reljefa formas var attēlot kartēs 1 : 10 000 000 mērogā, bet to detaļas atklājas tikai kartēs, kuru mērogs 1 : 1 000 000.

3. Makroformas (lielformas) izdala iepriekšminēto formu ietvaros, piemēram, atsevišķas kalnu grēdas, plašas ieplakas, augstienes un zemienes kontinentālā apledojuuma apgabalos. Šo formu platība ir simti vai tūkstoši kvadrātkilometru, augstumu starpības — simti metru. Formas kartēs var attēlot mērogā 1 : 1 000 000, bet to detaļas mērogā 1 : 100 000 vai 1 : 50 000.

4. **Mezoformas** (vidējās formas) — izdalās iepriekšējo formu ietvaros, piemēram, pauguri, ieplakas, ieļejas, līdzenumi utt. Šo formu lielums vairākumā gadījumu ir simti vai tūkstoši kvadrātmetru, relatīvie augstumi mērāmi metros vai desmitos metru, reti pārsniedz 100 metrus. Šīs formas var attēlot kartēs mērogā 1 : 50 000, taču vispiemērotākais mērogs ir 1 : 25 000.

5. **Mikroformas** (mazās formas) — izdalās kā sīki pacēlumi un ieliekumi iepriekšējās grupas formu robežās. To platība izsakāma kvadrātmetros vai desmitos kvadrātmetru, retāk sasniedz 100 m<sup>2</sup>, relatīvais augstums reti pārsniedz vienu metru. Šīs formas attēlo kartēs mērogā 1 : 2 000.

6. **Nanoformas** (ļoti sīkās formas) atšķirībā no citām formu grupām nav ģenētiski saistītas ar iepriekšējās pakāpes formām. To veidošanos nosaka biogēnie un antropogēnie procesi, arī lietus un vēja darbība. Piemēram, par nanoformām uzskatāmi ciņi, saarumi, kurmju rakumi, izskalojuma vadziņas u. tml. Šo formu platība reti sasniedz dažus kvadrātmetrus, visbiežāk tā izsakāma kvadrātdecimetros. Relatīvais augstums — līdz 50 cm. Šīs grupas formas vairākumā gadījumu ir īslaicīgas, būtībā tās nav patstāvīgs ģeomorfoloģisko pētījumu objekts. Kartēs nanoformas parasti attēlo ar ārpusmēroga zīmēm.

7. **Vissīkākās formas** (topogrāfiskie nelīdzenumi) — sīki virsmas nelīdzenumi, kas uztverami tikai topogrāfiskās uzmērīšanas darbos. To augstums parasti ir līdz 10 cm, platība izsakāma kvadrātcentimetros un kvadrātdecimetros. Šīs formas ir īslaicīgas, un arī tās nav vairs ģeomorfoloģisko pētījumu objekts.

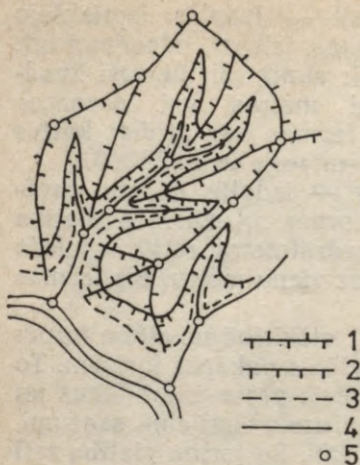
Atkarībā no pētījuma mērķiem un uzdevumiem katrā konkrētā gadījumā par pētījuma objektu izvēlas vienu vai vairākas blakus esošo reljefa formu pakāpes.

Pēc pētījumu mērķiem, lietotajām metodēm un detalizācijas pakāpes var izdalīt četrus ģeomorfoloģisko pētījumu līmeņus — planetāro, reģionālo, lokālo un topoloģisko.

1. **Planetārais līmenis** piemērots atsevišķu kontinentu un okeāna ieplaku reljefa uzbūves pētīšanai un izskaidrošanai. Galvenā uzmanība tiek veltīta megaformām, to ģenēzei, kas cieši saistīta ar lielo ģeoloģisko struktūru — platformu un ģeosinklināļu — veidošanos un attīstību.

2. **Reģionālais līmenis** aptver pētījumus plašos ģeogrāfiskos apvidos un atļauj noskaidrot galvenās reljefa uzbūves un ģenēzes īpatnības. Konkrētā reģiona novietojums augstākas pakāpes reljefa vienībā it kā nosaka pētījuma fonu, vadošās ģenētiskās pazīmes. Pētāmā reljefa pamatvienība ir makroformas. Kā piemēru šāda līmeņa pētījumiem var minēt Latvijas PSR teritorijas ģeomorfoloģisko rajonēšanu.

3. **Lokālais (vietējais) līmenis** aptver detalizētus pētījumus nelielās teritorijās, lai noskaidrotu reljefa uzbūves vietējās īpatnības, ģenētisko un morfoloģisko pazīmju saistību. Šajā līmenī pētījumu pamatvienība ir mezoformu pakāpes reljefa veidojumi un



7. att. Reljefa elementi (pēc A. Spiridonova):

1 — ūdensšķirtnes līnijas, 2 — sateces līnijas (talvegi), 3 — krotas, 4 — pakājes līnijas, 5 — raksturīgi reljefa punkti.

to teritoriālie kompleksi. Pētāmās teritorijas novietojums kādas konkrētas makroformas robežās nosaka reljefa uzbūves kopīgās (fona) pazīmes. Šī līmeņa ģeomorfoloģiskajiem pētījumiem vairākumā gadījumu ir praktiska ievirze, un tos izmanto par pamatu citu problēmu risināšanai, piemēram, teritorijas lauksaimnieciskās izmantošanas īpatnību raksturošanai, augsnes erozijas procesu izplatības un attīstības prognozēšanai u. tml.

4. Topoloģiskā (elementārā) līmeņa pētījumus ģeomorfoloģijā vēl plaši nelieto, taču tiem ir liela nozīme Zemes virsas reljefa formu ģenēzes un uzbūves izskaidrošanā. Šajā līmenī galvenais pētījumu objekts ir formas, kuru izmēri atbilst mikroformu pakāpei. Tātad tās būtībā ir visvienkāršākās, elementārās reljefa formas, kas veido reālo, vizuāli uztveramo Zemes virsas reljefu un vēl ir ģeomorfoloģisko pētījumu objekts. Arī topoloģiskā līmeņa reljefa pētījumiem ir liela praktiska nozīme, piemēram, Vācijas DR uz to pamata sastāda detalizētas agroekoloģiskās kartes.

Lokālā līmeņa ģeomorfoloģiskie pētījumi ir visizplatītākie. Tajos iegūst nepieciešamos datus gan vispārējam reljefa ģenētisko procesu izskaidrojumam, gan reģionāliem reljefa raksturojumiem, gan dažādiem praktiskas ievirzes pētījumiem. Tieši lokālā līmeņa pētījumu ietvaros pēdējā laikā ir izveidojušies priekšstatī par cita veida reljefa teritoriālo vienību taksonomiju (klasifikāciju), kas ir noteiktāka par iepriekš raksturoto vispārējo reljefa formu grupējumu pēc morfometriskām pazīmēm, jo atspoguļo katras vietas reālo, t. i., lokālo reljefa struktūru, dažādas sarežģītības pakāpes reljefa veidojumu savstarpējo pakļautību.

So taksonomisko sistēmu veido trīs vienības, un tajā katra iepriekšējā vienība attiecas pret nākamo kā daļa pret veselo: reljefa elements—reljefa forma—reljefa formu komplekss.

Šajā gadījumā plaši lietotajam jēdzienam «reljefa elements» tiek piešķirta noteikta nozīme un ar to saprot patiesi elementāros, visvienkāršākos reljefa veidojumus, kas būtībā veido visas Zemes virsas reljefa formas un nosaka to īpatnības.

Pašreiz tiek lietotas vairākas reljefa elementu klasifikācijas, tomēr jebkurā gadījumā šie elementi tiek izdalīti reljefa formu morfogrāfiskās analīzes gaitā un uzskatīti par to sastāvdaļām.

J. Jefremovs 1949. gadā izstrādāja reljefa elementu klasifikā-

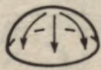

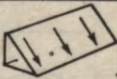

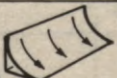
ciju, ko pārņēmuši un pielieto daudzi citi pētnieki. Šīs klasifikācijas pamatā ir reljefa formu saskaldīšana elementārās virsās (horizontālās un slīpās) un līnijās, pa kurām šīs virsās savienojas. Līdz ar to reljefa elementu nozīmi iegūst (sk. 7. att.) 1) nogāzes, 2) dažāda tipa līnijas — ūdensšķirtnes, ūdens sateces jeb talvegi, nogāžu lūzuma līnijas (šķautnes, krotas, pakājes ieliekumi), 3) atsevišķi punkti (viršotne, sedliena, līniju savienošanās un šķiršanās vietas utt.).

Tomēr šāda pieeja reljefa elementu izdališanai ir pārāk ģeometriskā un shematiskā, jo dabā jebkura no minētajām līnijām aizņem noteiktu platību: tāpat tās ir izliektas (ūdensšķirtnes, nogāzes krotas) vai ieliektas (pakājes un ūdenssateces līnijas), garumā stieptas jeb lineāras virsās. Turklāt šajā klasifikācijā ietilpinātas būtībā nesamērojamas vienības: patiesi elementāri veidojumi (jau pieminētās līnijas) un morfogrāfiski salikti veidojumi — nogāzes. J. Jefremova izstrādātā reljefa elementu klasifikācija vairāk piemērota izteiktam erozijas reljefam, kam arī kopumā raksturīgs lineāru formu pārsvars.

Reljefa elementu klasifikāciju, kas piemērota ledāja akumulācijas reljefam, izstrādājuši vācu ģeomorfoloģi H. Kuglers un H. Rihters.

H. Kuglers ierosina izdalīt 3 atšķirīgus reljefa elementu tipus, ko raksturo dažādas virsmas izliekuma pakāpes: 1) plakanie — ja izliekuma (ieliekuma) rādiuss pārsniedz 600 m; 2) stipri izliektie — izliekuma (ieliekuma) rādiuss 5...600 m; 3) šķautnes — izliekuma (ieliekuma) rādiuss mazāks par 5 metriem.

H. Rihtera izstrādātajai reljefa elementu klasifikācijai pamatā ir 2 pazīmes: virsmas izliekums plānā un profilā (8. att.). Plāna skatījumā virsmas formu raksturo teces līniju konfigurācija, kas atspoguļojas horizontālu zīmējumā un var būt konverģējoša,

Forma profilā	Teces līniju konfigurācija		
	diverģējoša	paralēla	konverģējoša
Izliekta	ID 	IP 	IK 
Taisna	TD 	TP 	TK 
Ieliekta	IeD 	IeP 	IeK 

8. att. Reljefa elementu klasifikācija (pēc H. Rihtera).


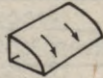







divergējoša un paralēla. Virsmas forma profilā ir trejāda: izliekta, ieliekta vai taisna.

H. Rihtera reljefa elementu klasifikācija ir lietojama zināmās virsmas slīpuma robežās, jo gan pie nelieliem, gan lieliem slīpumiem teces līnijas reljefā nav nosakāmas. Tāpēc izstrādātā reljefa elementu klasifikācija tiek nedaudz modificēta (9. att.).

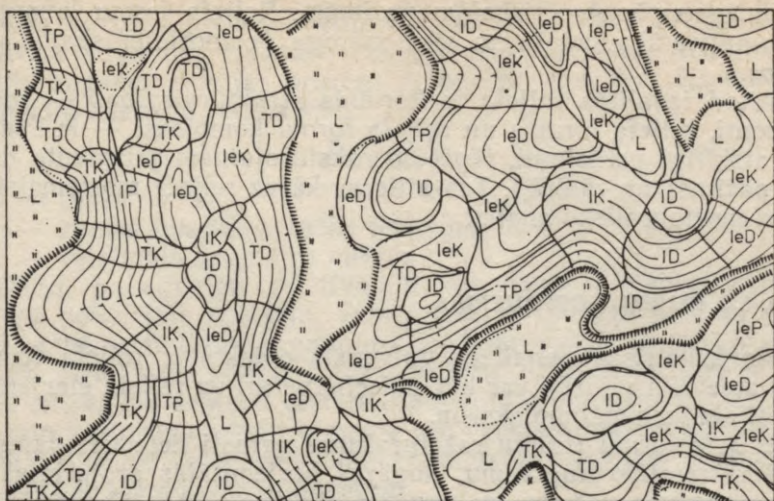
Par reljefa elementiem tātad uzskata atsevišķus nelielus zemes virsas izliekumus, ieliekumus un līdzenus nogabalus. Būtiska reljefa elementu pazīme ir to viendabīgums un nedalāmība (tāpēc arī tos uzskata par elementāru reljefa vienību). Reljefa elementiem var būt dažāda konfigurācija, piemēram, izšķir kompaktos un lineāros reljefa elementus. Pauguraiņu apstākļos izliekto un ieliekto reljefa elementu platība aizņem hektāra simtdaļas vai tūkstošdaļas, bet līdzenumu reljefa elementu platība ir lielāka.

Jāpiebilst, ka reljefa elementu izdalīšanai un klasificēšanai pēc virsmas rakstura ir liela praktiska nozīme un tā tiek plaši lietota. Šādu reljefa elementu robežās saglabājas praktiski viendabīgi dabas apstākļi un notiek vienveidīgi dabas procesi. Tāpēc šos elementus izmanto par pamatu teritoriālo vienību izdalīšanai arī citās zinātņu nozarēs, piemēram, augšņu segas un ģeogrāfisko kompleksu izpētē.

Uz detaļu topogrāfisko uzmērījumu pamata ir iespējams veikt reljefa elementu kartēšanu (10. att.). Atsevišķu reljefa elementu norobežošana notiek, analizējot horizontāļu zīmējuma raksturu un izsekojot teces līniju konfigurācijas izmaiņām.

Forma profilā	Slīpums	Teces līniju konfigurācija		
		divergējoša	paralēla	konverģējoša
Horizontāli laukumiņi	0-2°	Teces līnijas nav izteiktas		
Izliekta	3-25°	 ID	 IP	 IK
Ieliekta		 IeD	 IeP	 IeK
Taisna		 TD	 TP	 TK
Vāji izliekta, tuva taisnai	>25°	Tuva paralēlai un paralēla		

9. att. Modificētā reljefa elementu klasifikācija.

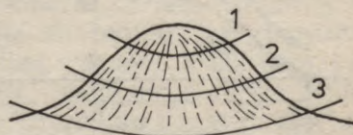


10. att. Reljefa elementu kartēšana.

Par **reljefa formām** speciālajā geomorfoloģiskajā literatūrā (A. Spiridonovs, N. Bašņina, I. Ščukins u. c.) parasti sauc labi norobežotus Zemes virsas nelīdzenumus vai ķermeņus, kam ir noteikts apjoms. Šāds jēdziena skaidrojums ir vispārīgs un samērā nenoteikts, to viegli var attiecināt arī uz reljefa elementiem. Tas neatklāj arī reljefa elementu un reljefa formu savstarpējo saistību, kas ir galvenais teritoriālajā taksonomijā.

Ievērojot teikto, par reljefa formām uzskatāmi dabā norobežoti saliktas uzbūves reljefa veidojumi, kas sastāv no dažādiem reljefa elementu sakopojumiem vai kombinācijām. Galvenā reljefa formu pazīme ir virsmas sarežģītība, kas nosaka iespēju izdalīt to robežās reljefa elementus. Piemēram, jau pati vienkāršākā reljefa forma — neliels paugurs — sastāv no vismaz trim reljefa elementiem: izliektās virsotnes, taisnā nogāzes posma un ieliektās pakājes, kas koncentriski nomaina cita citu (11. att.). Jo lielāka ir reljefa forma, jo sarežģītākas ir reljefa elementu kombinācijas.

**Reljefa formu kompleksi** ir dažādu reljefa formu teritoriālie sakopojumi vai kombinācijas. Reljefa formu kompleksu robežas dabā ir grūtāk uztveramas un nosakāmas nekā reljefa formām, tāpēc to noteiktības pakāpe ir zemāka. Reljefa formu kompleksi var būt dažādi un atšķirties gan pēc sarežģītības pakāpes, gan pēc reljefa formu savstarpējā novietojuma īpat-



11. att. Reljefa elementi:  
1 — virsotne (atbilst ID tipam), 2 — nogāzes taisnais posms (atbilst TD tipam), 3 — pakājes posms (atbilst leD tipam).

nībām, gan pēc ģenētiskajām pazīmēm. Reljefa formu kompleksi ir pamatvienība vidēja un sīka mēroga ģeomorfoloģiskajos pētījumos.

Tātad izdalītās reljefa teritoriālās struktūrvienības — reljefa elementi, reljefa formas un reljefa formu kompleksi — ir kvalitatīvi atšķirīgi veidojumi, tāpēc to raksturojumam jāizmanto dažādas pazīmes un rādītāji. Tas attiecas kā uz reljefa morfometrisko, tā arī morfogrāfisko analīzi.

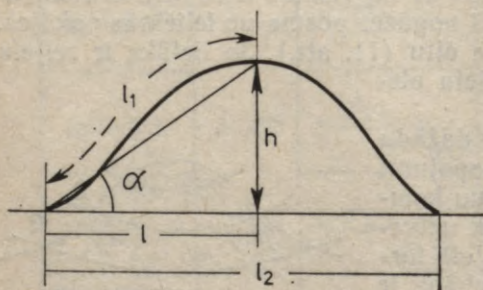
### 3. 1. 2. RELJEFA MORFOMETRIJA

Morfometriskās analīzes galvenais objekts ir reljefa formas, taču atsevišķi rādītāji var būt attiecināmi arī uz reljefa elementiem un reljefa formu kompleksiem.

Reljefa formu izmēru raksturošanai parasti lieto trīs pamatrādītājus: relatīvo augstumu, nogāzes horizontālās projekcijas vai pašas nogāzes garumu un nogāzes slīpumu (12. att.). Bieži lieto arī dažādus atvasinātus rādītājus, it sevišķi tad, ja jāparāda reljefa izmēru izmaiņas kādā teritorijā, piemēram, reljefa formu kompleksa dabiskajās robežās, apstrādājama lauka vai arī visa kolhoza robežās. Šajos gadījumos reljefa raksturojumam vislabāk izmantot īpašas morfometriskās kartes, kuru sastādīšanai nepieciešamie mērījumi iegūstami vai nu mērot formas vai formu kompleksus to dabiskajās robežās, vai arī sadalot pētāmo teritoriju regulārā kvadrātu tīklā un nosakot nepieciešamos rādītājus atsevišķu kvadrātu robežās. Pirmajā gadījumā var iegūt un grafiski attēlot reālas morfometrisko rādītāju izmaiņas konkrētajā teritorijā, bet otrajā — iegūst vispārinātus rādītājus, kurus attēlo kvadrātu tīklā. Šādām kartēm ir atšķirīgas pielietojuma iespējas, tāpēc jebkurā gadījumā, vadoties no pētījuma uzdevuma, jāizvēlas piemērotākā metode.

Īsumā raksturos reljefa morfometriskos rādītājus.

**Relatīvais augstums** attiecināms uz izliektajām jeb pozitīvajām reljefa formām, un to nosaka vai nu kā virsotnes un pakājes absolūto augstumu starpību (ja izmanto topogrāfiskās kartes), vai arī kā relatīvo paaugstinājumu no pakājes līdz virsotnei. Relatīvo augstumu parasti izmanto reljefa vertikālā saposmju raksturošanai.



12. att. Galvenie morfometriskie rādītāji:

$h$  — formas relatīvais augstums,  $l$  — nogāzes horizontālā projekcija,  $l_1$  — nogāzes garums,  $l_2$  — formas pamatnes platums,  $\alpha$  — nogāzes slīpuma leņķis.

Relatīvais augstums ir viens no plašāk lietotajiem rādītājiem praktiskās ievirzes pētījumos, it sevišķi

augšnes erozijas procesu pētījumos un šo procesu prognozē, jo relatīvais augstums raksturo vietējās erozijas bāzes dziļumu un parāda augšnes erozijas procesu potenciālo enerģiju. Kā zināms, potenciālo enerģiju izsaka šādi:

$$E_p = mgh$$

m — masa

g — zemes smaguma spēka paātrinājums

h — relatīvais augstums metros

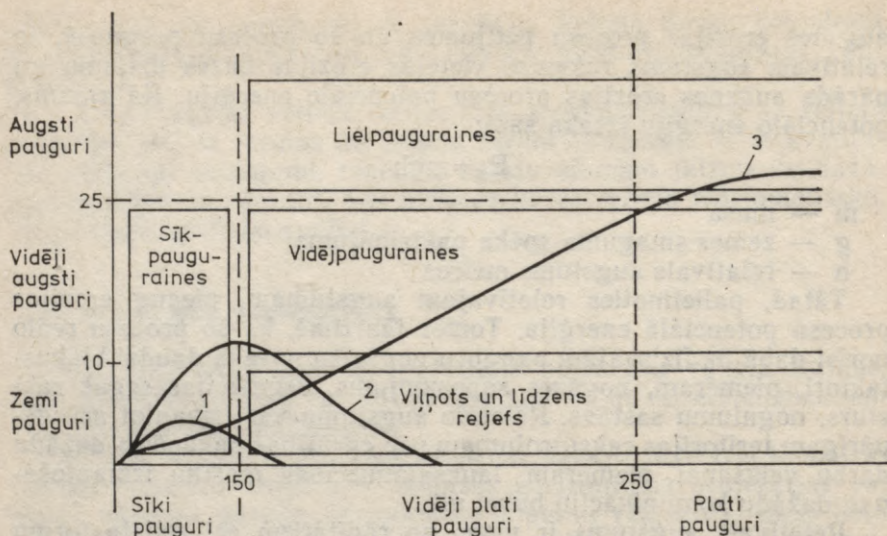
Tātad, palielinoties relatīvajam augstumam, pieaug erozijas procesu potenciālā enerģija. Tomēr jāatzīmē, ka šo procesu reālo norisi dabā uz fiziskajām pauguru nogāzēm nosaka daudzi blakusfaktori, piemēram, nogāzes saposmojums, veģetācijas segas raksturs, nogulumu sastāvs. Relatīvo augstumu var izmantot arī vispārīgam teritorijas raksturojumam pēc «grūtības pakāpēm» dažādu darbu veikšanai, piemēram, lauksaimniecības mašīnu izmantošanai, dažādu komunikāciju būvei utt.

Relatīvais augstums ir viens no rādītājiem arī reljefa formu morfometriskajā klasifikācijā. Dažādos ģeogrāfiskos reģionos atkarībā no vadošajām reljefa ģenētiskajām īpatnībām var tikt izstrādātas atšķirīgas klasifikācijas. Baltijas republikās plaši lieto ledāja akumulācijas reljefam piemērotu klasifikāciju, kurā formu relatīvo augstumu izsaka trīs pakāpēs: līdz 10 m — zemās, 10...25 m — vidēji augstās, virs 25 m — augstās formas. Atsevišķos gadījumos izdala vēl ceturto pakāpi: virs 50 m — ļoti augstās formas.

Reljefa elementu raksturojumam relatīvo augstumu rādītājus parasti nelieto, bet reljefa formu kompleksu raksturojumā tiem ir būtiska nozīme.

**Nogāžu garumu** (sk. 12. att.) parasti izmanto kā rādītāju, kas raksturo augšnes erozijas procesu intensitāti: pie vienādiem pārējiem apstākļiem uz garākām nogāzēm novērojama intensīvāka noskalošanās un it īpaši lineārās erozijas procesi. Tomēr pauguraina reljefa apstākļos šī likumsakarība novērojama reti, jo nogāzes vairākumā gadījumu ir saposmotas. Tāpēc nogāzes garumam nav būtiskas nozīmes, turklāt tā noteikšana ir samērā darbietilpīga, jo to dara vai nu uz uzmērītiem reljefa profiliem, vai arī tieši dabā.

Daudz biežāk lieto citu rādītāju — **nogāzes horizontālās projekcijas garumu**, ko var noteikt pēc topogrāfiskām kartēm. Izmantojot īpašas korekciju tabulas, pēc šī rādītāja var noteikt arī nogāzes garumu. Nogāžu horizontālās projekcijas garumu bieži lieto kā pazīmi pauguru klasificēšanā pēc lieluma. Piemēram, Latvijas PSR ģeogrāfi jau ilgu laiku lieto K. Ramana izstrādāto pauguru morfometrisko klasifikāciju, kurā izdalītas šādas pauguru grupas: 1) sīkpauguri — ar nogāzes horizontālās projekcijas garumu līdz 150 m; 2) vidējpauguri — nogāzes horizontālās projekcijas garums 150...500 m; 3) lielpauguri — nogāžu horizontālā projekcija pārsniedz 500 m (13. att.). Jāatzīmē, ka morfogrāfiski saliktu formu



13. att. Reljefa saposmojuma veidi (pēc K. Ramana):

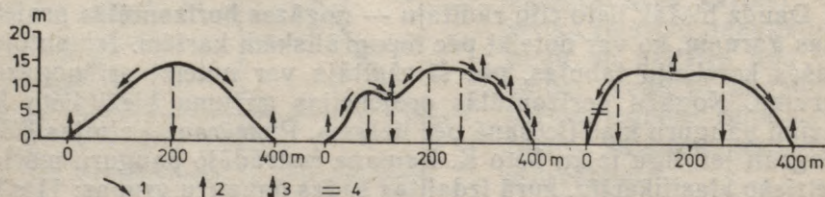
1 — sīkpaugurs, 2 — vidējpaugurs, 3 — lielpaugurs.

raksturojumā pareizāk ir noteikt un lietot vai nu formas platumu, vai arī pusi no platumā, jo to virsu veido dažāda garuma un dažādi vērstas nogāzes (14. att.).

**Nogāžu slīpums** ir viens no vissvarīgākajiem morfometriskajiem rādītājiem, kas raksturo gan dažādu dabas procesu attīstības iespēju un to intensitāti, gan arī teritorijas izmantošanas apstākļus. Nogāzes slīpumu izsaka vai nu grādos, vai arī ar abstraktāku rādītāju — kritumu  $i$ , kas līdzinās  $tga$  (sk. 12. att.):

$$i = tga = \frac{h}{l}$$

Zinot nogāzes relatīvo augstumu un horizontālās projekcijas garumu, var noteikt  $tga$  un atrast vidējo nogāzes slīpumu grādos. Parasti nogāzes slīpumu grādos nosaka pēc topogrāfiskām kartēm,



14. att. Vienāda augstuma un platumā pauguru morfogrāfiskie varianti:

1 — ūdens un augsnes daļiņu kustības virziens, 2 — augsnes daļiņu akumulācijas joslas, 3 — vietas, kur iespējama virszemes ūdeņu uzkrāšanās, 4 — iespējami gruntsūdeņu izplūdumi.

analizējot horizontālu zīmējumu un izmantojot skalu, kas parāda sakarību starp horizontālu savstarpējiem attālumiem un slīpumiem.

Dažādu lineāru formu vai procesu raksturošanai, kā arī dažādos projektēšanas darbos (ceļu, hidromeliorācijas u. c.) bieži lieto krituma rādītāju, ko izsaka procentos vai promilēs — tas parāda reljefa pazeminājumu uz katriem 100 vai 1000 attāluma metriem.

Jāpiebilst, ka ne vidējais nogāzes slīpums, ne krituma rādītāji neatklāj virsmas slīpuma izmaiņas vienas nogāzes robežās, pat notušē tās. Tāpēc to lietošana ne vienmēr dod vēlamos rezultātus, it sevišķi tad, ja jāpēta dažādu dabas procesu attīstības likumsakarības uz nogāzēm, dažādu procesu vai parādību atkarība no slīpuma izmaiņām. Šī iemesla dēļ nepieciešams atrast citus paņēmienus nogāžu slīpuma raksturošanai.

Ļoti detalizētos pētījumos, piemēram, lai noskaidrotu reljefa elementu morfogrāfiskās īpašības vai arī lai atrastu sakarības starp augsnes erozijas un akumulācijas procesiem un nogāžu slīpuma izmaiņām, virsmas slīpumus var mērīt dabā. Lai izvairītos no sīko, nebūtisko nelīdzenumu ietekmes, izmanto 1,5 m garu latu, ko noliek uz zemes virsas lielākā krituma virzienā, un ar ģeoloģisko busoli izmēra nogāzes slīpumu. Pēc šiem mērījumiem zīmē reljefa profilus, kuros lietderīgi pieņemt vienādu horizontālo un vertikālo mērogu, jo šie profili izmantojami kā tiešais pētījumu materiāls, bet nevis kā rezultātu ilustrācija. Piemēram, pēc profiliem var noteikt reljefa elementu izliekuma rādīsu un atrast tā sakarību ar slīpumiem. Šādu paņēmieni nevar plaši lietot, tas ir ļoti specifisks.

Izteikta praktiska pielietojuma nozīme ir kvalitatīvi viendabīgu nogāžu slīpuma intervālu vai grupu izdalīšanai. Šo grupu norobežošanā izmanto datus par dažādu dabas procesu, it sevišķi augsnes erozijas, kvalitatīvām izmaiņām atkarībā no slīpuma, kā arī pēdējā ietekmi uz lauksaimniecības mašīnu darbu. Robežrādītāju nozīme ir šādiem nogāzes slīpumiem: 1) 3° — sākas augsnes erozijas procesi, parādās slīpuma ietekme uz mašīnu darbu; 2) 5°...6° — izmainās tekošā ūdens ietekme uz augsni, rodas turbulencei; stipri pazeminās mašīnu izmantošanas rentabilitāte, pasliktinās darba kvalitāte; 3) 10° — attīstās intensīvi augsnes erozijas procesi; vairs nav pieļaujama riteņtraktoru lietošana; 4) 16° — kāpurķēžu traktoru lietošanas robeža. Ievērojot šos robežrādītājus, izdalīti 5 kvalitatīvi atšķirīgi nogāžu slīpuma intervāli (sk. 2. tabulu).

Pauguraina reljefa apstākļos dabā reti novērojamas viena slīpuma taisnas nogāzes. Visbiežāk viena slīpuma posmi ir ļoti īsi un tie raksturo atsevišķu reljefa elementu, nevis visu reljefa formu kopumā. Vairākumā gadījumu uz pauguru nogāzēm mainās izliekti, ieliekti un taisni posmi, t. i., to forma profilā ir salikta. Līdz ar to vienai nogāzei var novērot slīpuma izmaiņas pat vairāku intervālu robežās. Tāpēc arī nogāžu slīpuma raksturojumā paņēmieni var būt dažādi un kāda noteikta paņēmiena izvēli katrā gadījumā nosaka

Nogāžu slīpumu intervālu īss raksturojums

Inter- vāli	Slīpumi (grādos)	Augsnes erozijas bīstamība	Vispārējās nozīmes lauksaimniecī- bas mašīnu darba apstākļi
0	0...2	Augsnes erozijas praktiski nav	Optimāli
1	3...5	Augsnes erozija rodas aug- snes nepareizas apstrādes rezultātā	Normāli
2	6...9	Attīstās ievērojama augsnes erozija pat arī tad, ja ievēro pareizu apstrādes virzienu	Apgrūtināti; krasi pazemi- nās mašīnu izmantošanas rentabilitāte, pasliktinās darba kvalitāte
3	10...16	Stipra augsnes erozija; tīru- mos veģetācijas aizsargno- zīme samazinās	Smagi; noliegta riteņtrak- toru lietošana; darba kvali- tāte neatbilst agrotehnikas prasībām
4	Vairāk nekā 16	Ļoti stipra augsnes erozija	Neiespējami; nogāžu apstrā- dāšana nav pieļaujama

konkrētais uzdevums, kā arī pētījuma detalizācijas pakāpe un mērogs.

Pētot reljefa elementu virsmas slīpumus, jāatceras, ka ar vienu rādītāju ir iespējams raksturot tikai trīs reljefa elementu tipus: tos, kam ir taisna forma profilā (sk. 8. attēlu TK, TP, TD). Izliektajiem reljefa elementiem krituma virzienā raksturīga pakāpeniska slīpumu palielināšanās, bet ieliektajiem — samazināšanās. Slīpuma rādītāju izmaiņu krasums katrā konkrētajā gadījumā atkarīgs no virsmas izliekuma (ieliekuma) pakāpes: jo tas ir izteiktāks, jo straujāk notiek slīpumu izmaiņas un jo plašāks ir novērojamo slīpumu diapazons. Šis likumsakarības raksturošanai A. Jangs (*Young*) iesaka lietot 3 rādītājus: nogāzes slīpumu izliekuma (ieliekuma) augšmalā un apakšmalā, kā arī loka garumu. H. Kuglers iesaka sintezējošu rādītāju — reljefa izliekuma (vai ieliekuma) rādīsu. Jo rādīss īsāks, jo krasāk izteikts gan reljefa elements, gan tā virsmas slīpuma izmaiņas.

Nogāžu slīpums ir viens no tiem reljefa formu morfometriska-jiem rādītājiem, kam ir liela nozīme reljefa raksturošanā dažādiem praktiskiem mērķiem. Jau iepriekš atzīmēts, ka reljefa formu robežās novērojama liela slīpumu mainība, ko nosaka morfogrāfiskās uzbūves īpatnības, t. i., dažādu reljefa elementu sakopojumi formu robežās. Tāpēc, piemēram, viena atsevišķa paugura nogāžu slīpumi reti ietilpst viena intervāla robežās, bet parasti aptver vairākus intervālus. So nogāžu slīpumu mainību var raksturot detalizēti vai arī vispārīgā veidā, un katrā atsevišķā gadījumā raksturojuma

veida izvēli nosaka pētījuma vai konkrētā darba mērķis. Detalizētos pētījumos mērķtiecīgi noteikt un kartogrāfiski attēlot slīpumu intervālu reālo mainību. Taču pauguraina reljefa apstākļos tas bieži nav iespējams, jo viena slīpuma intervālu kontūras parasti ir ļoti sīkas. Tāpēc atsevišķas formas raksturojumam var izmantot apkopujošu rādītāju: slīpumu intervālu attiecību platības procentos, ko iegūst, nosakot formas robežās katra slīpuma intervāla aizņemto platību. Tas parāda atsevišķu intervālu īpatsvaru un dod iespēju spriest par formas sarežģītību. Atsevišķos gadījumos šādu raksturojuma paņēmieni nepieciešams vēl tālāk precizēt, norādot viena slīpuma intervāla kontūru skaitu formas robežās.

Plašāk lieto vairāk vispārinātu nogāžu slīpuma raksturojumu pēc valdošā slīpuma intervāla. Visbiežāk izdala lēzenas (slīpumi līdz  $10^\circ$ ) un stāvas (slīpumi pārsniedz  $10^\circ$ ) nogāzes. Par stāviem pauguriem var uzskatīt paugurus, kuros stāvās nogāzes aizņem vismaz pusi no platības. Pēc valdošā nogāžu slīpuma ir lietderīgi norobežot viļņota reljefa pacēlumu formas no pauguriem. Par šādu robežu pamatoti var uzskatīt  $3^\circ$  slīpumu, pie kura jau sākas augsnes erozija un citi nogāžu procesi.

Atsevišķos gadījumos nepieciešami detalizēti virsmas slīpuma raksturojumi nelielās platībās, piemēram, viena apstrādājamā lauka robežās. Šādiem mērķiem ir izstrādātas vairākas metodes. Atzīmēsim dažas no tām.

P. Orlovs iesaka lietot koeficientu «teritorijas piesātinājums ar horizontālēm», ko iegūst, izmērot horizontāļu kopgarumu dotās kontūras robežās un attiecinot to uz platības vienību, piemēram, uz hektāru.

Geomorfoloģijas mācību grāmatās virsmas vidējā slīpuma noteikšanai bieži iesaka lietot formulu

$$i_{\text{vid}} = \text{tg} \alpha_{\text{vid}} = \frac{hl}{s}$$

h — griezuma augstums

l — blakus izohipsu vidējais garums

s — platība starp blakus izohipsām

Zemes ierīcības mācību un metodiskajā literatūrā ieteikts paņmiens, kā raksturot virsmas slīpumu lauka robežās traktora agregāta gājiena virzienā. Šim nolūkam lieto formulu

$$i_{\text{vid}} = \frac{Lh \cdot \sin \beta}{p}$$

$i_{\text{vid}}$  — vidējā slīpuma izteiksme ( $\text{tg} \alpha$ )

L — horizontāļu garums lauka robežās (metros)

h — horizontāļu griezuma augstums (metros)

$\beta$  — leņķis, kas izveidojas starp horizontāļu virzienu un agregāta kustības virzienu

P — lauka platība (kvadrātmetros)

G. Češihins atzīmē iepriekšējās formulas pielietojuma grūtības un ierosina vienkāršotu virsmas slīpuma noteikšanas metodi lauka robežās apstrādes virzienā, izmantojot īpašu paleti, kas sadalīta vienāda platuma joslās (15. att.). Vidējo slīpumu dotajā virzienā atrod pēc formulas

$$i_{\text{vid}} = \frac{h \cdot a \cdot n}{P}$$

- h — griezuma augstums (m)  
 a — uz paletes attēlotās joslas platums (m)  
 n — elementāro kontūru skaits, kas veidojas, paletes linijām šķērsojot horizontāles  
 P — lauka platība (m<sup>2</sup>)

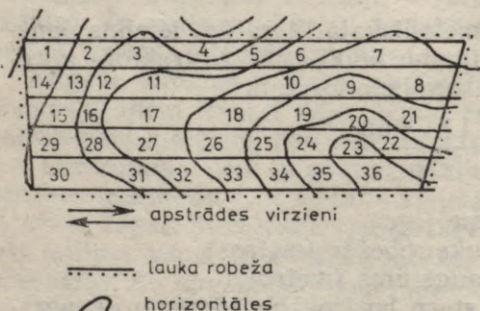
Zīmējumā attēlotajā gadījumā minētajiem rādītājiem ir šādas vērtības: n=36, a=125 m, h=5 m, P=1 050 000 m<sup>2</sup>. Līdz ar to

$$i_{\text{vid}} = \frac{5 \cdot 125 \cdot 36}{1\,050\,000} = 0,02$$

Speciālajā ģeomorfoloģiskajā literatūrā parasti nelieto tādu rādītāju kā reljefa formas **platība**. Tomēr pētījumi Latvijas PSR paugurainēs liecina, ka tieši platība raksturo gan pašu reljefa formu, gan reljefa formu kompleksus, gan vispārējo teritorijas sadrumstalojuma pakāpi. Reljefa formas aizņemtā platība labāk parāda tās izmērus nekā formas platums, nogāžu horizontālās projekcijas garums vai arī platums.

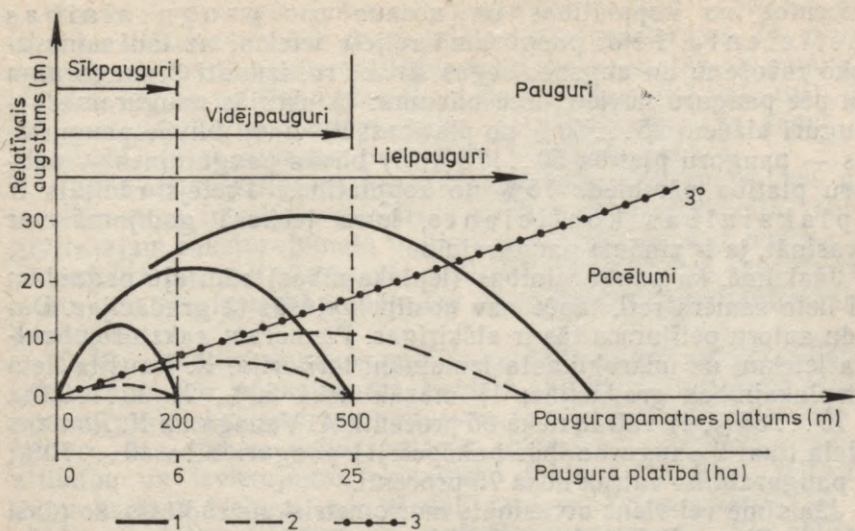
Balstoties uz dažādas platības pauguru izplatības analīzi, pauguraina reljefa apstākļos izdalītas šādas pauguru platības grupas: 1) līdz 2 ha; 2) no 2 līdz 6 ha; 3) no 6 līdz 25 ha; 4) vairāk nekā 25 hektāri. Ērtāka praktiska pielietojuma dēļ divus pirmos intervālus var apvienot vienā, it sevišķi, ja izdala un raksturo reljefa formu kompleksus.

Iepriekš bija atzīmēts, ka plaši lieto reljefa morfometrisko klasifikāciju, kurā par galveno pazīmi izmantots nogāžu horizontālās projekcijas garums vai arī formas platums. Tomēr lietderīgāk reljefa formu klasifikācijā par galveno pazīmi izmantot formas platību. Līdz ar to izdalāmi 3 pauguru morfometriskie tipi: 1) sīkpauguri — platība līdz 6 ha;



15. att. Vidēja slīpuma noteikšana lauka robežās pēc G. Češihina metodes.

2) vidējpauguri — platība 6...25 ha; 3) lielpauguri — platība pārsniedz 25 hektārus. Pēc šiem pašiem kritērijiem izdalāmas sīkpauguraines, vidējpauguraines un lielpauguraines.



16. att. Reljefa formu morfometriskā klasifikācija:

1 — pauguri, 2 — viļņotā līdzenuma pacēlumi, 3 — nogāžu slīpums  $3^\circ$  — pieņemta robeža starp viļņoto līdzenumu pacēlumiem un pauguriem.

Sīkpauguru relatīvie augstumi vairākumā gadījumu ir līdz 10 m, retāk līdz 25 m, bet pavisam reti ir augsti sīkpauguri. Vidējpauguru raksturīgie relatīvie augstumi ir no 10 līdz 25 m, bet ir arī zemie un augstie vidējpauguri. Lielpauguri ir galvenokārt augsti (relatīvais augstums vairāk nekā 25 m), retāk vidēji augsti. Zemās lielās reljefa formas parasti ir ar ļoti lēzenām nogāzēm (līdz  $3^\circ$ ) un atbilst viļņota reljefa pacēlumiem.

Reljefa formas platība un platums ir savstarpēji saistīti lielumi, taču pēc platuma noteikt platību var tikai izometriskām (vienāda platuma un garuma) formām. Izmainoties formas konfigurācijai, t. i., platuma un garuma attiecībām, mainās arī platība. Tomēr ir izsekojama šāda pietiekami noteikta sakarība: sīkpauguru platums nepārsniedz 200 m, vidējpauguriem tas ir robežās no 200 līdz 500 m, bet lielpauguriem — lielāks nekā 500 metri.

16. attēlā grafiski parādīti formu morfometriskie tipi, kas izdalīti pēc iepriekš analizēto pazīmju kompleksa.

Kā jau bija teikts, reljefa formu kompleksi — pauguraines — arī raksturojami ar tādiem rādītājiem kā relatīvais augstums, platība, nogāžu slīpumi. Taču šajā gadījumā lieto šo rādītāju valdošās vērtības, piemēram, relatīvā augstuma pakāpi, valdošo nogāzes slīpuma intervālu u. c. Atsevišķos gadījumos nepieciešams dot rādītāju izmaiņu amplitūdas.

Specifisks rādītājs reljefa formu kompleksu raksturošanai ir formu novietojuma blīvums. Parasti to nosaka pēc dominējošās formas, piemēram, pauguru, aizņemtās platības, ko aprēķina

procentos no kopplatības un nosauc par paugurainības koeficientu. Pētot paugurainā reljefa ietekmi uz lauksaimniecisko ražošanu un augsnes segas struktūru, izdalīti 3 paugurainību tipi pēc pauguru novietojuma blīvuma: 1) skrajās paugurainības — pauguri aizņem 25... 50% no platības; 2) vidēji blīvās paugurainības — pauguru platība 50... 75%; 3) blīvās paugurainības — pauguru platība pārsniedz 75% no kopplatības. Pretējs rādītājs ir ieplakainības koeficients, kuru jebkurā gadījumā var atvasināt, ja ir zināma paugurainība.

Jāatzīmē, ka paugurainības (ieplakainības) rādītāju pagaidām vēl lieto samērā reti, tāpēc nav nostiprinājušās tā gradācijas. Dažādu autoru pētījumos tās ir atšķirīgas. Piemēram, raksturojot reljefa ietekmi uz mikroklimata izmaiņām teritorijā, K. Kaušila lieto 4 ieplakainības gradācijas: 1) mazāk nekā 30%, 2) 30... 70%, 3) 70... 85%, 4) vairāk nekā 85 procenti. A. Vanaga un K. Ramans izdala tikai 2 paugurainības pakāpes: 1) paugurainība 40... 70%; 2) paugurainība vairāk nekā 70 procenti.

Jāatzīmē vēl viens atvasināts morfometriskais rādītājs, ko plaši lieto erozijas reljefa raksturošanai: erozijas formu garums uz platības vienību, parasti kvadrātkilometru.

### 3. 1. 3. MORFOGRĀFISKĀ ANALĪZE

Reljefa formu apveida jeb morfogrāfiskais raksturojums ir neatņemama ģeomorfoloģisko pētījumu sastāvdaļa.

Visvienkāršāko informāciju par reljefa formu izskatu sniedz to iedalījums 3 grupās pēc stāvokļa pret Zemes virsu: pozitīvās, negatīvās un neitrālās formas. Pie pirmajām pieder pauguri un kalni, pie otrajām — ieplakas, ezerdobes un ielejas, bet trešajā grupā ietilpst līdzenumi.

Visbiežāk ģeomorfoloģiskajā literatūrā atrodams reljefa formu salīdzinājums ar zināmiem ģeometriskiem ķermeņiem vai priekšmetiem. Piemēram, kupolveida vai konusveida paugurs, siles vai kastes veida ieleja u. tml. Par morfogrāfiskā raksturojuma pazīmēm uzskata arī formas raksturu profilā (simetriskas vai asimetriskas nogāzes) un konfigurāciju plāna skatījumā. Pēc pēdējās pazīmes izšķir 1) izometriskas (apaļas, ovālas), 2) izstieptas vai lineāras (piemēram, drumlins, oss, upes ieleja), 3) neregulāras, izlocītas formas.

Reljefa formu morfogrāfisko uzbūvi nosaka ģenētiskie procesi. Nereti novērojama reljefa formu ģenētiskā tipa cieša atbilstība ārējam izskatam. Tādā gadījumā morfogrāfiskās pazīmes var izmantot kā indikatoru formu ģenētiskā tipa noteikšanā. Minētā atbilstība ļoti bieži atspoguļojas plaši lietotajos un terminu nozīmi ieguvušajos reljefa formu ģenētisko tipu nosaukumos. Piemēram, informāciju par sagaidāmo formas apveidu sniedz tādi jēdzieni kā kēms, oss, drumlins u. c.

Tomēr bieži novērojama cita parādība: dažādu ģenētisko procesu rezultātā izveidojas morfoģrāfiski līdzīgas formas. Tā, piemēram, ir sastopamas osiem līdzīgas formas, kas sastāv no limnoglaciāliem, bet ne no fluvioglaciāliem nogulumiem (kā īstie osi). Tāpat sastopami gan limnoglaciālie, gan fluvioglaciālie kēmi. Arī platoveida (plakanvirsas) pauguriem ir dažāda ģenēze.

Tāpēc arī vispārīgajos ģeomorfoloģiskajos pētījumos, kuru galvenais saturs ir reljefa ģenētiskā analīze un klasifikācija, morfoģrāfiskajam raksturojumam ir tikai papildinformācijas nozīme. No šī viedokļa par pietiekamu var uzskatīt reljefa formu apveida raksturojumu pēc iepriekš minētajām vispārīgajām un nenoteiktajām pazīmēm.

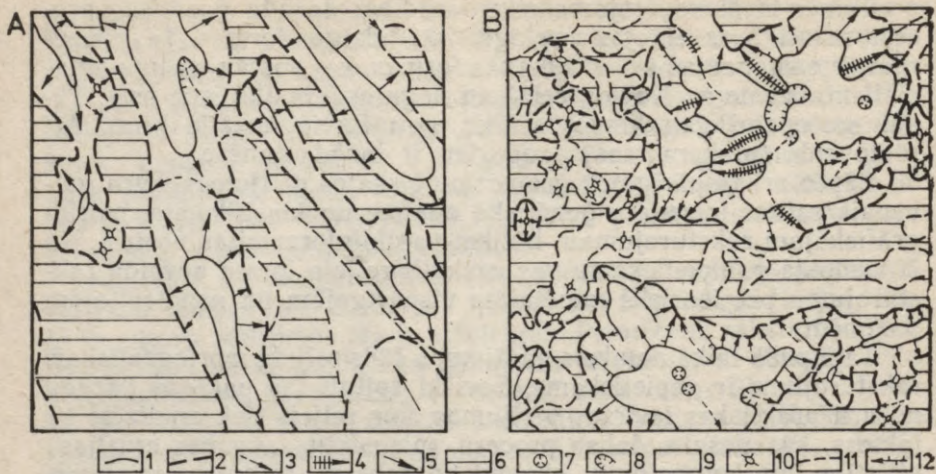
Tajā pašā laikā daudzos gadījumos šāds reljefa morfoģrāfiskais raksturojums ir nepietiekams. Sevišķi spilgti tas parādās dažādu nozaru praktiskas ievirzes pētījumos, kur reljefs tiek analizēts kā faktors, kas nosaka dabas procesu (piemēram, augsnes erozijas) attīstību un izvietojumu, ekoloģisko faktoru (siltuma, mitruma, augu barības vielu u. c.) pārdalījumu uz Zemes virsas, kā arī cilvēka darbības iespējas un konkrētos paņēmienus. Šie pētījumi atbilst galvenokārt lokālajam un topoloģiskajam līmenim. Tāpēc nepieciešama dziļāka reljefa **morfoģrāfiskā analīze** un tā iegūst patstāvīgas pētījumu metodes nozīmi.

Šādas reljefa morfoģrāfiskās analīzes teorētiskais pamats ir priekšstats par reljefa teritoriālo struktūru un reljefa elementiem kā šīs struktūras pamatvienību, tajā pašā laikā arī kā morfoģrāfisko pamatvienību. Līdz ar to morfoģrāfiskās analīzes galvenais saturs ir reljefa elementu teritoriālo sakopojumu vai kombināciju noteikšana un uz tā pamata reljefa formu morfoģrāfisko tipu izdalīšana. Citiem vārdiem sakot, reljefa morfoģrāfiskā analīze ir reljefa formu ārējās uzbūves, t. i., apveida likumsakarību skaidrošana.

Morfoģrāfisko analīzi vislietderīgāk veikt uz liela mēroga topogrāfisko karšu pamata vai arī dešifrējot aerofotouzņēmumus. Labus rezultātus var sniegt reljefa formu uzbūves novērošana un analīze dabā. Taču pēdējais pētījumu paņemiens ir stipri darbietilpīgs, un tāpēc to var izmantot galvenokārt karšu analīzes rezultātu kontrolei. Pieredze rāda, ka ledāja akumulācijas pauguraiņu reljefa morfoģrāfiskās uzbūves likumsakarības un īpatnības vislabāk parādās topogrāfiskajās kartēs, kuru mērogs no 1 : 2000 līdz 1 : 25 000. Mērogs 1 : 25 000 jāuzskata par robežu, jo sikāka mēroga kartēs atklājas jau citas Zemes virsmas reljefa uzbūves likumsakarības, galvenokārt plašāku reljefa kompleksu un reģionālo veidojumu struktūra. Tomēr arī pieminēto liela mēroga karšu detalizācijas pakāpe ir dažāda, tāpēc katrā konkrētā gadījumā jāizvēlas vispiemērotākais kartes mērogs atkarībā no pētījuma uzdevuma.

17. attēlā parādīti reljefa morfoģrāfiskās analīzes piemēri. Analīze veikta uz topogrāfiskās kartes pamata.

Kā atzīmēts iepriekš, reljefa morfoģrāfiskās analīzes galvenais uzdevums ir reljefa formu uzbūves analīze, nosakot elementu tipus



17. att. Reljefa formu morfoģrāfiskās analīzes piemēri.

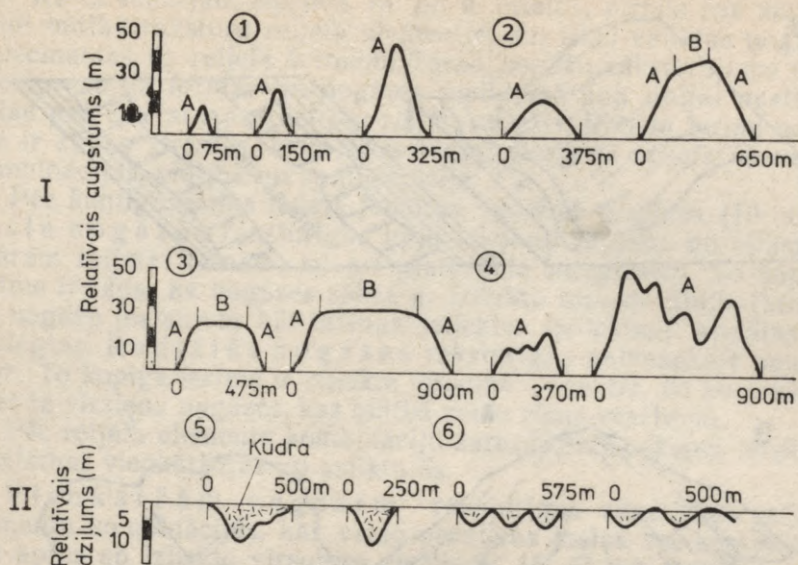
A — viļņots drumlinu reljefs (relatīvais augstums 5...10 m); B — platoveida pauguri (relatīvais augstums 20...30 m) ar starppauguru pazeminājumiem.

1 — nogāžu krots, 2 — pakājes līnijas, 3 — ūdenssateces līnijas, 4 — gravas, 5 — nogāžu krituma virziens, 6 — zemā līmeņa ieplakas, 7 — augstā līmeņa ieplakas, 8 — atvērtas, slīpas ieplakas, 9 — līdzeni, horizontāli laukumīgi, 10 — atsevišķi izteikti pacēlumi, 11 — zemā līmeņa horizontālo laukumiņu robeža, 12 — ūdensšķirtņu līnijas.

un to sakopojumus vai kombinācijas. Būtībā visu reljefa formu robežās dažādās attiecībās kombinējas izliektie, ieliektie un taisnie reljefa elementi. Pētījumi Latvijas PSR paugurainēs parādīja, ka viena veida reljefa elementu sakopojumi var būtiski atšķirties pēc daudzām dabas apstākļu iezīmēm un dabas procesu attīstības tendencēm. Tāpēc izdalīti vairāki reljefa elementu sakopojumu tipi pēc to novietojuma reljefā, kas nosaka arī galvenās dabas apstākļu un procesu kopīgās iezīmes. Šie sakopojumi nosaukti par **reljefa elementu sērijām**, un to izdalīšanai ir metodiska nozīme, pētot reljefu kā ekoloģisko apstākļu pārdalītāju un lauksaimnieciskās ražošanas faktoru. Jāatzīmē, ka vienas atsevišķas reljefa formas robežās var būt gan vienai sērijai, gan vairākām sērijām atbilstoši reljefa elementu sakopojumi (18. att.).

Izdalītas četras reljefa elementu sērijas (sk. 3. tabulu): 1) zemo līdzenumu, 2) augsto līdzenumu, 3) starppauguru pazeminājumu un 4) nogāžu sērija.

Zemo līdzenumu sērija raksturīga līdzenumu un viļņoto līdzenumu reljefam, kur virsmas slīpums nepārsniedz 3 grādus. Augsto līdzenumu sērija saistās ar plakanvirsmas pauguru virsmām. No morfoģrāfiskās uzbūves viedokļa abas līdzenumu sērijas ir līdzīgas, taču novietojums ir cits, un tas rada arī dabas apstākļu atšķirības. Starppauguru pazeminājumu sērija aptver ne tikai ar kūdras aizpildītās ieplakas, bet arī nelielos līdzenumus un pacēlumus, ko

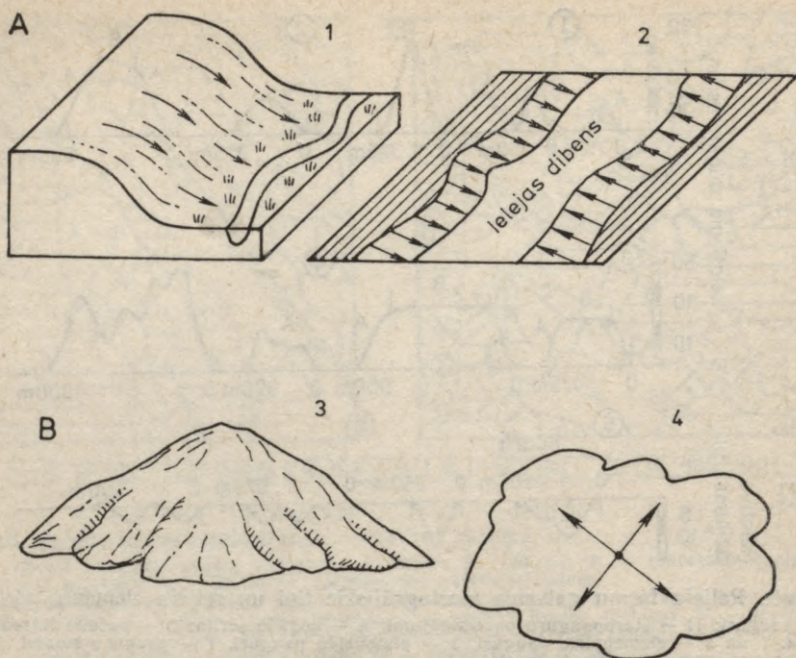


18. att. Reljefa formu galvenie morfogrāfiskie tipi un reljefa elementu sērijas: I — pauguri; II — starppauguru pazeminājumi; A — nogāžu sērija; B — pacelto līdzenumu sērija. 1 un 2 — elementārie pauguri, 3 — platoveido pauguri, 4 — pauguru masīvi, 5 un 6 — starppauguru pazeminājumu tipi.

### Reljefa elementu sēriju raksturojums

3. tabula

Sērija	Raksturīgie reljefa elementi	Valdošais samitri- nājuma tips	Faktori, kas nosaka augšņu segas komplek- sītāti
Zemo līdze- numu sērija	Horizontāli laukumiņi bez teces līnijām; vāji izliekti un ieliekti reljefa elementi; ūdensšķirtņu un sateču līnijas	Gruntsūdeņu	Mikroreljefs un cilmiežu litoloģiskā sastāva mainīgums
Augsto līdze- numu sērija	Horizontāli laukumiņi bez izteiktām teces līnijām; vāji izliekti un ieliekti reljefa elementi; ūdensšķirtņu un sateču līnijas	Atmosfēras	Mikroreljefs un cilmiežu litoloģiskā sastāva mainīgums
Starppau- guru pazemi- nājumu sērija	Horizontāli un slīpi (līdz 3°) laukumiņi bez izteiktām teces līnijām; vāji izliekti un ieliekti reljefa elementi	Gruntsūdeņu un nogāžu noteces ūdeņu uzplū- dums	Ieplakas gultnes nelīdzenumi; delūvija uzkrāšanās; cilmiežu litoloģiskā sastāva mainīgums
Nogāžu sērija	Izliekti reljefa elementi; ūdensšķirtņu līnijas; krotas; ieliekti reljefa elementi; sateces līnijas; pakājes ieliekumi	Atmosfēras (pa- vājināts izliekta- jiem un pastipri- nāts ieliektajiem elementiem), vie- tām gruntsūdeņu	Reljefa elementu izteik- tība un sakopojuma raksturs; augsnes de- nudācijas un akumulā- cijas procesi, litolo- ģiskā sastāva mainī- gums



19. att. Nogāžu tipi pēc konfigurācijas:

A — joslu nogāzes (1 — kopskats, 2 — upes ieleja plāna skatījumā); B — radiālās nogāzes (3 — paugura kopskats, 4 — nogāžu virzieni plāna skatījumā).

veido citas ģenēzes nogulumu. Šai sērijai raksturīga liela dabas apstākļu daudzveidība, turklāt dažas īpatnības nosaka tieši novietojums starp pauguriem (piemēram, aukstā gaisa uzkrāšanos, nogāžu noteces ūdens uzplūšanu u. c.). Atsevišķi izdalīta nogāžu sērija, kas no pārējām atšķiras ar izteiktiem nogāžu procesiem (virszemes notecē, augsnes noskalošanās un uzkrāšanās u. c.), kā arī ar visa dabas apstākļu kompleksa pakāpeniskām vai krasām izmaiņām nelielos attālumos. Vairākumā gadījumu reljefa elementiem uz nogāzēm ir nelielas platības un tie veido dažādas sarežģītības pakāpes kombinācijas.

Nogāzes nereti uzskata par galveno saposmota reljefa sastāvdaļu, pasvītrotot to ar jēdzienu «nogāzains reljefs». Šāda pieeja lielā mērā sakņojas cilvēka vizuālās uztveres īpatnībās. Pārvietojoties saposmotā reljefā, cilvēks parasti saskata tikai slīpas virsmas — atsevišķas nogāzes, bet ne visu reljefa formu kopumā. Detalizētas nogāžu formas analīzes piemēri atrodami augšņu segas struktūras un it sevišķi augsnes erozijas procesu pētījumos. Tomēr jāatzīmē, ka vairākumā gadījumu nogāzes raksturo pēc to profila līnijas formas: atšķīr izliektās, ieliektās, taisnās un saliktās nogā-

zes. Kā to redzējām iepriekš (8. un 9. attēlā), pirmie trīs nogāžu veidi būtībā raksturo reljefa elementus, un tikai saliktās nogāzes attiecināmas uz reljefa formām. Tātad nogāžu raksturojums tikai pēc to profila formas un nogāzes pielīdzināšana linijai neatbilst mūsu pašreizējai izpratnei par reljefa uzbūvi. Reljefa formu nogāzes ir slīpas virsmas, kam raksturīgas noteiktas reljefa elementu kombinācijas, platība un konfigurācija.

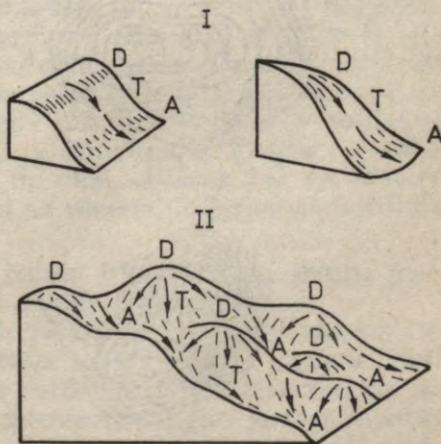
Pēc konfigurācijas izdala joslu un radiālās nogāzes (19. att.). Joslu nogāzes raksturīgas upju ielejām, vaļņiem un citām lineārām reljefa formām, kā arī platoveida pauguriem. To kopīgā iezīme ir tāda, ka nogāzes sākas ar izteiktu lūzuma līniju (kroti). Šo nogāžu joslas var būt taisnas, izliektas (ieliektas), atklātas un noslēgtas. Radiālās nogāzes raksturīgas galvenokārt pauguriem. To kopīgā iezīme ir izteikta virsotne — centrs, no kura sākas dažāda virziena nogāzes, kas būtībā veido vienu veselumu.

Pēc reljefa elementu kombināciju sarežģītības pakāpes nogāzes iedalāmas vienkāršajās un saliktajās.

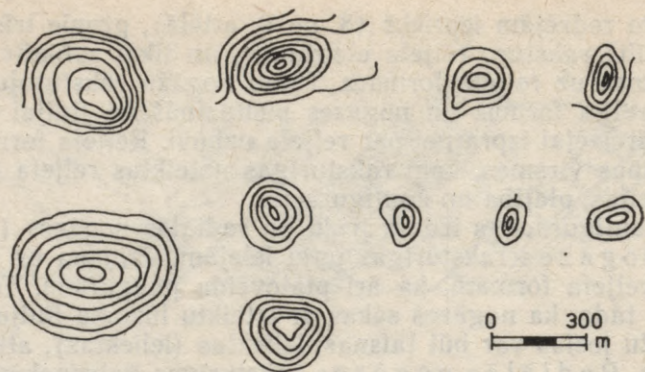
Vienkāršām nogāzēm raksturīgas vienkāršas reljefa elementu kombinācijas, kas veido paralēlas joslas vai koncentriskus apļus ap izliekto virsotnes elementu. Uz šādām nogāzēm veidojas vienvirziena vielu pārvietošanās (migrācijas) sistēma ar nogāžu noteces ūdeni, šķīdumiem u. c., kas sastāv no 3 posmiem: denudācija—tranzīts—akumulācija. Atkarībā no reljefa elementu sakopojuma niansēm var izveidoties nepārtrauktas un pārtrauktas migrācijas sistēmas (20. att.), taču saglabājas viens kustības virziens.

Saliktām nogāzēm raksturīgas sarežģītas reljefa elementu kombinācijas. Turklāt sarežģītības pakāpi nosaka gan dažādu reljefa elementu tipu līdzdalība nogāzes virsmas veidošanā, gan arī viena tipa elementu atkārtotamība. Uz šādām nogāzēm veidojas sazarotas un sarežģītas vielu migrācijas sistēmas, turklāt vielu migrācija notiek dažādos virzienos. Saliktās nogāzes izceļas ar «raibu» augsnes segu, mainīgiem un kontrastainiem augu augšanas apstākļiem, kā arī ar sarežģītiem tehnoloģiskiem apstākļiem.

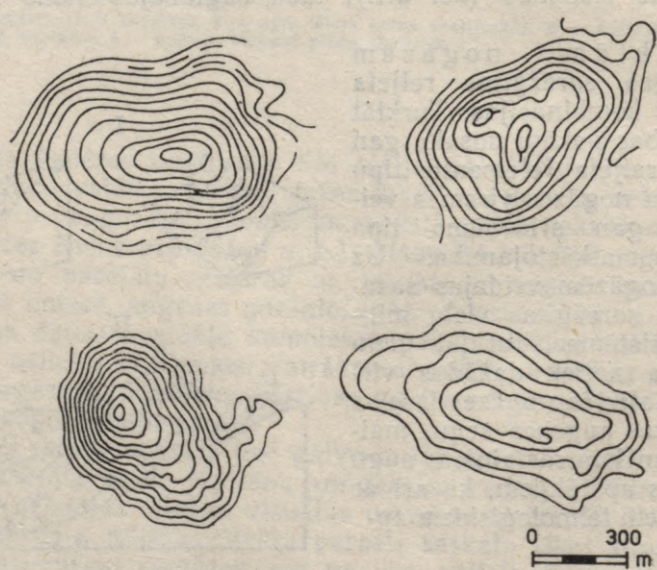
Ievērojot reljefa elementu kombināciju sarežģītības pakāpi, izdala arī paugurainā reljefa formu morfoģeogrāfiskos tipus.



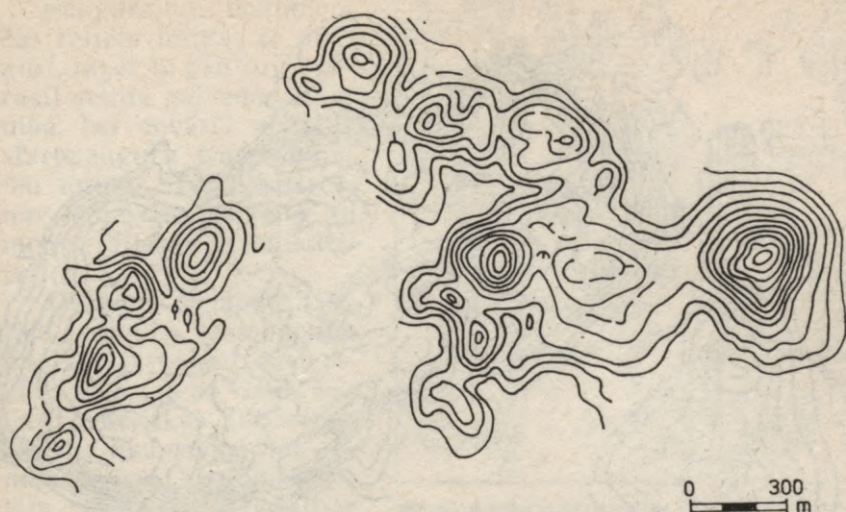
20. att. Nogāžu morfoģeogrāfiskie tipi: I — vienkāršas nogāzes, II — salikta nogāze; D — denudācija, T — transports, A — vielu akumulācija.



21. att. Horizontāļu zīmējuma raksturs vienkāršu nogāžu elementāriem pauguriem.



22. att. Horizontāļu zīmējuma raksturs saliktu nogāžu elementāriem pauguriem.



23. att. Horizontālu zīmējumu raksturs grupu pauguriem.

**Paugurus** iedala divās lielās grupās: 1) vienkāršie jeb elementārie un 2) saliktie pauguri, bet to robežās izšķir vairākus formu tipus.

Vienkāršo jeb elementāro pauguru kopīgā pazīme ir formas noteiktība un izolēts novietojums. Pēc nogāžu sarežģītības pakāpes izdala paugurus ar vienkāršām un ar saliktām nogāzēm. Elementārie vienkāršu nogāžu pauguri (21. att.) parasti ir sīki (platība līdz 6 ha), zemi, ar lēzenām nogāzēm. Tie ir ļoti izplatīti un kopā ar starppauguru iepakām veido reljefa formu kompleksus. Elementārie saliktu nogāžu pauguri (22. att.) ir lielāki, vairākumā gadījumu atbilst vidēji augstu vidējpauguru grupai (platība 6...25 ha). Nogāzes parasti ir ne tikai saliktas, bet arī stāvas. Šie pauguri visbiežāk ir sastopami pa vienam un formu kompleksus neveido.

Salikto pauguru grupā izdala trīs tipus: 1) grupu paugurus, 2) platoveida paugurus un 3) pauguru masīvus.

Grupū pauguri (23. att.) būtībā ir savdabīgi elementāro pauguru sakopojumi, kas novietoti uz kopīga pacelta pamata. Tieši šīs pazīmes dēļ tie uzskatāmi par saliktām reljefa formām, bet ne formu kompleksiem. Atsevišķie elementārie pauguri formas robežās parasti novietoti blīvi, to nogāzes saplūst, sazarojas un veido sarežģītu sistēmu. Pazeminājumi formas robežās vairākumā gadījumu nav pārpurvoti. Grupū pauguri ir samērā izplatīti, to raksturīgā platība ir 6...25 ha, relatīvais augstums — līdz 10 metru. Retāk sastopami vidēji augsti grupū pauguri. Atšķirībā no visiem



24. att. Horizontālu zīmējuma raksturs platoveida pauguriem.

pārējiem pauguru tipiem grupu pauguriem plānā ir ļoti sarežģīta konfigurācija.

Platoveida pauguriem (24. att.) raksturīgas plakanas virsas un īsas, stāvas nogāzes. Reljefa elementu sakopojumi atbilst pacelto līdzenumu un nogāžu sērijām. Visbiežāk sastopami lieli (vairāk nekā 25 ha) un augsti (virs 25 m) pauguri. Lielāko platoveida pauguru platība sasniedz 4...9 kvadrātkilometrus.

Pauguru masīvi ir pašas sarežģītākās reljefa formas, kuru robežās novērojama liela dabas apstākļu kompleksitāte, kā arī smagi tehnoloģiskie apstākļi. Masīvi pārsvarā ir augsti (virs 25, nereti vairāk nekā 50 m) un lieli, to nogāzes dažādi vērstas, tām dažāds slīpums. Pauguru masīvi parasti novietoti pa vienam.

Paugurainēs dominējošās reljefa formas ir pauguri, tāpēc to pētišanai parasti vēltīta galvenā uzmanība, bet novārtā atstātas starppauguru pazeminājumu formas. Tāpēc pašreiz nav objektīva pamata to morfogrāfiskai klasifikācijai.

Dažādu morfogrāfisko tipu pauguru sastopamība un savstarpējais izvietojums atkarīgs no vietas reljefa ģenētiskās situācijas. Arī šās likumsakarības vēl maz pētītas, tāpēc 25. attēlu var uzskatīt tikai par ilustrāciju dažāda tipa pauguru izvietojuma un savstarpējo attiecību daudzveidībai.

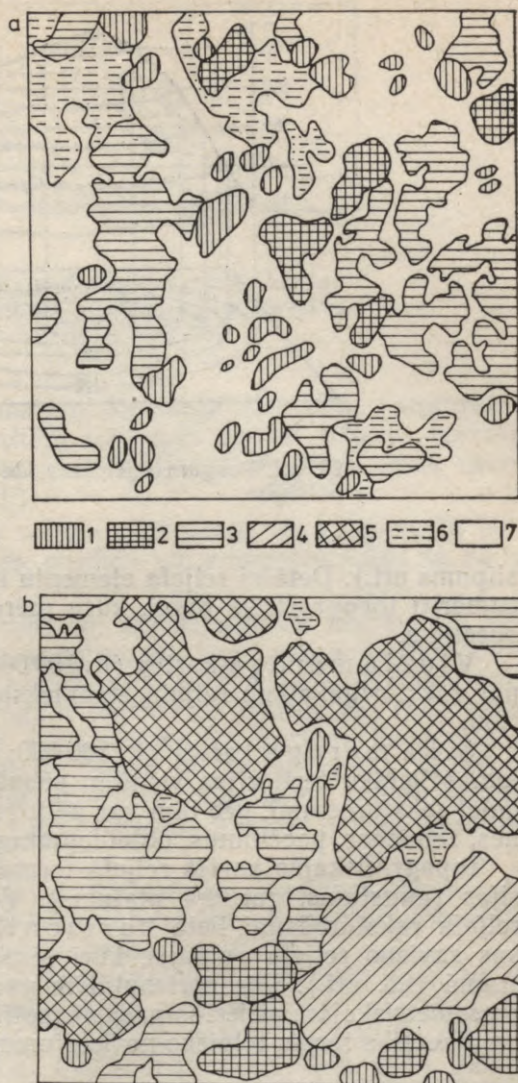
### 3.2. RELJefa ATTĒLOŠANA UZ KARTES

Daudzu zinātnisku un saimniecisku uzdevumu risināšanā ir nepieciešami dati par reljefa ģenēzi, formām, formu kompleksiem un atsevišķiem elementiem. Viens no uzskatāmākajiem un ērtāk lietojamiem paņēmieniem ir reljefa attēlošana kartē.

Lauksaimniecības speciālisti var izmantot gan speciāli sastādītas geomorfoloģiskās, gan topogrāfiskās kartes.

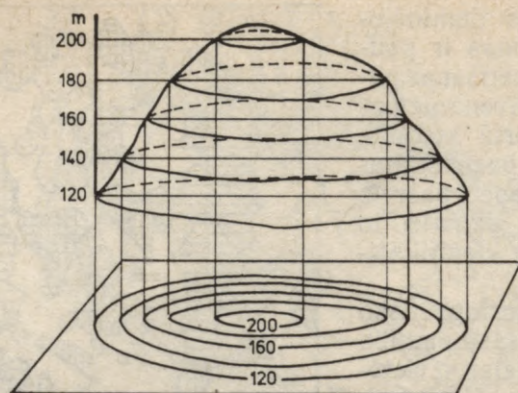
Kartes atkarībā no mēroga iedala trijās grupās: izšķir liela, vidēja un sīka mēroga kartes.

Liela mēroga kartes (1:25 000; 1:50 000) var izmantot gadījumos, kad jāpēta reljefa mezoforvas vai to kompleksi, bet atsevišķos gadījumos arī reljefa elementi (nogāžu raksturs,



25. att. Dažādu morfogrāfisko tipu pauguru izvietojuma piemēri:

1 — elementārie vienkāršu nogāžu pauguri, 2 — elementārie saliktu nogāžu pauguri, 3 — grupu pauguri, 4 — platoveida pauguri, 5 — pauguru masīvi, 6 — pacēlumi, 7 — starppauguru ieplakas.



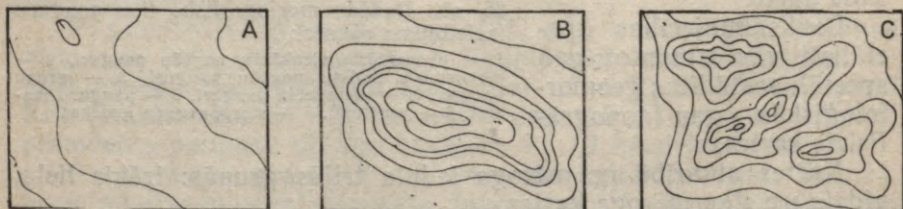
26. att. Paugura attēlošana kartē ar horizontāļu palīdzību.

slīpums utt.). Detālai reljefa elementu izpētei nepieciešami speciāli uzņēmīti topogrāfiskie plāni, kuru mēroga izvēli nosaka pētījumu specifika.

Vidēja mēroga kartes (1 : 100 000; 1 : 200 000) dod pārskatu par raksturīgākajiem reljefa kompleksiem, to atšķirībām un izplatību.

Sīka mēroga kartes (1 : 500 000; 1 : 1 000 000 u. c.) izmantojamas lielāku teritorijas vienību, piemēram, republikas vai apgabala, raksturošanai, pēc tām var pētīt reljefa lielformas — augstienes, zemienes, pacēlumus, nolaidenumus, kalnus utt.

**Topogrāfiskajās kartēs** reljefa formas ir attēlotas trijās dimensijās (augstums, garums, platums). Visās topogrāfiskajās kartēs reljefa raksturošanai lieto horizontāles — noslēgtas līnijas, kas savieno reljefa punktus, kuri atrodas vienādā absolūtā augstumā (26. att.). Pēc horizontālēm var spriest par reljefa formu hipsometriskajām attiecībām, saņemotības pakāpi, nogāžu slīpumu un atsevišķu formu telpisko novietojumu. Pēc horizontāļu zīmējuma



27. att. Dažādu reljefa tipu attēlošana ar horizontālēm:  
A — līdzenums, B — paugurs, C — pauguraine.



28. att. Horizontāļu veidi topogrāfiskajās kartēs:  
 1 — pamathorizontāles, 2 — uzsvērtās pamathorizontāles,  
 3 — pushhorizontāles, 4 — palīghorizontāles.

var spriest par reljefa raksturu pētāmajā teritorijā: paugurainu, stipri saposmotu reljefu attēlo sarežģīts dažādi izlocītu horizontāļu tīkls, noapaļotas un lēzenas reljefa formas attēlo retas, simetriskas horizontāles (27. att.).

Topogrāfiskajās kartēs reljefa attēlošanai lieto trīs veidu horizontāles: pamathorizontāles, papildu jeb pushhorizontāles un palīghorizontāles (28. att.).

Horizontāles, kuras attēlo ar nepārtrauktām līnijām un velk atbilstoši kartes griezuma augstumam, sauc par *pamathorizontālēm*. Griezuma augstumu vidēji saposmota reljefa apstākļos aprēķina atbilstoši kartes mērogam (0,0002 no skaitļa, kas rāda samazinājumu). Tā, piemēram, topogrāfiskajām kartēm, kuru mērogs 1 : 25 000, griezuma augstums būs 5 m; ja mērogs 1 : 50 000 — 10 m, bet, ja 1 : 200 000, tad 40 metri. Augstkalnu reljefa apzīmēšanai griezuma augstumu parasti izvēlas 2 reizes lielāku, bet līdzenumos — 2 reizes mazāku.

Lai atvieglotu augstuma aprēķināšanu atsevišķos kartes punktos, katru piekto pamathorizontāli attēlo ar biežāku līniju. Šīs horizontāles sauc par *uzsvērtajām horizontālēm*.

*Pushhorizontāles* un *palīghorizontāles* kartēs lieto tikai vietās, kur nepieciešams detalizētāk parādīt reljefa formu īpatnības — terases, nogāžu piekājes utt. Pushhorizontālēm parasti ir puse no pamathorizontāļu vērtībām. Palīghorizontāles lieto tikai gadījumos, kad nenozīmīgo augstuma starpību dēļ kartē nav iespējams parādīt kādu raksturīgu reljefa formu vai elementu ar pamata un pushhorizontālēm. Palīghorizontāļu griezuma augstums tiek brīvi izvēlēts, parasti tā vērtību pieraksta pie horizontāles.

Lai kartē parādītu nogāžu krituma virzienu, lieto nelielas papildu apzīmes pie horizontāles perpendikulāru īsu svītriņu veidā. Šo apzīmējumu lieto arī pie noslēgtām horizontālēm, kas attēlo nelielas reljefa iepakas, bedres vai pauguru virsotnes. Stāvas kraujas, kuru augstumu mēroga dēļ nav iespējams attēlot ar horizontālēm, kartē parāda ar «zobainu» līniju, pie tam zobīņu pamatne kartē atbilst kraujas augšmalai (29. att.).

Sīka mēroga kartēs bez horizontālēm bieži lieto arī šrafējumu, lai izceltu raksturīgās reljefa formas, bet reljefa hipsoimetriskās attiecības tajās parasti attēlo ar krāsojumu. Zemiņu un līdzenumu attēlošanai lieto zaļās, bet kalnu reljefa — brūnās krāsas toņus. Liela mēroga kartēs ar mazu griezuma augstumu ir iespējams ar horizontāļu palīdzību parādīt raksturīgākās reljefa formas — paugurus, ieplakas, sedlienes, ievalkas (talvegus), ūdensšķirtnes utt. Pēc horizontāļu zīmējuma iespējams noteikt nogāžu raksturu, spriest par atsevišķu reljefa formu ģenēzi vai dinamiku. Raksturīgāko reljefa formu un elementu attēlošana ar horizontālēm parādīta 30. attēlā.

Topogrāfiskajās kartēs lieto arī daudz dažādu ārpusmēroga apzīmējumu, lai raksturotu kādas parādības vai procesa izplatības areālu, piemēram, smilšainu nogulumu izplatību piekrastē, akmeņu nobiras nogāzēs utt. Ar speciālām apzīmēm bieži attēlo arī atsevišķas reljefa formas vai elementus, kurus nelielo izmēru dēļ nav iespējams parādīt attiecīgajā kartes mērogā, piemēram, ieejas alās, klinšu palikšņus, krāces utt. (31. att.). Tāpat pie ārpusmēroga apzīmēm pieskaitāmas dažādas līnijas, ar kurām attēlo garenstieptas reljefa formas (nelielu upju ielejas, gravas, vagas utt.), ja attiecīgās kartes mērogā tās parādīt nav iespējams. Tādos gadījumos līnijai kartē atbilst, piemēram, upes gultnes centrālā ass.

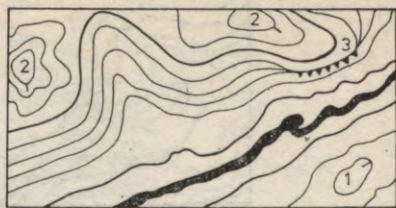
Pēc horizontālēm un speciālajām apzīmēm, ko lieto, attēlojot reljefa formas un elementus topogrāfiskajās kartēs, iespējams veikt daļēju teritorijas ģeomorfoloģisko analīzi. Konstatējot reljefa formu un elementu savstarpējās attiecības, iespējams izdarīt secinājumus par reljefa ģenēzi, ģeoloģiskajiem apstākļiem un formu attīstības dinamiku.

Tā, piemēram, augstas, šauras, garenstieptas reljefa formas mūsu republikas apstākļos parasti liecina par ledāja kušanas ūdeņu akumulācijas procesos nogulsnetu smilts un grants materiālu, bet stāvas nogāzes paugurainā reljefā — par varbūtējiem augsnes erozijas procesiem.

Veicot topogrāfiskās kartes ģeomorfoloģisko analīzi, ieteicams vadīties pēc noteikta, pārdomāta plāna, kas atbilst reljefa aprakstīšanas mērķim. Lūk, šāda plāna piemērs.

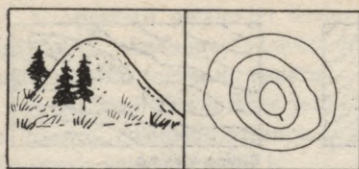
1. Konstatēt pētāmās teritorijas platību, aprēķinot to pēc attiecīgā kartes mēroga.

2. Konstatēt dominējošos reljefa formu kompleksus (zemienu, pauguru, upju ieleju utt.), dot vispārīgu to raksturojumu.



29. att. Papildu apzīmes pie horizontālēm:

1 — negatīva reljefa forma, 2 — pozitīva reljefa forma, 3 — stāva krauja.



Konusveida paugurs



Reljefa iepakla



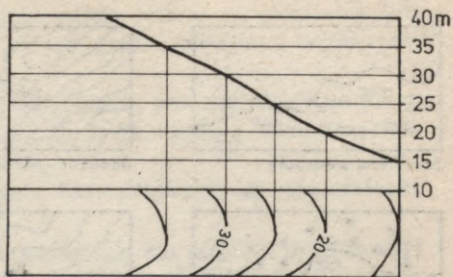
Sedliene



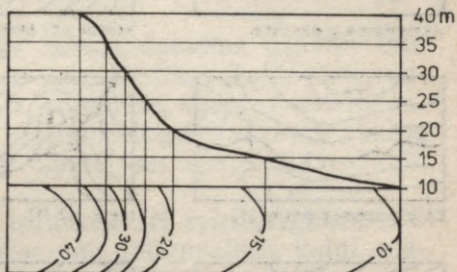
Ūdensšķirtne



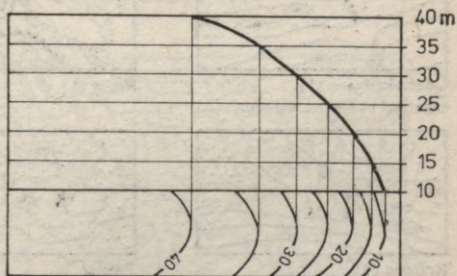
Ievalka jeb talvegs



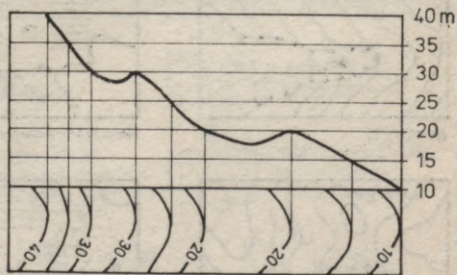
Nogāze ar vienmērīgu kritumu



Ieliekta nogāze



Izliekta nogāze

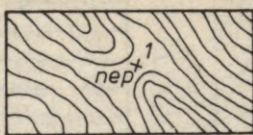


Salikta nogāze

30. att. Raksturīgāko reljefa formu un elementu attēlošana ar horizontālēm.



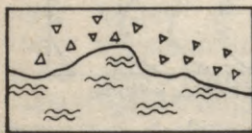
Smiļšaina piekraste



Sedliene, pārkāpe (1)



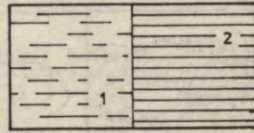
Ūaina virsma



Akmņaina piekraste



Klinšu vai akmens palikšņi



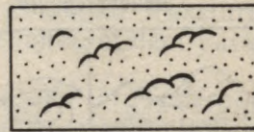
Purvi; 1 - pārejami  
2 - nepārejami



Upju pazemes posmi (1)



Ieja alā (1)



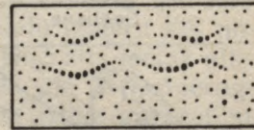
Barhāni



Ūdenskritumi (1)  
Ūdens tecējuma virziens (2)



Krote (1)



Kāpu grēdas



Krāces (1)



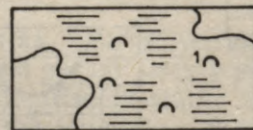
Takiri



Atsevišķi guloši  
laukakmeņi (1)



Avots (1)



Neaugsti pauguri, ciļņi (1)



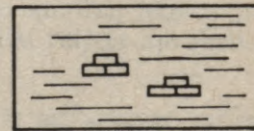
Derīgo izrakteņu karjeri (1)



Geizers (1)



Ciņaina virsma



Kūdras izstrādes iecirkņi

31. att. Biežāk lietotie ārpusmēroga apzīmējumi topogrāfiskajās kartēs.

3. Raksturot teritorijas hidrogrāfisko tīklu un upju baseinus.

4. Aprakstīt pētāmajai teritorijai tipiskās reljefa formas un elementus (pēc horizontāļu zīmējuma); izteikt hipotēzes par to ģenēzi; raksturot nogāžu slīpumu, nogāžu formu un izmērus.

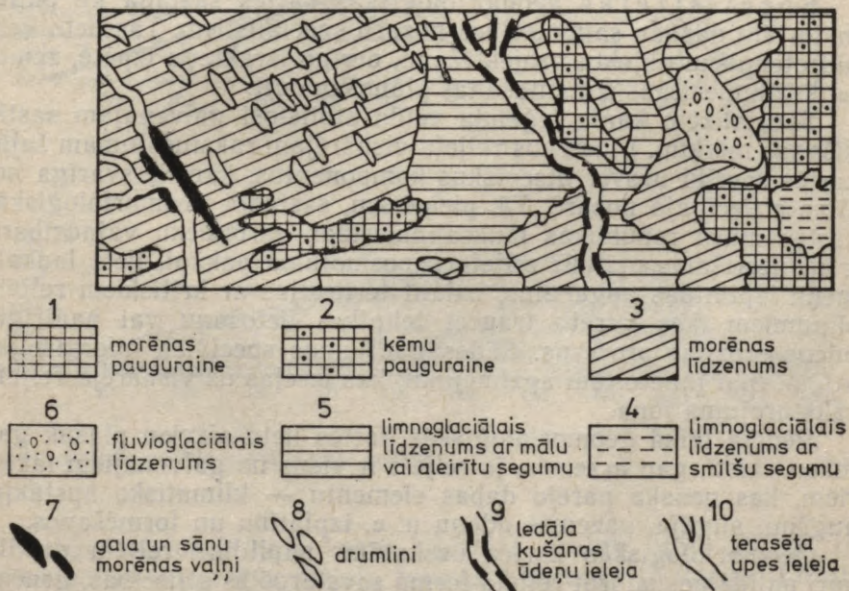
5. Aprakstīt iespējamās jaunākos ģeomorfoloģiskos procesus (kāpu un purvu veidošanos, noslīdeņu rašanos, upju darbību palu laikā, augsnes erozijas apstākļus, gravu veidošanos utt.).

6. Novērtēt teritorijas piemērotību zemes lauksaimnieciskajai izmantošanai.

**Ģeomorfoloģiskajās kartēs** visuzskatāmāk var attēlot zemes virsas formas, to izmērus, izcelšanos un vecumu. Atkarībā no satura un pielietojuma ģeomorfoloģiskās kartes iedala vispārējās un specializētajās.

Vispārējās ģeomorfoloģiskās kartes domātas dažādu tautas saimniecības un zinātnes nozaru speciālistiem. Tajās doti svarīgākie reljefa raksturojošie rādītāji — ģenēze, vecums, morfometrija un morfogrāfija. Vispārējās ģeomorfoloģiskās kartes kalpo par pamatu detalizētai teritorijas izpētei un specializēto karšu sastādīšanai.

Atkarībā no kartes mēroga ir izdalītas arī raksturīgākās lielformas vai formu kompleksi — līdzenumi, pauguraines, kalni, plakankalnes utt., kuri iedalīti pēc reljefa izcelšanās apstākļiem, reljefa veidojošiem faktoriem, vecuma u. c. (32. att.).



32. att. Shematiskas leduslaikmeta beigu posma morfogenētisko tipu un kompleksu kartes fragments M 1 : 500 000 (pēc O. Āboltiņa, I. Veinberga un G. Eberharda materiāliem).

Geomorfoloģisko karšu sastādīšanā parasti izmanto lauka pētījumus, aerofoto uzņēmumus, topogrāfiskās, ģeoloģiskās un hidroģeoloģiskās kartes. Geomorfoloģiskās kartes sastāda, vadoties pēc katrā konkrētā gadījumā izstrādātās leģendas. Jāatzīmē, ka geomorfoloģiskajām kartēm nav vienotu leģendu ne starptautiskajā, ne atsevišķu valstu mērogā. Tomēr leģendu unificēšanai ir lielas priekšrocības dažādu autoru materiālu salīdzināšanā un geomorfoloģisko karšu praktiskajā pielietošanā. Padomju Savienībā geomorfoloģiskajā kartēšanā mērogos 1 : 200 000 un 1 : 50 000 leģendas izstrādā centralizēti, ievērojot teritorijas reģionālās īpatnības. Tā, piemēram, mūsu republikas teritorijas geomorfoloģiskajā kartēšanā lieto Baltijas karšu sērijas kopīgo apzīmējumu sistēmu.

Kartes saturs un lasāmība lielā mērā ir atkarīgi no veiksmīgi izvēlēto apzīmējumu grafiskā attēlojuma. Geomorfoloģisko karšu sastādīšanā izmanto līnijas, šrafējumu, krāsas, burtu un skaitļu indeksus un speciālos ārpusmēroga apzīmējumus. Ar krāsām un indeksiem parasti apzīmē reljefa vecumu un ģenēzi, ar šrafējumu — reljefa morfometrisko raksturojumu (zemiene, pauguraine, lielpauguraine utt.).

Ja karšu sastādīšanā lieto arī speciālos ārpusmēroga apzīmējumus, tad sīka mēroga kartēs ar tiem parasti apzīmē raksturīgas reljefa formas un to grupas, bet liela mēroga kartēs — reljefa elementus vai mikroformas, piemēram, alas, karsta kritenes, noslīdeņus, lielus laukakmeņus utt.

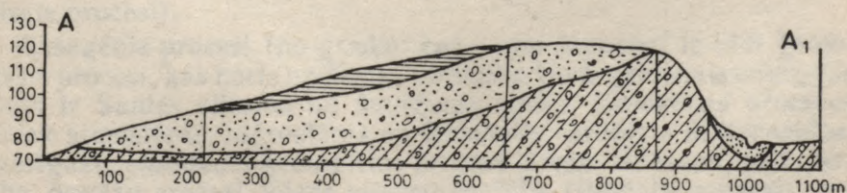
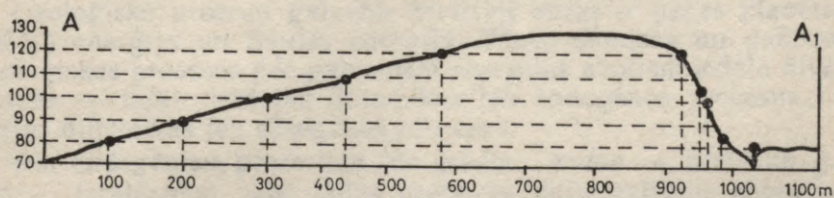
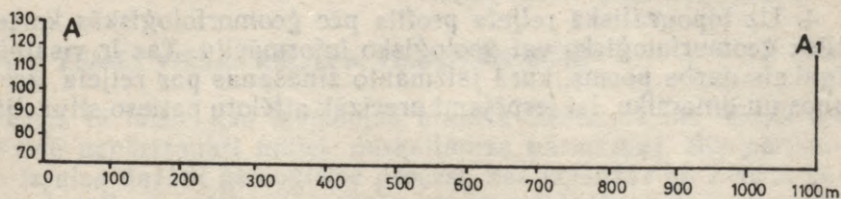
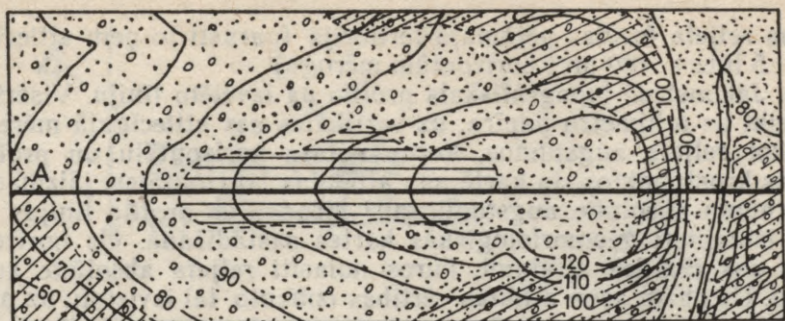
Specializētās geomorfoloģiskās kartes sastāda kā palīgmateriālu dažādu saimniecības nozaru speciālistiem. Tās lieto lielu hidrotehnisku objektu projektēšanā, derīgo izrakteņu izpētē, zemes lauksaimnieciskās izmantošanas plānošanā utt.

Specializēto karšu leģendu veido atbilstoši galvenajam sastādīšanas mērķim. Līdztekus reljefa vispārējam raksturojumam šajās kartēs sevišķi uzsver atsevišķus komponentus, kam ir svarīga nozīme attiecīgajā nozarē. Tā, piemēram, sastādot geomorfoloģiskās kartes mūsu republikas lauksaimniecības darbinieku vajadzībām, ir nepieciešams uzrādīt reljefa saposmrojuma pakāpi, lielo laukakmeņu izplatības apgabalus, izdalīt teritorijas ar kritiskiem reljefa slīpumiem, kas varētu traucēt tehnikas lietošanu vai paātrināt ūdens erozijas procesus. Šādos gadījumos speciālās informācijas attēlošanai jālieto tādi apzīmējumi, kas izceļas uz vispārējā reljefa raksturojuma fona.

Pēdējā laikā geomorfoloģiskās kartes lieto aizvien plašāk gan mūsu valstī, gan ārzemēs, jo reljefs ir viens no galvenajiem faktoriem, kas nosaka pārējo dabas elementu — klimatisko apstākļu, augšņu, augāja, pazemes ūdeņu u. c. izplatību un formēšanos.

Geomorfoloģiskās kartes uzskatāmi papildina **reljefa profili**, kuri palīdz noskaidrot reljefa formu savstarpējās attiecības, ģenēzi, vecumu un raksturīgākos iežu saguluma apstākļus.

33. attēlā parādīti geomorfoloģisko profilu sastādīšanas vispārējie principi un secība. Jāveic šādi uzdevumi.



33. att. Reljefa profila sastādīšanas secība.

1. Ģeomorfoloģiskajā kartē jāizvēlas profila līnija tā, lai tā šķērsotu raksturīgākās reljefa formas pētāmajā teritorijā. Līniju apzīmē ar burtiem vai cipariem, piemēram, A—A<sub>1</sub> vai I—I<sub>1</sub>.

2. Jāizvēlas profila mērogs. Horizontālais mērogs atbilst kartes mērogam, bet vertikālo mērogu izvēlas tādu, kurā vislabāk attēlo-

jamas reljefa formas pētāmajā teritorijā (parasti to ņem attiecībā no 1 : 5 līdz 1 : 100 pret horizontālo mērogu).

3. Jākonstruē topogrāfiskais profils pa izvēlēto līniju. Visērtāk to veikt uz milimetru papīra, uz vertikālās ass attiecīgajā mērogā atliekot reljefa augstumus, kurus nolasa horizontāļu un profila līnijas krustpunktos. Ja kartē nav attēlotas horizontāles, jāizmanto to urbumu absolūtie augstumi, kuri atrodas uz profila līnijas un kuri izmantoti geomorfoloģiskās kartes sastādīšanā. Uz horizontālās ass jāatliek attālumi, kuros nolasīti reljefa absolūtie augstumi. Uz abām asīm atliktās vērtības izmanto, lai izvietotu uz profila raksturīgos punktus, kurus pēc tam savieno ar līniju, kas shematiski attēlo zemes virsas reljefu.

4. Uz topogrāfiskā reljefa profila pēc geomorfoloģiskās kartes atliek geomorfoloģisko vai ģeoloģisko informāciju. Tas ir visatbildīgākais darba posms, kurā jāizmanto zināšanas par reljefa izcelšanos un dinamiku, lai iespējami precīzāk attēlotu patieso situāciju.

## 4.

# Zemes reljefs un tā veidošanās

### 4.1. ZEMES VIRSAS RELJEFA VEIDOTĀJI SPĒKI

Kopš tā laika, kad izveidojās planēta Zeme, uz tās virsas un iekšienē nepārtraukti notiek neskaitāmas pārmaiņas. Šīs pārmaiņas izraisa dažādi ģeoloģiskie procesi, kas izpaužas kā Zemes garozas kustības, kalnu veidošanās un noārdīšanās, jūras un sauszemes attiecību izmaiņas, dažādu iežu veidošanās, vulkāniskās parādības u. c.

Ģeoloģisko procesu galvenie virzītāji spēki ir pašas planētas iekšējā enerģija un Saules enerģija. Tāpēc daudzos un dažādos ģeoloģiskos procesus pēc galveniem enerģijas avotiem iedala divās grupās — izšķir iekšējās dinamikas jeb endogēnos procesus un ārējās dinamikas jeb eksogēnos procesus.

Par **endogēniem procesiem** (no grieķu *endon* — iekšā un *genos* — izcelšanās) sauc tādus procesus, kuru galvenie enerģijas avoti atrodas zemeslodes iekšienē. Svarīgākie no endogēnajiem procesiem ir Zemes garozas tektoniskās kustības, magmatiskie procesi (vulkānisms, intruzīvais magmatisms) un zemestrīces (seismiskie procesi).

**Eksogēnie procesi** (no grieķu *exō* — no ārpuses)\* ir tādi ģeoloģiskie procesi, kas noris uz Zemes virsas un kuru galvenais enerģijas avots ir Saules siltums un smaguma spēks. Eksogēnos procesos notiek atmosfēras, hidrosfēras un litosfēras sarežģīta mijiedarbība. Svarīgākie eksogēnie ģeoloģiskie procesi ir iežu dēdēšana, vēja darbība, nogāžu procesi, ūdens plūsmu darbība (fluviālie procesi), pazemes ūdeņu darbība, ledāju (šļūdoņu) un sniega darbība, okeānu un jūru darbība, sala darbība (kriogēnie procesi), ezeru darbība, dzīvo organismu ģeoloģiskā darbība, cilvēka darbība.

Visi minētie procesi nepārtraukti un aktīvi iedarbojas uz Zemes garozu, veidojot jaunas un pārveidojot esošās reljefa formas. Tādējādi minētie ģeoloģiskie procesi ir arī Zemes reljefa veidotāji jeb morfordinamiskie procesi.

Jāievēro, ka reljefa veidotāji procesi nedarbojas izolēti cits no cita. Starp tiem dabā pastāv sarežģīta mijiedarbība un dialektiska

pretstatu cīņa. Tā, piemēram, endogēnie spēki, izliecot un pārbīdot zemes garozas slāņus, rada kalnus un dziļas iepakas, bet eksogēnie procesi tiecas šīs reljefa formas pārveidot, noārdīt, nonivelēt. Arī starp ārējās dinamikas procesiem izpaužas pretdarbība. Vieni procesi rada savas reljefa formas, bet citi apslāpē to darbību, iznīcina izveidotās formas un rada citas. Pat jau esošais reljefs vien var pārtraukt vai izmainīt ārējo spēku darbības virzienu, ietekmējot nokrišņu sadalījumu, upju tīkla un šļūdoņu izvietojumu un reljefa attīstību plašā teritorijā. Dažos reljefa attīstības posmos pārsvarā ir endogēnie procesi, bet citos — eksogēnie procesi.

Reljefa veidošanās ir atkarīga ne tikai no iekšējo un ārējo spēku aktivitātes, bet arī no Zemes garozu veidojošo iežu cietības un citām īpašībām.

Visas reljefa formas nav veidojušās vienā laikā — ir vecākas un jaunākas formas. Ģeomorfoloģiskos pētījumos cenšas noskaidrot reljefa vecumu, jo ar to saistītas reljefa formu īpašības.

**Reljefa vecums** ir sarežģīts jēdziens, tādēļ dažādu pētnieku uzskati par to nav vienādi. Par reljefa vecumu visbiežāk uzskata laika posmu, kurā reljefs ir ieguvis tagadējo izskatu. Izšķir absolūto, ģeoloģisko un morfoloģisko reljefa vecumu.

Absolūtais vecums ir laiks, kurā notikusi dotā reljefa formu veidošanās, izteikts gados (t. i., simtos, tūkstošos vai miljonus gadu). To nosaka ar īpašām metodēm, kas apskatītas 23. lapusē.

Ģeoloģisko vecumu izsaka kā dažādu reljefa formu veidošanās laika savstarpēju attiecību, t. i., noteic, kura no salīdzināmām formām pieder pie jaunāka un kura — pie vecāka ģeoloģiskā perioda. Ģeoloģisko vecumu var noteikt pēc reljefu veidojošo iežu vecuma, lietojot ģeoloģijā un ģeomorfoloģijā izstrādātās metodes (paleontoloģisko, stratigrāfisko u. c.). Šo vecumu izteic ģeoloģiskās hronoloģijas vienībās — periodos, epohās un laikmetos.

Morfoloģiskais vecums norāda, kādā ģeogrāfiskā (ģeomorfoloģiskā) cikla attīstības stadijā pašreiz atrodas dotais reljefs. Savstarpēji salīdzinot reljefa izskatu, apveidus un citas īpašības, izšķir relatīvi jaunas, nobriedušas un vecas formas. Ar šādiem apzīmējumiem var raksturot zināmu reljefa attīstības stadiju, kas ir sevišķi svarīgi, ja nav iespējams precizēt reljefa absolūto vai ģeoloģisko vecumu. Tomēr jāievēro, ka jaunu, nobriedušu un vecu formu noteikšanā nepastāv stingri kritēriji, tādēļ katrā atsevišķā gadījumā, nosakot morfoloģisko vecumu, jāvadās no visa dabas apstākļu kompleksa, kurā noris pētāmā reljefa veidošanās.

No teiktā izriet, ka Zemes virsas reljefa veidošanās ir sarežģīts process, kura rezultātā rodas ļoti liela reljefa formu daudzveidība. Reljefā labi saglabājas tā rašanās gaitā notikušo ģeoloģisko procesu darbības pazīmes, tādēļ reljefa īpatnības dod iespēju spriest par tā izcelšanos un tālāko attīstību, kā arī par teritorijas ģeoloģiskās uzbūves īpatnībām.

## 4. 2. RELJEFA KLASIFIKĀCIJA

Lai būtu iespējams orientēties lielajā reljefa formu dažādībā, nepieciešams tās klasificēt, t. i., sagrupēt pēc kādām kopējām pazīmēm. Šim nolūkam izstrādātas dažādas reljefa klasifikācijas.

Morfometriskās klasifikācijas vērtē reljefa formas pēc izmēriem, bet morfogrāfiskās — pēc ārējiem apveidiem un formu lieluma (sk. 3. nod.). Šīs klasifikācijas plaši lieto kartogrāfijā un topogrāfijā.

Ārēji līdzīgām reljefa formām nereti ir dažāda izcelsme (ģenēze). Tādēļ, lai pareizi izprastu reljefu, jābūt skaidrībā par to, kādi ģeoloģiskie procesi un kādā veidā ir radījuši attiecīgās reljefa formas.

Ģenētiskās klasifikācijās reljefa formas sistematizē pēc galvenā, vadošā ģeoloģiskā procesa, kas ietekmējis reljefa veidošanos dotajā teritorijā.

Reljefa ģenēze ir visai sarežģīts process, un dabā maz ir tādu formu, kas radušās tikai kāda viena spēka iedarbības rezultātā. Visbiežāk reljefa formas radušās daudzu faktoru kopdarbības ietekmē, turklāt tie varēja darboties vienlaikus vai arī kaut kādā secībā. Reizēm pat grūti noskaidrot, kāds no faktoriem ir bijis vadošais dotās reljefa formas veidošanās procesā. Tādēļ vispārpieņemamas reljefa ģenētiskās klasifikācijas izveidošanas darbs vēl turpinās.

Pētnieki ir izstrādājuši dažādas reljefa ģenētiskās klasifikācijas. Pazīstamākās no tām ir A. Spiridonova (1958., 1970. g.) un Maskavas Valsts universitātes zinātnieku grupas (M. Bašeņina, O. Ļeonņevs, M. Piotrovskis, J. Simonovs, 1962. g.) klasifikācijas. Abās šajās klasifikācijās reljefa formas grupētas pēc vadošiem ģeoloģiskiem faktoriem (procesa), kas ietekmējuši reljefa veidošanos. Tālāk, apskatot reljefa veidošanos un raksturīgākās formas, lietosim galvenokārt A. Spiridonova iedalījumu, kas tiek plaši izmantots ģeomorfoloģisko karšu sastādīšanā un lauku pētījumos.

### Reljefa ģenētiskās klasifikācijas shēma

(pēc A. Spiridonova, 1970)

#### Endogēnais reljefs

Tektoniskais reljefs

Vulkāniskais reljefs

#### Eksogēnais reljefs

Gravitācijas reljefs

Fluviālais (virszemes ūdens plūsmu radītais) reljefs

Ledāju kušanas ūdeņu radītais reljefs

Vēja darbības radītais (eolais) reljefs

Karsta—sufozijas reljefs

Biogēnais reljefs

Ezeru radītais reljefs

Sasaluma (kriogēnais) reljefs

Jūras radītais reljefs

Ledāju (glaciālais) reljefs

Antropogēnais reljefs

Pēdējā laikā ģeomorfoloģijā lielu uzmanību pievērš reljefa sakaram ar teritorijas ģeoloģiskiem un tektoniskiem apstākļiem. Dziļi un vispusīgi pēta tā sauktās morfostruktūras, kas ir viens no galvenajiem morfoģenēzes faktoriem.

Ar terminu *morfostruktūra* apzīmē zemes garozas daļu (bloku), kurai ārējos apveidus (lielumu) noteikuši tektoniskie procesi un ģeoloģiskā uzbūve. Morfostruktūru rašanos saista ar to, ka Zemes garozā un virsējā mantijā ir notikušas (un notiek arī tagad) tektoniskas kustības, kas rada dziļlūzumus. Tie sadala Zemes garozu dažāda lieluma blokos (cilās). Sādu morfostruktūru (bloku) celšanās vai grimšana izpaužas reljefā un ietekmē arī citu reljefa veidotāju faktoru darbību.

Morfostruktūru izpēti ļoti sekmēja Zemes virsas fotografēšana no orbitālām kosmiskām stacijām un mākslīgiem Zemes pavadoņiem. Kosmiskajos uzņēmumos visai skaidri iezīmējas daudzu morfostruktūru robežas un apveidi, ko nebija iespējams atklāt ar parastiem novērojumiem.

Ir izdarīti mēģinājumi izstrādāt vispārpieņemamu morfostruktūru klasifikāciju. Piemēram, N. Bašeņina izdala vairākas dažāda lieluma (kārtu) morfostruktūras. Pirmajā kārtā ietilpst tā sauktās megamorfostruktūras, kurām pieskaita kontinentu platformas, okeānu gultnes, pārejas zonas starp okeānu gultnēm un kontinentiem, kā arī rīta zonas, kas stiepjas okeāna dibenā. Otrās kārtas morfostruktūras ir atsevišķas megamorfostruktūru daļas, kas atšķiras ar tektonisko procesu intensitāti un virzienu. Trešajā kārtā ietvertas kontinentu morfostruktūras — kalnāju sistēmas un līdzenumi. Ceturtās, piektās, sestās, septītās un zemākās kārtas morfostruktūras izdala pēc to ģeoloģiskās uzbūves, tektonisko procesu intensitātes un virziena.

Balstoties uz jaunākām atziņām par morfostruktūrām, daži pētnieki (N. Bašeņina) izvērza domu, ka eksogēno procesu darbības raksturs ir cieši saistīts ar morfostruktūru īpatnībām. Piemēram, līdzenumos eksogēno procesu ievirze un intensitāte ir atkarīga no jaunākajām Zemes garozas tektoniskām kustībām. Tur, kur notiek grimšana, izveidojušies akumulatīvi līdzenumi ar biezu nogulumu kārtu un akumulatīvām reljefa formām. Turpretī apgabalos, kur ilgstoši Zemes garoza paceļas, izveidojas tā sauktie denudācijas līdzenumi, kuros pārsvarā ir ūdens plūsmu ārdošā darbība — erozija. Šādos apgabalos veidojas reljefa formas, kas saistītas ar atkailināto pamatiežu litoloģisko sastāvu, struktūru, saguluma veidu.

Tātad denudācijas un akumulācijas procesi ir atkarīgi ne tikai no klimata, bet arī no tektoniskiem procesiem, t. i., no morfostruktūru tipa. Morfostruktūras it kā dod ievirzi eksogēniem procesiem.

Līdzās jēdzianam *morfostruktūra* pastāv jēdziens *morfoskulptūra*, ar kuru apzīmē reljefa formas un elementus, kas veidojas eksogēno procesu darbības rezultātā. Morfoskulptūras formas attīstās uz morfostruktūru virsas un saposmo to atbilstoši tiem eksogēniem procesiem, kādi darbojas attiecīgajā teritorijā.

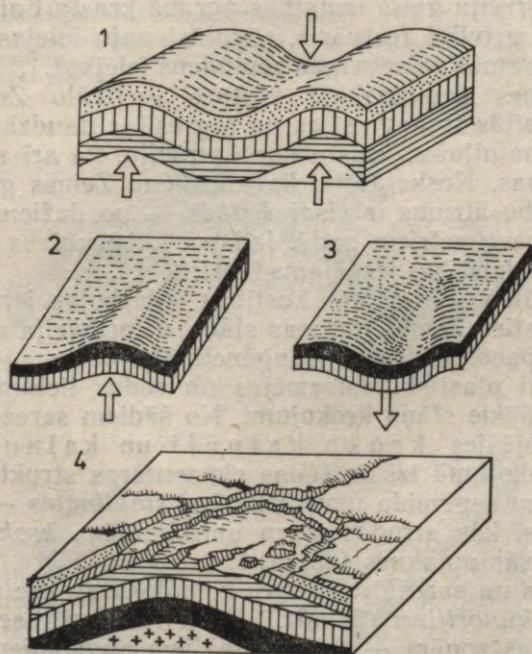
### 4. 3. ENDOGĒNAIS RELJEFS

Mūsu planētas iekšējie spēki ir radījuši un rada pēc lieluma un apveidiem visdažādākās morfostruktūras, reljefa formas un to kompleksus. No endogēno procesu radītām reljefa formām izšķir tektoniskās un vulkāniskās formas.

Jāievēro, ka endogēnais reljefs gandrīz vienmēr ir lielākā vai mazākā mērā pārveidots ārējo (eksogēno) reljefa veidotāju spēku ietekmē un pēc būtības ir iekšējo un ārējo spēku kopiedarbības rezultāts.

#### 4. 3. 1. TEKTONISKĀS RELJEA FORMAS

Zemes iekšējie spēki izraisa Zemes garozas kustības — gan lēnas vai straujas, gan vertikālas vai horizontālas. Šādas iekšējo spēku izraisītās Zemes garozas kustības sauc par tektoniskām kustībām, un tās var aptvert visai plašas teritorijas. Tektoniskais reljefs var rasties, Zemes garozai vienmērīgi ceļoties vai grimstot, tai saskaldoties dažāda lieluma blokos un savukārt tiem ceļoties



34. att. Zemes garozas slāņu dislokācijas tektonisko kustību ietekmē:

1 — ieliece un velņveida pacēlumi, 2 — brahiantiklināle, 3 — brahisinklināle, 4 — tektoniskā pacēluma pārveidošanās ārējo spēku ietekmē.

vai grimstot, slāņiem krokojoties sānu spiediena dēļ, kā arī visu šo kustību mijiedarbības rezultātā.

Vertikālās Zemes garozas svārstību kustības ir viens no izplatītākajiem tektonisko kustību veidiem. Tās ir notikušas senajā ģeoloģiskajā pagātnē un notiek arī tagad, aptverot lielas kontinentu un okeāna dibena daļas. Šīs kustības izpaužas kā lēnas Zemes garozas pulsācijas, kurām piemīt zināms cikliskums. Vertikālām Zemes garozas kustībām ir lieli svārstību cikli, kuri ilgst veselīgiem ģeoloģiskiem periodiem (desmitiem miljonu gadu). Uz šo lielo svārstību ciklu fona izdalāmi īsāku periodu cikli.

Ilgstošu vertikālo Zemes garozas kustību gaitā (*epeirogēnās kustības*) atsevišķi Zemes virsas apgabali lēni ceļas, bet citi — grimst. Zemes garozai ceļoties, notiek jūras atkāpšanās — *regresija* un pamazām daļa jūras dibena pārvēršas par sauszemi. Jūrai atkāpjoties, piekrastes zonā veidojas jūras senā krasta līnija, kas liecina, ka ir notikušas tektoniskās kustības. Krasta līnijai var būt *terasu* vai *kāpu grēdu* forma. Latvijas teritorijā par zemes celšanos pēcledus laikmetā liecina Slīteres krauja Ziemeļkurzemē un dažas citas krasta līnijas Rīgas jūras līča piekrastes zonā.

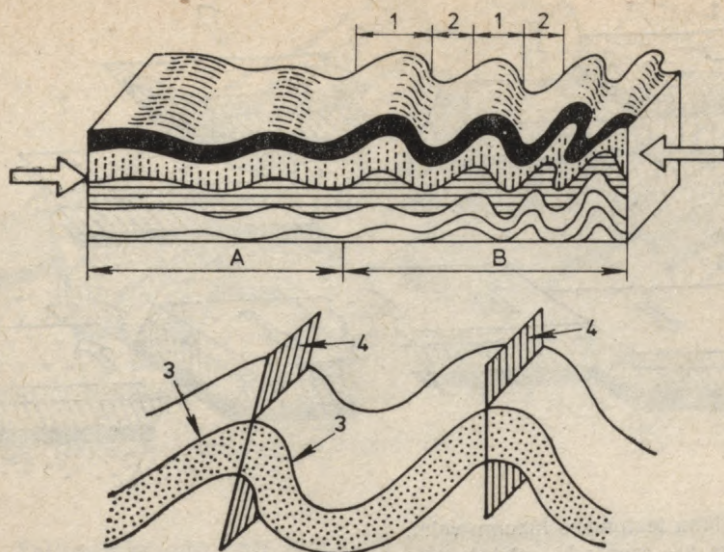
Zemes garozai grimstot, notiek jūras uzplūdi — *transgresija*. Transgresiju gaitā izmainās agrākā krasta līnija. Upju ietekās veidojas grīvlīči (estuāri), pārplūst upju ielejas (tādēļ jūras dibenā sastopamas raksturīgas zemūdens ielejas).

Visā Zemes ģeoloģiskajā vēsturē vertikālo Zemes garozas kustību izraisītās transgresijas un regresijas daudzkārt un plašos apmēros ir mainījušas krastu konfigurāciju, kā arī sauszemes un jūras attiecības. Noskaidrots, ka mūsdienu Zemes garozas tektonisko svārstību ātrums ir visai dažāds — no dažiem milimetriem līdz dažiem centimetriem gadā. Izdarot ļoti precīzus līmetņošanas darbus, šādas kustības iespējams izmērīt.

Ja vertikālās tektoniskās kustības iedarbojas ierobežotās platībās, var rasties Zemes garozas slāņu deformācija un izveidoties velves veida pacēlumī. Sānu (tangenciālā) spiediena ietekmē Zemes garozas slāņi plastiski deformējas un rodas lieluma un formas ziņā visdažādākie **slāņu krokojumi**. No šādiem sarežģītiem krokojumiem veidojušies *kroku kalnāji* un *kalnu sistēmas*.

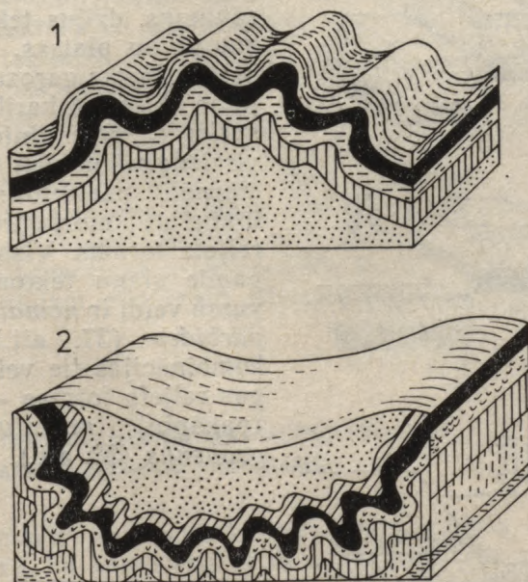
Katrā krokojumā izšķir šādas elementāras struktūras: *antiklināles* — slāņu seglveida uzvelvējumus, *sinklināles* — slāņu silesveida ielieces, kas atrodas starp antiklinālēm, *kroku spārnus* — slīpās kroku sānu plaknes (35. att.).

Ļoti lielus un sarežģītus kroku kompleksus sauc par *antiklinorijiem* un *sinklinorijiem* (36. att.). Tie ir raksturīgi sevišķi aktīvām Zemes garozas zonām — ģeosinklināliem apgabaliem, kur noritējuši kalnu veidošanās procesi. Antiklinoriju augstums virs jūras līmeņa var sniegties simtos un tūkstošos metru, bet garums var sasniegt simtus kilometru. Viens no šāda veida krokojumiem ir, piemēram, Lielā Kaukāza kalnu grēda. Sarežģītie Zemes garozas krokojumi ir radījuši pasaules lielākos un augstākos kalnājus.



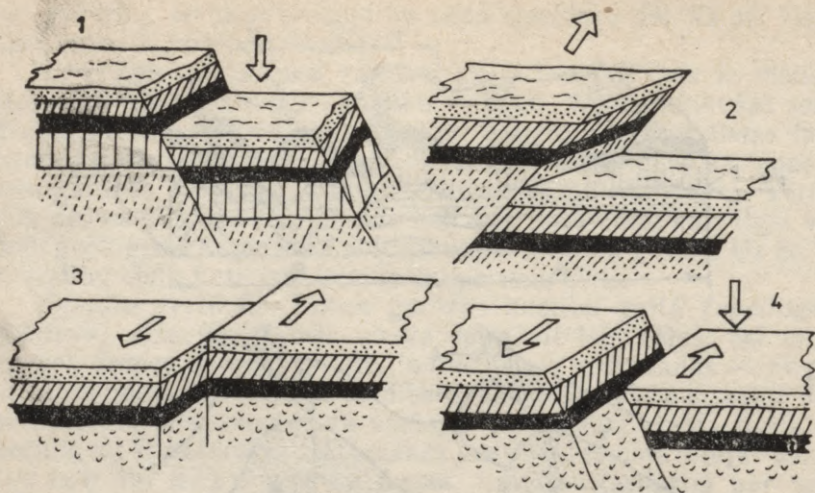
35. att. Zemes garozas slāņu krokojums:

A — vāji izteikts krokojums, B — stipri izteikts krokojums; 1 — antiklināles (slāņu uzvelvējums), 2 — sinklināles (slāņu ielieces), 3 — krokas spārni, 4 — kroku ass plaknes.



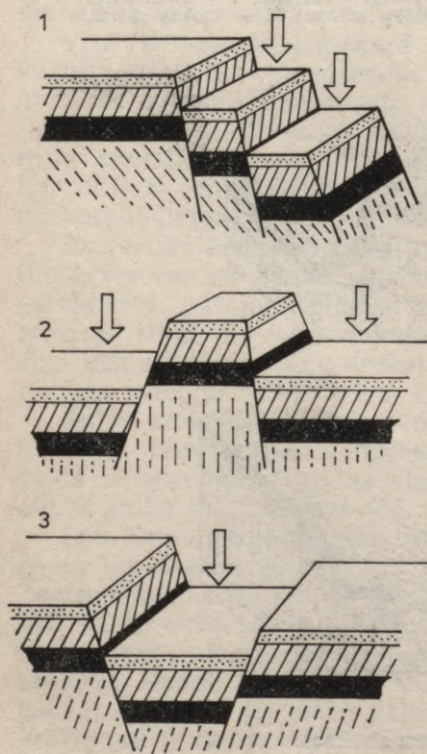
36. att. Sarežģītas krokojumu sistēmas:

1 — antiklinorijs, 2 — sinklinorijs.



37. att. Slāņu tektonisko lūzumu veidi:

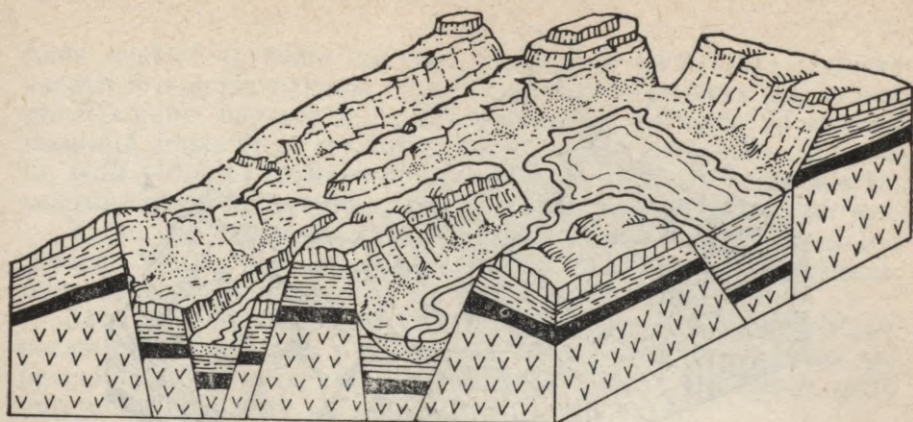
1 — nomats, 2 — uz mats, 3 — pārbīde, 4 — nomats un pārbīde.



Radiāli (vertikāli) vērstas straujas tektoniskās kustības rada Zemes garozas slāņu pārrāvumus, dziļus **tektoniskus lūzumus un plaisas**. Šādi lūzumi sašķel Zemes garozu dažāda lieluma blokus. Atkarībā no iekšējo spēku darbības intensitātes un virziena slāņu bloki var tikt savstarpēji pārvietoti; tā rodas īpatnējas morfostruktūras un reljefa formas. Visbiežāk sastopamie slāņu tektonisko pārrāvumu veidi ir *nomati*, *uzmati* un *pārbīdes* (37. att.). Dažādās kombinācijās tie veido savdabīgas reljefa formas — *kāpļainus* (pakāpju) *nomatus*, *horstus*, *grābenus* (38. att.).

38. att. Slāņu tektonisko lūzumu sistēmas:

1 — pakāpju nomats, 2 — horsts, 3 — grābens (tektoniskais grāvis).



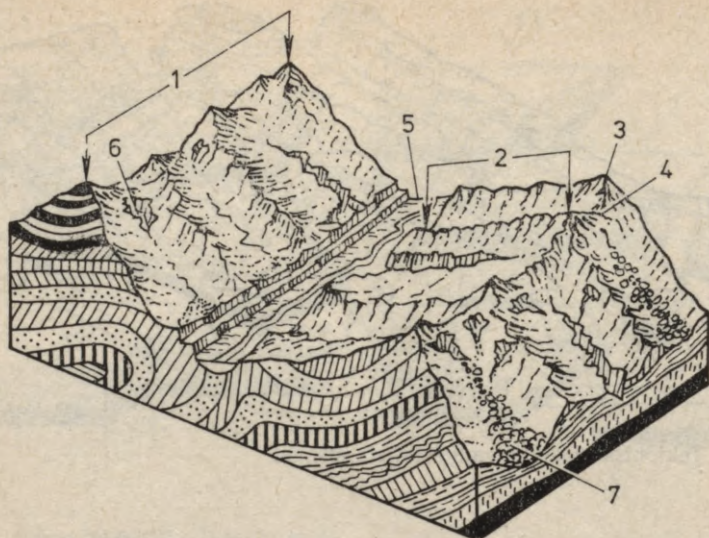
39. att. Tektonisko lūzumu radītā reljefa shēma.

Tektoniskajiem pārrāvumiem un lūzumiem ir ievērojama nozīme reljefa veidošanā, it sevišķi dažos kalnāju rajonos. Kopējās pazīmes reljefam, kas veidojies tektonisko lūzumu rezultātā, ir dažāda veida iegrimumi (iedobes, ielejas), kurus ierobežo labi izteiktas augstas stāvas kraujas un pakāpes. Nereti iedobes ir pārvērtušās par ezeriem (39. att.). Lieli grābeni ir radījuši gultnes Baikāla ezeram, Teļecas ezeram Altajā, Oņegas ezeram u. c. Tektoniskie lūzumi ietekmējuši reljefu Kolas pussalā, Karēlijā, Altajā u. c. Kolosālu tektonisko iegrimumu ķēde stiepjas Austrumāfrikā no Zambezi upes lejasgala līdz Sarkanajai jūrai.

Teritorijās, kur tektoniskie lūzumi saskaldījuši zemes garozu blokos un radušies nomati, uzmati un pārbīdes, izveidojušies tā sauktie cilu kalnāji, kuros daudzas augstienes ir horsti, starp kuriem atrodas grābeni. Tādiem cilu kalnājiem pieskaitāma Baikāla kalnzeme, Aizbaikāla kalnāji u. c. Daudz ir kalnāju, kurus veidojuši slāņu krokojumi un tektoniskie lūzumi. Tādus sauc par cilu—kroku kalnājiem, piemēram, Altaja un Tjanšana kalnāji.

#### 4. 3. 2. DENUDĀCIJAS UN TEKTONISKO PROCESU MIJIEDARBĪBA KALNĀJU VEIDOŠANĀ

Tektoniskie procesi ir vadošie kalnu reljefa veidošanā. Tomēr jāņem vērā, ka kalnu reljefa lielā daudzveidība un sarežģītība radusies, vienlaikus un spēcīgi iedarbojoties arī ārējiem ģeoloģiskiem procesiem — iežu dēdēšanai, nogāžu procesiem, ūdens plūsmu un ledāju ārdošai darbībai.



40. att. Denudācijas un tektoniskā kalnu reljefa shēma:

1 — galvenās ūdensšķirtnes, 2 — sekundārās ūdensšķirtnes, 3 — virsotnes,  
4 — sedlienes (pārejas), 5 — kalnu upes ieleja, 6 — dēdēšanas cirki, 7 —  
akmeņplūsmas.

Ārējie spēki pastāvīgi un visai intensīvi tiecas kalnu reljefu noārdīt un nolīdzināt. Iežu dēdēšanu un to sairšanas produktu pārvietošanos uz zemākiem hipsometriskiem līmeņiem ūdens, vēja un ledus darbības rezultātā sauc par *denudāciju* (no latīņu *denu-datio* — atsegšana). Denudācijas procesos galvenais ir smaguma spēks — jo augstāki ir kalni un stāvākas to nogāzes, jo ātrāk tiek nonesti dēdēšanas produkti un atkailināti vēl neskartie ieži. Tādējādi kalni ir pakļauti sevišķi straujai noārdīšanai — *destrukcijai*. Kalnājos, kur ir lielāki absolūtie augstumi un kalnu virsotnes tālāk sniedzas augstākos atmosfēras slāņos (kur ir bargāki klimatiskie apstākļi), destrukcija ir sevišķi spēcīga.

Pretrūns process notiek iedobēs — tur strauji uzkrājas (akumulējas) no kalniem nonestais iežu drupu materiāls (akmeņi, šķembas, smiltis u. c.). Denudācija un akumulācija kalnu rajonos darbojas līdztekus un ne tikai pārveido tektoniskās reljefa formas, bet tās var pat pilnīgi iznīcināt.

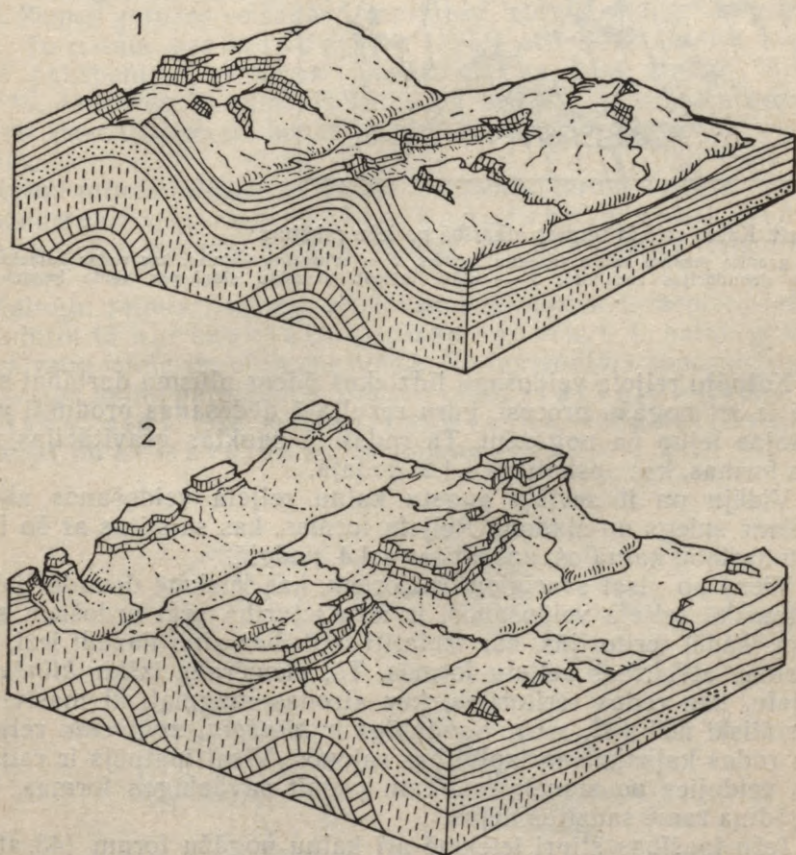
Dabā mazpārveidotas tektoniskā reljefa formas ir sastopamas reti. Daudz izplatītāks ir tā sauktais denudācijas—tektoniskais reljefs, kurā vērojama vairāku reljefa veidotāju procesu kopēja darbība.

Denudācijas—tektoniskā kalnu reljefa veidošanā sevišķi liela nozīme ir ūdens plūsmu ārdošai darbībai — *erozijai*. Ūdens plūsmas saposmo sākotnējās kalnu nogāzes ar dažāda lieluma un dzi-

luma ielejām (gravām, aizām). Starpkalnu tektoniskās ieplakās parasti izveidojas galveno upju ielejas, bet to pietekas šķērso piegulošās kalnu nogāzes, stipri tās saposmo un pārveido. Šī procesa rezultātā rodas visai raksturīgi kalnu reljefa elementi — *pārejas* un *sedli* (40. att.). Lielāko upju pietekas ar savām V veida ielejām saposmo nogāzes, izveido uz tām šauras *kores veida ūdensšķirtnes*.

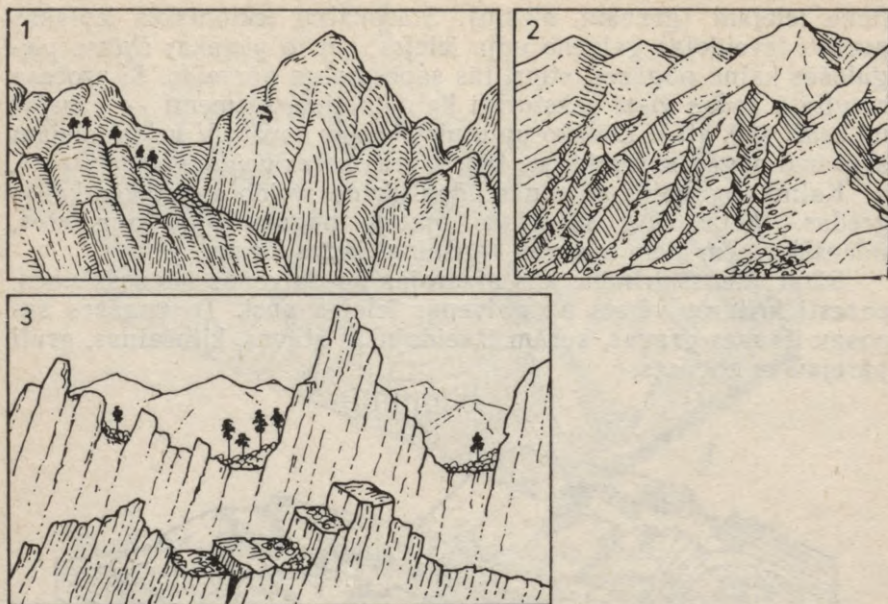
Kalnu apgabalos galvenās ūdensšķirtnes veido augstākās kalnu grēdas. Vietās, kur satuvinās pretējo nogāžu upju augšteces, ūdensšķirtnēm piemīt šauras klinšainas kores forma.

Sānu ūdensšķirtnēm, kas atzarojas no galvenās ūdensšķirtnes, parasti kritums vērsts uz galvenās ielejas pusi. To nogāzes saposmo šauras gravas, kurām izveidojušās stāvas, klinšainas, grūti pārejas nogāzes.



41. att. Slāņu krokojuma un denudācijas procesu mijiedarbībā veidots reljefs (pēc J. Ščukina):

1 — tiešais reljefs, 2 — apvērtais reljefs (tiešajā reljefā augstienes sakrīt ar antiklinālēm, bet apvērstajā augstienes ir izveidojušās sinklinālēs).



42. att. Kalnu reljefa formas atkarībā no iežu rakstura:

1 — granīta masīvu kalnu virsotņu formas, 2 — zīņveida formas, kas rodas kaļķakmens slāņu denudācijas rezultātā, 3 — stāvi krītošu slānekļu slāņkopas veido ķemņveida reljefu.

Kalnāju reljefa veidošanā līdztekus ūdens plūsmu darbībai svarīgi ir arī nogāžu procesi, kuru rezultātā dēdēšanas produkti pārvietojas lejup pa nogāzēm. Tā rodas tā sauktās gravitācijas reljefa formas, kas apskatītas 4.4.2. nodaļā.

Vidēju un it sevišķi augstu kalnu reljefa veidošanos aktīvi ietekmē sniegs un šļūdoņi. Reljefa formas, kas saistītas ar šo faktoru darbību kalnājos, apskatītas 4.4.4. nodaļā.

Viens no visai svarīgiem faktoriem, kas ietekmē denudācijas—tektoniskā reljefa veidošanos, ir iežu izturība pret ārdošiem spēkiem. Tādēļ teritorijās, kur izplatīti izturības ziņā dažādi ieži, vērojamas atšķirības reljefu formās. Tā, piemēram, izšķir *klinšainu* reljefu, kas rodas teritorijās, kur atrodas magmatiski masīvi — kristāliski ieži (42. att.). Savdabīgs ir *klinšaini zīņveida* reljefs, kas rodas kaļķakmeņu izplatības rajonos. Visai īpatnējs ir reljefs, kas veidojies no slānekļiem. Tam piemīt savdabīgas formas, kas atgādina zemē sadzītus dēļus.

Iežu īpašības stipri ietekmē arī kalnu nogāžu formu (43. att.). *Taisnas* nogāzes rodas tur, kur to virsu veido slīpi guloši slāņi, kā arī tur, kur nogāzi veido irdeni ieži (akumulatīvās nogāzes). *Kāpļainas* nogāzes parasti veidojas tur, kur nogāzē atsedzas horizontāli vai nedaudz ieslīpi guloši iežu slāņi. *Ieliektas* nogāzes sasto-

pamas tur, kur nogāzes virsējā daļā noris strauja iežu noārdīšanās, bet lejasdaļā — sairšanas produktu uzkrāšanās. *Izliektas* nogāzes veidojas vecos, stipri noārdītos kalnājos, kur uz nogāžu virsas uzkrāties daudz iežu sairšanas produktu.

Jāievēro, ka kalnu nogāžu forma ir atkarīga arī no kalnu vecuma un tektonisko kustību intensitātes. Daži pētnieki (V. Penks) izdala trīs šādus tipiskus gadījumus nogāžu attīstībā.

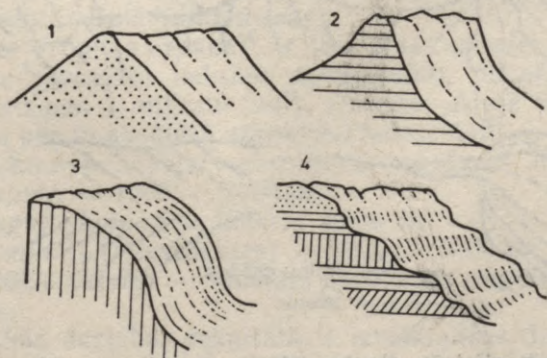
1. Kalnu celšanās tektonisko kustību rezultātā noris ātrāk nekā denudācijas procesi, kas tos noārda. Šādos apstākļos attīstās dziļas upju ielejas, kalnu augstums palielinās, bet nogāzēm veidojas izliekta forma. To nosauc par kāpjošu reljefa attīstības stadiju.

2. Zemes garozas tektoniskās celšanās un noārdīšanās procesi atrodas dinamiskā līdzsvarā. Šajos apstākļos reljefa absolūtie un relatīvie augstumi nemainās un veidojas pārsvarā taisnas nogāzes.

3. Zemes garozas celšanās ir aprimusi, vai pat notiek tās grimšana. To nosauc par lejupejošu reljefa attīstības stadiju, kurā kalni pakāpeniski nivelējas. Nogāžu forma šajā stadijā kļūst ieliekta. Jāuzsver, ka minētās kalnu un nogāžu attīstības stadijas ir visai shematizētas un konkrētos apstākļos to forma var būt visai dažāda.

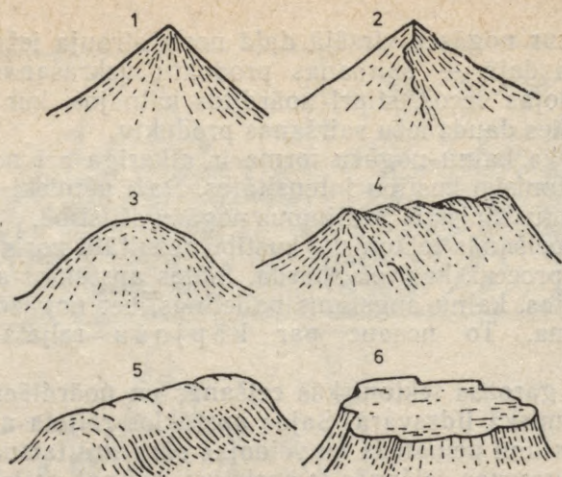
Kalnu reljefā raksturīga iezīme ir virsotņu forma. Parasti izšķir konusveida, piramidālas, kupolveida, jumtveida, apaļas (kā garumā stiepts valnis) un plakanas virsotnes (44. att.).

Kalnāju reljefa pareizai attēlošanai uz kartes ir nepieciešams noskaidrot tā horizontālo saposmojumu, t. i., kalnu grēdu un galveno ieleju izvietojumu plānā. No horizontālā saposmojuma ir atkarīga kalnu pārejamība. Parasti izšķir starveida (radiālo), spalvasveida (šķērsenisko), režģveida, virgācijas (zaršanās) un kulisveida saposmojumu (45. att.).



43. att. Nogāžu veidi:

1 — taisna, 2 — ieliekta, 3 — izliekta, 4 — kāpjaina.

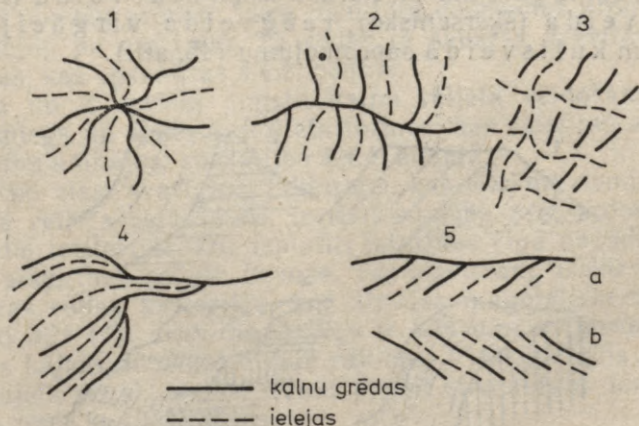


44. att. Kalnu virsotņu formas:

1 — konusveida, 2 — piramidāla, 3 — kupolveida, 4 — jumtveida, 5 — apaļa, 6 — plakana.

Kalnu reljefu raksturojot, jāzina un pareizi jālieto termini, kuru precizēšanu un latviskošanu veikuši V. Klane un G. Eberhards.

*Kalns* (ropa) ir neliela izolēta zemes virsas daļa, kas augstu pacelta virs līdzenas apkārtnes un norobežota no tās ar noteiktu piekāji. Jāatšķir jēdziens *kalnāja virsotne* (горная вершина), kas nav pastāvīgs morfoloģisks elements, bet gan kalnāja ķermeņa sastāvdaļa. Kalna elementi ir piekāje, nogāzes un virsotnes.



45. att. Kalnāju horizontālā saposmju veidi (pēc J. Ščukina):

1 — radiālais jeb starveida, 2 — spalvasveida, 3 — režģveida, 4 — virgācijās (zarošanās) veida, 5 (a un b) — kulisveida.

*Galdkalns* (столовая гора) ir atsevišķs plakanvirsas kalns, kas paceļas plakanslāņu zemē (столовая страна) vai plato malā.

*Priekškalne* (предгорье) ir pārejas josla no līdzenuma uz kalnāju. Šajā joslā Zemes virsa pakāpeniski paaugstinās, tā var būt pauguraina vai arī erozijas procesos saposmota plakanslāņu zeme.

*Kalnājs* ir lielāka vai mazāka Zemes virsas josla, kas tektoniskos procesos augstu pacelta virs apkārtnes un saposmota krokās vai cilās. Kalnāja pastāvēšanas laikā tos saposmojusi arī eksogēno procesu darbība.

Krievu valodā lietoto terminu «горы» ne vienmēr drīkst saprast kā vienkāršu daudzskaitli vārdam «гора», bet tas ir sinonīms jēdziēnam kalnzeme (горная страна) vai kalniene (нагорье). Latviešu valodā šai gadījumā (горы) derīgs jēdziens *kalnājs*, kas atbilst vācu valodas terminam *die Gebirge* vai angļu *mountains*.

*Kalnu grēda* (горный хребет) ir kalnāja sastāvdaļa. Tā ir lielizmēra augsti pacelta lineāra forma ar labi izteiktu asi, gar kuru grupējas paši lielākie augstumi. Grēdai var būt vairāki sekundāri atzarojumi.

*Kalnu virkne* (горная цепь) ir ļoti gara kalnu grēda, kas izstiepta kroku zonas virzienā. Atsevišķas mazākas grēdas citu no citas atdala gareniskas ielejas.

*Skausti* (кряжи) ir iegarenas, reizēm lineāras augstienes ar nelielām nevienmērīgām virsas relatīvā augstuma starpībām un lēzenām noapaļotām virsotnēm (senu kalnāju denudācijas reljefs, kas pacelts nesenā ģeoloģiskā pagātnē, piemēram, Doņecas un Timana skausts PSRS Eiropas daļā).

*Kalnu masīvs* ir vāji saposmota, pacelta, krasi no apkārtnes norobežota kalnāja daļa uz kopēja pamata, piemēram, Monblāna masīvs Alpos.

*Kalniene* (нагорье) ir plašs tektoniski pacelts apgabals, kurā kalnu grēdas un atsevišķi kalni mijas ar augstiem līdzenumiem un plakanām ieplakām (piemēram, Armēnijas kalniene, Ziemeļaustrumsibīrijas kalnienes — Janas, Jukagiras, Ņeras u. c.; tāpat daudz kalnieņu ir Baikāla kalnzemē).

*Kalnzeme* (горная страна) ir ļoti plašs pacelts zemes virsas apgabals ar sarežģītu kalnāju sakopojumu, piemēram, Baikāla kalnzeme (aizņem 1 miljonu km<sup>2</sup>), Pamira—Alaja kalnzeme u. c.

**Kalnājus pēc to absolūtā augstuma iedala šādi:**

*paugurkalnes* — vidējais absolūtais augstums 300...1000 m;

*zemie kalnāji* — 1000...2000 m;

*vidēji augstie kalnāji* — 2000...3000 m;

*augstie kalnāji* (augstkalnes) — 3000...5000 m;

*visaugstākie kalnāji* — vidējais absolūtais augstums pārsniedz 5000 metrus.

Tektoniskās darbības rezultātā ir izveidojušās daudzas un dažādas reljefa formas. Reljefa lielformas, kuru veidošanos noteikuši tektoniskie procesi, grupē, ievērojot tektonisko procesu raksturu un morfostruktūru tipu. Pēc N. Bašeņinas klasifikācijas izšķir

orogēno zonu (ģeosinklināļu) morfostruktūras;  
platformu un vairogu morfostruktūras.

Ģeosinklināļu joslās pārsvarā ir izveidojies kalnu reljefs, tā galvenās iezīmes apskatījām iepriekš.

Platformām raksturīgas vairākas reljefa lielformu grupas, kas veidojušās dažādos hipsometriskos līmeņos esošos platformu apgabalos. Zemākajās platformu daļās — dažādās tektoniskās ieliecēs veidojušies akumulācijas līdzenumi, kuriem raksturīga Zemes garozas grimšana un ilgstoša nogulumu uzkrāšanās, kas var būt saistīta ar jūras, ezeru, upju u. c. darbību un attiecīgu reljefa formu veidošanos.

Vietās, kur Zemes garoza vienmērīgi cēlusies, veidojušies dažādi denuācijas jeb cokola līdzenumi. Reljefa veidošanā šajās morfostruktūrās pārsvarā ir dažādu eksogēno faktoru ārdošā darbība, kuras rezultātā nonesti virsējie jaunākie nogulumu slāņi, tiek atkailināti un nolīdzināti pamatieži. Denuācijas līdzenumu sīkākās reljefa formās redzamas pamatiežu ģeoloģiskās struktūras un litoloģiskā sastāva īpatnības. Šādi līdzenumi ir Skandināvijā, Kanādā u. c.

Platformu daļās, kuras veido horizontāli guloši slāņi, ir paceltas teritorijas ar plakanu virsu un kraujām augstām nogāzēm — plato, piemēram, ne visai augstais Ustjurtas plato Kazahijā, augstais Kolorādo plato Ziemeļamerikā (3000 m v. j. l.). Platformu daļas, kas ievērojami paceltas virs apkārtējās teritorijas, veidotas no horizontāliem iežu slāņiem, stipri saposmotas ar upju ielejām, tektoniskām depresijām, kāplēm un pacēlumiem, sauc par plakankalnēm, piemēram, Vidussibīrijas plakankalne.

Platformās ir ne tikai līdzenumu morfostruktūras, bet arī kalnāji. To veidošanās visbiežāk saistīta ar kustīgām platformu joslām, kurās jaunākajā ģeoloģiskajā laikā aktivizējušies tektoniskie procesi. To rezultātā kustīgajās joslās notikusi augstu kalnu veidošanās, daudzos gadījumos arī agrāk izveidoto un jau noārdīto kalnāju atjaunošanās (atdzimšana). Šādos apgabalos ir vērojama seismiskā un vietām arī vulkāniskā darbība. Izšķir vairogu, platformu, vulkāniskus kalnājus, kā arī dažas citas morfostruktūras.

Kustīgās joslās, kur nesen bijusi vai vēl turpinās tektonisko procesu aktivizēšanās, parasti notikusi zemes garozas slāņu velveida celšanās, kuru pavadījuši tektoniski pārrāvumi, lūzumi un atsevišķu cilu celšanās vai grimšana. Tādēļ šeit veidojušies kroku vai kroku—cilu kalnāji (Tjanšana, Pamira, Baikāla kalnāji u. c.).

Izplatītas ir kalnienes — uz kopēja pamata augstu pacelti kalnāju rajoni, kuri ietver atsevišķas plakankalnes, plato, kalnu grēdas, masīvus, katlienes un ielejas. Kalnieņu absolūtie augstumi var pārsniegt 5000...7000 m, bet relatīvie — 2000...4000 metrus. Lielākās ir Tibetas, Irānas, Kolimas, Janas un citas kalnienes.

Parasti ar jaunām kalnienēm cieši saistīti priekškalnu un starpkalnu ieloču līdzenumi, kas radušies, Zemes garozai ilgstoši grimstot un uzkrājoties apkārtējo kalnāju noārdīšanās produktiem. Šie

produkti priekškalnu un starpkalnu līdzenumos veido sevišķi biezu nogulumiežu segu. Lielākie ir Indas—Gangas, Tigras—Eifratas un citi līdzenumi.

Jāievēro, ka visas minētās kalnāju un kalnieņu morfostruktūras ir savukārt pakļautas denudācijas procesu iedarbībai, saposmotas un sastāv no dažāda lieluma morfoskulptūrām, tātad eksogēnu procesu radītām reljefa formām.

#### 4. 3. 3. VULKĀNISKĀS RELJEFA FORMAS

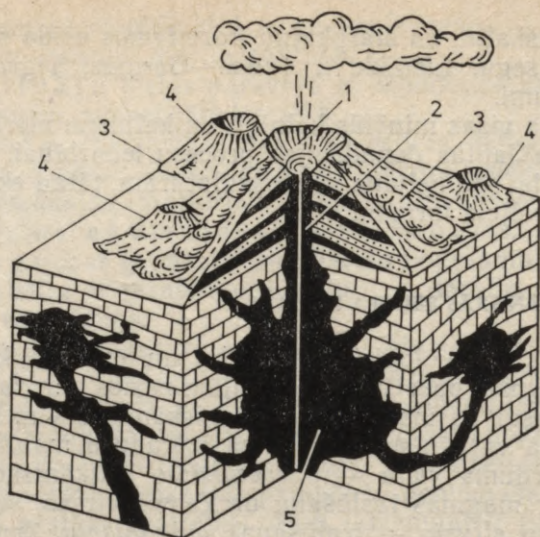
Vulkānisms ir ģeoloģisko parādību un procesu kopums, kas saistīts ar magmas pacelšanos no dziļām zemes garozas zonām tuvāk Zemes virsai. Ja magma pa tektoniskām plaisām izplūst virspusē, tad šādā vulkāniskā izvirdumā izplūdušo magmu sauc par *lavu*, bet izvirduma vietu — par *vulkānu*. Vulkāniskos procesus, kas saistīti ar magmas izplūšanu uz Zemes virsas, sauc par *efuzīvo* (no latīņu *effusio* — izplūšana) *vulkānismu*. Zemes garozas uzbūves pētījumi rāda, ka magmatiskās masas, paceldamās no dziļēm, ne vienmēr sasniedz Zemes virsu. Atdziestot un sacietējot lielākā vai mazākā dziļumā, magma izveido lielus magmatisko iežu masīvus un dzīslas). Šos procesus sauc par *pazemes vulkānismu* jeb *plutonismu*, bet Zemes garozā izveidojošos magmatisko iežu masīvus — par *intrūzijām* (no latīņu *intrusus* — iegrūsts).

**Efuzīvajos** procesos magma izlaužas Zemes virspusē tajās vietās, kur garozā ir radušies dziļi tektoniski lūzumi. Tāpēc vulkānu ģeogrāfiskā izplatība nav vienmērīga — ir apgabali, kas bagāti ar vulkāniem, bet ir arī plašas teritorijas, kurās vulkānisko parādību nav, piemēram, gandrīz visā PSRS Eiropas daļā, Skandināvijā, Austrālijā u. c. Daudz vulkānu ir gar Klusā okeāna krastiem (320) un tā salās, gara vulkāniska josla stiepjas caur Vidusjūru gar Eiropas un Āzijas dienvidiem (tā saistīta ar jauno kroku kalnu veidošanos); jaunākie pētījumi rāda, ka daudz vulkānu ir arī okeāna gultnē.

Seno un mūsdienu vulkānu izvietojums ir saistīts ar tām Zemes garozas zonām, kurās ir bijusi vai pastāv arī tagad liela tektoniska aktivitāte. Tās ir vecās un jaunās ģeosinklināļu joslas, dziļu tektonisko lūzumu zonas, pārejas zonas no kontinentālā uz okeānisko Zemes garozas uzbūves tipu un vidusokeāna grēdas.

Izšķir kontinentālos, zemūdens un salu vulkānus. Pavisam zināms ap 500 kontinentālo un salu vulkānu, bet zemūdens vulkānu skaits, pēc dažu pētnieku domām, sasniedz vairākus tūkstošus.

Vulkānu darbības laikā uz Zemes virsas tiek izsviesti gāzveida, cieti un šķidri izvirduma produkti. Cietie vulkāniskie produkti sastāv no sīkām lavas daļiņām, iežu gabaliem, drumslām. Tie veido tā sauktos vulkāniskos pelnus, smiltis, akmeņus u. c. Šķidrajiem vulkāniskiem produktiem pieskaitāma lava, kas izplūst no vulkāna izvirduma beigu posmā.

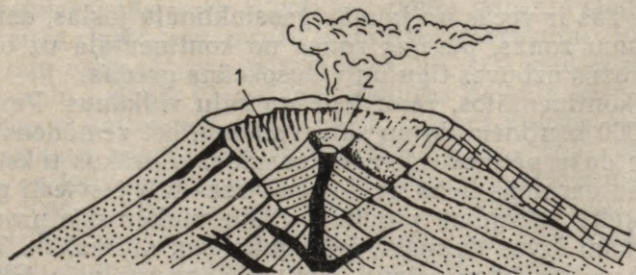


46. att. Vulkāna shēma:

1 — krāteris, 2 — vulkāna kanāls, 3 — sastingušās lavas plūsmas, 4 — sānkonusi, 5 — lava.

Cietie un šķidrie izvirduma produkti, uzkrājoties izvirduma vietā, veido īpatnējus koniskus kalnus — *vulkāniskos konusus* (46. att.). Šķērsgriezumā tiem parasti ir slāņota uzbūve. Tie sastāv no dažādiem izvirduma produktiem — vulkāniskiem pelniem, lavas u. c., kas vulkānu darbības laikā izsviesti no Zemes dzīlēm un noklājušies ap vulkāna kanālu.

Vulkānisko kalnu augstums atkarībā no izvirdumu procesa īpatnībām, vecuma, sastāva u. c. var būt visai dažāds — no dažiem desmitiem metru līdz vairākiem kilometriem. PSRS teritorijā Kamčatkas pussalas augstākais vulkāns Kļučevskaja sopka ir 4750 m, bet Dienvidamerikā (Ekvadorā) vulkāna Čimboraso augstums pārsniedz 6000 metrus.



47. att. Vulkāna kaldera (1) ar jaunu krāteri (2).



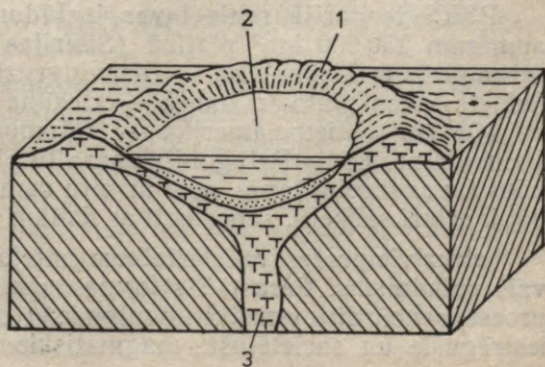
48. att. Vulkāna nogāzes, saposmotas ar dziļām gravām — barankosiem.

Vulkānu virsotnē ir piltuvveida iedobe — *krāteris*, kura diametrs, dziļums un forma ir visai dažādi. No krātera dibena dziļumā iet vulkāna *kanāls*, pa kuru izvirduma laikā izplūst lava un citi vulkāniskie produkti.

Ja ir notikusi spēcīga eksplozija vai krātera iegruvums, veidojas *kaldera* (no spāņu *caldera* — katls) — dziļa un plaša iedobe, kuras diametrs var sasniegt vairākus kilometrus (47. att.). Kalderas dibenā nereti veidojas konisks uzkalns un jauns krāteris. Bieži tur atrodas šķidra un sacietējusi lava, pa plaisām izdalās karstie ūdeņi un karstās gāzes (HCl, SO<sub>2</sub>, N, CO<sub>2</sub> u. c.). Vulkānisko gāzu izplūdes vietas sauc par *fumarolām* (no itāļu *fumo* — dūmi).

Vulkānisko kalnu nogāzes klāj sacietējusi lava, kurai visai nelīdzena, haotiska, cilaina virsma, kas grūti pārejama. Lietus un sniega kušanas ūdeņi ar laiku izskalo vulkānisko kalnu nogāzes, izveidojot dziļas, šauras gravas — *barankosus*. Tie stiepjas radiāli no virsotnes līdz pakājei un stipri saposmo vulkāna nogāzes (48. att.).

Senā vulkānisma apgabalos sastopamas tā sauktās *māres* — apaļas vai ovālas lēzenas iedobes, gar kuru malām izveidojies neliels virsmas vaļņveida pacēlums (49. att.). Māres veidojušās vietās, kur notikusi vulkānisko gāzu eksplozija, kas plūdušas



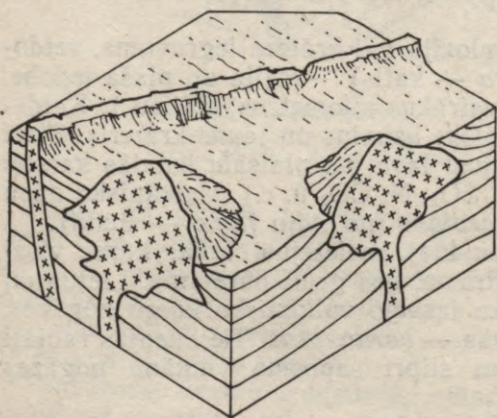
49. att. Māres uzbūves shēma:

1 — valnis, 2 — ezers, 3 — vulkāniskie ieži.



50. att. Plaisu izvirduma un lavas segas shēma.

Zīmējumā parādīti daži magmatiskās intrūzijas veidi: 1 — batolīts, 2 — lakolīts, 3 — daika.



51. att. Denudācijas procesu atsegtu lakolītu un daikas radītās reljefa formas.

no Zemes virsai tuvu esošās magmas. Māru diametrs ir visai dažāds — no dažiem desmitiem metru līdz 2...3 km, bet dziļums — daži desmiti, arī daži simti metru. Māres parasti ir pārvērtušās par ezeriem. Tipisks māru izplatības rajons ir Eifels — kalnu masīvs Vācijas Federatīvajā Republikā.

Aplūkotās vulkāniskās formas veidojās galvenokārt tā sauktajos centrālajos izvirdumos, kad vulkāniskie produkti Zemes virs pusē izplūda pa vienu kanālu. Lineāro jeb plaisu izvirdumu gadījumos uz Zemes virsas izplūda bāziskas (ar zemu  $\text{SiO}_2$  kopdaudzumu) bazaltu lavas masas, kas pārklāja lielas platības ar biezu segu. Masai sacietējot, izveidojās *lavas plato* — līdzenas paceltas teritorijas, kas norobežotas ar samērā stāvām kraujām. Plaisu izvirdumi notika galvenokārt senajās ģeoloģiskajās ērās — paleozoajā, mezozoajā un apakšējā kainozoajā.

PSRS teritorijā senie lavas izplūdumi ir bijuši Vidussibīrijā apmēram 150 000 km<sup>2</sup> platībā (Sibīrijas trapi). Ģeoloģiski jauni lavas plato ir Aizkaukāzā — Dienvidgruzijā un Armēnijā. Ārzemēs lielākie lavas plato ir Indijā — Dekānas plakankalne (apmēram 500 000 km<sup>2</sup>), Ziemeļamerikā — Kolumbijas plato (550 000 km<sup>2</sup>), Dienvidamerikā — Patagonijas bazaltu plato u. c. Šādi lavas plato kopš savas izveidošanās upju un citu denudācijas procesu darbības dēļ ir stipri sašķelti, saposmoti ar dziļām ielejām un kanjoniem.

**Intruzīvie** procesi rada izteiktas reljefa formas retāk nekā efuzīvais vulkānisms. Parasti šīs formas parādās tur, kur denudācijas procesos noārdīti virsējie nogulumiežu slāņi un atkailināti tajos iestrēgušie un sacietējušie magmatiskie sastāvi. Visbiežāk šādas

intrūzijas un ar tām saistītās reljefa formas sastopamas kroku kalnāju rajonos.

Skāba viskoza magma, iespiežoties Zemes garozā, veido kukuļveida ķermeņus *lakolitus*, kuru diametrs sasniedz 3...6 km. Atkailinātie lakolīti veido kupolveida kalnus, piemēram, Ziemeļkaukāzā Pjatigorskas apkārtnē (Železnajas kalns, Zmijevas kalns u. c.), Krimas pussalā (Ajudags u. c.) un citur.

Ja magma ir aizpildījusi un sastingusi Zemes garozas plaisās, rodas *lavas daika*, kurai ir ne visai biezas, garas plāksnes veids. Denudācijas procesos atsegtās daikas izveido dažāda augstuma, garuma un biezuma klinšainas sienas.

Visai lieli kupolveida granitiskās magmas intruzīvie ķermeņi ir *batolīti*. To platība sasniedz vairākus simtus kvadrātkilometru. Batolītu atkailinājumu vietās radušies lēzeni kupolveida pacēlumi.

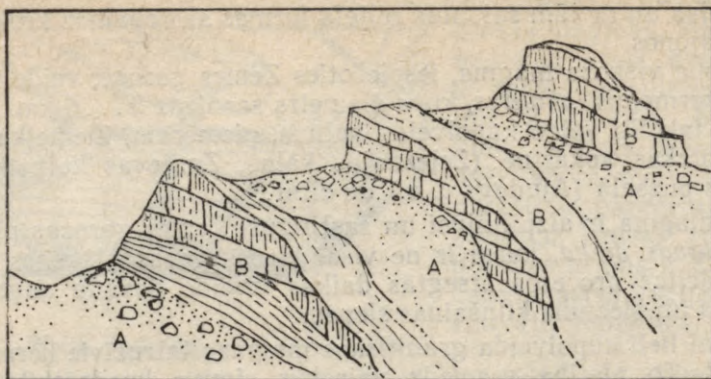
#### **4. 4. EKSOĢĒNIE PROCESI UN TO VEIDOTĀS RELJEFA FORMAS**

##### **4. 4. 1. EKSOĢĒNO PROCESU VEIDI UN NORISE**

Eksogēnie jeb ārējie procesi norisinās uz Zemes garozas virsas, tos izraisa vairāki faktori, kuru intensitāte un izplatība ir atkarīga no Saules enerģijas. Planetārā mērogā eksogēno procesu kopējā tendence ir nolīdzināt un vienkāršot endogēnajos procesos radītās reljefa formas. Vispārīgās ģeomorfoloģijas nozare, kas pēta eksogēnos procesus un to radītās reljefa formas, ietilpst dinamiskajā ģeomorfoloģijā.

Eksogēno procesu darbība ir būtiski saistīta ar citiem faktoriem, kas piedalās Zemes garozas virskārtas veidošanā. Eksogēno procesu radītā reljefa īpatnības ir atkarīgas gan no klimatiskajiem apstākļiem, teritorijas ģeoloģiskās uzbūves un iežu litoloģiskā sastāva, gan arī no primāro reljefa formu rakstura un Zemes garozas tektonisko kustību aktivitātes.

Reljefu veidojošā eksogēno procesu darbība var būt gan ilgstoša, gan īslaicīga. Ilgstošos procesos daudzu miljonu gadu laikā veidojušās un nostabilizējušās reljefa lielformas. Dabā vērojamas arī īslaicīgas ģeoloģiskas parādības, no kurām daudzām piemīt pēkšņs, katastrofāls raksturs. Tām pieskaitāmas lavīnas, nogrūvumi, noslīdeņi, gravu veidošanās utt. Šie procesi apdraud būvju stabilitāti un rada zaudējumus tautas saimniecībā. Tāpēc nepieciešama šādu procesu izpēte un prognozēšana, ko veic ģeologi, ģeomorfologi, lauksaimniecības, ceļu būvniecības, celtniecības un dabas aizsardzības speciālisti.



52. att. Reljefa veidošanās denudācijas procesos:

A — mīkstie ieži, B — cietie ieži.

Svarīgākās eksogēno procesu kopējās izpausmes planetārā mērogā ir denudācija un akumulācija.

Denudācija ir ārdošo procesu — dēdēšanas, noskalošanas un smaguma spēka izraisīto dēdēšanas produktu kustības kopums. Temperatūras svārstības, ķīmiskie procesi, ūdens, vēja un dzīvo organismu iedarbība izraisa dēdēšanu — iežu sairšanu un noārdīšanos to atrašanās vietā. Izturība pret dēdēšanu ir atkarīga no iežus veidojošo minerālu ķīmiskās stabilitātes, šķīstspējas, porainības, mehāniskās izturības un slāņu saguluma apstākļiem. Mazāk izturīgie ieži noārdās ātrāk, un to atrašanās vietās parasti veidojas negatīvas reljefa formas (ieplakas, ielejas, vagas utt.), bet izturīgāko iežu slāņkopas veido izciļņus jeb pozitīvās reljefa formas (klintis, radzes, palikšņus u. c.). Šādā veidā radušos reljefu sauc par *skulptūras* reljefu.

Denudācijas rezultātā dēdēšanas produkti no hipsometriski augstāk paceltām vietām pārvietojas relatīvi zemāk novietotajās teritorijās. Pārvietošanās norisinās vai nu tiešā (nogrūvums, lavīna u. c.), vai netiešā (ūdens plūsma, ledājs, vējš utt.) smaguma spēka ietekmē.

Akumulācija ir denudācijai pretējs process, kurā sairšanas produkti izgulsnējas un uzkrājas. Atkarībā no virzošā ģeomorfoloģiskā procesa izšķir upju, ezeru, jūras, vēja, ledāja un gravitācijas akumulācijas procesus, kuru darbības rezultātā veidojas akumulatīvās reljefa formas. Denudācija un akumulācija ir dialektiski savstarpēji cieši saistīti procesi, un to mijiedarbības rezultātā notiek Zemes virsas nolīdzināšanās.

Eksogēno procesu aktivitāte reljefa veidošanā ir atkarīga no vietas augstuma virs jūras līmeņa, okeānu, jūru un sauszemes sadalījuma, klimatiskajiem apstākļiem un daudziem citiem blakus faktoriem, kas aktīvi līdzdarbojas reljefa formu pārveidošanā. Kon-

trastainās teritorijās, kurām raksturīga bieža pauguru, ieplaku un ieleju mija, eksogēnie procesi parasti izpaužas daudz enerģiskāk nekā līdzenās, vienvēdīgās platībās.

Dažādie reljefu veidojošie faktori rada raksturīgas reljefa formas, kuru izcelsmes apstākļus var noteikt pēc slāņu saguluma rakstura, litoloģiskā sastāva īpatnībām un morfometriskajiem rādītājiem. Reljefa formu izpēte un eksogēno procesu darbības noskaidrošana palīdz prognozēt dažādu derīgo izrakteņu atradnes. Arī teritorijas inženierģeoloģiskā un hidroģeoloģiskā izpēte nav iedomājama bez eksogēno procesu izpratnes. Sevišķi rūpīgi eksogēnās reljefa formas jāpēta lauksaimniecības speciālistiem, lai nodrošinātu racionālu zemes izmantošanu un arī paredzētu cilvēka darbības izraisītās negatīvās sekas.

Eksogēno procesu raksturam, izplatībai un intensitātei uz zemeslodes ir skaidri izteikta ģeogrāfiska zonalitāte. Tas nozīmē, ka eksogēnos procesus kā reljefa veidotājus ietekmē fiziski ģeogrāfiskie un klimatiskie apstākļi, kuri savukārt ir atkarīgi no vietas ģeogrāfiskā stāvokļa, no Saules enerģijas sadalījuma un gaisa masu kustības.

Reljefa un klimatisko apstākļu savstarpējās attiecības ir visai sarežģītas. No klimata ir atkarīgs eksogēno procesu raksturs un intensitāte, piemēram, kontinentāla klimata apstākļos visaktīvākie ir iežu dēdēšanas procesi, mitrā klimatā — fluvālie procesi, bet sausa un karsta klimata apgabalos pārsvarā ir eolie (vēja) procesi. Gaisa masu pārvietošanos un līdz ar to nokrišņu sadalījumu, mitruma un iztvaikošanas attiecības savukārt ietekmē sauszemes reljefs. Klimatiskie apstākļi (temperatūra, nokrišņi, vēja stiprums utt.) eksogēnos procesus var ietekmēt vai nu tieši, vai netieši — caur hidrosfēras, augu valsts un citiem ģeogrāfiskās ainavas komponentiem.

Daudzveidīgās un sarežģītās reljefa un klimatisko apstākļu savstarpējās attiecības ir radījušas nepieciešamību izveidot tādu klimatisko apstākļu klasifikāciju, kurā tiktu ņemta vērā to loma reljefa veidošanā.

Jau mūsu gadsimta sākumā vācu zinātnieks A. Penks izdalīja trīs galvenos klimata tipus no reljefa veidošanās aspekta: nivālo, humīdo un arīdo klimatu. Mūsu dienās visbiežāk izmanto I. Ščukina klimata klasifikāciju, kurā ievērota klimata loma reljefa veidošanā. Aplūkosim šo klasifikāciju saīsinātā veidā (pēc O. Ļontjeva un G. Ričagova).

Nivālais klimats — liels nokrišņu daudzums sniega veidā ievērojami pārsniedz kušanas un iztvaikošanas iespējas; reljefa veidošanās procesi galvenokārt saistās ar ledāju darbību, fizisko dēdēšanu, mūžīgo sasalumu.

Polārais klimats — raksturīga vesela rinda specifisku procesu, kas saistīti ar grunts mūžīgo jeb ilggadīgo sasalumu (šie procesi detalizētāk iztirzāti apakšnodaļā «Kriogēnās reljefa formas»).

Humīdais klimats — gada vidējais nokrišņu daudzums pārsniedz iztvaikojumu; aktīvi norisinās fluviālie (virszemes tekošo ūdeņu) procesi, veidojas erozijas un akumulācijas reljefa formas, intensīva ir iežu ķīmiskā dēdēšana, viegli šķīstošajos iežos attīstās karsta procesi.

Arīdais klimats — iztvaikošanas intensitāte pārsniedz (nereti pat vairākas reizes) nokrišņu daudzumu; reljefu veido galvenokārt vēja darbība, kuru veicina mitruma trūkums zemes virskārtā un vāji attīstītā veģetācija.

Divu klimatisko zonu pārejas joslās sastopamas abām zonām raksturīgas reljefa formas. Iedalījums klimatiskajās zonās ir relatīvs laikā, jo jebkurā no šīm zonām var būt sastopami arī seno ģeoloģisko periodu reljefa veidojumi. Tā, piemēram, mūsu republikā, kas atrodas humīdā klimata zonā, reljefa pamatformas veidojušās kvartāra apledojuuma ietekmē.

#### 4. 4. 2. IEŽU DĒDĒŠANA UN GRAVITĀCIJAS PROCESI KĀ RELJEFA VEIDOTĀJI

Iežu fizikālas un ķīmiskas izmaiņas, kas rodas ārējo faktoru darbības rezultātā, apzīmē par dēdēšanas procesiem. Tā kā šiem procesiem ir ļoti liela loma ne tikai ģeoloģijā, bet arī ģeomorfoloģijā, tad apskatīsim tos sīkāk.

Uz Zemes virsas pat visblīvākie, vizitūrīgākie ieži pakāpeniski sairst un sadrup. Galvenie dēdēšanas faktori ir šādi:

- temperatūras svārstības;
- ūdens sasalšana iežu plaisās;
- tekošā ūdens un ledus mehāniskā iedarbība;
- ūdens šķīdinošā iedarbība;
- gaisā un ūdenī esošā skābekļa, ogļskābās gāzes un citu ķīmisku savienojumu iedarbība;
- augu sakņu iekļūšana iežu plaisās;
- dažādu dzīvo organismu (arī mikroorganismu) izdalīto organisko skābju un citu aktīvu savienojumu iedarbība.

Atkarībā no faktora, kuram ir galvenā ietekme dēdēšanā, izšķir 1) fizisko jeb mehānisko dēdēšanu, 2) ķīmisko dēdēšanu un 3) bioloģisko jeb organisko dēdēšanu.

Lieli nopelni dēdēšanas procesu pētīšanā ir akadēmiķim B. Polīnovam, kurš izpētījis tā sauktās dēdēšanas garozas galvenās attīstības stadijas. Par *dēdēšanas garozu* B. Polīnovs nosaucis sairšanas produktu kārtu, kas radusies virs masīvi kristāliskiem iežiem ilgstošas dēdēšanas rezultātā. Jāievēro, ka šāda dēdēšanas garoza nav visur saglabājusies, jo to ilgā ģeoloģiskās vēstures laikā noskalējuši tekošie ūdeņi vai noārdījuši ledāji.

**Fiziskā jeb mehāniskā dēdēšana** ir masīvi kristālisko iežu saplaisāšana un sadrupšana, ja nenotiek ķīmiskas pārvērtības. Viens no galvenajiem faktoriem, kas izraisa fizisko dēdēšanu, ir krasas

temperatūras maiņas — tās rada iežu virsējo un arī dziļāko kārtu nevienmērīgu izplešanos un saraušanos, kuru rezultātā tās sa-plaisā. Plaisāšanu veicina arī tas, ka daudzi ieži sastāv no dažādu minerālu kristāliem (kvarcs, laukšpati, vizla u. c.), kuriem ir dažādi izplešanās koeficienti. Šis process sevišķi plaši noris tuksnešu un kalnu apgabalos, kur temperatūras izmaiņas ir ļoti krasas. Ūdens, sasilstot iežu plaisās, izpleš tās un pastiprina iežu mehānisko sadrupšanu.

Tekošie ūdeņi, ledus un vējš aiznes dēdēšanas produktus un nogulsnē tos upēs, ielejās, ezeros vai jūrās. Reizē ar to minerālu un iežu graudi atkarībā no tecējuma ātruma vairāk vai mazāk sašķirojas pēc lieluma un smaguma. Tā veidojas sekundāri nogulumiežu slāņi, kas atšķiras ar daļiņu vidējo lielumu un mineralogisko sastāvu. Šādus nogulsnētus mehāniskās dēdēšanas produktus sauc par drupu iežiem, un tiem ir liela nozīme Zemes virskārtas uzbūvē.

**Ķīmiskās dēdēšanas rezultātā** pārmainās sākotnējo iežu mineralogiskais sastāvs un tie aizvien vairāk sasmalcinās. Jāuzsver, ka fiziskā sairšana pastiprina ķīmisko procesu iedarbību, jo, minerāliem un iežiem sasmalcinoties, stipri palielinās daļiņu virsmas kopplatība. Tas dod iespēju ķīmiskajiem faktoriem aktīvāk iedarboties uz lielāku molekulu un jonu skaitu, vieglāk iesaistīt tos dažādās ķīmiskās reakcijās.

Ķīmiskās dēdēšanas procesā notiek iežus veidojošo minerālu šķīdināšana, hidrolīze, oksidācija un reducēšana, hidratācija un dehidratācija, karbonizācija un dekarbonizācija.

Šķīdināšana ir svarīgākais ķīmiskās dēdēšanas process dabā. Ūdens šķīdinošo iedarbību veicina tajā esošā ogļskābe ( $H_2O + CO_2 = H_2CO_3$ ), sērskābe, kā arī dažādas organiskās norises, kas rodas mikroorganismu un augu bioloģiskajos procesos.

Oksidācija ir saistīta ar gaisa skābekļa un ūdens iedarbību. Visbiežāk oksidējas divvērtīgā dzelzs un mangāns, kas ietilpst magnetīta, ragmāņa, augīta, biotīta un citu minerālu sastāvā.

Reducēšana procesus izraisa ūdenī esošās organiskās vielas un sērūdeņradis, bet visbiežāk tos rada anaerobie mikroorganismi, kas atņem no oksīdiem sev nepieciešamo skābekli.

Hidratācija ir ūdens molekulu piesaistīšanās un iekļaušanās minerālu kristāliskajā režģī. Sevišķi plaši dabā noris dzelzs oksīda hidratācija. Dehidratācijas procesā ūdeni saturoši minerāli to zaudē, pārvērtoties anhidrīdos.

Karbonizācija notiek, silikātos un ūdens šķīdumos esošajiem bāziskajiem katjoniem (K, Na, Ca, Mg u. c.) savienojoties ar ogļskābi. Rodas ogļskābes sāļi — karbonāti, piemēram,  $Ca(OH)_2 + CO_2 = CaCO_3 + H_2O$ . Dekarbonizācijas rezultātā karbonāti sadalās.

Ķīmiskās dēdēšanas rezultātā laukšpati un citi alumosilikāti sadalās un pārvēršas kaolīnā — mālos, bet tumšās vizlas sairstot

zaudē dzelzi un citas bāzes, iegūstot šā procesa rezultātā gaišu krāsu.

**Bioloģiskās dēdēšanas** procesos uz iežiem iedarbojas galvenokārt augi, kuri izdala caur saknēm organiskās skābes. Augiem trūdot un sadaloties, rodas ogļskābe, kas veicina ķīmisko dēdēšanu.

Iežu virsma, apaugot ar mikroskopiskiem ķērpjiem, kļūst nelīdzena un irdena. Uz šādas plānas sākotnējās sadēdējušu iežu kārtiņas vēlāk attīstās sūnas un lakstaugi, kas vēl intensīvāk veicina iežu sairšanu.

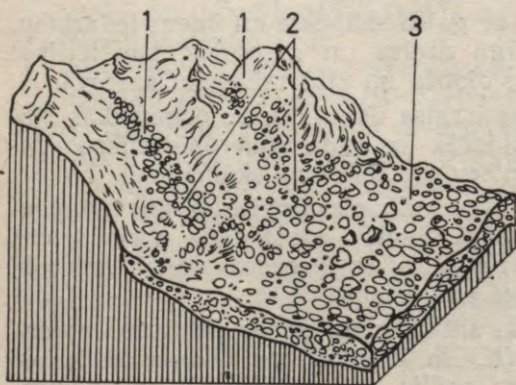
Ipatnējas reljefa formas rodas, ja iežiem visās vietās nav vienāda izturība (dažāds blīvums, šķīstspēja, plaisainība u. c.). Dēdēšanas procesos iežu vājākās joslas sairst ātrāk, bet izturīgākās saglabājas ilgāk — notiek tā sauktā selektīvā (izlases) dēdēšana. Tā rodas dēdēšanas palikšņi — reljefa formas, kurām atkarībā no iežu īpašībām var būt stabu, torņu, kores, karnīzes un cits veids. Selektīvās dēdēšanas rezultātā uz lielāku reljefa elementu virsas izveidojas dažādas mikroreljefa formas — iedobes, izciļņi u. c.

Vietās, kur noris intensīva iežu mehāniskā dēdēšana, virs sairšanas neskartiem pamatiežiem veidojas tā sauktais eluvijs — uz vietas palikusi nešķirota iežu iridne, kas sastāv no dažāda lieluma šķembām, lauskām, cilām. Kalnu apvidos smaguma spēka, lietus un kušanas ūdeņu ietekmē dēdēšanas produkti pa nogāzēm veļas lejup. Šī apstākļa dēļ nogāžu lēzenākās vietās un pakājēs uzkrājas lielas irdeno dēdēšanas produktu masas — kolūvijs. Līdzīgi radušos nogulumus uz nogāzēm, parasti līdzenumu rajonos, apzīmē arī ar terminu delūvijs.

Uz kalnu nogāzēm smaguma spēka ietekmē veidojas nobiras, kas sastāv no dažāda lieluma akmens šķembām, lauskām, cilām, kā arī no smalkākiem smilšaini mālainiem nogulumiem. Nobiras

atkarībā no nogāzes formas veido nobiru konusus vai nobiru šleifus. Pēdējie pārklāj nogāzes pakāji kā plaša vienmērīga nobirumu sega (53. att.).

Ipatnēja un visai izplatīta dēdēšanas materiāla akumulācijas forma kalnājos ir akmeņlauki (kurni) un akmeņplūsmas. Akmeņlauki ir šķembu un dažāda lieluma akmens cilu sakopojumi plakanās vai nedaudz nolaidenās nogāzēs. Akmeņplūsmas ir lineāri stiepti šķembu un akmeņu sakopojumi nogāzi šķēr-



53. att. Dēdēšanas materiāla izvietojuma veidi uz kalnu nogāzēm:

1 — akmeņplūsmas, 2 — nobiru konusi, 3 — nobiru šleifs (pakājē).

sojošās iegravās un iegultnēs. Akmeņplūsmu platums svārstās no dažiem metriem līdz dažiem desmitiem metru, bet garums var sasniegt vairākus kilometrus.

Kalnajos bieži sastopami dēdēšanas cirki — pusmēness formas iedobes ar stāvām klinšainām nogāzēm (54. att.). To diametrs var būt no dažiem desmitiem līdz dažiem simtiem metru. Dēdēšanas cirks padziļinās un sašaurinās nogāzes krituma virzienā, pārejot šaurā iegultnē vai ielejā. Dēdēšanas cirka nogāžu pakājes un dibenu klāj dažāda lieluma šķembu un akmeņu krāvumi, kas atlūzuši no cirka sienām un nereti ir sākums lielām akmeņplūsmām.



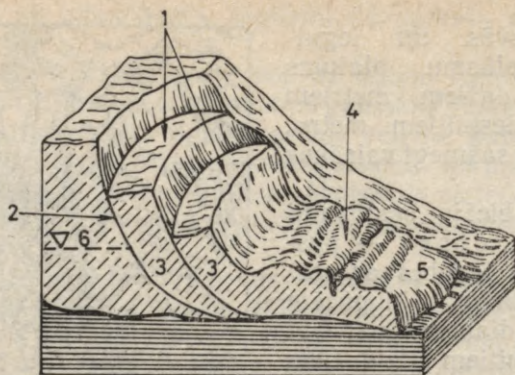
54. att. Dēdēšanas cirks kalna nogāzē.

Dēdēšanas materiāla irdenās masas var brīvi pārvietoties lejup pa nogāzi smaguma spēka ietekmē ar dažādu ātrumu.

Nobirās un akmeņplūsmās notiek materiāla diezgan pastāvīga lēna virzīšanās lejup nogāzes krituma virzienā. Šo kustību izraisa ūdens sasalšana un atkušana drupu krāvumu iekšējos tukšumos, lietusskāzes, temperatūras maiņas u. c. Kustības ātrums nobirām ir dažāds — no dažiem centimetriem līdz dažiem desmitiem metru gadā, tas atkarīgs no materiāla rupjuma, nogāzes slīpuma, paklājiņu rakstura, mitruma apstākļiem u. c. Projektējot un būvējot ceļus pāri nobirām, jārisina visai grūti uzdevumi, lai apturētu to kustības un nodrošinātu ceļa trases drošību. Reizēm iežu masas pēkšņi atraujas, apvēršas un ātri pārvietojas lejup pa nogāzi. Tādu parādību sauc par nogrūvumu. Nogrūvuma rašanās cēloņi ir iežu masu noturības zudums, kas var rasties, tiem plaisājot sniega un ledus kušanas laikā, spēcīgu lietusskāžu dēļ, krasu temperatūras maiņu, kā arī zemestrīču rezultātā.

Noslīdeņi ir tāda irdeno iežu masu kustība, kas notiek pēkšņi lejup gar nogāzi samērā plašā joslā, neapvēršoties un nesāšķeloties sīkos gabalos (55. att.). Nogrūvumos, pretēji noslīdeņiem, iežu masas apvēršas, sašķeļas un sajaucas.

Noslīdeņi un nogrūvumi rodas tur, kur iežu masa uz nogāzes zaudē savu iekšējo saistīgumu. Tas parasti notiek vietās, kur izskalota nogāzes pakāje un virsējās iežu masas zaudē atbalstu. Šādi apstākļi bieži vien ir ūdenstilpju krastos. Tāpat noslīdeņi rodas vietās, kur nogāzes pamatā ir nestabili slāņi (plūstoša smilts), vai arī tur, kur virszemes ūdeņi, noplūstot pa nogāzi, samitrina iežu masu, kas zaudē savu noturību. Virsmu, pa kuru grunts masa slid lejup, sauc par *slides virsmu*. Nogāzes augšējā daļā slīdes virsma



55. att. Noslīdeņa shēma:

1 — noslīdeņa terases, 2 — slīdes virsma (kauss), 3 — noslīdeņa ķermenis, 4 — uzblīduma valnis, 5 — noslīdeņa mēle, 6 — gruntsūdens līmenis.

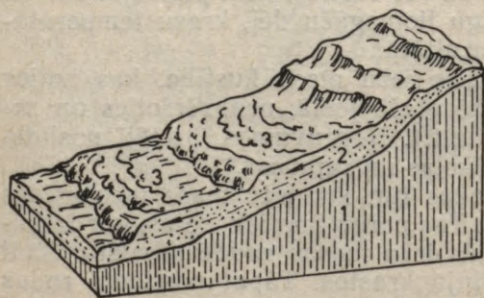
atsedzas un veido *noslīdeņa krauju*, bet zemāk veidojas *noslīdeņa terase*. Tā kā vienā un tajā pašā vietā iežu bloki var noslīdēt atkārtoti, tad dažkārt izveidojas arī vairākas noslīdeņa terases.

Noslīdeņu veidošanās ir sarežģīts process, kas atkarīgs no daudziem faktoriem, piemēram, no ģeoloģiskiem apstākļiem (iežu litoloģiskais sastāvs, dažādu iežu slāņu saguluma veids, iežu plaisainība, porainība u. c.), pazemes virsūdeņu iedarbības uz nogāzes iežiem, cilvēka darbības u. c. Tādēļ dabā sastopami veidošanās apstākļu, formas un lieluma ziņā ļoti dažādi noslīdeņi.

PSRS teritorijā plaši pazīstami ir noslīdeņi upju ieleju krastos, piemēram, Volgas labajā krastā starp Gorkiju un Volgogradu, Okas krastos u. c. Daudz noslīdeņu ir Melnās jūras piekrastē — Kaukāzā, Krimā, pie Odesas. Latvijas teritorijā dabiskie noslīdeņi

ir konstatēti Salacas vidusstecē, Gaujas labajā krastā augšpus Cēsīm un kreisajā krastā starp Cēsīm un Siguldu. Noslīdeņi ir arī Daugavas ielejā starp Krāslavu un Daugavpili, starp Līvāniem un Daugavpili u. c.

Savdabīga irdeno masu pārvietošanās ir izplatīta kalnu nogāzēs mūžīgā sasaluma rajonos. Atkūstot ar ūdeni piesātinātam virsējam iežu iрдnes slānim (arī augsnes kārtai), tas sāk plūst lejup gar nogāzi pa



56. att. Soliflukcijas veidošanās shēma:

1 — sasalums, 2 — aktīvais (atkūstošais) slānis, 3 — soliflukcijas terases.

sasalušo iežu virsmu. Šo procesu sauc par soliflukciju. Plūstošās iežu masas vietām uzvirzās stabilai nogāzes virsai un rada savdabīgas soliflukcijas terases (56. att.).

#### 4. 4. 3. ŪDENS PLŪSMAS UN TO RADĪTĀS RELJEFA FORMAS

Ūdens plūsmu darbība ir viens no aktīvākajiem eksogēnajiem procesiem, kas pārveido Zemes virsas reljefu. Jebkuras ūdens plūsmas darbība ietver trīs atšķirīgus, bet savā starpā cieši saistītus procesus: *eroziju* (no latīņu *erosio* — sairšana) jeb ārdošo darbību, erodētā materiāla *transportēšanu* un plūsmas nestā materiāla *nogulsnēšanu* (akumulāciju).

Ūdens plūsmas darbības intensitāte ir atkarīga no tā sauktā plūsmas dzīvā spēka ( $P$ ), kas ir tieši proporcionāls tekošā ūdens masas ( $m$ ) un plūsmas ātruma ( $v$ ) kvadrāta reizinājuma pusei:

$$P = \frac{mv^2}{2}$$

Plūsmas tecējuma ātrums galvenokārt ir atkarīgs no reljefa slīpuma dotajā teritorijā.

Reljefa veidošanas procesā svarīga nozīme ir arī ūdens plūsmas ilgumam. Izšķir periodiskās un pastāvīgās ūdens plūsmas.

Periodiskās ūdens plūsmas darbojas lietusgāzu un sniega kušanas laikā, kad intensīvas noteces apstākļos nogāžu virsa tiek pārklāta ar ūdens kārtiņu, kas sastāv no daudzām sīkām straumītēm. Plūstot lejup, tās izskalo un aizrauj sev līdzī sīkākās augsnes un iežu daļiņas. Izšķir divus īslaicīgo ūdens plūsmu ārdošās darbības veidus: plaknes (laukumveida) un lineāro eroziju. Plaknes erozijas rezultātā neveidojas noteiktas gultnes, bet lineārās erozijas gadījumā tiek veidotas dažāda dziļuma skaidri izteiktas gultnes, kas orientētas ūdens plūsmas tecēšanas virzienā. Tā kā ūdens plūsma šajās gultnēs nav pastāvīga, tad gultnes ir nelīdzenas un tām nav izveidojies vienmērīgs garenprofila kritums. Spēcīga periodisko lineāro ūdens plūsmu darbība labvēlīgos apstākļos izraisa gravu veidošanos.

Pastāvīgo ūdens plūsmu barošanā dalību ņem ne tikai virsējie, bet arī pazemes ūdeņi. Darbodamās ilgāku laiku, šīs plūsmas veido dziļus, garus iegrauzumus Zemes virsmā — ielejas, kurās tālākie reljefa veidošanās procesi tiek pakļauti tekošā ūdens darbībai. Šādas pastāvīgas ūdens plūsmas, kas koncentrējas noteiktās, izstieptās gultnēs, ir upes un upītes.

Kā īslaicīgās, tā pastāvīgās ūdens plūsmas veido raksturīgas reljefa formas un elementus. Aplūkosim galvenos ūdens erozijas veidus un to radīto reljefu.

## Īslaicīgo un periodisko ūdens plūsmu darbība

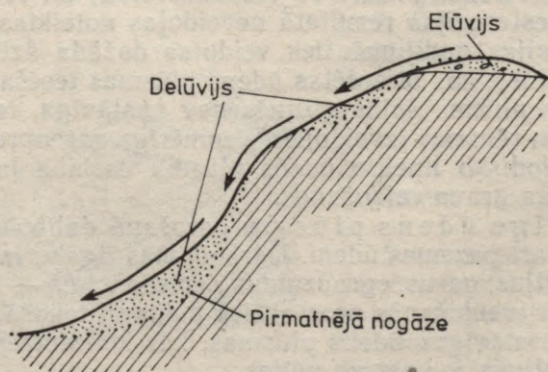
Par plaknes eroziju tātad apzīmē iežu (augšnes) noskalošanas procesus, kas noris uz nogāzēm, lietus un sniega kušanas ūdeņiem noplūstot vienlaidus, t. i., neveidojot izteiktas gultnes. Šo procesu intensitāte un ietekme uz reljefu ir atkarīga no nogāžu slīpuma, iežu īpašībām, nokrišņu daudzuma un intensitātes, infiltrācijas un iztvaikošanas apstākļiem, kā arī no augu segas rakstura.

Viens no vissvarīgākajiem faktoriem vienlaidu erozijas procesos ir nogāžu slīpums. Jo nogāze ir stāvāka, jo lielāks ir ūdens tecēšanas ātrums un līdz ar to lielāks ūdens dzīvais spēks. Lēzenās nogāzēs lejup plūstošais ūdens aiznes sev līdzī tikai iežu smalkākās frakcijas, izskalo augšnes auglīgās sastāvdaļas un veido reljefā nelielas vadziņas, radot raksturīgas nanoformas un mikroformas uz nogāžu virsas. Stāvās nogāzēs noskalošana ir daudz spēcīgāka, sevišķi tad, ja nogāzes veido irdeni ieži, kas nav klāti ar veģetāciju.

Noskaloto materiālu, kā jau minēts, sauc par delūviju, bet izskalotos, uz pauguru virsotnēm palikušos nogulumus — par elūviju (57. att.).

Mūsu republikā vienlaidu erozija uz nogāzēm sevišķi aktīvi izpaužas lauksaimnieciski izmantojamās zemēs. 10° slīpā nogāzē, kura pārklāta ar veģetāciju, erozijas procesi izpaužas aptuveni 60 reizes vājāk nekā apstrādātā augsnē (pēc G. Darmera). Pavasaros un rudenos, kad ir vislielākais nokrišņu daudzums, apstrādātā augšnes virskārta noskalošanai pakļaujas sevišķi viegli.

Nogāžu erozija ir postošs process. Ja gada laikā no tūruma noskalojas tikai 1 cm bieza augšnes virskārta, tad, pārrēķinot uz 1 ha, tiek noskaloti apmēram 100 m<sup>3</sup> visauglīgākās trūdzemes (R. Stalbovs).



57. att. Plaknes erozijas procesos veidotie nogulumi.

Latvijā plaknes erozija sevišķi aktīvi izpaužas Madonas, Alūksnes, Krāslavas un Rēzeknes rajonu paugurainā reljefa apvidos. Pēdējos gados tiek izstrādāta un ieviesta prakse jauna preterozijas pasākumu sistēma, lai paugurainās teritorijas pasargātu no erozijas kaitīgās iedarbības.

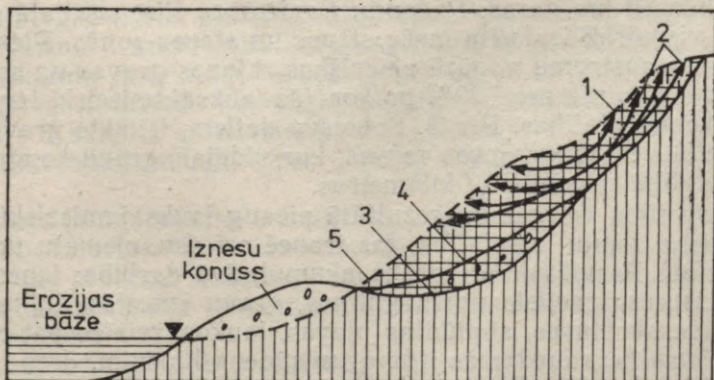
Ja stāvās nogāzēs ūdens plūsma sastop ceļā laukakmeņus vai atsevišķus klinšu blukus, tad vieglāk izskalojas tiem apkārt gulošie mīkstākie ieži un veidojas oriģinālas reljefa formas — zemes piramīdas (58. att.). Zem akmens esošo iežu izskalošana tiek traucēta, tāpēc uz vispārējā erodētā nogāzes fona zemes piramīda veido pozitīvu reljefa formu. Zemes piramīdu mikroformas novērojamas arī Latvijā tūlīt pēc spēcīgām lietusgāzēm.

**Gravu veidošanās.** Ja pa nogāzi lejup tekošais lietus un sniega kušanas ūdens koncentrējas noteiktās gultnēs, sākas pastiprināta dziļumerozija, kas irdenos iežos izveido dziļus iegrauzumus. Viena no raksturīgākajām tekošo ūdeņu radītajām negatīvajām reljefa formām ir gravas. Gravu veidošanos un attīstību veicina šādi faktori: nogāžu slīpums, irdeni ūdeni necaurļaidīgi, vāji saistīti nogulumieži zemes virspusē (lesi, lesveida smilšmāli, smilšmāli, aleirīti), veģetācijas trūkums, kā arī nepareiza cilvēka saimnieciskā darbība, kas pastiprina minētos faktoros (nepareizs aršanas virziens uz nogāzēm, koku un krūmu izciršana stāvās nogāzēs utt.). Gravas attīstības gaitā izšķir četras galvenās stadijas (59. att.).

1. Sākotnējā stadijā lietusgāzu vai sniega kušanas ūdeņi nogāzes slīpuma virzienā izveido dažus desmitus centimetru dziļas



58. att. Zemes piramīdu veidošanās shēma.



59. att. Gravas attīstības stadiju shēma:

1 — sākotnējā stadija, 2 — aktīvās erozijas stadija, 3 — erozijas stabilizācijas stadija, 4 — atmiršanas stadija, 5 — sākotnējās nogāzes profils.

vadziņas. Sākumā vadziņām ir V veida, vēlāk — trapeceveida šķērsprofils. Parasti gravas visvieglāk rodas apartās vai ļoti stāvās nogāzēs.

2. Aktīvās erozijas stadijā grava strauji padziļinās, palielinās arī gravas garums, galvenokārt regresīvās erozijas veidā (gravas augšdaļa pagarinās pretēji ūdens plūsmas virzienam). Gravas lejasdaļā veidojas *iznesu konuss*, kurā tekošais ūdens izgulsnē erodēto materiālu. Gultnes erozija turpinās tik ilgi, kamēr grava iegūst vienmērīgu kritumu no tās sākuma līdz *erozijas bāzei* (ūdensbaseina līmenim, kam pieslēdzas gravas lejasgals). Ja gravas lejasgals erozijas bāzi nerasniedz, veidojas karengrava. Tādu gravas garenprofilu, pie kura tekošā ūdens iedarbības spēks ir vienāds ar erodējamo iežu pretestību, sauc par *līdzsvara garenprofilu*. Vienādas cietības iežos līdzsvara garenprofils ir tuvs taisnei.

3. Erozijas stabilizācijas stadija iestājas pēc līdzsvara garenprofila izveidošanās. Ūdens plūst pa gravu, neerodējot to dziļumā. Šajā stadijā paplašinās gultnes šķērsprofils, stāvajiem krastiem nobrūkot, nogāzes kļūst slīpas. Nogāžu apakšdaļā uz nobirām ieviešas izturīgākie augi.

4. Gravas atmiršanas stadijā grava vairs nepagarinās, tās dibenā nogulsņējas tekošo ūdeņu nestais materiāls. Nogāzes kļūst vēl lēzenākas un pamazām apaug ar zāli un krūmiem. Ukrainā, kur gravu reljefs ir sevišķi izplatīts, šādas aizaugušas gravas sauc par sengravām (balkām).

Atkarībā no fiziski ģeogrāfiskajiem apstākļiem (vietas augstuma virs jūras līmeņa, ģeoloģiskās uzbūves, klimata, augu valsts utt.) veidojas atšķirīga gravu morfoloģija — dažādi ir gravu garumi un dziļumi, attīstības apstākļi un gravu tīkla biežums. Gravu vidējais dziļums ir 10...20 m, bet nereti sastopamas arī vairāk nekā 60 m dziļas gravas. Gravas mēdz būt no dažiem simtiem metru līdz 50 km garas. Padomju Savienības Eiropas daļā gravu erozija visvairāk izplatīta meža stepes un stepes zonās. Pievolgas augstienes austrumu nogāzē atsevišķos rajonos gravas un sengravas aizņem vairāk nekā 20% no kopējās lauksaimnieciski izmantojamās zemes platības. Pēc S. Soboļeva datiem, izteikts gravu erozijas reljefs ir Sengilejevas rajonā, kur vidējais gravu kopgarums 1 km<sup>2</sup> platībā sasniedz 0,7 kilometrus.

Gravu tīkla veidošanās rezultātā pieaug lauksaimnieciski neizmantojamo zemju kopplatība, tas traucē arī ēku, ciematu un ceļu celtniecību. Postoša ir arī gravu akumulatīvā darbība: iznesu konusi aizsprosto nelielu upišu gultnes, gravu iznestās duļķes piesārņo ūdenskrātuves, applūdina pļavas, laukus, reizēm pat ciematus. Gravas, iegraudzdamās līdz gruntsūdens līmenim, drenē pazemes ūdeņus, tādēļ gravu izplatības apgabalos plašas teritorijas cieš no sausuma.

Padomju Savienībā ar panākumiem lieto daudzus pasākumus, kas aizkavē vai novērš gravu veidošanos. Lai neizraisītu erozijas

procesus, laukus nedrīkst apart nogāžu slīpuma virzienā, stāvās nogāzēs nav ieteicams ganīt lopus un atstāt nostiprinātus raku-  
mus, ierīkot karjerus utt. Lai aizkavētu augošas gravas attīstību, jāvērtē tekošā ūdens iedarbības spēks. To var panākt, vai nu aizberot un nostiprinot gravas sākotnējo gultni, vai augšpus un lejpus erodētās vietas ierīkojot nostiprinājumus — aizsprostus.

Latvijā biezs gravu tīkls izveidojies dziļo upju ieleju tuvumā (ap Daugavu, Gauju, Ventu). Daudzas no šīm gravām ir atmirušas, to stāvās nogāzes ir labi nostiprinātas ar koku un krūmu saknēm. Taču mūsu republikā gravas sastopamas arī paugurainēs, kur tās var pat turpināt veidoties nepārdomātas cilvēku saimnieciskās darbības dēļ. Gravu veidošanos veicina nepareizs lauka aparšanas virziens, mežu izciršana stāvās nogāzēs, fontanējošu urbumu (no kurienes izplūst lieli pazemes ūdeņu krājumi) neaiztamponēšana. Dziļu, sazarotu gravu tīkls izveidojies, piemēram, Dundagas pacēluma ziemeļdaļā, kur tā attīstību ir sekmējis nepārdomātais grāvju tīkls Zilo kalnu kraujas tuvumā.

Intensīvu lietusgāžu, kā arī straujas sniega vai ledāja kušanas rezultātā kalnos nereti rodas bīstamas dubļu un akmeņu plūsmas, ko sauc par seljēm. Tajās 75% no kopējās plūsmas masas veido cietais materiāls. Selju pārvietošanās ātrums var būt 10... 15 km/h, bet atsevišķu lielu iežu blūku svars var sasniegt pat 10 tonnas. Selju straumes Padomju Savienībā ir biežāk novērojamas Aizbaikālā, Vidusāzijas kalnos un Kaukāzā. To postošā iedarbība var nodarīt milzīgus zaudējumus, tāpēc apdraudētās vietās tiek būvēti speciāli aizsargvalņi, tomēr arī tie ne katreiz novērš selju postošo darbību.

### **Pastāvīgo ūdens plūsmu darbība**

Pastāvīgās ūdens plūsmas tātad veido gultnes, pa kurām plūst upes. Plūsma ir nepārtraukta, tā koncentrējas garenstieptā gultnē, kura pakļauta noteiktām tekošā ūdens darbības likumsakarībām. Upes ģeomorfoloģiskā darbība ir atkarīga no noteces lieluma, kas savukārt ir saistīts ar klimatiskajiem apstākļiem — nokrišņu daudzumu, iztvaikošanu utt. Upes darbībā izšķir šādus galvenos procesus:

- gultnes padziļināšana — dziļumerozija,
- krastu izskalošana — sānu erozija,
- erozijas procesos noārdīto iežu daļiņu pārvešana un šķirošana,
- erozijas produktu — akmeņu, grants, smilts, aleirītu, mālu — nogulsnešana.

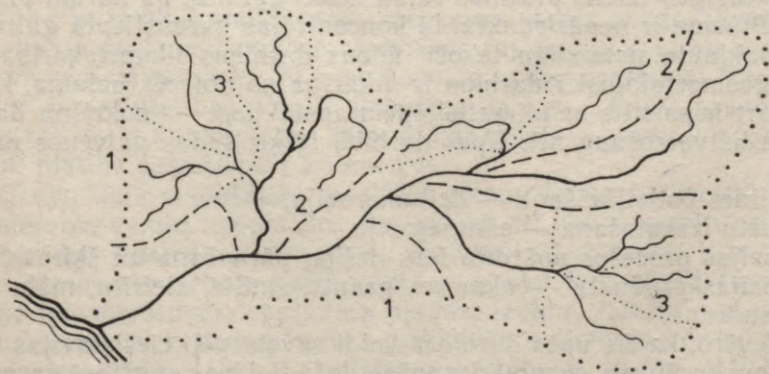
Jāievēro, ka šie upes darbības veidi savstarpēji cieši savijas un visā upes tecējuma garumā izpaužas dažādi. Upes augštecē parasti pārsvarā ir dziļumerozija, vidustecē — sānu erozija, bet lejstecē noris intensīva nogulumu akumulācija. Savā attīstības gaitā upes veido i e l e j a s — izteiktus padziļinājumus zemes virsmā.

Upju darbības rezultātā veidojas hidrogrāfiskais tīkls — sazarota ieleju un ieplaku sistēma, kas sašķel Zemes virsmu un pa kuru norisinās virszemes un daļēji arī gruntsūdeņu notecē. Atkarībā no fiziski ģeogrāfiskajiem apstākļiem hidrogrāfiskajā tīklā var būt dažāda upju biežība. Hidrogrāfiskā tīkla biežība ir visu upju garumu summas (km) attiecība pret teritoriju (km<sup>2</sup>), no kuras šīs upes savāc ūdeni — *upes baseinu*. Upju baseinus citu no cita atdala *ūdensšķirtnes* — līnijas, kurās sakļaujas divas pretējos virzienos vērstas nogāzes, kas sadala noteci. Kalnu apgabalos ūdensšķirtnes sakrīt ar augstām kalnu grēdām, bet līdzenumu apstākļos (arī Latvijā) ūdensšķirtnes veido pauguri, pauguru virknes vai hipsometriski augstākās vietas starp upju iztekām.

Upju baseinus pēc to nozīmības iedala lielbaseinos, pamatbaseinos un apakšbaseinos (60. att.). Pasaules lielāko upju baseini aizņem milzīgas teritorijas, piemēram, Amazone — 7 180 000 km<sup>2</sup>, Kongo — 3 690 000, Misisipi — 3 238 000, Oba — 2 930 000, Jeņiseja — 2 600 000, Ļena — 2 425 000 km<sup>2</sup> utt. Latvijas lielākās upes Daugavas baseins aizņem 85 100 km<sup>2</sup>, Lielupes — 17 630, Ventas — 11 694, Gaujas — 8904 kvadrātkilometrus.

Viens no galvenajiem upes darbības rezultātiem reljefa veidošanā ir upes ielejas izveidošana. Par *ielejām* sauc negatīvas līnēras reljefa formas ar izteiktu dibena kritumu upes tecēšanas virzienā, kas veidojušās pastāvīgās gultnēs tekošo ūdeņu darbības rezultātā. Upju ielejām attīstoties, izveidojas raksturīgi to pamatelementi: gultne, paliene, virspalu terases un terasu nogāzes (61. att.). Upes ūdeņu veidotos nogulumiežus sauc par *alūvijū*.

**Gultne** ir iedobta reljefa forma, pa kuru pastāvīgi pārvietojas upes ūdens plūsma. Gultne ūdens plūsmas tiešās iedarbības rezultātā nemitīgi pārveidojas, Arīdā klimata apstākļos ūdens darbība un līdz ar to gultnes veidošanās ir cikliska, jo tajā ūdens plūsma



60. att. Hidrogrāfiskā tīkla shēma:

1 — lielbaseina ūdensšķirtne, 2 — pamatbaseinu ūdensšķirtnes, 3 — apakšbaseinu ūdensšķirtnes.



61. att. Upes ielejas elementi:

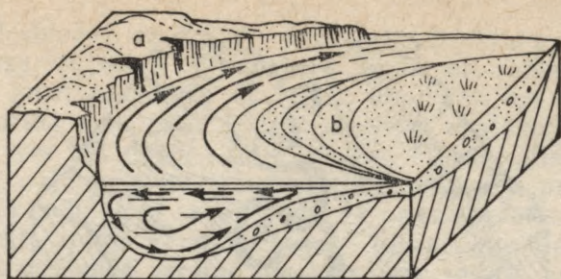
1 — pamatkrasts, 2 — nogāze, 3 — terase, 4 — paliene,  
5 — gultne.

sausajos periodos izsīkst. Humīdā klimatā gultnes veidošanās ir pakļauta vispārējām ūdens darbības likumbām.

Visas upes tiecas pilnveidot savu garenprofilu, tuvinot to normālā krituma līknei. Teorētiski gultnes padziļināšanās beigtos, ja iestātos līdzsvars starp ūdens plūsmas ārdošo spēku un gultni veidojošo iežu pretestību, t. i., ja upe būtu izveidojusi savu normālā krituma līkni. Praktiski tas nekad nenotiek, jo apstākļi visā upes tecējuma garumā ir ļoti atšķirīgi un tie nosaka upes gultnes nevienmērīgo attīstību. Vietās, kur upe šķērso cietus, grūti erodējamus iežus, to gultnēs veidojas krāces vai ūdenskritumi. Visaugstākais ūdenskritums pasaulē atrodas Venecuēlā. Šī ūdenskrituma, kas nosaukts tā atklājēja lidotāja D. Anhela vārdā, augstums sasniedz 1054 metrus. Latvijā viens no lielākajiem ūdenskritumiem ir Ventas Rumba (augstums apmēram 2 m), kas iedalīts republikas aizsargājamo dabas objektu skaitā.

Mainoties erozijas bāzes stāvoklim, izmainās upes plūsmas dzīvais spēks un erozijas intensitāte, līdz ar to arī gultnes raksturs. Erozijas bāzei paaugstinoties, samazinās straumes ātrums un līdz ar to vājāki kļūst dziļumerozijas procesi; upes gultnē pastiprināti uzkrājas aluviālie nogulumu. Turpretī, erozijas bāzei pazeminoties, dziļumerozija pastiprinās un noris strauja gultnes padziļināšanās.

Pēc gultņu ārējām pazīmēm izdala zarotās un meandru gultnes (Meandra — likumota upe Mazāzījā). Zarotās gultnes parasti veidojas lielajām upēm, kas pārvieto bagātīgu sanesu materiālu. Meandru gultnes veidojas vidējām un mazām upēm, kurām mazs reljefa kritums. Kalnu upju gultnes parasti ir iztaisnotas vai ar nelieliem izliekumiem, turpretī līdzenumu upēm meandru (likumu) veidošanās ir ļoti raksturīga.



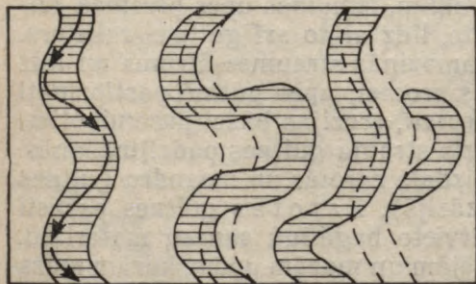
62. att. Erozijas īpatnības upes likumā:  
a — dilstošais krasts, b — pieaugošais krasts.

Upes gultnes veidošanā svarīga loma ir sānu erozijas procesiem. Tie sevišķi izteikti lēni tekošām līdzenumu upēm, tāpēc līdzenumu upju gultnes parasti nav dziļas, bet ir platas. Ūdens plūsmas sānu erozija sevišķi pastiprinās upes likumos. Centrālās spēka ietekmē sevišķi intensīvi tiek noārdīts upes ieliektais krasts (62. att.). Pretējā krastā notiek alūvija nogulsnešana. Upes meandriem ir tendence palielināties. «Cilpai» savelkoties aizvien ciešāk, upe sašaurinājumā rada pārrāvumu, atrodot taisnāko ceļu. Meandru gali pakāpeniski aizsērē ar sanešiem, līdz tie pilnīgi atdalās no upes gultnes, veidojot palienē lokveida «ezerus» — vecupes (63. att.). Vecupes ar laiku aizaug un aizsērē, līdz visbeidzot to vietā redzami tikai pārpurvoti pazeminājumi.

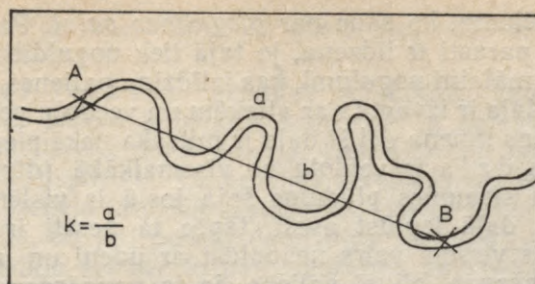
Upju likumainību raksturo koeficients  $K$ , kuru aprēķina, dalot upes faktisko garumu (a) ar taisnes garumu (b), kas savieno tās galējos punktus (64. att.). Likumainības koeficients ir lielāks par vienu; vienāds ar vienu var būt tikai ideāli taisnos upes posmos. Likumainības koeficientu var aprēķināt gan visai upei kopumā, gan atsevišķiem tās posmiem.

Meandrejošā upē veidojas raksturīgi gultnes elementi. Stāvajam ieliektajam krastam piekļaujas gultnes padziļinājumi, ko sauc par *iedzelmēm*, bet pretējā, lēzenā krasta zemūdens daļu, kur uzkrājas akumulētais materiāls, — par *piegultnes sēri*. Seklākos upes posmus starp divām iedzelmēm sauc par *šķēršņiem*.

Minēto gultnes elementu izvietojums lielā mērā ir atkarīgs no ūdensteces dinamiskās ass, kas parasti upes likumos virzās uz ieliekto krastu, veicinot tā intensīvu izskalošanu. Izskalatā materiāla



63. att. Upes meandru attīstības un vecupju veidošanās shēma.

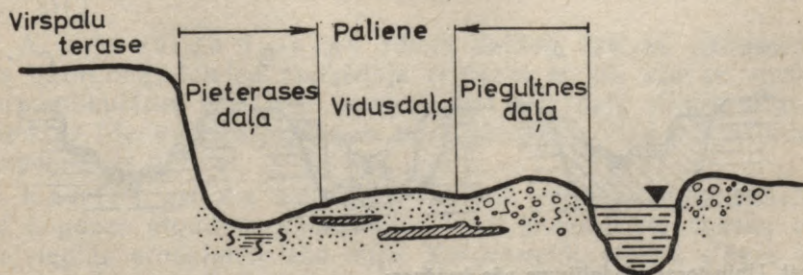


64. att. Likumainības koeficienta (K) noteikšana upes posmā AB.

smalkākās frakcijas tiek transportētas pa upi uz leju, un palu laikā tās plānu nogulumu veidā nogulsņējas palienē. Rupjākās frakcijas nogulsņējas meandra izliektajā krastā, veidojot sēri, bet liele oļi un laukakmeņi, kurus straume nespēj pārvietot, paliek upes gultnē.

Upes gultne atrodas nepārtrauktā attīstībā. Arī lielajām upēm, kuru platums pārsniedz 1 km, veidojas nelīdzens dibena reljefs. Tā veidošanos ietekmē gan gareniskās ūdens plūsmas, kas sadalās vairākos atzaros, gan ūdens masu šķērseniskā cirkulācija. Tipisks veidojums lielajās taisnvirziena upēs ir *vidussēre*, kas izveidojas vietās starp divām ūdens plūsmām. Sākumā te izveidojas zemūdens sēre, virs kuras nepārtraukti nogulsņējas smilšainais vai grantainais alūvijs. Pamazām tās virsa sasniedz ūdens līmeni un paceļas virs tā sala, sadalot gultni vairākos atzaros.

**Paliene.** Vīszemāko upes ieļeļas dibena daļu (neskaitot upes gultni), kuru periodiski applūdiņa palu ūdeņi, sauc par paliēni. Tajā var izdalīt trīs morfometriski atšķirīgas daļas: piegultnes, pietērases un centrālo paliēnes daļu (65. att.). Palu laikā gultnes tuvumā straumes ātrums ir liels, tāpēc piegultnes daļā tiek nogulsņēts rupjāks grantains un oļains materiāls, kas veido



65. att. Paliēnes sastāvdaļas.

neaugstu pacēlumumu, ko sauc par *piegultnes valni*. Palienes centrālā daļa parasti ir līdzena, jo tajā tiek noguldīti smalkāki — putekļaini un mālaini nogulumu, kas izlīdzina palienes reljefu. Dažreiz centrālā daļa ir izvagota ar attekām un vecupju posmiem. Augstā gruntsūdens līmeņa dēļ šī daļa ir mitrāka nekā piegultnes daļa. Pieterases daļa ir veidota no vismalkākā (dūņaina) materiāla, jo palu straumes plūdums šajā joslā ir vislētākais. Bieži šajā palienes daļā izplūst avoti, tāpēc tā nereti ir pārpuvota.

Ja palienes virsma vairs neapplūst ar ūdeni un notiek jaunas palienes veidošanās, bijusī paliene, ja to nenoārda gultnes sānu erozijas procesi, kļūst par terasi. Palienes veidošanās norisinās ciešā saistībā ar upes gultnes attīstību, atkarībā no gultnes izliekumiem un ar to saistīto ūdens plūsmu cirkulāciju.

**Virspalu terases.** Upes ielejas šķēršprofilā novērojami relatīvi līdzeni virsas laukumi — terases, kas veidojušās upes erozijas un akumulācijas procesu rezultātā un liecina par izmaiņām upes attīstības gaitā. Terasu platums var būt ļoti dažāds — no dažiem metriem līdz vairākiem desmitiem kilometru. Terasas nav izsekojamas visā upes garumā, jo vietās, kur pārsvarā bijuši sānu erozijas procesi, tās ir vāji izveidojušās vai noerodētas. Tomēr tajos posmos, kur pārsvarā bijuši akumulācijas procesi, terasēs var labi novērot seno gultņu un bijušo paliņu veidojumus: sēres, saliņas, piegultnes vaļņus utt. Galvenie virspalu terasu veidošanās cēloņi ir klimatiskās izmaiņas, erozijas bāzes pazemināšanās, noteces palielināšanās u. c.

Pēc ģenēzes upju terases var iedalīt divās lielās pamatgrupās: akumulatīvās terases un erozijas terases.

Akumulatīvās terases savukārt iedala divās apakšgrupās: ieguldītās un pieslietās terasēs (66. att.). Ieguldītās terases izveidojas tad, ja upe sākumā spējusi akumulēt biezu alūvija slāni, kuru sekojošās stadijās vairs nevar pilnīgi noerodēt, tādēļ jaunākie alūvija slāņi veidojas virsū jau agrāk nogulsnētājiem. Arī pieslietās terases veidojušās, intensīviem akumulācijas procesiem piepildot erodēto ieleju, tikai tālākā upes attīstības gaitā, erozijas cikliem mainoties ar akumulāciju, daļa veco



66. att. Upju terasu iedalījums pēc ģenēzes:

A — ieguldītās akumulācijas terases, B — pieslietās akumulācijas terases, C — erozijas terases.

terašu tiek pilnīgi noerodētas un ieleja piepildīta ar jaunākas izcelsmes materiālu.

Erozijas terases veidojas apstākļos, kad upe lielāko enerģijas daļu patērē ārdošajos procesos. Jo lielāks ir straumes ātrums, jo intensīvāk noris erozija. Gandrīz viss erodētais materiāls tiek aiztransportēts. Uz erozijas izveidotajām kāplēm parasti paliek tikai neliels alūvija daudzums, kuru veido galvenokārt gultnes alūvijs, un ļoti nelielā daudzumā palienu nogulumu.

Terases iedala arī pēc to pārveidošanas pakāpes, kas galvenokārt ir atkarīga no terasu platuma, augstuma un nogulumu rakstura.

Analizējot terasu morfoloģiju, uzbūvi un izplatību, var konstatēt upju ieleju attīstības īpatnības. Lielajām platformu apgabalu līdzenumu upēm parasti ir tikai 2...5 terases. Ielejās, kuras veidojušās Valdaja apledošanas apgabalā, konstatētas pat 10...14 virspalu terases. Šādu ieleju terasēm raksturīgi lieli platumi (Latvijā 1...4 km) un nelieli relatīvie augstumi. Turpretī kalnu upēm terašu platumi parasti nepārsniedz dažus simtus metru, bet relatīvie augstumi ir lieli (vecākās terases pat 100...300 m virs upes līmeņa). Kalnu upēm raksturīgs arī liels terašu skaits, dažreiz vairāk nekā 20.

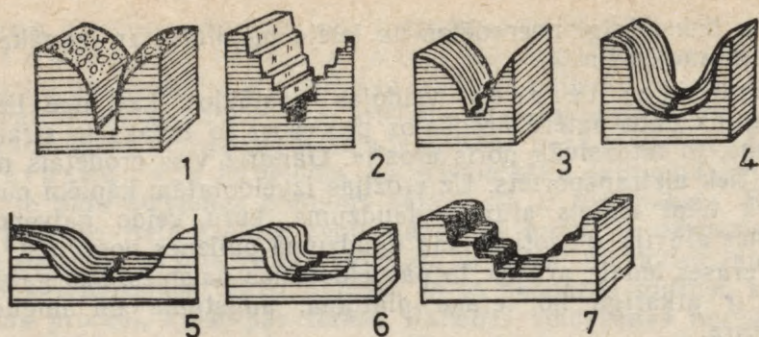
**Nogāzes.** Terases citu no citas atdala nogāzes. Dažas no tām redzamas stāvu krauju veidā (piemēram, Gaujas ielejā pie Siguldas, Salacas ielejā pie Skaņā kalna utt.), taču bieži sastopamas ir arī lēzenas, grūti saskatāmas nogāzes. Nogāžu sākotnējā forma var būt plaknes erozijas vai antropogēnās darbības pārveidota.

Vecāko virspalu terasi no pamatkrasta atdala **p a m a t k r a s t a n o g ā z e**. Pamatkrasta reljefs ar upes ūdens plūsmas darbību nav tieši saistīts, tomēr ielejas tuvums ir būtiski ietekmējis tā attīstību. Pamatkrastu bieži saposmo gravas, kuru erozijas bāze ir upes gultne. Upes ieleja ietekmē arī pamatkrastam piegulošās teritorijas mitruma režīmu.

**Upju ieleju tipi.** Atkarībā no teritorijas ģeoloģiskās uzbūves, reljefa un klimatiskajiem apstākļiem veidojas dažādi upju ieleju morfoloģiskie tipi, kuriem ir atšķirīgi šķēršprofili (67. att.).

Aizas veida ielejas rodas kalnos aktīvas dziļumerozijas gadījumā. Ielejas apakšdaļā nogāzes ir ļoti stāvas, gandrīz perpendikulāras pret upes spoguļi, bet augšdaļā slīpas, nedaudz izliektas (denudācijas procesos nogludinātas). Visu ielejas dibenu aizņem upes gultne.

Kanjonveida ielejas parasti veidojas plakankalnēs. To nogāzes atgādina pakāpienus, kuru izvietojumu nosaka cieta un vieglāk erodējamo iežu mija. Kanjonveida ielejās stāvas kāples mainās ar nelieliem laukumiņiem, kas klāti ar nobirām. Upes gultne aizņem visu kanjona dibenu.



67. att. Upju ieleju morfoloģiskie tipi:

1 — aizas veida, 2 — konjonveida, 3 — V veida, 4 — U veida, 5 — siles veida, 6 — kastes veida, 7 — terasētās ielejas.

V veida ielejas veidojas mitra klimata apstākļos, pastāvot zināmam līdzsvaram starp dziļuma un sānu erozijas procesiem. Nogāzes taisnas, stāvas, ielejas šķēršprofils atgādina burtu V.

U veida ielejas parasti veidojas kalnos. Atšķirībā no aizas veida ielejām tās augšējā daļā ir stāvas, bet apakšējā — lēzenas. Nogāzes ir ieliektas. Nogāžu apakšdaļā slīpumu veido denudācijas materiāls, kuru nespēj aiztransportēt upes ūdeņi. Upes gultne parasti neaizņem visu ielejas dibenu.

Sīles veida ielejām platums daudzkārt pārsniedz dziļumu. Tās parasti izveidojušās jau agrāk, ledāja darbības rezultātā, bet upes pēc ledāja izkušanas ieņēmušas jau izstrādāto ieleju un aizņem no tās tikai nelielu daļu.

Kastes veida un trapecveida ielejas ir izveidojušās sevišķi intensīvas sānu erozijas apstākļos. To nogāzes nav augstas, bet stāvas vai arī ar nelielu slīpumu. Ieleju dibenā plašas palienes, kuras sedz labi izveidots alūvijs.

Terasēto ieleju šķēršprofili ir vissarežģītākie, tās veidojas atbilstoši upes erozijas bāzes izmaiņām. Sādām upēm var būt vairākas virspalu terases. Ielejas dibenu veido paliene, kurā tikai nelielu daļu aizņem upes gultne. Vairums Latvijas lielo un vidējo upju ieleju pieskaitāmas terasēto upju ieleju tipam. Daudzas no tām (Daugava, Gauja, Abava u. c.) plūst pa senām, pamatiežu virsmā izveidotām ielejām (senielejām), kuras tikai daļēji aizpildījis ledāja attransportētais materiāls.

Platformu apgabalos, kur dominē līdzenumi un atsevišķas augstienes, vienas upes ieleja veidojusies vairāku faktoru vienlaicīgas ietekmes rezultātā. Vissarežģītākie apstākļi izveidojušies kontinentālo segledāju ietekmētajā teritorijā (arī Latvijas PSR), kur upju sākotnējā veidošanās un izvietojums ir bijuši atkarīgi no ledāja malas stāvokļiem un ledāja kušanas ūdeņu plūsmām ledus laikmeta beigu posmā.

Raksturīgākie **ieleju ģenētiskie tipi** kontinentālā segledāja ietekmētajās teritorijās ir šādi: laterālās noteces ielejas, distālās noteces ielejas, pārrāvumu ielejas, pieledāja baseina upju pieteku ielejas un poliģenētiskās ielejas.

Laterālās noteces ielejas ir ledāja malai paralēlu ieleju sistēmas, kuru platums var būt no 2 līdz pat 25 km, bet dziļums — daži desmiti metru. Ielejām raksturīgas plašas terases, kuru smilšainie nogulumu pārpūsti kāpās. Upes gultne meandrē, ielejas dibenā izveidojusies plaša pārplūstoša paliene. Pa laterālajām ielejām atsevišķos posmos plūst Rietumeiropas upes Visla, Odera, arī Lietuvas upes Nerisa un Nemūna.

Distālās noteces ielejas veidojuši ledāja kušanas ūdeņi, kas plūda virsmas slīpuma virzienā prom no ledāja. To erozijas bāze parasti bija jau minēto laterālo ieleju ūdens līmenis. Šim ieleju tipam raksturīgas erozijas terases un ar gravām saņemtas nogāzes. Distālās noteces ielejas plaši sastopamas Vācijas DR un Polijā.

Pārrāvumu ielejas ir plašas, terasētas ielejas, pa kurām noplūduši ūdeņi no viena ledāja kušanas ūdeņu baseina uz otru. Ielejām raksturīgas galvenokārt erozijas terases, smilts un grants nogulumu deltas. Arī Latvijas teritorijā ir sastopamas šādas ģenēzes ielejas (Abavas, Sločenes, Salacas u. c.).

Pieledāja baseinu upju pieteku ielejas veidojušās, kustošo ledus blāķu, mūžīgā sasaluma un nokrišņu ūdeņiem plūstot uz tuvākajiem pieledāja baseiniem. Ielejām raksturīgas plašas terases, kuru veidošanās atspoguļo pieledāja baseinu līmeņu izmaiņas. Arī šīm ielejām raksturīgas plašas no smilts, grants vai oļiem veidotas deltas. Šo upju tipam pieskaitāmas daudzas mūsu republikas upju ielejas, piemēram, Daugavas ielejas posms no Pļaviņām līdz Salaspilij, Ogres, Lielās un Mazās Juglas vidustece utt.

Augstienēs, kur plašākās noslēgtās ieplakās ilgi saglabājās ledus blāķi, izveidojās dziļi diagonālu ieleju tīkls, kas novadīja kušanas ūdeņus uz zemienēm. Tādos apstākļos izveidojās dziļas (15... 40 m), šauras ielejas, piemēram, mūsu republikā Ogres augštecē, Aronas, Raunas, Amatas un citu upju ielejas.

Poliģenētiskajām ielejām pieskaitāmas tādas, kuru veidošanās gaitā bijušas dažādas elementāro tipu attīstības stadijas. Mūsu republikas teritorijā šādu ieleju tipam ir pieskaitāma Daugavas ieleja posmā no republikas austrumu robežas līdz Daugavpilij, Gaujas ieleja posmā no Valmieras līdz Murjāņiem un citas.

Pēcledus laikmetā veidojušās seklas ielejas bez virspalu terasēm (Dubna, Kūja, Nereta); šķērsojot augstieņu malas, veidojas dziļas, bet šauras palienu ielejas.

**Upju ieleju asimetrija.** Pēc upju šķērsojuma rakstura var izdalīt simetriskās un asimetriskās upju ielejas. Dabā bieži var novērot,

ka upju ieleju nogāzes nav vienādā slīpumā. Parasti lielākā daļa upju ieleju ir asimetriskas, it sevišķi terasēto upju ielejas. Simetriskajām upju ielejām pieskaitāmas aizas veida, bet atsevišķos gadījumos arī V un U veida upju ielejas.

Asimetriju upju ielejās izskaidro dažādi. Asimetrija, kas spilgti izteikta nelielos upes ielejas posmos, parasti izskaidrojama ar straumes nevienmērīgo enerģiju upes likumu ieliektajās un izliektajās gultnes daļās. Tomēr upju asimetrijā novērojamas arī zināmas globālas likumsakarības. Tā, piemēram, PSRS Eiropas daļā vairumam no meridionālā virzienā tekošām upēm labais krasts ir stāvāks par kreiso.

Šādas parādības mēģinājuši izskaidrot vairāki zinātnieki. Populāra ir Bēra—Koriolisa hipotēze, ka upju asimetrijas veidošanās notiek zemeslodes griešanās ietekmē: sakarā ar fizikas likumiem upju plūsmā ziemeļu puslodē tiek virzīta galvenokārt pret labo krastu, kurš tādējādi pakļauts intensīvai erozijai un veido stāvas kraujas. Dienvidu puslodē visi procesi noris pretēji. Akadēmiķis A. Arhangeļskis un N. Dimo izveidojuši hipotēzi, pēc kuras upju ieleju asimetrijas pamatā ņemti klimatiskie apstākļi un nogāžu ekspozīcija. Šie autori uzskata, ka palu laikā intensīvāk tiek erodētas pret dienvidiem vērstās nogāzes, jo tās saņem vairāk saules siltuma enerģijas. Profesora A. Borzova hipotēze upju ieleju asimetriju izskaidro ar sākotnējā reljefa slīpuma īpatnībām.

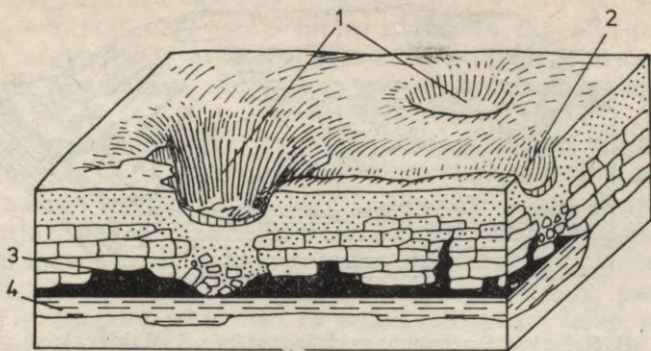
Autoru vairākums domā, ka, ņemot vērā upju ieleju ilgstošo attīstības vēsturi un sarežģīto ģeoloģisko un klimatisko apstākļu maiņu tajā, nevar atrast universālu upju asimetrijas izskaidrojumu. Katrā atsevišķā gadījumā upju asimetrijai var būt atšķirīgi cēloņi.

#### 4. 4. 4. PAZEMES ŪDEŅU VEIDOTĀS RELJEFA FORMAS

Zemes virsas reljefu var ietekmēt arī pazemes ūdeņu plūsmas. Raksturīgākie reljefa veidojumi rodas karsta un sufozijas procesos.

Karsta procesi norisinās pazemes ūdeņu šķīdināšanās iedarbības rezultātā. Karsta procesu intensitāte atkarīga galvenokārt no karbonātu saturošo iežu izplatības, iežu šķīšanas spējas, iežu ūdenscaurlaidības vai plaisainības, kā arī no pazemes ūdeņu ķīmiskā sastāva. Karsta procesu attīstību ietekmē arī klimatiskie apstākļi un primārā reljefa raksturs.

Atkarībā no tā, vai ieži, kuros norisinās karsta procesi, atrodas tieši Zemes garozas virspusē vai tie ir pārklāti ar citu nogulumu segu, izšķir *kailkarstu* un *segtu karstu*. Kailkarsta veidotās formas visbiežāk sastopamas Vidusjūras tuvumā un Krimā, bet raksturīgas segtā karsta formas — Viduseiropā un Urālos. Kailkarsts atšķirībā no segtā karsta norisinās aktīvāk, lielāka arī tā radīto formu daudzveidība.



68. att. Karsta procesos veidotās reljefa formas:

1 — karsta piltuves, 2 — ielejveida iegrimums, 3 — pazemes ala, 4 — pazemes ūdens līmenis.

Lietus ūdeņi, infiltrējoties un šķīdinot karbonātiskos iežus, kas atrodas Zemes virskārtā, veido īpatnēju vagu un rievu mikroreljefu, ko sauc par *karrem*. Šīs rievas, pakāpeniski padziļinoties, var sasniegt vairāk nekā 10 m dziļumu. Reizēm karres aizņem plašas teritorijas, kuras dēvē par *karraulkiem*. Nešķīstošās iežu sastāvdaļas parasti veido sarkanās vai ķieģeļsarkanās krāsas elūviju (*terra rosa*), kas pārklāj iežus, nogulsnējas kaillkarsta reljefa pazeminājumos un tādējādi patbremzē turpmāko karsta procesu attīstību.

Karsta rezultātā iežos rodas plaisas, kavernas vai alas. Ja šie veidojumi atrodas tuvu zemes virspusei, virs pazemes tukšumiem rodas zemes iegrimumi, kritenes, piltuves, reizēm arī ielejveida iegrimumi (68. att.). Vienas no plašākajām karsta reljefa formām ir *poljes* — plaši ielejveida pazeminājumi ar stāvām sienām, kuru garums var sasniegt desmitiem kilometru. Šo reljefa formu ģenēze var būt ļoti daudzveidīga: tās rodas, gan saplūstot atsevišķām negatīvām karsta formām, gan rodoties iegrimumiem virs pazemes upēm, kā arī karsta reljefa un fluviālo procesu mijiedarbības rezultātā. Piemēram, Popova polje Dienvidslāvijā aizņem 180 km<sup>2</sup> lielu platību.

Karsta izplatības apgabalos rodas arī īpatnēji pazemes un virszemes ūdeņu noteces apstākļi, piemēram, uzlabojas lietus ūdeņu drenāža.

Karsta procesos bieži izveidojas veseli pazemes alu labirinti. Plaši pazīstama ir Mamuta ala ASV Kentuki štātā. Tās pazemes zāļu un atzarojumu kopgarums sasniedz 240 kilometrus. Karsta alās ir sastopamas pazemes upes un ezeri. Karbonātu iežos izveidotajās alās bieži sastopami stalaktīti un stalagmīti.

Īpatnēji veidojumi — lēzeni zemes iegrimumi rodas arī pazemes ūdeņu plūsmas izskalojošās darbības *sufozijas* rezultātā. Šie pro-



69. att. Sufozijas iegrimumu veidošanās (pēc Z. Maldava):  
 1 — ūdens necaurlaidīgais slānis, 2 — gruntsūdens līmenis, 3 — ūdeni saturošais slānis, 4 — sufozijas piltuves, 5 — avoti.

cesi visbiežāk izpaužas vietās, kur ūdensnecaurlaidīgā slāņa virspusē ir nelidzenumi, kas rada virpuļveidīgu pazemes ūdeņu plūsmu. Sajās vietās tiek izskalotas un aiztransportētas sīkākās iežu frakcijas un arī ūdenī šķīstošās vielas. Zemes virspusē atbilstoši pazemes ūdens plūsmas virzienam izveidojas nedziļi iesēdumi (69. att.).

Stāvās nogāzēs sufozijas parādības veicina arī noslīdeņu rašanos. Sufozijas procesu rezultātā saistītos iežos var veidoties arī alas. Sufozijas izskalojumi un alas redzami dziļi iegrauzto upju ieleju smilšakmens atsegumos. Raksturīgākie veidojumi ir Gaujas un Salacas ielejās.

Karsta un sufozijas parādības apdraud būvju stabilitāti, apgrūtina zemes izmantošanu lauksaimniecībā, kā arī ietekmē virszemes ūdeņu tecēšanas virzienu un režīmu. Tāpēc viens no mūsdienu ģeomorfoloģijas uzdevumiem ir konstatēt šo procesu izplatības apgabalus un prognozēt to izpausmes virzienus, lai minētās dabas parādības nenodarītu ekonomiskus zaudējumus.

#### 4. 4. 5. LEDĀJU UN TO KUŠANAS ŪDEŅU VEIDOTAIS RELJEFS

##### Ledāju rašanās, izplatība un veidi

Ledāji (šļūdoņi) ir radījuši lielu reljefa formu dažādību plašās teritorijās. **Glaciālā** (no latīņu *glacialis* — uz ledu attiecīgs) reljefa veidošanās mūsdienās noris polāros un augstu kalnāju apgabalos. Ledāji rodas tur, kur sniegs vasaras periodā nespēj pilnīgi izkust, kur samērā daudz nokrišņu, bet gada vidējā temperatūra ir zem nulle.

Kalnās gada vidējā temperatūra līdz ar augstumu samazinās — jo augstāk kalni paceļas, jo zemāka tur ir gada vidējā temperatūra. Dabā pastāv zināma augstuma robeža, virs kuras gada vidējā temperatūra ir tik zema, ka var uzkrāties sniegs un ledus. Šo robežu sauc par sniega līniju. Sniega līnijas augstums virs

jūras līmeņa ekvatora tuvumā vasarā ir 6...7 km, bet polārajos apgabalos — tikai daži simti metru. Jāievēro, ka sniega līnijas faktiskais augstums ir atkarīgs ne tikai no temperatūras, bet arī no nokrišņu daudzuma: vietās, kur nokrišņu mazāk, sniega līnija atrodas zemāk.

No ģeomorfoloģijas viedokļa jēdzienam par sniega līniju ir visai svarīga nozīme, jo tikai virs tās labvēlīgos kalnu reljefa apstākļos uzkrājas sniegs un veidojas ledāji. Sniegs, kas uzkrājas virs sniega līnijas, pakāpeniski sablīvējas un pārvēršas par graudainu kristālisku masu firnu, kas ar laiku saliedējas un pārvēršas par blīvu ledu. Teritoriju, kurā uzkrājas ledus masas, sauc par ledāju barotāju apgabalu. No tā ledus lēni plūst lejup pa kalnu ielejām, veidojot dažāda lieluma ledus mēles. Kalnu ledājus, kas aktīvi pārvietojas, sauc par šļūdoņiem. Šļūdoņa kustība notiek smaguma spēka ietekmē, jo ledum piemīt zināms plastiskums, it sevišķi, ja tā temperatūra tuvojas nullei. Ledāja kustības ātrums ir tieši proporcionāls gultnes slīpumam, ledus masai un temperatūrai. Tas svārstās no dažiem centimetriem līdz dažiem desmitiem centimetru diennaktī.

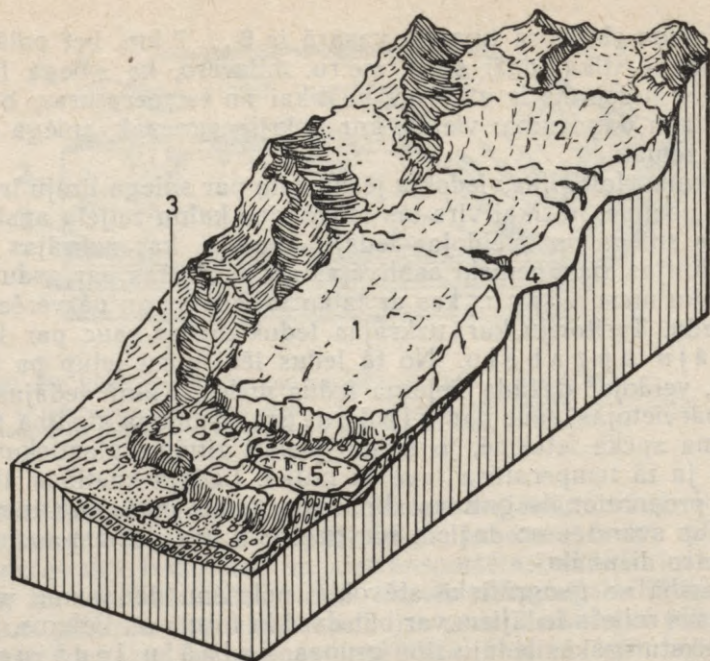
Atkarībā no ģeogrāfiskā stāvokļa, nokrišņu daudzuma un Zemes virsas reljefa ledājiem var būt dažāda forma un lielums. Izšķir divas raksturīgākās ledāju tipu grupas: kalnāju ledājus, kas veidojas kalnu apgabalos un parasti plūst pa kalnu ielejām, un segledājus (kontinentālos ledājus) — plašas, biezas ledus segas, kas klāj pat veselus kontinentus, piemēram, Antarktīdu (13,1 milj. km<sup>2</sup>), Grenlandi (1,8 milj. km<sup>2</sup>) un daudzas salas Ziemeļu Ledus okeānā. Katrā no šīm grupām ietilpst vairāki ledāju tipi, kas atšķiras ar savām morfoloģiskajām īpatnībām.

Tagadnes ledāji aizņem apmēram 16 milj. km<sup>2</sup> jeb 11% no sauszemes platības, bet kvartāra perioda apledojums, kas Eiropā beidzās apmēram pirms 10 tūkstošiem gadu, savā maksimālajā attīstības laikā aizņēma apmēram 38 milj. km<sup>2</sup> — 25% no sauszemes platības.

Ledāju platība nav stabila, jo, mainoties klimatam un nokrišņu daudzumam, notiek ledāju palielināšanās vai samazināšanās. Ledājs uzvirzās tad, ja no barotāja apgabala uz malām pieplūst vairāk ledus nekā izkūst. Ledājs atkāpjas, ja izkūst vairāk ledus nekā no barotāja apgabala pieplūst. Ja kādu laiku izkūstošā un pieplūstošā ledus masas ir vienlīdzīgas, ledājs zināmā mērā stabilizējas. Ledāju veidošanos, kustību un iekšējo uzbūvi pēta zinātne *glacioloģija*.

### **Kalnāju ledāji kā reljefa veidotāji**

Kalnajos izplatīti ieleju tipa šļūdoņi (70. att.). Tiem ir labi izteikts barotājs apgabals — firna baseins, kas atrodas pakavveida iedobē, tā sauktajā ledāja cirkā. Šo iedobi no trim pusēm ierobežo stāvas klinšainas sienas. Nogāzes krituma



70. att. Kalnu ledāja shēma:

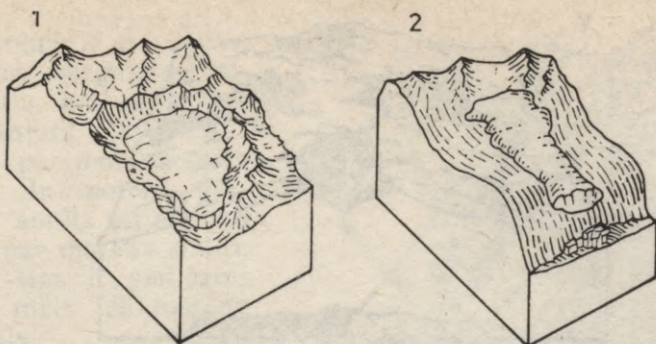
1 — ledāja mēle, 2 — barotājs apgabals, 3 — vaļņveida gala morēna,  
4 — rigelis, 5 — sprostezers.

pusē ledāja cirks ir atvērts, šeit izplūst ledus lejup pa kādu kalna ieleju, veidojot ledus plūsmu — šļūdoņa mēli. Šļūdoņa mēle nolaižas daudz zemāk par sniega līniju, un šeit — tā sauktajā ablācijas zonā — notiek pastiprināta ledāja kušana. Nereti šļūdoņos sākas kalnu upes.

Šļūdoņa gultne nav līdzena, tajā ir lēzenākas un stāvākas vietas, starp kurām atrodas klinšaini sliekšņi. Plūstot pāri šādām pārgāzēm, ledus plaisā un veidojas dziļas šķērsplaisas. Nevienāds ledus pārvietošanās ātrums šļūdoņa vidū un malā rada sānu plaisas un garenplaisas.

Kalnajos sastopami arī daudzi citi ledāju veidi, piemēram, karēnie ledāji, kāru ledāji, Turkestānas tipa ledāji u. c. (71. att.).

Kalnu ledāji ievērojami pārveido kalnu reljefu. Ledus masa, virzoties uz priekšu, ārdā un padziļina savu gultni, nobrāžot, sabēržot vai noskrāmbājot pat viscietaķos iežus. **Ārdošo** darbību jeb *eksarāciju* rada ledus masu kustība un spiediens uz pamatiežiem, bet to pastiprina ledāja apakšējā daļā iesalušie iežu gabali un lauskas. Arī kušanas ūdeņi, plūstot pa ledus plaisām un zem ledus segas, izveido spēcīgas straumes, kas izskalo dziļas vagas un veicina pamatiežu noārdīšanos.

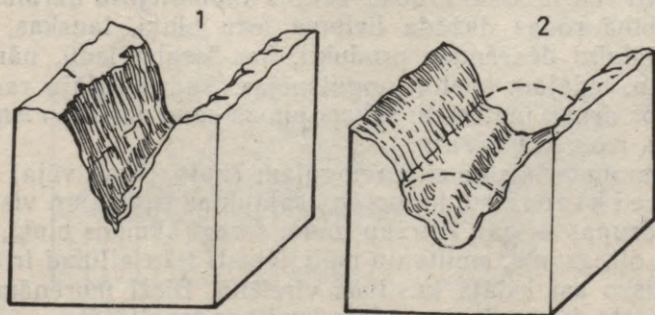


71. att. Daži kalnāju ledāju tipi:  
1 — kāru ledājs, 2 — karenais ledājs.

Ledāju ārdošā darbība pārveido kalnu ieleju formu. Ūdens plūsmu radītās V veida ielejas pārvēršas par siles veida ielejām — *trogiem* (72. att.). Šļūdoņa veidoto ieleju garenprofils ir kāpļains, jo tajā atspoguļojas ledus eksarācijas īpatnība — ledus plūsma visintensīvāk ārda savu gultni augšpus un leļpus no gultnes dibena šķēršļiem. Šādus klinšainus sliekšņus šļūdoņa ielejas garenprofilā sauc par *rīgeļiem* (70. att.). Visai izplatīti šļūdoņa ārdošās darbības liecinieki trogu dibenā ir nogludināti klints pauguri — *aunpieres*, uz kuru virsas redzamas šļūdoņa iegrauztās švikas.

Kalnāju reljefā visai izplatītas ir iedobtas formas — *kāri* — dažāda lieluma iedobes kalnu nogāžu augšējā daļā, parasti ieleju galos. Kāru iedobēm no trim pusēm ir stāvas klinšainas kraujas, bet lejas malās (nogāzes krituma virzienā) sienas nav (73. att.). Kāri rodas sniega, sala, ledus un citu iežu dēdēšanas faktoru ietekmē. Kāru iedobēs var uzkrāties ledus un izveidoties *kāru ledāji*.

Kāru loma augstu kalnāju reljefa veidošanā ir ļoti liela. Tur, kur vairāki kāri attīstās uz kalnu pretējām nogāzēm, rodas piramidālas šķautņainas virsotnes — *kārlingi*.



72. att. Ielejas šķērsprofila pārveidošanās ledāja ietekmē:  
1 — ūdens plūsmas radīta V veida ieleja, 2 — trogs.



73. att. Kāru (cirku) attīstība veido kalnu reljefu ar īpatnējām smailām virsotnēm — kārlingiem.

Sjūdoņi veic ne tikai ārdošu, bet arī **akumulējošu darbību**. Ārdošajā darbībā rodas dažāda lieluma iežu bluķi, lauskas, smiltis, smalki mālaini dēdēšanas produkti, kas iesalst ledū, pārvietojas kopā ar to, ledājam kustot, nogulsnējas. Sākus ledāju radītos un pārvietotos drupu materiālu sakopojumus sauc par **morēnām** vai morēnu nogulumiem.

Morēnu materiāls no citām nogulām (upju, jūras, vēja) atšķiras ar savu **nešķīrotību**, jo morēnā sajauktas rupjas un visai smalkas iežu drupas — gan vairāku tonnu smagi akmens bluķi, gan arī šķembas, oļi, grants, smiltis un māli. Nereti iežu atlūzņi ir orientēti ar garenisko asi ledāja kustības virzienā. Bieži morēnām ir slāniska sakārta, kas radusies ledāja kustības rezultātā.

Morēnas bieži satur daudz mālu un smiltis. Ja morēnā pārsvarā ir māls, to sauc par morēnu mālu. Ja karbonātu ( $\text{CaCO}_3$  u. c.) sa-

turs morēnā ir 5...10%, to sauc par mergēlainu morēnu mālu, bet, ja karbonātu saturs ir 10...25%, — par morēnu māla mergēli. Ja morēnā pārsvarā ir smilts un oļi, tad to sauc par morēnu smilti. Pārejas tips ir smilšains morēnu māls jeb morēnu smilšmāls.

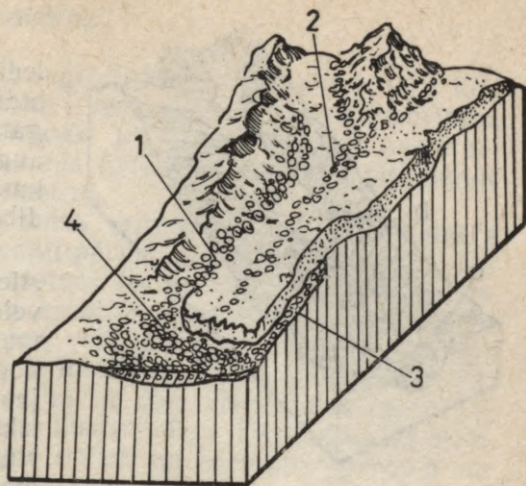
Visai izplatīti morēnā ir **laukakmeņi** — šļūdoņu (ledāju) nodrāzti un nogludināti dažādu cietu iežu gabali, kuru diametrs lielāks par 10 cm. Aplūkojot tos tuvāk, bieži var novērot raksturīgu virsmas nodrāzumu un skrambas, kas vislabāk redzamas laukakmeņiem, kuri veidoti no vidēji cietiem iežiem — kaļķakmeņiem, dolomītiem u. c.

Terminu *morēna* lieto trejādā nozīmē:

par morēnu sauc drupu materiālu, kas pārvietojas kopā ar šļūdoni (ledāju) — izšķir virsējo, iekšējo, apakšējo morēnu;

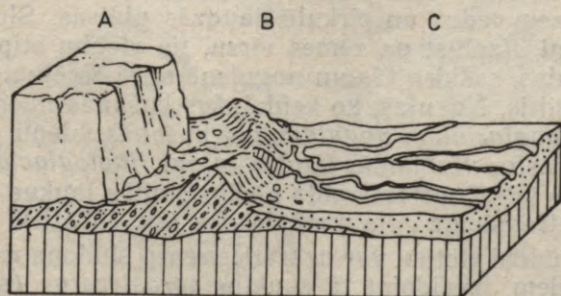
par morēnu sauc šļūdoņa (ledāja) atstātās nogulas — pamatmorēnu, ablācijas morēnu;

par morēnu sauc reljefa formas pēc to veidošanās attiecībā pret šļūdoņa (ledāja) segu — pamatmorēnas līdzenumi, sānu un gala morēnu veidojumi (74. att.).



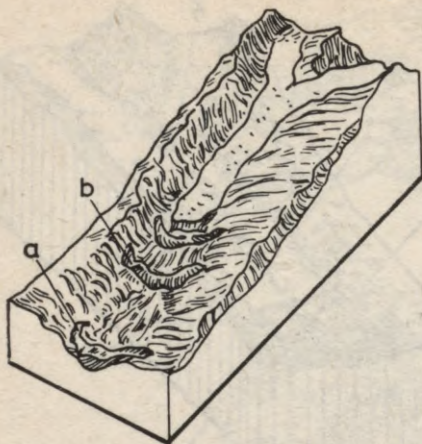
74. att. Kalnāju ledāja morēnu nogulu izvietojuma shēma:

1 — sānu morēna, 2 — vidusmorēna, 3 — dibena morēna (pamatmorēna), 4 — gala morēna.



75. att. Gala morēnas shēma:

A — ledāja mala, B — gala morēnas valnis, C — sandru konuss.



76. att. Ledāja atkāpšanās liecinieki — vecie gala morēnu vaļņi (a, b).

goties kušanas ietekmē, nogulsņējas vienmērīga morēnas kārtā. Ja turpretī starp pieplūstošo un izkūstošo ledus daudzumu iestājas līdzsvars, tad šļūdoņa mala kādu laiku paliek uz vietas. Šādā gadījumā pie ledāja malas sāk uzkrāties morēna vaļņu vai viļņotu pauguru veidā, kas puslokā apņem šļūdoņa mēles galu. Ja šļūdonis sāk strauji kust un atkāpties, gala morēnas vaļņi paliek uz vietas, iezīmējot vienu no šļūdoņa malas stāvokļiem atkāpšanās gaitā (76. att.).

Ledus laikmetā maksimālā apledošanas laikā kalnāju apledojumu platība bija daudz lielāka nekā tagad. Tādēļ ieleju šļūdoņi sasniedza priekškalnes, kur izveidojās gala morēnu un sandru reljefa zona ar sprostezeriem un kušanas ūdeņu ielejām.

Ledājiem kūstot, rodas ūdens straumes, kas tek pa šļūdoņa virsu, plūst zem ledus un cirkulē daudzās plaisās. Šļūdoņa malā **kušanas ūdeņi** aizplūst pa zemes virsu, tie vietām stipri pārskalo morēnu nogulas, sašķiro tās un nogulsnē savā tecējuma ceļā oļus, granti un smiltis. Nogulas, ko veidojušas kušanas ūdeņu plūsmas, sauc par *fluvioglaciālām nogulām*, bet kušanas ūdeņu plūsmu veido ieleju krastos vērojamas kāples — par *fluvioglaciālajām terasēm*. Kušanas ūdeņi vietām veido plašus smilšu laukus — *sandrus*, kas parasti atrodas aiz gala morēnu loka (sk. 75. att.).

Kušanas ūdeņi vietām var uzkrāties starp šļūdoņa malu un gala morēnu vaļņiem, izveidojot tā sauktos *sprostezerus* (sk. 70. att.). Lielākos, ilgi pastāvošos sprostezeros nogulsņējas putekļu smiltis, putekļu māli, slokšņu māli. Sīs, tā sauktās *limnoglaciālās* nogulas uzkrājas sprostezera dibenā no tur ieplūstošiem duļķainiem kušanas ūdeņiem.

Gala morēna veidojas ap ledāja malu no atnestā un sabīdītā drupu materiāla. Parasti gala morēna ir vaļņveida, tās augstums var sasniegt vairākus desmitus metru virs ielejas dibena (75. att.).

Sānu morēnas vaļņu veidā stiepjas gar šļūdoņa malām un veidojas galvenokārt no drupu materiāla, kas krīt no ieleju nogāzēm. Pamatmorēna veidojas no drupu materiāla, kas izkūst no ledus un noklājas starp ledāja apakšu un ielejas dibenu. Pamatmorēna parasti nav tik bieza un tās virsma ir nedaudz viļņota.

Ledāja malai vienmērīgi virzoties uz priekšu vai atkāp-

## Tagadnes segledāji un to izplatība

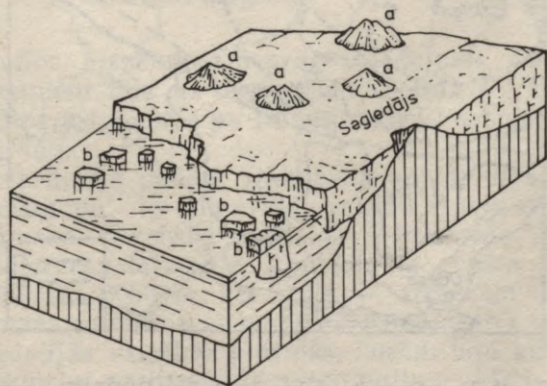
Mūsu ģeoloģiskajā laikmetā segledāji (kontinentālie ledāji) klāj lielas sauszemes platības un tiem ir ievērojams biežums. Piemēram, ledus segas biežums Antarktīdas ledājam vidēji ir apmēram 2000 m, bet maksimālais biežums pārsniedz 4000 m; Grenlandē ledāja biežums sasniedz 3000 metrus.

Segledāji ir it kā milzīgi ledus vairogi vai kupoli ar samērā līdzenu virsu (77. att.). Segledāji pārklāj ne tikai līdzenumus, bet arī kalnus, kuru augstākās virsotnes (tā sauktie *nunataki*) vietām paceļas virs ledus. Segledāju barotājs apgabals — apledojuma centrs parasti neatrodas vairoga vidū, bet gan tur, kur ir lielāks nokrišņu daudzums, kur notiek intensīva ledus uzkrāšanās. Tā, piemēram, Antarktīdas segledājam ir divi apledojuma centri — viens kontinenta rietumdaļā, otrs austrumdaļā. Ledus kustība smaguma spēka ietekmē segledājos notiek no barotāja apgabala uz ledāja malām.

Ledus vairoga malas, kā tas, piemēram, ir Antarktīdā, iesniedzas tālu jūrā, veidojot stāvu ledus krauju. No jūrā ievirzītā ledāja bieži atdalās milzīgi ledus kalni — *aisbergi*, kas virs ūdens paceļas līdz 80 un vairāk metru augstumam. Aisbergu zemūdens daļa ir 6...7 reizes lielāka par virsūdens daļu.

Grenlandes segledāja ieplūšanu jūrā apgrūtina piekrastes kalnu grēdas, tādēļ ledus plūsmas izlaužas piekrastē tikai atsevišķās vietās.

Segledāju ģeoloģiskajā darbībā pastāv dažas kopējas likumības, kādas vērojamas kalnāju ledājiem. Ledus masu milzīgais spiediens un kustība lielos apmēros veic pamatiežu eksarāciju — noārdīšanu, izvagošanu, nogludināšanu. Ledus vairoga malējā zonā notiek akumulācija — morēnas nogulsnešana, kas rada dažādas akumulatīvas reljefa formas — morēnu vaļņus, morēnu pauguraines u. c.



77. att. Segledāja mala (jūras piekrastē):  
a — nunataki, b — aisbergi.

Segledājos rodas spēcīgas kušanas ūdeņu straumes, ar kuru darbību saistās vairāku savdabīgu reljefa formu veidošanās.

Segledāju loma reljefa veidošanā diezgan daudz pētīta seno kontinentālo apledojuumu apgabalos. Tādēļ šikāku reljefa formu raksturojumu sniegsim tālāk, apskatot seno apledojuumu izplatību un ietekmi uz reljevu.

### Seno segledāju un to kušanas ūdeņu darbība

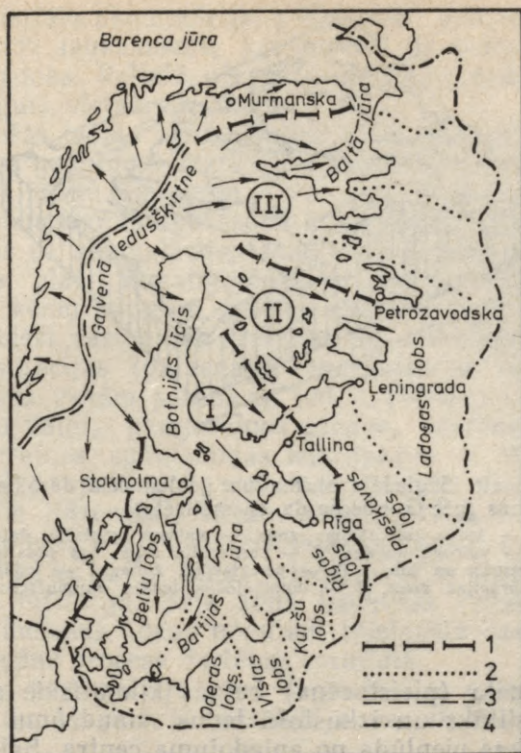
Kvartāra ģeoloģiskā perioda pirmajā posmā — pleistocēnā — notika krasa klimata maiņa — tas kļuva auksts, iestājās ledus laikmets. Ziemeļeiropā, Ziemeļamerikā un Ziemeļsibīrijā izveidojās apledojuuma centri, no kuriem izplatījās lieli segledāji, kas aizņēma plašas teritorijas (78. att.).

Eiropā apledojuuma centrs atradās Skandināvijas pussalā, bet Sibīrijā — Taimiras pussalā. Pētījumi rāda, ka ledus laikmetā bijušas vairākas apledojuuma stadijas, starp kurām bijuši laika posmi ar siltāku klimatu, kad ledāju platības samazinājās. PSRS Eiropas daļā ģeologi konstatējuši četrus senus apledojuumu pēdas: tā sauktos Dņepras, Okas, Maskavas un Valdaja apledojuumus. Vis-



78. att. Kvartāra apledojuuma robežas PSRS Eiropas daļā (pēc A. Moskvitina):

1 — Dņepras apledojuuma robeža, 2 — Okas apledojuuma robeža, 3 — Maskavas apledojuuma robeža, 4 — Valdaja apledojuuma robeža.



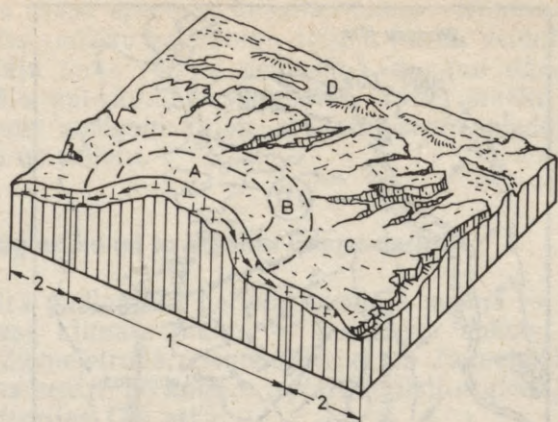
79. att. Ledāja plūsmu shēma pēdējā apledojuuma beigu posmā:

- 1 — robežas starp ledāja plūsmām, 2 — robežas starp ledāja lobiem, 3 — Skandināvijas galvenā ledusšķirtne, 4 — pēdējā apledojuuma robeža.  
 I — Baltijas ledusplūsma; II — Somijas ledusplūsma; III — Karēlijas ledusplūsma.

lielāko platību aizņēmis Dņepras apledojums, kas ievirzījies pa Dņepras zemieni tālu uz dienvidiem — līdz 48. ziemeļu platuma grādam. Otra ledus mēle pa Donas zemieni sasniegusi 50. ziemeļu platuma grādu.

PSRS teritorijā pēdējo (jaunāko) apledojumu sauc par Valdaja apledojumu, tā dienvidu robežu tuvināti nosprauž pa līniju Minska—Vitebska—Lepeļa—Selīžarovo—Višņijvoločoka—Vologda—Pečoras lejastece. Apledojuuma centra apgabalā ledus sega pārsniedza 2000 m, bet malā — apmēram 500 m biezumu.

Ledus masas, plūzdamas no apledojuuma centra uz ledus vairoga malām, sadalījās vairākās plūsmās, kurām bija atšķirīgs kustības ātrums. Iekļūstot perifēriālajā zonā, gultnes reljefs ledus plūsmas sadalīja sekundārās plūsmās — lobos, bet tos atsevišķās mēlēs. Tādēļ ledāja mala bija stipri robotā un sastāvēja no aktivitātes, formas un platības ziņā dažādām mēlēm (79. att.).



80. att. Segledāja shēma un ģeoloģiskās darbības zonas (pēc G. Eberharda, shematizēts):

A — ledus uzkrāšanās zona — vairoga centrālā daļa, B — vairoga nogāze, C — perifēriālā sega, kas sadalīta plūsmās un lobos, D — periglaciālā zona; 1 — ledāja eksarācijas zona, 2 — dominējošās ledāja akumulācijas zona.

Leduslaikmeta (pleistocēna) beigās klimatiskie apstākļi mainījās, kļuva siltāks un izkūstošā ledus daudzumu nespēja segt ledus masas, kas pieplūda no apledojuma centra. Sākās ledāja atkāpšanās — *deglaciācija*. Valdaja apledojuma intensīva atkāpšanās sākās apmēram pirms 15...16 tūkstošiem gadu.

Latvijas teritorijā, kā to liecina jaunākie ģeoloģiskie pētījumi, ir bijuši visi četri minētie apledojumi. Par to liecina dažādos republikas punktos izpētītie morēnu un starpmorēnu horizonti, kas veidojušies attiecīgos apledojumu etapos (I. Daņilāns). Reljefa veidošanā galvenā loma bijusi pēdējam — Valdaja apledojumam.

Segledāja ģeoloģiskajā darbībā izēmējas vairāki apgabali jeb zonas, kas koncentriski izvietotas ap apledojuma centru. Pēc A. Asejeva, Dņepras un Valdaja apledojuma segledājam Eiropā izdala četras ģeoloģiskās darbības zonas (80. att.).

1. Vājas eksarācijas zona, kas atbilst segledāja vairoga centrālajam apgabalam.

2. Dominējošās eksarācijas zona, kas atbilst segledāja vairoga nogāzei. Šajā zonā notikusi sevišķi intensīva ledāja ārdošā darbība un tā spilgti izpaužas reljefā — nogludinātas klintis, aunpieres, ledāja izartas vagas, iedobes, kas tagad veido daudzus ezerus, utt. Šajā zonā virzienā no ledāja centrālās zonas uz perifēriju vēl izdala četras apakšzonas, kas atšķiras ar eksarācijas procesu intensitāti un raksturu.

3. Dominējošās akumulācijas zona atradās segledāja nogāzes lejasdaļā un ledāja malas zonā. Šeit notikusi intensīva

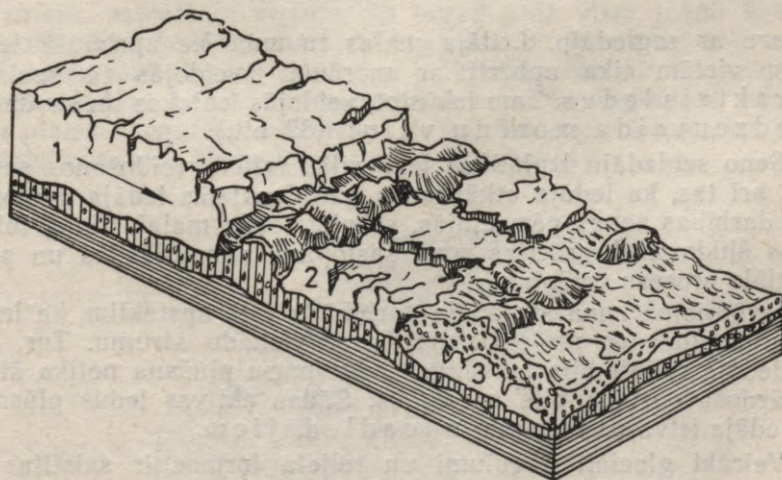
morēnas materiāla akumulācija, galvenokārt pamatmorēnas veidā, izkaisīts daudz laukakmeņu, kas atnesti ar ledus straumēm no eksarācijas zonas. Reljefā pārsvarā ir viļņoti morēnu līdzenumi, morēnu pauguri, vietām drumlini.

Dominējošās ledāja akumulācijas zonā izdala trīs apakšzonas, kam atšķirīga nogulumu uzkrāšanās intensitāte, raksturs un izplatītie reljefa formu kompleksi.

Vājas akumulācijas apakšzona ir pāreja no dominējošās eksarācijas zonas uz akumulācijas zonu. Šeit nogulu sega nav bieza, izveidojušies plaši pamatmorēnas un limnoglaciālie līdzenumi, morēnas un kēmu pauguru grupas, gala un sānu morēnas vaļņi. Šajā zonā bieži sastopami drumlini un drumlinu lauki. Ievērojamas akumulācijas (galvenajā) apakšzonā ir bieza ledāja nogulu sega, kas vietām pārsniedz 100...150 metrus. Šeit izplatīti gala morēnu vaļņi, paugurainas grēdas, morēnu pauguraines, kēmu pauguraines, subglaciālas iegultnes u. c. Mērenas akumulācijas (ārējā) apakšzonā visvairāk izplatīti fluvio-glaciālie un limnoglaciālie līdzenumi, vietām pamatmorēnu līdzenumi, kušanas ūdeņu noteces ielejas, subglaciālās gultnes u. c.

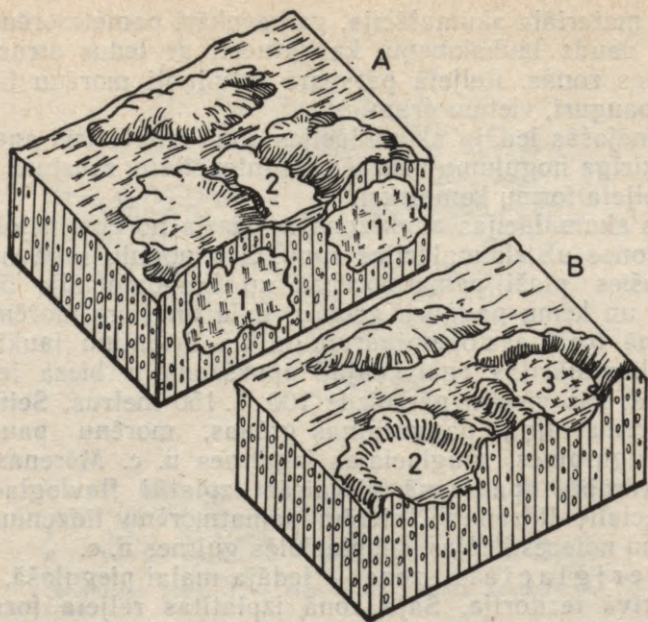
4. Periglaciālā zona — ledāja malai piegulošā, no ledus segas brīvā teritorija. Šajā zonā izplatītas reljefa formas, kas radušās no kušanas ūdeņu nogulām (pieledāja baseinu nogulām) vēja un kriogēno procesu darbības rezultātā.

Segledāja perifēriālajā zonā deglaciācijas gaitā radās aprimušā ledus blāķi, t. i., tādi ledāja masīvi, kas zaudējuši savu



81. att. Segledāja malas shēma:

1 — aktīvais ledājs, 2 — aprimušais ledus, 3 — apraktais ledus.



82. att. Apraktā ledus loma gredzenveida morēnu pauguru veidošanā:

A — sākotnējā stadija, B — beigu stadija pēc apraktā ledus izkušanas; 1 — apraktais ledus, 2 — ezers, 3 — purvs.

sakaru ar segledāju. Ledāja malas tuvumā šie aprimušā ledus blāķi vietām tika apbērti ar morēnu, izveidojās tā sauktais apraktais ledus. Tam izkūstot, veidojās ieplakas un savdabīgi gredzenveida morēnu vaļņi (82. att.).

Seno segledāju izplatības teritorijās reljefa veidošanos sarežģīja arī tas, ka ledāja atkāpšanās gaitā minētās ledāja ģeoloģiskās darbības zonas pārvietojās, sekojot ledus malai. Tādēļ intensīvās šļūdoņa eksarācijas zonā sastopami akumulācijas un periglaciālo procesu veidojumi.

Ievērojama loma segledāja darbībā ir tam apstāklim, ka ledus masu noplūde uz malām nenotika ar vienādu ātrumu. Tur, kur zemledāja reljefs bija labvēlīgs, ledus masu plūšana notika ātrāk un ārdošā darbība bija spēcīgāka. Šādas aktīvas ledus plūsmas segledāja ietvaros sauc par novadledājiem.

Vairāki glaciāli nogulumi un reljefa formas ir saistītas ar segledāja plaisām, pa kurām plūda kušanas ūdeņi, — tajās uzkrājās morēnas vai to pārskalošanas produkti (smilts, grants, oļi).

## Seno segledāju veidotās reljefa formas

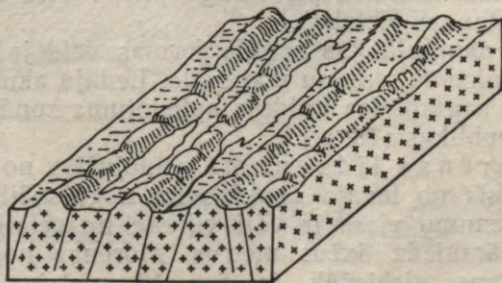
Seno segledāju ģeoloģiskās darbības rezultātā ir izveidojusies liela reljefa formu dažādība, kas vērojama arī Latvijas teritorijā un pārējās Baltijas republikās. Latvijas teritorijā pēdējā laikā visai plašus un rūpīgus glaciālā reljefa pētījumus veikuši J. Daniļāns, G. Eberhards, O. Āboltiņš, I. Veinbergs, Z. Meirons, J. Straume u. c. Šajos pētījumos gūtas vērtīgas atziņas par glaciālā reljefa formu morfometriju, ģenēzi un klasifikāciju, kā arī veikta šo formu kartēšana. Pētījumiem ir ne tikai teorētiska, bet arī praktiska nozīme, jo dati par mūsu republikas reljefu un to veidojošo kvartāra nogulu īpašībām ir nepieciešami zemes ierīcības projektētājiem, melioratoriem, augsnes pētniekiem, lauku celtniekiem, ūdens apgādes projektētājiem u. c.

Pēc ģenēzes izšķir četras glaciālā reljefa tipu un formu grupas (G. Eberhards): glaciģēno, fluvioglaciālo, limnoglaciālo un glaciālo (marginālo). Apskatīsim svarīgākās reljefa formas un to sakopojumus saskaņā ar šo iedalījumu.

**Glaciģēnā reljefa grupa** ietver reljefa formas, kas veidojušās galvenokārt tiešās ledāja darbības rezultātā. Šajā grupā ietilpst reljefa formas, kas radušās ledāju vienlaicīgas eksarācijas un akumulācijas vai arī vienīgi akumulācijas rezultātā.

**Glaciģēnās eksarācijas un akumulācijas reljefa formas** veidojušās galvenokārt tur, kur pārsvarā bijusi ledāja ārdošā darbība — tas nobrāzis, noārdījis, nogludinājis un izvagojis pamatiežu virsmu. Tas visbiežāk noticis segledāja centrālajā daļā. Eiropā tipiski ledāja eksarācijas apgabali ir Skandināvijas pussala, Somija, Karelīja.

Eksarācijas līdzenumi veidojušies vietās, kur ledājs nolīdzinājis pamatiežu virsmu, ko tagad sedz visai plāna šļūdoņu nogulu kārtā. Šo līdzenumu virsa parasti ir viļņota, un tajā sastopamas samērā šauras, izstieptas ledāja *eksarācijas iegultnes*, kas vērstas ledāja kustības virzienā. Tās radušās, izgaužot tektoniskās plaisas, senās upju ielejas u. c. Par vienu no eksarācijas līdzenumiem uzskata Ziemeļigauniju (G. Eberhards).



83. att. Selgu reljefa shēma.

Ledāju kustības virziens →



84. att. Ledāja eksarācijas formas — aunpieres.

Selgu reljefs — ledāja kustības virzienā stiepti klinšaini vaļņveida pacēlumi, starp kuriem iegulst garas, šauras ieplakas. Pacēlumi ir vairākus kilometrus gari, vairākus simtus metru plati un sasniedz līdz 10 m relatīvo augstumu. Garās ieplakās starp pacēlumiem parasti ir gari ezeri un purvi. Selgu reljefs veidojies, ledājam pārstrādājot ar tektoniskām plaisām stipri sašķeltu, kalnainu pirmsledāja virsu (83. att.).

Aunpieres ir ledāja kustības virzienā stiepti pacēlumi, kuri sastāv no cietiem kristāliskiem iežiem, kas, ledāja nogludināti un nolīdzināti, ieguvuši asimetrisku formu. Nogāze, kas vērsta pret ledus kustību, ir garāka un lēzenāka, bet pretējā nogāze ir stāvāka un nelīdzenāka (84. att.). Aunpieres ir izplatītas Karēlijā, Kolas pussalā, Skandināvijas pussalā u. c.

Ielejveida pazeminājumi — vairākus kilometrus garas, 1...2 km platas un 20...40 m dziļas ielejas, kuru dibenā nogulsnēti ledāja morēnu pauguri, osi vai kēmi. Pēc G. Eberharda pētījumiem, ielejveida pazeminājumi ir uzskatāmi par ledāja pārveidotām senām (pirmskvartāra, starpledu laikmeta) upju ielejām, kurās deglaciācijas laikā ilgstoši saglabājies apraktais ledus. Ielejveida pazeminājumi bieži sastopami Latvijā un citur PSRS ziemeļrietumu daļā, kur labi saglabājušās Valdaja apledojuuma pēdas. Latvijā tādos pazeminājumos tek Rēzeknes upe leņpus Rēzeknes pilsētas, Laucesa pie Daugavpils, Malta Latgales augstienē, Vaive (Raunas pieteka).

Glacigēnās akumulācijas reljefa formas veidojušās no ledāja atnestā un nogulsnētā morēnu materiāla. Ledāja akumulācijas reljefs vislabāk ir saglabājies Valdaja apledojuuma zonā, kurā ietilpst arī Baltijas republikas (78. att.).

Pamatmorēnas līdzenumi veidojušies no drupu materiāla, kas izkūsis no ledāja apakšas un nogulsnējies zem ledus segas. Šo līdzenumu virsa ir vāji viļņota un relatīvo augstumu svārstības nepārsniedz dažus metrus. Morēnas nogulu biežums šajos līdzenumos visbiežāk ir 5...10 metri. Pamatmorēnu līdzenumi parasti ir vairāk vai mazāk pārveidoti citu (vēlāku) reljefu veidojošo faktoru iedarbībā, piemēram, šļūdoņa kušanas

ūdeņu plūsmu ietekmē, pārklāti ar kušanas ūdeņu baseinu nogulām, pārskaloti jūras darbības rezultātā.

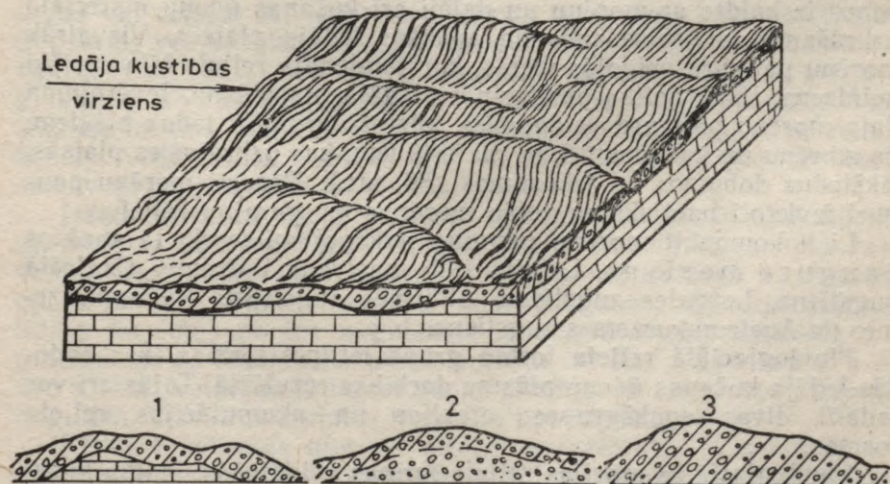
Drumlini ir izstiepti elipsveida pauguri, kuru relatīvais augstums ir 15...20 metri. Latvijā augstākais drumlins Ķoņu kalns atrodas ziemeļaustrumos no Rūjienas. Drumlini ir 1...2 km gari un 300...800 m plati. Drumlinu gareniskās ass orientētas ledāja kustības virzienā, un tie veido lielas grupas — tā sauktos drumlinu laukus. Starp drumliniem atrodas šauras purvainas ielejas (85. att.).

Drumlinu veidošanās nav pilnīgi noskaidrota, un par to izteikti dažādi uzskati. Par vienu no galvenajiem drumlinu veidošanas apstākļiem jāuzskata nevienmērīga ledus nestā morēnu materiāla nogulsnešanās uz nelīdzenas zemledus gultnes, reizē iedarbojoties ledus kustībai, kas veic arī zināmu morēnas eksarāciju.

Drumlini sastopami daudzos seno apledojumu skartajos rajonos Somijā, Ziemeļvācijā, Karēlijā, Igaunijā (Tartu un Viljandes apkārtnē), Pleskavas un Ļeņingradas apgabalos. Latvijā drumlini ir Burtnieku—Valmieras apvidū un Dienvidkurzemē uz dienvidiem no Auces.

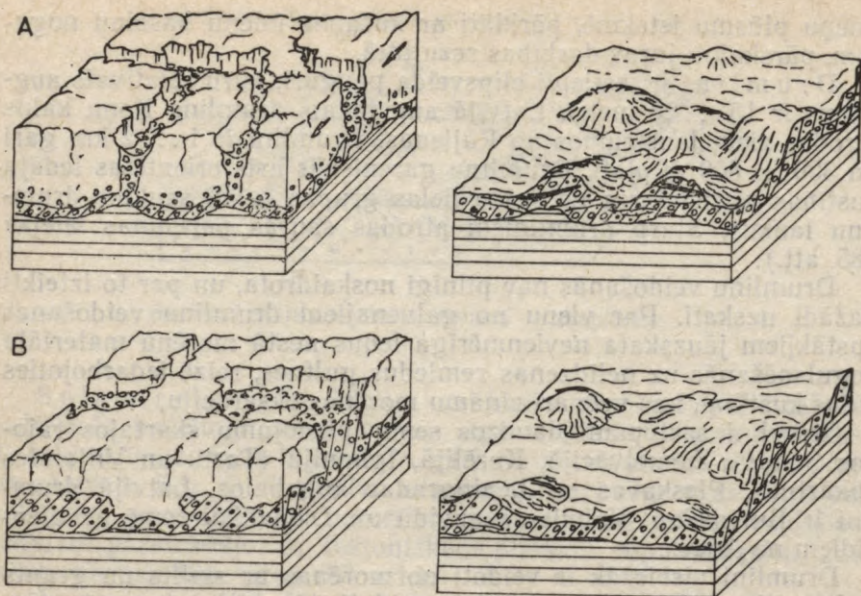
Drumlini visbiežāk ir veidoti no morēnas ar smiltis un grants ieslēgumiem. Ir arī drumlini, kas veidoti no smilšaini grantainām šļūdoņa kušanas ūdeņu nogulām, virs kurām atrodas plāna morēnu smilšmāla sega. Dažu drumlinu kodolā ir pamatiežu cilņi, kurus klāj morēna.

Morēnu pauguri ir 25...40 m augsti, apaļi, iegareni vai asimetriski, ar lēzenām nogāzēm. Pauguri sastāv galvenokārt no



85. att. Drumlinu lauka shēma un drumlinu tipi (pēc G. Eberharda):

1 — ar pamatiežu kodolu, 2 — ar fluvioglaciālo un limnoglaciālo nogulu kodolu, 3 — tipiski drumlini, kurus veido morēna.



86. att. Morēnu pauguru veidošanās shēmas:  
 A — aktīvā ledus zonā, B — aprimušā ledus masīvā.

morēnu materiāla (akmeņaina smilšmāla), kas bieži mijas ar grants, smilts un oļu lēcām un starpslāņiem. Šo pauguru veidošanos izskaidro ar morēnu un daļēji arī kušanas ūdeņu materiāla uzkrāšanos un iespiešanos no apakšas ledāja plaisās. Visvairāk morēnu pauguru veidojās vietās, kur zemledāja reljefs bija sevišķi nelīdzens, tādēļ notika pastiprināta ledāja plaisāšana. Ievērojama daļa morēnu pauguru veidojušies, kūstot aprimušā ledus blāķiem, no morēnu un kušanas ūdeņu materiāliem, kas uzkrājušies plaisās, iekšledus dobumos un izkusumos (86. att.). Parasti morēnu pauguri izvietoti haotiski un veido morēnas pauguraiņu reljefu.

Lieli kompakti morēnu pauguru sakopojumi veido tā sauktos pauguru masīvus. Latvijā šādi masīvi ir Vidzemes Centrālā augstiene, Latgales augstiene, Alūksnes augstiene, Rietumkurzemes un Austrumkurzemes augstienes u. c.

**Fluvioglaciālā reljefa** formu grupā ietilpst formas, kas radušās ledāja kušanas ūdeņu plūsmu darbības rezultātā. Tajās arī var izdalīt divas apakšgrupas: erozijas un akumulācijas reljefa formas.

**Fluvioglaciālās erozijas** reljefa formas veidojušās, ledāja kušanas ūdeņiem izskalojot, izgaužot zemledus iežu virsu. Tā radās dažāda lieluma iegultnes, iedobes un ielejas.

Subglaciālās iegultnes (vagas) ir zem ledus izgauztas līdz 50...90 m dziļas, šauras (300...800 m), izstieptas gul-

tnes. To garums var būt no dažiem kilometriem līdz dažiem desmitiem kilometru, tās stiepjas ledāja kustības virzienā. Subglaciālām iegultnēm ir nelīdzens dibens, kurā ir dziļākas iedobes un sliekšņi. Tagad daudzās subglaciālās iegultnēs ir ezeri.

Latvijā subglaciālās iegultnes ir Kernetu—Peļļu ezeru sistēma (līdz 30 km gara) Alūksnes augstienē, Ižūna—Rosicas sistēma (līdz 40 km gara), Ildzas—Dridzas sistēma (līdz 38 km gara) Dienvidlatgalē, Cieceres ezers (50 m dziļš) Dienvidkurzemē, Valdemārpils—Sārcenes sistēma Ziemeļkurzemē, Limbažu ezeru sistēma u. c.

Kušanas ūdeņu noteces ielejas veidojušās ārpus ledus segas paralēli vai radiāli attiecībā pret ledāja malu. Tām ir ievērojams platums (pat vairāki kilometri) un liels garums (vairāki simti kilometru). Noteces ielejās sastopami ledāja kušanas ūdeņu smilšaini grantaini nogulumi. Pēc ledāja izkušanas ledus laikmeta beigu posmā daudzās senās noteces ielejās izveidojās upes. Latvijā pazīstamākās ledāja kušanas ūdeņu ielejas ir Gaujas senieleja no Valmieras līdz Inčukalnam, Daugavas senieleja, Abavas senieleja u. c.

**Fluvioglaciālās akumulācijas** reljefa formas veidojušās sarežģītā kušanas ūdeņu darbības rezultātā. Straumēm plūstot pa ledāja virsu, plaisās un arī zem ledāja izskalojās morēnu materiāls. Spēcīgās straumes pārnesa daudz smilts, grants, oļu, akmeņu un nogulsēja tos ledus plaisās, kā arī iznesa tālu ārpus ledāja malas.

Kēmi ir pauguri, kas veidoti no smilšaini grantainiem kušanas ūdeņu sanesumiem. G. Eberhards kēmus pēc ārējā izskata raksturo kā parasti apaļas, neregulāras, konusveidīgas, kupolveidīgas vai reizēm arī iegarenas formas paugurus, kuru relatīvais augstums var sasniegt 30...60 metrus. To platums pie pamatnes visbiežāk ir 100...200 metri. Virsotnes parasti izliektas, reizēm plakanas, uz lielāko pauguru virsotnēm vai nogāzēm mēdz būt sīkākas formas. Nogāžu slīpumi atkarīgi no materiāla, kas veido kēmus. Visstāvākās nogāzes (30° un vairāk) ir pauguriem, kuri sastāv no rupja grants un oļu materiāla.

Izšķir vairākus kēmu paveidus pēc to veidošanās apstākļiem un iekšējās uzbūves. Parasti mēdz izdalīt fluvio kēmus, kas veidojušies no kušanas ūdeņu straumju sanesumiem — grants, oļiem, smilts; limno kēmus, kas veidojušies stāvošu kušanas ūdeņu baseinos no tur nogulsnētā smalkgraudainā materiāla — putekļu māla, bezakmens māla, putekļu smilts; saliktus kēmus, kuri veidojušies kā no ūdens plūsmu, tā arī stāvošu ūdeņu nogulām. Visvairāk izplatīti ir saliktā tipa kēmu paraugi.

Kēmu veidošanās nav vēl pilnīgi noskaidrota, jo nekur mūsdienu apledojumos tie nav vērojami. Poļu zinātnieks A. Karčevskis uzskata, ka kēmu veidošanās notikusi atkarībā no kušanas ūdeņu darbības dažādos veidos (87. att.).

Kēmi parasti veido kēmu pauguraines (kēmu laukus), kas ieņem lielas platības. Latvijas teritorijā kēmu pauguraines ir

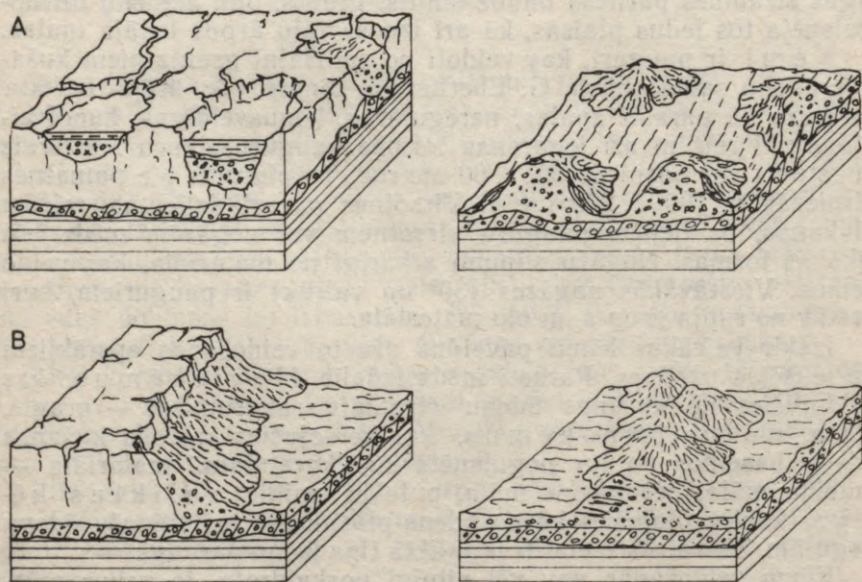
visās augstienēs, kur tās bieži mijas ar morēnu pauguriem, veidojot tā sauktās *morēnu-kēmu pauguraines*. Lielākās kēmu pauguraines Latvijā ir starp Talsiem un Tukumu Rietumkurzemes augstienes ziemeļos, Austrumkurzemes augstienes dienviddaļā, Latgales augstienē u. c. Kēmu pauguraines ir arī Ļeņingradas apgabalā, Karēlijā, Igaunijā, Lietuvā u. c.

Kēmu terases ir viļņotas fluvioglaciālo nogulu joslas, kas vietām stiepjas gar ielejveida pazeminājumu nogāzēm vai gar dažu augstieņu nogāzēm. Šīs joslas veido gar nogāzēm kāples ar izteiktu stāvu lejasmaļu.

Kēmu terasu veidošanos izskaidro ar aprimušā ledus blāku kušanu pazeminājumos (88. att.). Latvijā kēmu terases sastopamas gar salveida augstieņu nogāzēm (Vidzemes Centrālajā augstienē u. c.).

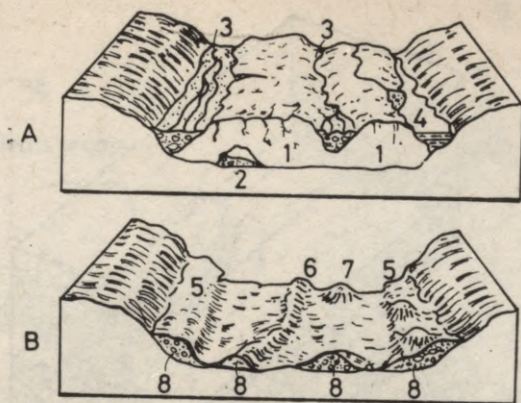
Osi ir šauri, gari vaļņveida pauguri, kas atgādina lielus ceļa uzbērumus. Osiem ir stāvas nogāzes un viļņota mugura, uz kuras paceļas nelieli uzkalni — *kupri*, kas mijas ar ieplakām — *osu katliem*.

Osu augstums sasniedz 20...50 m, platums — no dažiem desmitiem līdz simts metriem, garums — no dažiem kilometriem līdz vairākiem desmitiem kilometru. Osi sastāv no grants, oļiem,



87. att. Daži kēmu veidi un to sakars ar nogulu akumulācijas apstākļiem (pēc A. Karčevska):

A — kēmu veidošanās virsledus apstākļos, B — kēmu veidošanās pie ledāja malas.



88. att. Kēmu terasu veidošanās, kūstot aprimušā ledus blāķiem plašākos pazeminājumos (pēc R. Flinta):

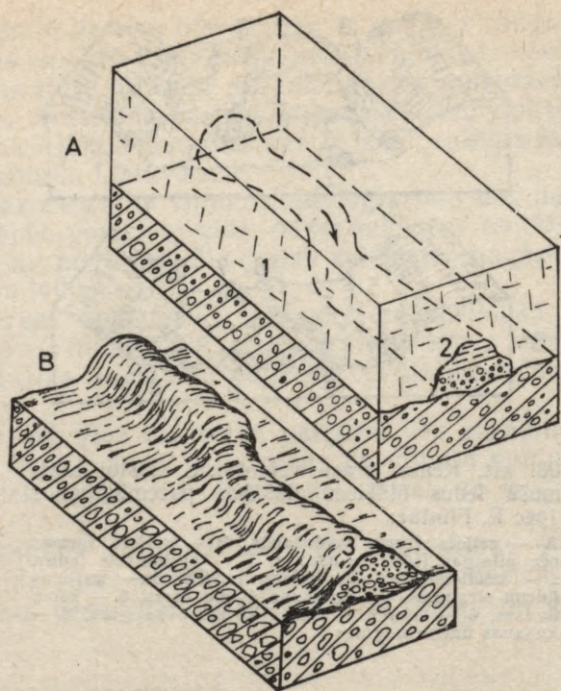
A — reljefa formu veidošanās, B — reljefa formas pēc pilnīgas ledus izkušanas; 1 — aprimušais ledus, 2 — zemledus kušanas ūdeņu tunelis, 3 — kušanas ūdeņu straumes, 4 — kušanas ūdeņu ezers, 5 — kēmu terases, 6 — oss, 7 — atsevišķs kēmu paugurs, 8 — kušanas ūdeņu nogulas.

laukakmeņiem un smilts, kas nogulsnēta, ledāja kušanas ūdeņu straumēm plūstot pa ledāja plaisām un zemledus tuneļos.

Pastāv divi viedokļi par osu veidošanos. Pēc pirmā viedokļa (H. Filipss), osu veidojošais materiāls nogulsnējies visas plaisas vai zemledus tuneļa garumā (89. att.). Pēc otra viedokļa (G. Deģērs), oss veidojies ledāja malā, kur izplūstošās zemledus straumes nogulsnējušas rupjgraudaino materiālu iznesu konusa veidā. Oss veidojies, ledāja malai atkāpjoties un šādiem iznesu konusiem saplūstot vienā virknē.

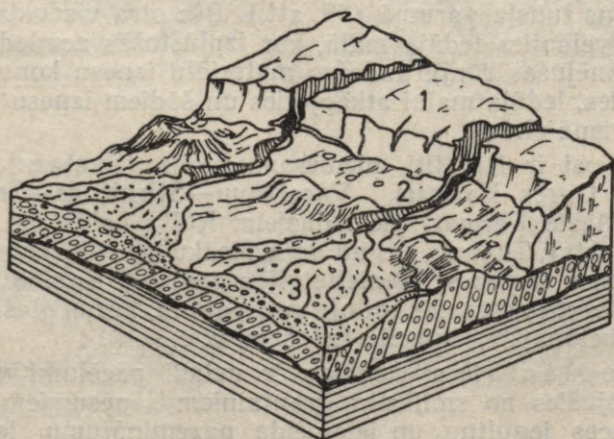
Latvijā osi ir izplatīti, piemēram, Lielie (Suntažu) Kangari (28 km), Ogres Kangari, Varakļānu—Stirnienes—Trokšu oss (20 km), Mazie Kangari pie Allažiem, Rullu kalns pie Jelgavas (tagad norakts), Tukuma oss un daudz īsāku osu Vidzemes Centrālās augstienes nogāzēs, Ziemeļlatvijas zemiēnē u. c. Svarīgi, ka osi ir augstvērtīgas grants un oļu sakopojumi, kurus plaši izmanto ceļu būvē, betona konstrukciju ražošanā u. c.

Fluvioglaciālas deltas ir nelieli pacēlumi vai vaļņi, kas izveidojušies no smilšaini grantainiem sanesumiem kušanas ūdeņu noteces iegultņu un ielejveida pazeminājumu lejasgalos. Skatījumā no augšas šiem veidojumiem nereti ir vēdekļveida forma (90. att.). Garumā šādi veidojumi var sasniegt dažus kilometrus. Liela fluvioglaciāla delta atrodas pie Daugavpils, pie Ilūkstes un Eglaines sateces, Abavas senlejas lejasgalā u. c.



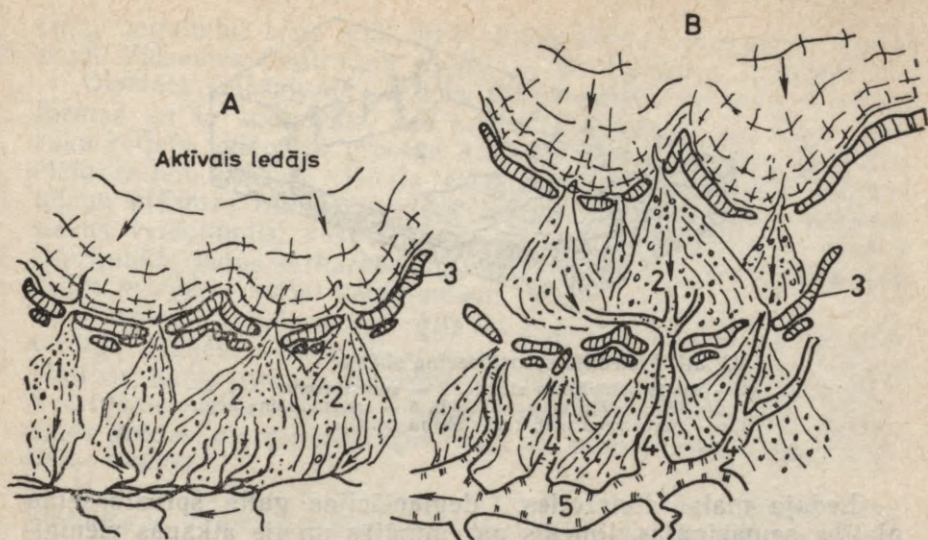
89. att. Osa shēma:

A — kušanas ūdeņu straumes darbība ledāja tunelī, B — pēc ledāja izkušanas tunelā vietā izveidojies ošs; 1 — ledājs, 2 — tunelis, 3 — ošs.



90. att. Fluvioglaciālās deltas noteces iegultņu lejasgalos:

1 — ledāja mala, 2 — noteces iegultnes, 3 — fluvioglaciālās deltas no oju, grants un smilts nogulām.

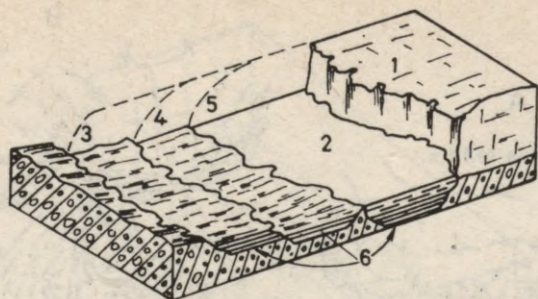


91. att. Sandru veidošanās shēma (pēc G. Eberharda):

A un B — aktīvā ledāja malas stāvokļi deglaciācijas laikā; 1 — sandru konusi, 2 — sandru līdzenumi, 3 — gala morēnas vaļņi un iegareni pauguri, 4 — radiālās kušanas ūdeņu noteces ielejas, 5 — plaša marginālā noteces ieleja — pradolina.

**S a n d r i** — plaši viļņoti smilšaini līdzenumi, kas klāti ar biezu kušanas ūdeņu plūsmu sanesto smilts kārtu. Tur, kur kušanas ūdeņi smilšainus sanesumus nogulsņēja depresijās, izveidojās katliņi un ieleju sandri. Sandru līdzenumi ļoti izplatīti gar pēdējā (Valdaja) segledāja malu un stiepijas no Pripetes upes baseina Baltkrievijā uz austrumiem un rietumiem. PSRS Eiropas daļā ir vairāki milzīgi sandru līdzenumi — Poļesjes zemiene, Meščoras zemiene u. c. Latvijas teritorijā tipiski sandru līdzenumi nav izdalīti. Daži pētnieki Latgales augstienē aprakstījuši *k ē m u - s a n d r u* reljefu.

**Limnoglaciālā reljefa formu grupa.** Ledus kušanas ūdeņiem uzkrājoties zemākajās vietās, ārpus segledāja malas veidojas lielāki un mazāki kušanas ūdeņu baseini. Visai izplatīti ir *s p r o s t - b a s e i n i* (sprostezeri). Viens krasts tiem pieklāvās ledāja malai, bet pretējo krastu veidoja zemes virsas pacēlums, ko nereti radīja morēnu nogulas (92. att.). Šādos baseinos nogulsņējās nogulu komplekss no materiāla, ko atnesa kušanas ūdeņu straumes vai arī ledus laikmeta beigu posma upes. Šo upju un straumju ieteku vietās un piekrastē nogulsņējās smilšaini sanesumi. Baseinu centrālajā zonā, t. i., dziļākajās vietās, veidojās mālaini un puteklaini nogulu slāņi no tām duļķēm, kas vienmēr bija kušanas ūdeņu plūsmās, bet izgulsņējās daudz lēnāk. Raksturīgas sprosbeseinu nogulas ir *s l o k š ņ u* māli.



92. att. Pieleidāja sprostbaseina shēma:

1 — ledājs atkāpšanās stadijā, 2 — sprostbaseins, 3, 4, 5 — iepriekšējie ledāja malas stāvokļi, 6 — sprostbaseina nogulas — bezakmeņu māli (arī slokšņu māli).

Ledāja malai atvirzoties, deglaciācijas gaitā sprostbaseinu platība samazinājās, līmenis pazeminājās un tie atkāpās vienlaicīgi ar ledāju. Parasti kušanas ūdeņu baseini veidoja limnoglaciālos līdzenumus, kas ir lēzeni, vāji viļņoti, ar horizontālu nogulu slāņu kārtojumu.

Latvijas teritorijā lielākajiem sprostbaseinu līdzenumiem pieskaita Zemgales līdzenumu, Daudzevas baseina līdzenumu starp Daugavu un Iecavu, Apriķu baseina līdzenumu u. c.

Lieli limnoglaciālie līdzenumi ir arī tur, kur bijuši tā sauktie palieku baseini, kas radušies un ilgāku laiku saglabājušies ledus laikmeta beigu posmā zemieņu centrālajās daļās. Tādiem pieskaitāms Lubānas līdzenums, Austrumlatvijas līdzenuma dienviddaļa, Ventas—Usmas ieplakas līdzenums u. c.

Ir arī tādi limnoglaciālie līdzenumi, kas veidojušies lokālos ledāja kušanas ūdeņu baseinos, kuri nebija saistīti ar ledus mēlēm. Tie veidojās augstienēs reljefa pazeminājumos, kur uzkrājās kušanas ūdeņi no apkārtējiem aprimušā vai apraktā ledus masīviem. Tādiem pieskaita Burtnieku līdzenumu, Lielauces līdzenumu, nelielo Valolas līdzenumu Vidzemes Centrālajā augstienē Ogres—Valolas satecē u. c.

Vietām limnoglaciālie līdzenumi ir veidojušies tur, kur kušanas ūdeņi uzkrājās pieledāja un virsledus baseinos. Šie līdzenumi ir viļņoti, jo limnoglaciālie nogulumu vispirms nogulsņējās uz ledus virsas, bet, tam izkūstot, noklājās uz pamatmorēnas. Šādi līdzenumi sastopami Austrumlatvijas zemienes dienvidos u. c.

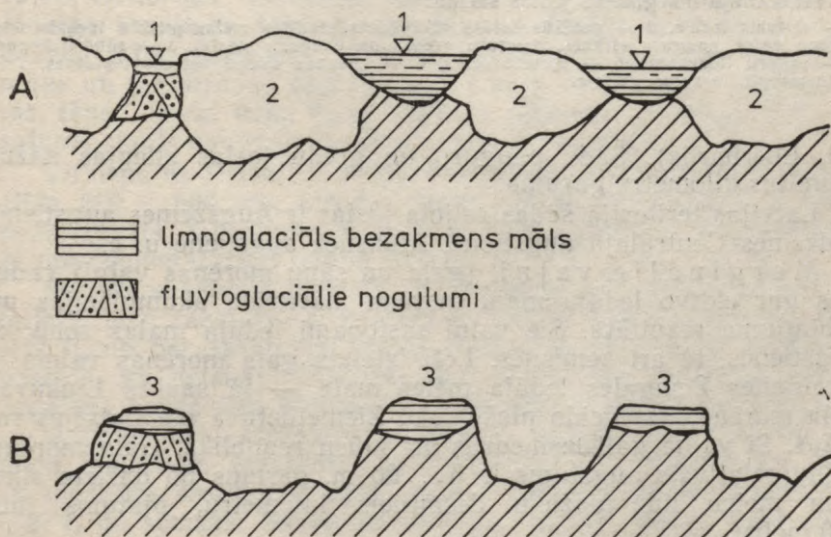
Augstienēs kušanas ūdeņi veidoja daudzus caurkusuma ezerus, kuriem bija aprimušā ledus krasti. Šādu ezeru pastāvēšanas laikā to dibenā uzkrājās limnoglaciāli māli (slokšņu māli). Kad aprimušā ledus blāķi izkusa un ezeri noplūda, to dibens atradās augstākā hipsometriskā līmenī. Tā caurkusuma ezeru vietās radās plakanvirsas pauguri ar limnogra-

ciālo nogulumu segu (93. att.). Plakanvirsas pauguri ir sastopami Vidzemes Centrālajā augstienē un Latgales augstienē.

**Glaciālā (marginālā) reljefa formu grupā** apvienotas reljefa formas un to kompleksi, kas veidojušies pie ledāja malas vairāku reljefa veidotāju procesu kopiedarbības rezultātā. Seit glaciālo reljefu veidoja ledāja eksarācija, akumulācija, kušanas ūdeņu plūsmas un arī kušanas ūdeņu baseini. Sāodus poliģenētiskus veidojumus, kas radušies ledāja malā aktīva un pasīva (aprimušā) ledus saskares zonā, sauc par **margināliem** (no latīņu *margo* — mala) veidojumiem.

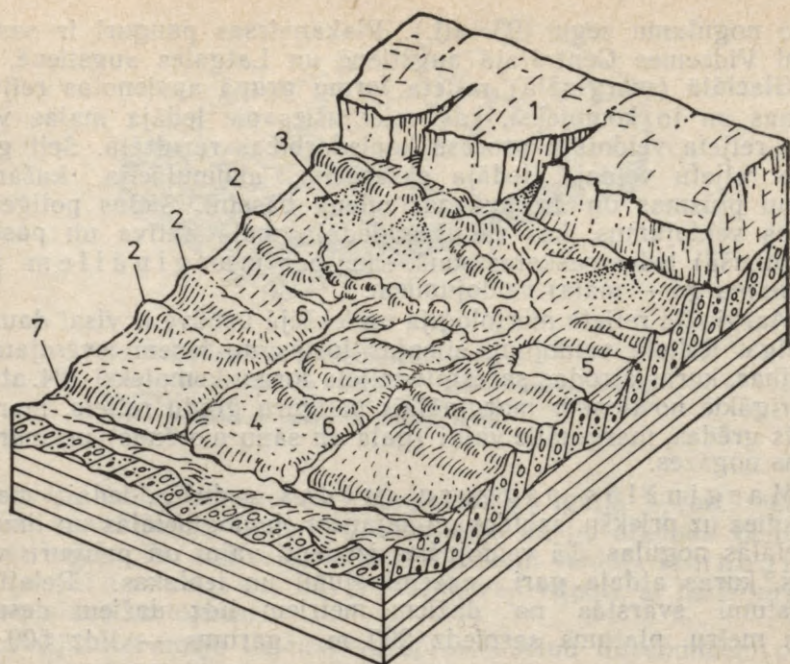
Marginālā reljefa morfoloģija un iekšējā uzbūve ir visai daudzveidīga. Reljefa veidojumi stiepjas joslās un ieņem ievērojamas platības, kurās atrodas sarežģīti reljefa formu kompleksi (94. att.). Svarīgākie no tiem ir marginālais pauguru grēdu reljefs, marginālās grēdas, marginālie vaļņi (gala un sānu morēnas) un marginālās nogāzes.

Marginālās pauguru grēdas radušās, ledāja malai virzoties uz priekšu, sabīdot un sajaucot fluvioglaciālās un limnoglaciālās nogulas. Tā veidojušies izstiepti vaļņi un pauguru virknes, kuras atdala gari pazeminājumi un ieplakas. Relatīvie augstumi svārstās no dažiem metriem līdz dažiem desmitiem metru, platums sasniedz 200 m, garums — līdz 500 m



93. att. Plakanvirsas lielpauguru ar limnoglaciālo nogulumu segu veidošanās shēma (pēc G. Eberharda):

A — plakanvirsas lielpauguru veidošanās aprimušā ledus caurkusuma ezeros, uzkrājoties limnoglaciāliem nogulumiem, B — pauguru reljefs pēc pilnīgas ledus izkušanas; 1 — ledus caurkusuma ezeri, 2 — aprimušais ledus, 3 — plakanvirsas lielpauguri.



94. att. Ledāja marginālās joslas shēma:

1 — aktīvais ledājs, 2 — vecākās ledāja atkāpšanās stadijas malas priekšā izveidojušies morēnu vaļņi, pauguru virknes, pauguru grēdas un pauguru masīvi, 3 — sandru konusi, 4 — sandru līdzenumi, 5 — sprotbaseins, 6 — kušanas ūdeņu noteces iegultnes, 7 — plaša margināla noteces ieleja.

(G. Eberhards). Šādu pauguru un grēdu joslas stiepjas dažus desmitus kilometru garumā.

Latvijas teritorijā šādas reljefa joslas ir Augšzemes augstienē, Vidzemes Centrālajā augstienē, Alūksnes augstienē u. c.

Marginālie vaļņi (gala un sānu morēnas vaļņi) radušies gar aktīvo ledāju malu morēnu materiāla akumulācijas un sabīdījuma rezultātā. Šie vaļņi sastopami ledāja malas zonā kā augstienēs, tā arī zemienēs. Ļoti izteikts gala morēnas valnis ir izveidojies Zemgales ledāja mēles malā — tā sauktā Linkuvas gala morēna, kas veido plašu loku Ziemeļļietuvā pie Latvijas robežas. Šī vaļņa gali iesniedzas arī mūsu republikā. Gala morēnu vaļņu relatīvais augstums ir 5...20 m, garums no dažiem simtiem metru līdz dažiem desmitiem kilometru, platums līdz 300 metru.

Marginālās grēdas (gala morēnu grēdas) ir sevišķi lielas ledāja akumulācijas reljefa formas, kas radušās, ledājam nogulsņējot un sabīdot morēnu materiālu savā priekšā. Šādas grēdas vietām klāj arī limnoglaciālas un fluvioglaciālas nogulas, kas zem ledāja spiediena stipri sakrokotas. Gala morēnu grēdas

var sasniegt 40...70 m relatīvo augstumu un vairākus simtus kilometru garumu. To virsma ir nelīdzena, stipri saposmota. Liela gala morēnu grēda ir Dienvidsomijā — Salpauselkes grēda. Latvijā marginālās grēdas ir līdz 30 km garas, 2...8 km platas un 20...50 m augstas.

Marginālās nogāzes ir diezgan platas joslas, kas stiepjas gar augstieņu malām un kas veidojušās tiešā ledāja malas spiediena rezultātā. Tādēļ ledāja un kušanas nogulu slāņi šajās nogāzēs stipri sakrokoti. Nogāžu virsa ir taisna vai vāji izliekta, vietām terasēta kušanas ūdeņu sprostbaseinu viļņu darbības ietekmē. Marginālās nogāzes sastopamas Latvijā daudzās vietās ap augstienēm.

#### 4. 4. 6. KRIOGĒNĀS RELJEFA FORMAS

Kriogēnās (no grieķu *kryos* — aukstums, *genos* — dzimšana) reljefa formas veidojas apgabalos, kur ir mūžīgais sasalums. Par mūžīgo sasalumu (ilggadīgo sasalumu) sauc biežāku vai plānāku apakšzemes grunts slāni, kura temperatūra daudzus gadus un gadsimtus (kā ziemā, tā vasarā) atrodas zem 0°C. Ūdens šajā slānī ir sasalis, tādēļ visas poras un plaisas pilda ledus.

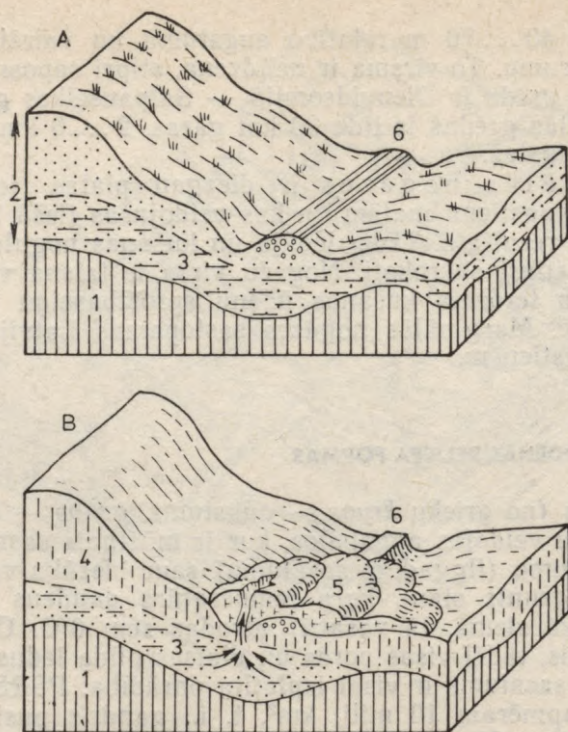
Mūžīgais sasalums ir visai izplatīta parādība. PSRS teritorijā tas aizņem apmēram 10 milj. km<sup>2</sup>, t. i., gandrīz pusi no visas valsts teritorijas. Visvairāk mūžīgais sasalums izplatīts Sibīrijā. Mūžīgā sasaluma biezums un dziļums PSRS teritorijā ir visai dažāds. Tā, piemēram, Sibīrijas dienvidos sasaluma slānis ir plāns un tas atrodas zem diezgan biezas nesasalušas grunts kārtas, tāpēc to var uziet tikai dziļākos rakumos. Dienvidsibīrijā sasaluma slānis nav izplatīts vienlaidus, bet ir salu veidā.

Virzienā uz ziemeļiem mūžīgā sasaluma slānis pieaug biezumā (līdz 200...500 m), atrodas tuvāk zemes virsai un ir gandrīz nepārtraukts (sasaluma nav lielo upju ielejās). Arī sasalušās grunts temperatūra ir daudz zemāka.

Mūžīgā sasaluma izplatība un biezums ir atkarīgi no klimata, reljefa, iežu rakstura, augu segas; tā veidošanās apstākļi ir sarežģīti, un par sasaluma ģenēzi pētniekiem domas dalās. Pastāv uzskats, ka lielākajā Sibīrijas daļā sasalums ir mantojums no pagātnes bargākiem klimatiskiem periodiem (ledus laikmeta).

Daži pētnieki izskaidro sasaluma rašanos ar mūsdienu klimata īpatnībām sasaluma izplatības rajonos. Novērojumi rāda, ka sasalums sastopams apvidos, kur vidējā gada temperatūra ir -2 °C un zemāka. Sasaluma rašanos ietekmē sniega sega, apvidus mežainība, reljefs, zemes virsējo slāņu ģeoloģiskā uzbūve, pazemes ūdeņu dziļums u. c.

Sasaluma slāņa virsa parasti atrodas lielākā vai mazākā dziļumā. Virssasaluma kārtu, kas ik gadu vasarā atkūst, bet ziemā sasalst, sauc par aktīvo jeb darbīgo slāni. Tā biezums



95. att. Uzledu veidošanās shēma:

A — vasarā, B — ziemā; 1 — mūžīgais sasalums, 2 — vasarā atkūstošais grunts slānis, 3 — virssasaluma gruntsūdens horizonts, 4 — ziemā sasalusi kārtā, 5 — uzledus, kas radies, izplūstot virssasaluma ūdeņiem, 6 — ceļa uzbērums.

Sibīrijas ziemēlos parasti nepārsniedz 1...1,5 metrus. Aktīvā slāņa biezums ir atkarīgs no grunts veida: rupjas grants un oļu nogulās tas ir lielāks (apmēram 4 m), bet smalkā smiltī un mālos — mazāks (1...2 m). Kūdrā aktīvā slāņa biezums parasti nesasniedz metru.

Mūžīgā sasaluma apgabalos veidojas vairākas īpatnējas reljefa formas, kas saistītas ar kušanas un sasalšanas procesiem kā aktīvajā, tā arī sasaluma slānī.

Vasarā, atkūstot grunts aktīvajam slānim, tajā uzkrājas ūdens un veidojas tā sauktais virssasaluma gruntsūdens horizonts. Iestājoties ziemai, šie ūdeņi sasalst, izplešas un iegūst ievērojamu spiedienu. Sasaluma apgabalos vietām rodas kūkumošanas cilņi, jo, ziemā sasalstot, aktīvā slāņa ieži izplešas un izmainās to struktūra. Purvainos apvidos sala kūkumošanas procesos rodas kūdras cilņi.

Vietām virssasaluma gruntsūdeņi uzkrājas lielākos daudzumos virs mūžīgā sasaluma slāņa, kas ir ūdens necaurlaidīgs. Ziemā,

kad sasalst aktīvais slānis, šie ūdeņi tiek ieslēgti. Sasalstošā aktīvā slāņa biežumam arvien pieaugot, ieslēgtais ūdens rada lielu spiedienu un pārrauj virsējo slāni. Izplūstošais ūdens sasalst un rada ledus cilni — u z l e d u (95. att.). Šādu ledus cilņu augstums var sasniegt vairākus metrus, bet platība vairākus simtus un pat tūkstošus kvadrātmētru. Parasti virssasaluma ūdeņu veidoti uzledi vasarā izkūst.

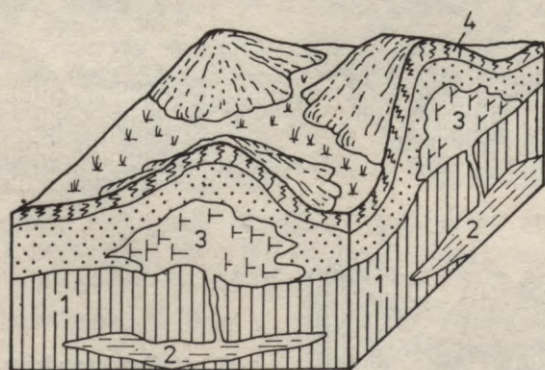
Līdzīgi uzlediem veidojušies arī hidrolakolīti — samērā lieli ovāli, kupolveida pauguri (30...40 m augsti, pamata platība līdz 0,5 km<sup>2</sup>). Starpība ir tā, ka hidrolakolītos gruntsūdeņi nav varējuši izlauzties zemes virsū, bet tie tikai pacēlušies virsējos iežus un augsni un sasaluši (96. att.).

Hidrolakolītu pauguru virsējie slāņi veidoti no kūdras un minerālgrunts, bet kodols — no ledus un ūdens aizpildītiem tukšumiem. Hidrolakolīti ir ilggadīgi veidojumi.

Zemes virsas kūkumošanās un uzledu veidošanās mūžīgā sasaluma apgabalos traucē cilvēka saimniecisko darbību, jo tie bojā ceļus un grauj būvju pamatus. Jāievēro, ka uzledu veidošanos nereti izraisa dažādi celtniecības darbi. Tie veicina siltuma pievadīšanu sasaluma horizontam, kas atkūstot rada zem celtnes papildu gruntsūdeņu daudzumu. Tie ziemā izlaužas zemes virsū vietās, kur aktīvais slānis nesasalst — zem ēkām, ceļu uzbērumiem, tiltu balstiem un citur.

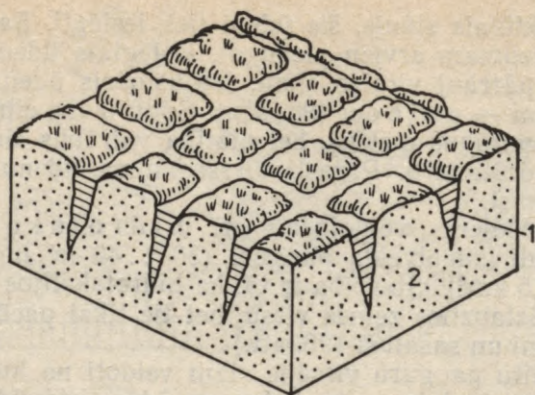
Ar aktīvā slāņa atkušņu un virssasaluma ūdeņiem saistīts arī soliflukcijas process (sk. 87. lpp.).

Mūžīgā sasaluma apgabala ziemeļu un ziemeļaustrumu daļā izplatītas mikroreljefa formas, kas saistītas ar salcērtes plaisām. Stipra sala ietekmē vietās, kur sniega sega nopūsta, virsējais grunts slānis saplaisā, veidojas salcērtes plaisu tīkls, kas zemes virsu sašķēļ dažāda lieluma *poligonālos blokos*. Atkušņos plaisās iekļuvušais ūdens sasalst un izveido savdabīgus ledus



96. att. Hidrolakolīti:

1 — mūžīgais sasalums, 2 — starpsasaluma ūdens, 3 — ledus, 4 — kūdras slānis.



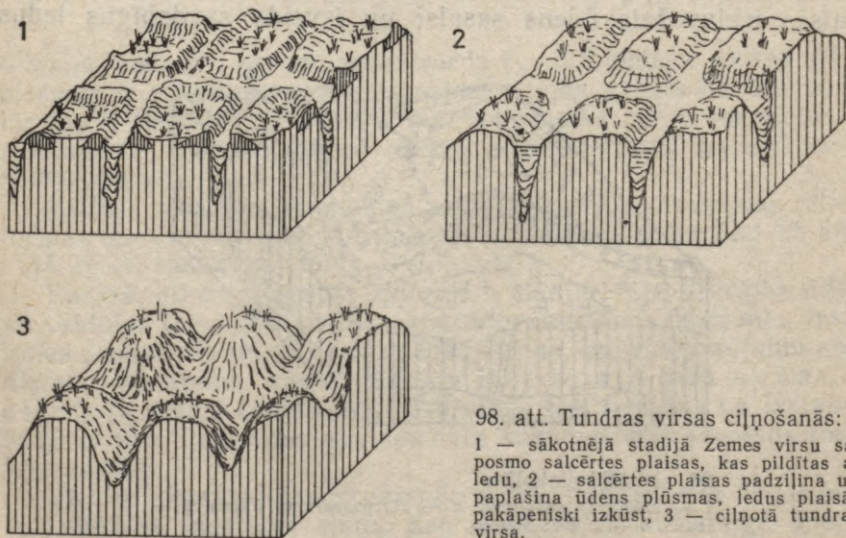
97. att. Tetragonālais (taisnstūra) mikroreljefs, kas rodas, attīstoties salcērtes plaisām:

1 — ar ledu pildītas salcērtes plaisas, 2 — sasalusī grunts.

ķīļus. Tie pakāpeniski kļūst biežāki un garāki, iesniedzas dziļumā un palielina salcērtes plaisas. Šī procesa rezultātā vietām izveidojas salcērtes poligoni (97. att.).

Salcērtes plaisu, kūkumošanās un ūdens plūsmu kopiedarbības rezultātā veidojas īpatnējs paugurainās tundras mikroreljefs (98. att.).

Mūžīgā sasaluma zonā ir izplatītas parādības un reljefa formas, kas saistītas ar apraktā ledus izkušanu, kas atrodas irdenos iežos. Apraktam ledum kādā vietā izkūstot, iežu tilpums ievērojami samazinās un zemes virsa tur ieslīgst. Apakšzemes ledū vietām



98. att. Tundras virsas cilņošanās:

1 — sākotnējā stadijā Zemes virsu saposmo salcērtes plaisas, kas pildītas ar ledu, 2 — salcērtes plaisas padziļina un paplašina ūdens plūsmas, ledu plaisas pakāpeniski izkūst, 3 — cilņotā tundras virsa.

rodas arī tukšumi (ejas, alas), virs kuriem zemes virsa ieegrūst. Tā radušās dažāda lieluma ieslīgumu un ieegruvumu iedobes. Šo procesu sauc par termokarstu, jo tas pēc savas izpausmes atgādina karsta procesus viegli šķīstošajos iežos (sk. 100. lpp.).

Negatīvās reljefa formas, kas rodas termokarsta procesos, ir dažāda lieluma ieplakas, iedobes un piltuves. Bieži tās ir pildītas ar ūdeni, tad veidojas tā sauktie termokarsta ezeri, kas visai izplatīti ne tikai tundras, bet arī taigas zonā, piemēram, Jakutijā (alasi).

Grunts ieslīgumi, kas rodas mūžīgā sasaluma izkušanas rezultātā, var veidoties zem būvēm un radīt avārijas. Ja caur būves pamatiem sasaluma slānī iekļūst siltums, sākas tā kušana un izveidojas plūstoša grunts, kas zaudē nestspēju. Celtne sāk nevienmērīgi sēties, pamati un sienas plaisā (99. att.). Šo procesu var pavadīt uzledu veidošanās zem celtnes, kas arī iedarbojas graujoši.

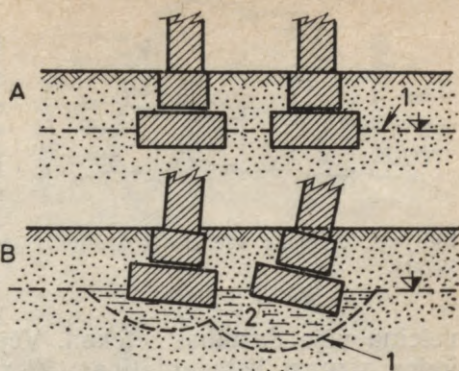
Lai nodrošinātu būvju stabilitāti mūžīgā sasaluma rajonos, labi jāpazīst sasaluma īpašības un ar to saistītās parādības, jālieto īpaša celtniecības metodika.

#### 4. 4. 7. VĒJA DARBĪBAS RADĪTĀS RELJEFA FORMAS

Vējš ir viens no svarīgākajiem eksogēnajiem faktoriem, kas rada vai pārveido reljefa formas. Šis norises sauc par eolajiem procesiem. Tie aktivizējas, ja zemes virskārtu veido irdeni, nesaistītu iežu masas, kuras nepārklāj veģetācijas sega, un ja ir neliels nokrišņu daudzums, jo tad iežos parasti ir maz mitruma.

Vēja reljefu veidojošā darbība ir lielā mērā atkarīga no vēja ātruma. Eksperimentu rezultātā ir konstatēta tieša sakarība starp vēja ātrumu un pārnesto daļiņu izmēriem:

Vēja ātrums (m/s)	Pārvietoto iežu graudiņu izmēri (mm)
4,5 ... 6,7	0,25
6,7 ... 8,4	0,5
9,8 ... 11,4	1,0
11,4 ... 13,0	1,5



99. att. Ēkas pamatu sēšanās mūžīgā sasaluma ietekmē:

A — ēkas pamati pirms sasaluma atkušanas, B — ēkas pamati pēc sasaluma atkušanas; 1 — sasaluma virsējā robeža, 2 — zem pamatiem atkususi grunts.



100. att. Akmens «sēnes» veidošanās shēma.

Vēja darbība visenerģiskāk ietekmē reljefa veidošanos tuksnešos, jūru, upju un ezeru smilšainajās piekrastēs un augstu paceltajos plato, kuru virskārtu veido irdeni ieži. Nepārdomāta cilvēku saimnieciskā darbība — masveida mežu izciršana, pārmērīga nosusināšana, stāvu, pret valdošiem vējiem pāvērstu nogāžu apstrādāšana —

veicina vēja darbības ietekmi. Vēja pārpūstie smiltāji uz zemeslodes aizņem lielas platības: Ziemeļāfrikā, Sahāras tuksnešī, tie klāj vairāk nekā 1 milj. km<sup>2</sup>, Centrālajā Āzijā — 1,5 milj. km<sup>2</sup>, Vidusāzijā — 1 milj. km<sup>2</sup>.

Izšķir četras galvenās vēja darbības izpausmes: deflāciju, korāziju, transportēšanu un akumulāciju.

Deflācija ir ārhošs process, kas visbiežāk novērojams plašās, ar irdeniem iežiem pārklātās teritorijās, kur vējš līdzējā virsmā izpūš bedres un ieplakas. To platība reizēm var sasniegt pat vairākus hektārus, bet dziļums — vairākus desmitus metru. Arābijas tuksnešos sastopamas pat 70 m dziļas deflācijas ieplakas. Arī Latvijas PSR jūras piekrastē starp kāpām ir deflācijas ieplakas, tikai to izmēri nepārsniedz dažus desmitus metru.

Nemainīga virziena vēji tuksnešos izveido īpatnējas, garenstieptas deflācijas vagas, kuru forma ir līdzīga sauso upju gultnēm. Šādi veidojumi var stiepties no dažiem desmitiem līdz simtiem kilometru garumā. Lietus periodā šīs «gultnes» nereti pieplūst ar noteces ūdeņiem. Tad deflācijas vagas tiek stipri pārveidotas un padziļinātas, dažreiz erodētas gandrīz līdz gruntsūdens līmenim. Bieži šādās deflācijas vagās cilvēki izveido oāzes. Ja gruntsūdeņi ir sāļi, veidojas *solončaki* — laukumi, kuru virskārtā mineralizēto gruntsūdeņu iztvaikošanas rezultātā izveidojusies sāls kārtiņa. Solončaki visvairāk izplatīti Centrālās Āzijas, Āfrikas un Austrālijas tuksnešos.

Korāzija ir vēja ārhošās darbības paveids — tā ir vēja nesto smilšu graudiņu deldējošā iedarbība uz cietajiem iežiem. Smilšu graudiņi pulē cieto iežu atsegumus, veido tajos dažāda lieluma iedobumus, nišas un vadziņas. Noturīgāko minerālu dzīslas nepadodas korāzijai un veido izciļņus. Sarežģītā virsmas zīmējuma dēļ šādus veidojumus sauc par akmens «mežģinēm». Tā kā vēja nesto smilšu graudiņiem vislielākais deldējošais spēks ir līdz divu metru augstumam virs zemes, tad lielākie iežu blūķi parasti iegūst sēnes veidu (100. att.).

Atsevišķi gulošiem cieto iežu blūķiem, kas pakļauti mainīga virziena vējiem, izveidojas raksturīgas formas: pretvēja šķautnes tiek nogludinātas, bet aizvējā esošās daļas saglabā savu agrāko faktūru. Šādas raksturīgas iežu formas sauc par vējšķautņiem.

Vēja transportējošā darbība ir atkarīga no pārnesamo daļiņu diametra un vēja ātruma. Sīkākās iežu daļiņas vējš aiznes ļoti tālu. Ir konstatēts, ka pasātu vēji Sahāras tuksneša putekļus aiznes pat 3000 km tālu Atlantijas okeānā. Smilšu vētras laikā tuksnesī 500...600 km rādiusā gaisā atrodas apmēram 100 miljoni tonnu smilšu un putekļu.

Vēja transportējošā darbība ir cieši saistīta ar vēja nesto smilšu nogulsnešanos — akumulāciju. Tuksnešos parasti vēja ārdošā, transportējošā un akumulējošā darbība noris vienlaikus. Akumulatīvās reljefa formas dabā ir bieži sastopamas. Visvairāk izplatītas un daudzveidīgākas tās ir mēreno un karsto joslu tuksnešu un pustuksnešu apgabalos, kur maz mitruma, trūcīga veģetācijas sega un lieli vēja ātrumi.

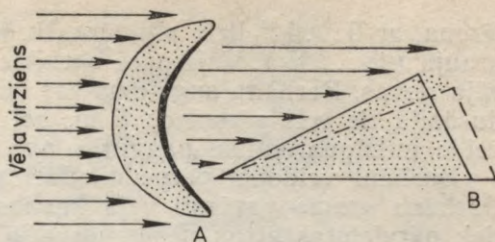
Teritorijās, kas vienmērīgi klātas ar veģetāciju un ir pietiekami nodrošinātas ar mitrumu augsnes virskārtā, vēja nestās smiltis un putekļi nogulsnešas vienmērīgi, ja vēja ātrums nepārsniedz 1,5 m sekundē. Vēja ātrumam pieaugot, smiltis un putekļi izveido paugurainu reljefu. Tā rodas vaļņveida pauguri vai pauguru grēdas, ko sauc par kāpām.

Vēja akumulatīvās darbības rezultātā rodas ļoti daudzveidīgas reljefa formas. Visvienkāršākās no tām ir nelieli pauguriņi, kuri rodas, vēja pūsmi ceļā sastopot kādu šķērslī — lielāku iežu blūķi, augu vai to kopu. Akumulācijas veidojumi vispirms rodas šī šķēršļa aizvēja pusē, bet, vēja ātrumam pieaugot, jau pats smilšu paugurs kļūst par šķērslī, pie kura vējš zaudē enerģiju un nogulsnē attransportēto materiālu. Virs sākotnējā šķēršļa izveidojas simetriska, nekustīga kāpa.

Ja vēja ātrums vēl tālāk pieaug, kāpas vēja pusē sākas deflācijas process. Parasti kāpas pretvēja pusē veidojas lēzena, 5...10° slīpa nogāze, bet aizvēja pusē tā ir stāvāka — 25...30°. Šo kāpu augstums parasti nepārsniedz 1 m, tās orientētas valdošo vēju virzienā. Sādas kāpas dēvē par *embrionālajām* kāpām.

Vislielāko aktivitāti eolie procesi sasniedz smilšu tuksnešos, kuri parasti aizņem lielas teritorijas. Pēc I. Ščukina domām, vairums smilšu tuksnešu izveidojušies arīdā klimata apstākļos, vējam pārpūšot lielo upju alūviju. Tā, piemēram, Karakuma smiltāji izveidojušies Amudarjas, Tedženas un Murgabas upju seno deltu rajonā.

Viens no izplatītākajiem kāpu veidiem tuksnešos ir *barhāni*. Tiem raksturīgs asimetrisks profils šķērsgrīzumā un pusmēness forma plānā (101. att.). Pret vēju pavērstā nogāze ir



101. att. Barhānu veidošanās shēma:  
A — skats no augšas, B — šķērsgrīzumā.

lēzena, ar 5... 12° lielu slīpumu, turpretī pretvēja pusē nogāze ir krauja (28... 35°). Vēja pusē barhāna virsu sedz 1... 2 cm dziļas vēja rievas. Barhānu augstums var būt ļoti dažāds, piemēram, Vidusāzijā tie reti pārsniedz 8 m, bet Lībijas tuksnesī tie vietām veido milzīgus smilšu paugurus pat 30... 40 m augstumā.

Barhāni veidojas perpendikulāri galvenajam vēja virzienam. Barhāna «ragi» pavērsti vēja kustības virzienā, jo smiltis tajos tiek pārvietotas ātrāk nekā masīvajā centrā. Barhāni ir «ceļojošas» kāpas; atkarībā no vēja stipruma tie var pārvietoties ar ātrumu līdz 60 km gadā. Vēja virzienam mainoties, rodas sarežģītas barhānu virknes, grēdas vai grupas. Barhānu virknes ir inertas, to pārvietošanās iespējas mazākas.

Kāpu formas tuksnešos ietekmē kserofilās veģetācijas ieviešanās, sākotnējais reljefs, vēju režīms un daudzi citi faktori, kuri veido atšķirīgas reljefa formu kombinācijas. Jāpiebilst, ka gandrīz katrā tuksnešu izplatības apgabalā eoliem veidojumiem ir atšķirīgas elementu variācijas. Tāpat akumulatīvās formas kombinējas ar agrāk aprakstītajām deflācijas un korāzijas formām, veidojot ļoti dažādus formu kompleksus.

Aktīva vēja darbība norisinās ne tikai smilšu tuksnešos, bet visās teritorijās, kur valda apakšnodaļas sākumā minētie priekšnoteikumi.

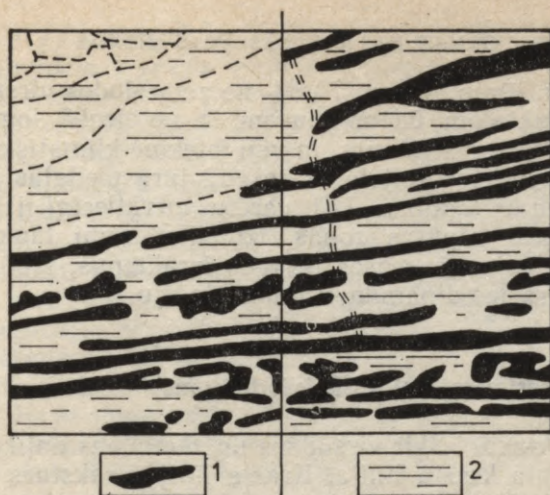
Eolais reljefs sastopams upju ielejās smilšainās jūru un ezeru piekrastēs. Vējš pārveido arī seno ledāju veidoto reljefu, visbiežāk sandru līdzenumus, fluvioglaciālās deltas, seno piededāja baseinu nogulas utt.

Mērena klimata apstākļos bieži veidojas paraboliskās kāpas. To forma līdzīga barhāniem, tikai «ragi» pavērsti pret vēju. Šādu reljefa formu izveidošanos sekmē blīvā veģetācijas sega, kas pārklāj kāpu lēzenos galus (labāku mitruma apstākļu dēļ); kāpas centrā brīvās smilšu masas pakļautas aktīvai vēja darbībai.

Kāpu forma cieši saistās arī ar ieleju terasēm, jūras un seno piededāja baseinu krasta veidojumiem.

Latvijas teritorijā var izdalīt divu ģenētisko tipu kāpu paveidus: kontinentālās un piekrastes kāpas. Lielākie kontinentālo kāpu masīvi sastopami Strenču apkārtņē, uz ziemeļiem no Daugavpils, kā arī starp Baldoni un Ķegumu. Dominējošās ir paraboliskās kāpas, kuru pretvēja nogāzes slīpums ir 5... 10°, bet aizvēja — 25... 30°. Vislielākie piekrastes kāpu masīvi atrodas Rīgas jūras līča dienviddaļā, uz dienvidiem no Liepājas, kā arī Kolkas—Mazirbes apkārtņē. Visaugstākā mūsu republikā ir Ķūpu kāpa Liepājas rajonā (32,1 m), kura ir Latvijas PSR aizsargājama dabas objekts.

Kāpu virknes parasti novietojas paralēli jūras krastam. Nereti tās klāj seno jūras attīstības stadiju krastu vaļņus. Kolkas—Mazirbes apkārtņē izveidojušās īpatnējas ieplaku un vaļņveida kāpu — seno krastu vaļņu sistēmas (102. att.). Vietējie iedzīvotāji



102. att. Kangaru un vīgu izplatība Slīteres mežniecības kvartālos:

1 — vaļņveida kāpas, 2 — pārpurvotās ieplakas.

vaļņveida kāpas sauc par kangariem, bet šaurās, garās pārpurvotās ieplakas starp tiem — par vīgām.

Eolie procesi arī pašreiz aktīvi norisinās Baltijas jūras un Rīgas jūras līča smilšainajās piekrastēs. Galvenā vēja akumulācijas forma, kurā uzkrājas smiltis, ko vējš aiznes no pludmales, ir priekškāpas. Tās ir 1...3 m augstas, vaļņveida, tām parasti raksturīgs gandrīz vienāds slīpums ( $12...20^\circ$ , pēc V. Ulsta) abās pretējās nogāzēs. Sauszemes virzienā aiz priekškāpām vai smilts pārpūtuma joslas seko krasta kāpas, kurās labi novērojamas dažādu izmēru deflācijas ieplakas.

Ar veģetācijas segu nenostiprinātas kāpu smiltis var pārvietoties ar ātrumu līdz 20 m gadā. Jau kopš seniem laikiem cilvēki ir domājuši, kā nostiprināt vēja nestās smiltis, lai tās nenodarītu zaudējumus zemes apsaimniekošanā.

Latvijā kāpu pārvietošanās ierobežošanā ir aptuveni 125 gadus ilga pieredze. Sevišķi aktuāls šis jautājums bija kļuvis 18. gadsimta beigās un 19. gadsimta sākumā, kad tika izcirsti lieli meža masīvi un ierīkoti lidumi. Jau drīz vien parādījās nepārdomātās rīcības sekas: ceļojošās kāpu smiltis apbēra jau tā neauglīgos Mazirbes, Rojas, Garcieņa, Jūrmalciema un citu jūras piekrastes ciemu iedzīvotāju laukus. Klausu kārtā tika uzsākta smilšu nostiprināšana ar aizžogojumu vai stādījumu palīdzību, tomēr bieži vien cilvēkiem nācās atkāpties un ierīkot savus laukus citās vietās. Padomju varas gados tika uzsākti plānveidīgi un zinātniski pamatoti piekrastes smiltāju apmežošanas darbi, kā rezultātā smiltāju postošā ietekme ir stipri mazinājusies.

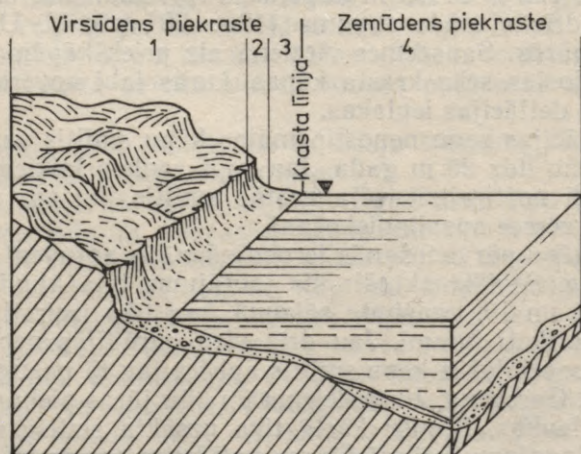
#### 4. 4. 8. RELJEFA FORMAS, KAS RADUŠĀS JŪRAS IETEKME

Okeāni un jūras aizņem 70,8% no zemeslodes virsmas. To milzīgajām, atklātajām ūdens masām ir noteicošā loma vispārējā ūdens apritē. Jūras straumes un vēji ietekmē klimatiskos apstākļus arī uz kontinentiem. Reljefa veidošanā jūra piedalās kā ļoti nozīmīgs eksogēnais faktors. Lai varētu mērķtiecīgi izbūvēt ostas, iekārtot aktīvās atpūtas zonas, izmantot zemi lauksaimniecībā, iegūt piekrastes zonā esošos derīgos izrakteņus, labi jāiepazīstas ar jūras piekrastes dinamiku un morfoloģiju.

#### Jūras piekrastes morfoloģiskais iedalījums

Jūras piekrastē izšķir virsūdens un zemūdens daļu, kuras vienu no otras atdala krasta līnija. Krasta līnijas raksturs mainās gan īsākos, gan lielākos laika periodos. Īslaicīgas izmaiņas izraisa vēja virzienu maiņa piekrastē, paisuma un bēguma viļņi. Izbeidzoties minēto faktoru ietekmei, krasta līnija atkal atrodas agrākajā vietā. Ilgākos laika periodos (miljonu vai tūkstošu gadu laikā) krasta līnija var mainīt savu novietojumu zemes garozas epeirogēno vai orogēno kustību rezultātā. Krasta līnijas pārvietošanos var izraisīt arī klimatisko apstākļu maiņa.

Teritoriju, kas atrodas abās pusēs krasta līnijai, sauc par piekrasti. Šajā jūras un sauszemes kontakta zonā reljefa veidošanās procesi norisinās visaktīvāk. Morfoloģiskais piekrastes zonas iedalījums parādīts 103. attēlā.



103. att. Jūras piekrastes morfoloģiskais iedalījums:  
1 — piekrastes zona ar seno krastu veidojumiem, 2 — jūras krasts, 3 — pludmale, 4 — krasta zemūdens nogāze.

Sauszemes piekrastes joslā ar jūras seno stadiju krasta veidojumiem ieskaita teritoriju, kuras izcelšanās un attīstība ir bijusi saistīta ar jūras senākajām līmeņa svārstībām. Pašreizējā jūra kā reljefa veidotāja šo teritoriju vairs neietekmē. Latvijas teritorijā šī josla svārstās no dažu desmitu metru līdz vairāku desmitu kilometru platumam un saistās ar Baltijas baseina dažādajām attīstības stadijām ledus laikmeta beigu posmā un pēcledus laikmetā — holocēnā. Vēl tagad reljefā labi novērojami šo seno jūras stadiju veidotie krasta vaļņi, kraujas un citi veidojumi.

Jūras krasts ir vistālākā sauszemes josla, kuras veidošanās saistīta ar tagadējās jūras darbību. Stāvās piekrastēs krastu veido krauja, bet lēzenās — akumulācijas valnis.

Joslu starp pašreizējās jūras krastu un krasta līniju sauc par *pludmali*. Jūras maksimālā līmeņa laikā tā ir pārklāta ar ūdeni, tāpēc atrodas nepārtrauktā attīstībā. Smilšainās pludmalēs sausā laikā reljefa pārveidošanu turpina vējš.

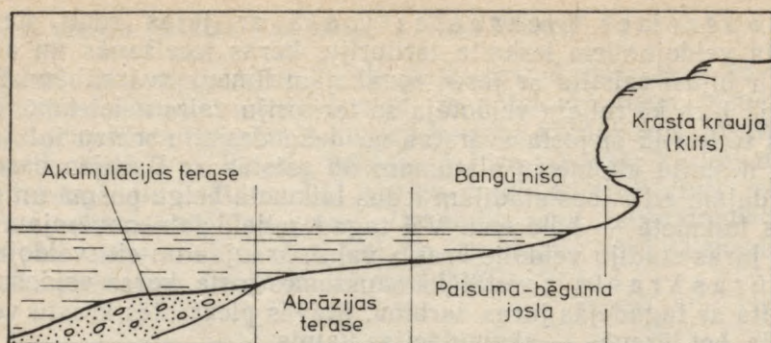
Jūras zemūdens piekrastē krasta līnijai tuvāko un seklāko zemūdens daļu sauc par *krasta zemūdens nogāzi*. Tās reljefu veido sauszemes denudācijas materiāls. Seklajai krasta zemūdens nogāzei piegulošo teritoriju aptuveni līdz 200 m dziļumam sauc par *šelfu*.

### Reljefa veidošanās procesi jūras piekrastē

Izšķir tiešos un netiešos jūras darbības izraisītos reljefa veidotājus procesus. Pie tiešajiem reljefa veidotājiem procesiem pieskaita viļņu, jūras straumju, paisuma un bēguma, kā arī dzīvo organismu darbību. Pie netiešajiem faktoriem pieskaita vēju, jūrā ietekošo ūdens plūsmu, seismisko, epeirogēno un orogēno procesu ietekmi.

Jūras ģeomorfoloģisko darbību, tāpat kā vairumu eksogēno procesu, var iedalīt ārdošajā un radošajā darbībā. Ārdošajiem procesiem pieskaita viļņu darbību jūras piekrastes joslā, kuru apzīmē ar vārdu *abrāzija*. Abrāzija pastiprinās, ja piekrastē norisinās lēnas grimšanas procesi, kā rezultātā jūra uzvirzās sauszemei. Šo procesu apzīmē ar terminu *transgresija*. Zemes garozai ceļoties, jūra atkāpjas. Šādas atkāpšanās jeb *regresijas* ietekmē veidojas plaši akumulācijas līdzenumi — jūras radošās darbības produkts. Dažādas akumulācijas formas veidojas arī viļņu darbības rezultātā sekļajā zemūdens krasta nogāzē. Radošajai jūras darbībai pieskaita arī nogulumiežu veidošanos jūras dibenā un piekrastē.

**Abrāzijas procesu** rezultātā veidotus stāvkrastus sauc par *abrāzijas krastiem*. Visizteiktākie abrāzijas krasti ir vietās, kur krasta līnija robežojas ar relatīvi augstāk paceltu sauszemi. Krastu izskalošanas ātrums un intensitāte ir atkarīgi no iežu sastāva, to cietības, slāņu vērsuma, krasta līnijas konfigurācijas, tektonisko kustību rakstura piekrastē, vēju virziena, viļņu enerģijas un daudziem citiem apstākļiem.



104. att. Abrāzijas krasta elementi.

Piekrastes zonā izdala paisuma un bēguma joslu, kura pakļauta periodiskām jūras līmeņa svārstībām: paisuma laikā tā tiek applūdināta, bet bēguma laikā ūdens no tās atplūst.

Abrāzijas krastos veidojas stāva, gandrīz vertikāla krasta krauja — klifs, ar kuru sauszeme norobežojas no jūras. Zemos krastos šādas abrāzijas kraujas neveidojas.

Viens no galvenajiem faktoriem, kas veido piekrastes reljefa elementus, ir viļņu darbība. Lēzenos krastos viļņu triecienspēks ir vājāks nekā stāvās piekrastēs, kur abrāzijas procesi norisinās sevišķi strauji. Pēc Zenkoviča datiem, 6 m augsta un 50 m gara viļņa trieciena spēks sasniedz 19 t uz vienu kvadrātmetru, bet Ziemeļjūras piekrastē konstatēti gadījumi, kad viļņu triecienspēks sasniedz pat 60 tonnas.

Viļņu triecienu rezultātā krasta kraujas apakšdaļā veidojas padziļinājums — bangu niša (104. att.). Virs tās veidojas iežu pārkares, kuras ilgstošas viļņu iedarbības rezultātā nobrūk. Krasta zemūdens daļā, kur sevišķi aktīvi norisinās viļņu ārdošā darbība, veidojas slīpi pret jūru pavērsta abrāzijas terase. Abrāzijas terasei ir tendence pakāpeniski paplašināties, tomēr šis process nevar būt bezgalīgs. Ja jūras piekrastē nav tektonisko kustību, abrāzijas procesiem ir noteikta maksimālā krasta abrāzijas līnija, ko sauc par *abrāzijas terminanti*. To sasniedzot, noārdīšanas procesi praktiski apilst un iestājas dinamisks līdzsvars.

Smilšainos, viegli erodējamos krastos, kādi sastopami mūsu republikā Baltijas jūras un Rīgas jūras līča piekrastē, vētru laikā abrāzijas procesi dažreiz sasniedz lielu intensitāti. Tā, piemēram, 1969. gadā lielas vētras laikā plašā joslā tika noārdīts pamatkrasts un priekškāpa; Jūrmalas pilsētas teritorijā un Vidzemes jūrmalā tika izskaloti vairāku ēku pamati.

Līdztekus jūras krasta abrāzijai piekrastes zemūdens joslā norisinās akumulācijas procesi, veidojot akumulācijas terasi. Abrāzijas vai akumulācijas tipa krasta veidošanās ir atkarīga no zem-

ūdēns nogāzes slīpuma. Abrāzijas procesi piekrastē sāk izpausties tikai tad, ja tās slīpums pārsniedz 6° (pēc O. Ļeontjeva). Abradēto materiālu viļņi aiztransportē un nogulsnē dziļāk jūrā, veidojot akumulācijas terasi. Tā sastāv no irdenajiem drupu iežiem (oļiem, grants un smilts).

Jūras abrāzija ir viens no procesiem, no kuriem ir atkarīga jūras krasta līnijas konfigurācija. Ja krasta joslā mainās cietie un mīkstie ieži, veidojas izrobota krasta līnija. Izskalodama mīkstākos iežus, jūra uzvirzās sauszemei, veidodama ličus; cietākie ieži veido zemesragus. Irdenos nogulumiežus jūra spēj abradēt pat ar ātrumu 15...20 m gadā.

Jūras ārdošā darbība izpaužas ne tikai krasta abrāzijā, bet arī jūras straumju izraisītajā dibena erozijā un ūdens ķīmiskajā iedarbībā uz iežiem, kas veicina to sadrupšanu.

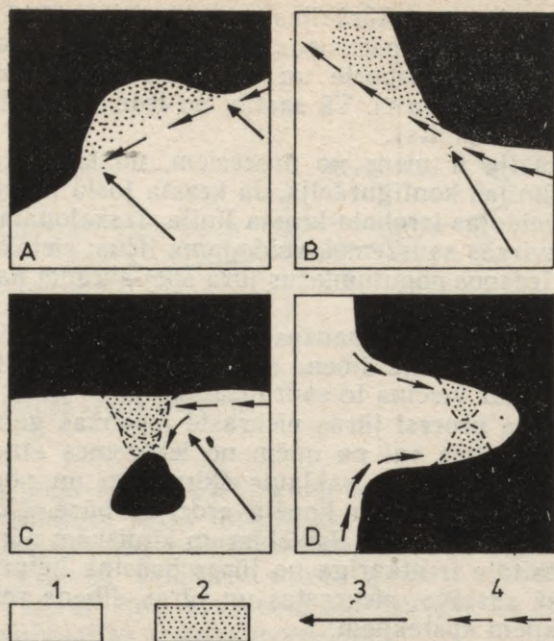
**Akumulācijas procesi** jūras piekrastē izpaužas galvenokārt tādējādi, ka abradētais vai pa upēm no iekšzemes atnestais materiāls nonāk jūrā, kur tiek pakļauts šķirošanai un nogulsnēšanai. Jūra ir visu ūdens plūsmu kopējā erozijas bāze. Nonākot jūrā, saneši tiek pakļauti jaunām fizikālām un ķīmiskām pārmaiņām. So procesu intensitāte ir atkarīga no jūras baseina lieluma, dziļuma, ūdens ķīmiskā sastāva, piekrastes un jūras dibena reljefa, kā arī no klimatiskajiem apstākļiem.

Ja viļņu virziens nav krastam perpendikulārs, drupu materiāls tiek pārvietots gar krasta līniju. Katra sanesu daļiņa viļņu ietekmē veic zigzagveida ceļu gar krastu. Visintensīvākā materiāla pārvietošana norisinās gadījumos, kad viļņi nonāk piekrastē zem 45° leņķa. Ja krasta līnija ir taisna, daļiņas pārvietojas krastam paralēli. Ieliekta vai izliekta krasta līnija veicina nogulu uzkrāšanos zemūdens piekrastē. V. Zenkovičs pēc morfoloģiskām pazīmēm izdala trīs galvenās akumulatīvo veidojumu grupas: krastam piegulošās (virsūdens) formas, brīvās akumulatīvās formas un noslēgtās akumulatīvās formas.

Krastam piegulošās akumulatīvās formas veidojas posmos, kur krasta līnija ir ieliekta sauszemes virzienā. Šeit sanesu pārvietošanās strauji palēninās un materiāls nogulsnēdamies veido smilšainas vai oļainas pludmales. Sādās vietās izveidojas plašas akumulatīvās terases, kurām ir tendence pieaugt garumā un platumā (105. att.).

Brīvās akumulatīvās formas parasti veidojas vietās, kur jūrā izvīrīti zemesragi vai pussalas. Apliecot krasta līnijas izvīrījumu, strauji samazinās viļņu enerģija, materiāla pārvietošanās izbeidzas un veidojas šauras, garas akumulatīvas formas — kosa s — kuru viens gals piesaistīts krastam, bet otrs (distālais) gals turpina ievīrīties jūrā. Kosu garums ir no dažiem desmitiem metru līdz vairākiem desmitiem kilometru. Tā, piemēram, kosa, kas atdala no Kaspijas jūras Karabogazgola līci, sasniedz 47 km garumu.

Kosas veidošanā nozīme ir ne tikai viļņu darbībai, bet arī jūras



105. att. Vienkāršāko akumulatīvo formu veidošanās jūras piekrastē (pēc V. Zenkoviča):

A — krastam piekļautās akumulatīvās formas, B — brīvās akumulatīvās formas, C — saikne jeb tombolo, D — pārzmauga; 1 — sauszeme, 2 — akumulatīvie veidojumi, 3 — viļņu darbības virziens, 4 — sanesu plūsmas virziens.

straumju ietekmei. Kosu veidojošo faktoru intensitāte laika gaitā var mainīties, tāpēc to formas var būt ļoti dažādas — taisnas, āķveida vai saliktas.

Noslēgtās akumulatīvās formas pieslēdzas krastam gan ar savu pamatdaļu, gan arī ar augošo galu. Tās veidojas šauros un garos līčos, kas dziļi iesniedzas sauszemē. Viļņu enerģija šādos līčos pakāpeniski samazinās un nogulsnētais materiāls izveido līci nosprostojošu akumulācijas formu — *pārzmaugu*. No jūras atdalīto līci sauc par *lagūnu*. Piemēram, Engures ezers ir bijusi jūras lagūna, kas atdalīta no jūras ar *pārzmaugu*.

Gadījumos, kad viļņu kustību jūras piekrastē bloķē sala, viļņu «aizvējā» var rasties akumulatīvs, garenstiepts veidojums, kas savieno salu ar krastu. Šādu veidojumu sauc par *tombolo* jeb *saikni*.

### Jūras krastu tipi

Jūru piekrastes un to atsevišķos posmus var klasificēt pēc dažādiem pamatprincipiem. Iedalījuma pamatā var ņemt krasta līnijas izrobojumu, abrāzijas un akumulācijas procesu dominējošo lomu,

Zemes garozas grimšanas vai celšanās procesu intensitāti vai arī piekrastes tektonisko struktūru.

Atkarībā no krasta līnijas izrobojuma izšķir divas pamatgrupas — izlīdzinātos un izrobotos jeb līcainos jūras krastus.

Izlīdzinātās piekrastēs krasta līnija tuvojas taisnei. Tā veidojas apstākļos, kad pamatkrastu veido vienveidīgi ieži ar horizontālu sagulumu.

Izrobotie jeb līcainie krasti rodas, ja pamatkrastu veido dažādas cietības ieži mainīga saguluma apstākļos. Krastu izrobojuma raksturs var būt ļoti dažāds: lielāki vai mazāki līči, pussalas, zemesragi utt. Šādos posmos raksturīga liela akumulācijas un abrāzijas procesu dažādība un to bieža mija.

Vissarežģītākais un daudzveidīgākais jūras krastu reljefs izveidojas gadījumos, kad jūra uzvirzās sauszemei epeirogēno Zemes garozas kustību rezultātā. Tā veidojas ingresijas tipa krasti. Gan abrāzijas, gan akumulācijas procesi šādos apstākļos ir sevišķi intensīvi, to sadalījums ir ļoti mainīgs atkarībā no jau esošās krastu līnijas likumainības un piekrastes iežu īpatnībām (106. att.).

Raksturīgākie ingresijas krastu tipi ir līcainie, fjordu, šēru, Dalmācijas, riasa, estuāru un grīvlīču, limānu un jomu krasti.

Līcainie krasti rodas, jūrai lēni uzvirzoties sauszemei un aizpildot ar ūdeni reljefa pazeminājumus. Piekrastes līcainību jeb izrobotību nosaka jau esošais piekrastes reljefa raksturs.

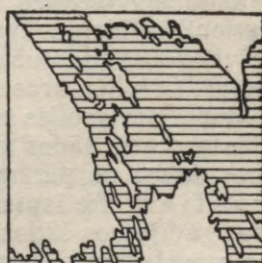
Fjordu krasti veidojas vietās, kur piekrastē atsedzas cietie



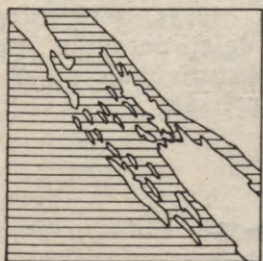
Līcainie krasti



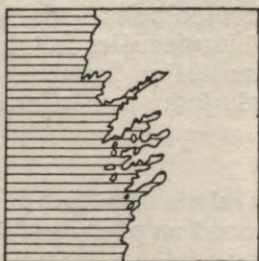
Fjordu krasts



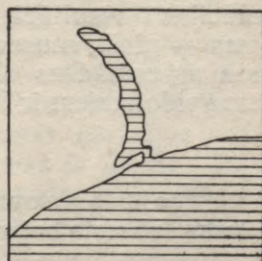
Šēru krasts



Dalmācijas krasts



Riasu krasts



Limānu krasts

106. att. Jūras krastu tipi.

kristāliskie ieži. Tiem raksturīgas stāvas, klinšainas sienas un gari, šauri, izlocīti līči, kas tālu iesniedzas sauszemē. Fjordu krastu izcelšanās var būt dažāda, bet visbiežāk tā saistīta ar ledus laikmetā veidotām ledāja eksarācijas formām un tektoniskām plaisām. Fjordu krasti atrodas teritorijās, kuras pleistocēna lielā apledošana laikā atradušās zem ledāja. Raksturīgi fjordu krasti ir Norvēģijā, kur fjordi pārsniedz pat 220 km garumu un 6 km platumu. Jūras līmeņa svārstību rezultātā fjordu krastos var veidoties abrāzijas terases.

Sēru krastiem raksturīgas saliņas un šauri līči, kuri tālu iesniedzas sauszemē apgabalos, kur reljefā nav krasu absolūtā augstuma maiņu. Arī to izcelsme saistīta ar ledāja darbību. Sēru krasti sastopami Zviedrijas un Somijas piekrastēs.

Dalmācijas tipa krastus sastop jaunāko kroku kalnu veidošanās apgabalos, ja kroku virziens stiepjas paralēli jūras krastam. Šādos gadījumos krasta līnijai ir raksturīgi līči un daudzas krastam paralēlas garenstieptas salas. Šādi krasti ir raksturīgi Ziemeļamerikas austrumu piekrastē un Balkānu pussalas rietumos.

Jūrai uzvirzoties upju grīvām, rodas vairāku veidu īpatnēji ingresijas krasti. 20...30 km garus un šaurus jūras līčus, kas pakāpeniski pāriet upes ielejā, Spānijā sauc par riasa krastiem. Piltuvveida paplašinātas upju grīvas sauc par estuāru krastiem. Tiem raksturīgi lieli dziļumi, akumulācijas procesi izteikti vāji. Tajos ērti var ierīkot lielas ostas. Raksturīgi estuāri ir daudzām Eiropas upēm — Elbai, Sēnai, Temzai utt. Padomju Savienībā līdzīgus veidojumus sauc par grīvliču krastiem. Grīvliči ir izveidojušies Obas, Jeņisejas, Pečoras un citu lielo upju grīvās. Grīvliču krastiem raksturīgi intensīvi abrāzijas procesi.

Jūrai uzvirzoties lēzenām piekrastēm, pārsvarā noris akumulācijas procesi. Šādos gadījumos lielu upju grīvās veidojas daudzas sēres, kosas un pāržmaugas. Šāda tipa krastus sauc par limānu krastiem. Tie izplatīti Azovas un Melnās jūras piekrastēs. Daudzos gadījumos šādos apstākļos veidojas arī lagūnu ezeri. Baltijas jūras austrumu piekrastē jūras uzvirzīšanās rezultātā izveidojušies jomu krasti, kur lēzenā piekrastes reljefa un irdeno nogulu akumulācijas rezultātā izveidojusies īpatnēja jūras piekrastes forma — plaši, sauszemē iespiedušies līči, kas daļēji norobežoti no jūras ar zemūdens akumulācijas formām. Raksturīgākais no šādiem veidojumiem ir Kuršu joma ar nēriju tās priekšā.

### **Baltijas jūras piekrastes reljefa attīstība ledus laikmeta beigu posmā un pēclodus laikmetā**

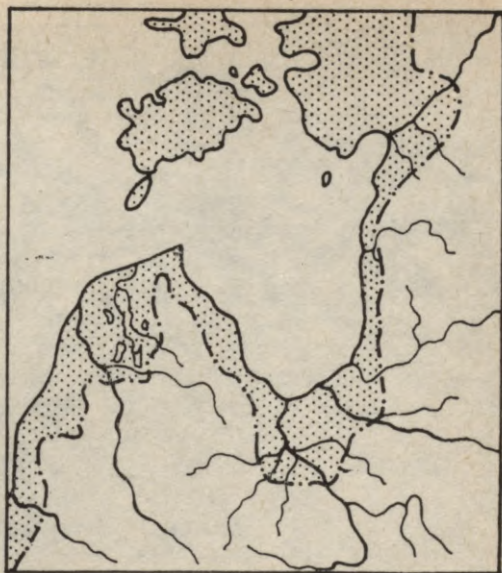
Jūras krasta līnija aizņem aptuveni 28% no visa Latvijas PSR robežu kopgaruma. Piekrastes reljefs ir veidojies ciešā sakarībā ar Baltijas baseina dažādām attīstības stadijām, to transgresijām un

regresijām. Pēdējos 15... 20 gados jūras piekrastes reljefa formas Latvijā ir intensīvi pētītas, jo plānveidīga un racionāla teritorijas izmantošana nav iedomājama bez zinātniski pamatotas piekrastē notiekošo procesu izpētes. Šiem pētījumiem ir arī svarīga nozīme dažādu aizsargājamo dabas zonu un objektu izdalīšanā. Nozīmīgus geomorfoloģiskus pētījumus piekrastē ir veikuši E. Grīnbergs, V. Ulsts, I. Veinbergs, R. Knaps un daudzi citi Latvijas PSR geomorfologi un ģeologi.

Latvijas teritorijā piekrastes veidošanās ir norisinājusies pēc ledāja atkāpšanās pēdējo 12 000 gadu laikā un turpinās arī mūsu dienās. Ledājam atkāpjoties, tā kušanas ūdeņi saplūda vienkopus un izveidoja Baltijas ledus ezeru (Bgl), kura līmenis bija augstāks par tagadējās jūras līmeni (107. att.). Tagadējā Latvijas teritorijā tam bijuši divi plaši līči: viens tagadējā Rīgas jūras līča vietā (tā dienvidu daļa aizsniegusies gandrīz līdz Jelgavai), bet otrs — Rietumkurzemē, kur līča dienvidu daļa aizsniegusi Usmas ezera ieplaku. E. Grīnbergs Latvijas teritorijā izdalījis trīs Baltijas ledus ezera atsevišķo stadiju krasta līnijas (Bgl I, Bgl II, Bgl III). Bgl III stadijai konstatētas vēl citas krasta līnijas, kas atbilst tās atsevišķajām fāzēm (Blg IIIa, Bgl IIIb, Bgl IIIc).

Tagadējā reljefā Baltijas ledus ezera veidojumi ir dažādi, piemēram, Liepājas apkārtnē reljefā labi izdalās abraziņas krasta kāple un abraziņas līdzenums, bet Jelgavas apkārtnē pārsvarā ir akumulācijas krasti, kas reljefā grūti pamanāmi. Rīgas jūras līča rietumu un austrumu piekrastē izveidojušās akumulatīvās terases un bāri, kas vietām mijas ar neaugstiem senās abraziņas krastu posmiem. Ļoti raksturīgas Bgl veidotās formas ir lēzenas krasta nogāzes, ko veido morēna. Tajās vērojamas vājas viļņu darbības pēdas. Šādus veidojumus pieņemts saukt par *abraziņas nogāzēm*.

Visās savās stadijās Baltijas ledus ezers bija saldūdens baseins ar lielām līmeņa svārstībām. Periodā starp ledus laikmeta beigu posmu un pēclodus laikmetu Baltijas ledus ezeram izveidojās savienojums ar okeānu un tajā sāka ieplūst sāļš ūdens. Tā izveidojās



107. att. Baltijas ledus ezera maksimālās izplatības josla Latvijas piekrastē.



108. att. Laukakmeņu krāvums Rīgas jūras līča Vidzemes piekrastē.

Joldijas jūra (nosaukta pēc jūras gliemenes *Portlandia (Joldia) arctica*), kuras līmenis bijis zemāks par tagadējās jūras līmeni. Tāpēc Joldijas jūras veidojumi tagadējo krastu virsūdens daļas reljefā nav sastopami. Apmēram pirms 8500 gadiem sakarā ar Zemes garozas celšanos Skandināvijā jūras savienojums ar okeānu atkal pārtrūka. Sākās jauna Baltijas baseina attīstības stadija — Ancilus ezera stadija, kurai nosaukums dots pēc saldūdens gliemeža *Ancylus fluviatilis*, kurš sastopams Ancilus ezera nogulās. Latvijas teritorijā Ancilus ezera nogulas un krasta veidojumi sastopami šaurā joslā tikai Ziemeļkurzemē.

Jauna Zemes garozas celšanās Skandināvijā izraisīja tās relatīvu grimšanu Baltijas baseina dienviddaļā. Izveidojoties savienojumam ar okeānu tagadējo jūras šaurumu Eresuna un Belta vietās, apmēram pirms 6500 gadiem sākās jauna Baltijas baseina attīstības stadija — Litorīnas jūra (pēc moluska *Litorina litorea*). Litorīnas jūras līmenis bijis nedaudz augstāks par tagadējās jūras līmeni, tāpēc tās krasta veidojumi labi saglabājušies. Ventspils apkārtnē tie iestiepjas 17 km, bet starp Daugavas un Gaujas ietekām jūrā — 12...17 km tālu tagadējā sauszemē (pēc V. Ulsta datiem).

Litorīnas jūras laikā izveidojusies plaša krasta vaļņu josla, kuru sedz vaļņveida kāpas. Sādi veidojumi labi redzami Kurzemē pie Ovišu un Kolkas ciema. Babītes ezers, Ķišezers, Engures ezers un daudzi citi Piejūras zemienes ezeri ir bijušās Litorīnas jūras lagūnas. Šajā laikā veidojusies arī Kuršu nērija pie Klaipeņas.

Arī pašreizējās jūras piekrastē vērojami aktīvi reljefa veidošanās procesi. Visizplatītākie ir akumulācijas tipa krasti ar smilšainām pludmalēm. Vietās, kur jūra izskalojusi morēnas sīkākās frakcijas, palikuši lieli laukakmeņu sakopojumi. Raksturīgākie no tiem ir Rojas un Vitrupes apkārtnē (108. att.).

Pēdējā laikā piekrastes reljefu ļoti ietekmē antropogēnā darbība. Lielais tūristu un ekskursantu pieplūdums jūras piekrastē veido aizvien jaunas reljefa mikroformas. Vietās, kur tiek nomīdīta veģetācija, sega un atkailinātas smiltis, strauji pastiprinās eolo procesu ārdošā darbība. Lai nodrošinātu piekrastes dabas aizsardzību, 300 m platā joslā kā uz sauszemes, tā jūras pusi no krasta līnijas aizliegts iegūt derīgos izrakteņus un veikt jebkuru celtniecību bez speciālas saskaņošanas kompetentās iestādēs. Interesantākie un raksturīgākie reljefa veidojumi iekļauti aizsargājamo ģeomorfoloģisko dabas objektu skaitā.

#### 4. 4. 9. BIOĻOĢISKIE FAKTORI UN CILVĒKA DARBĪBA RELJEFA VEIDOŠANĀ

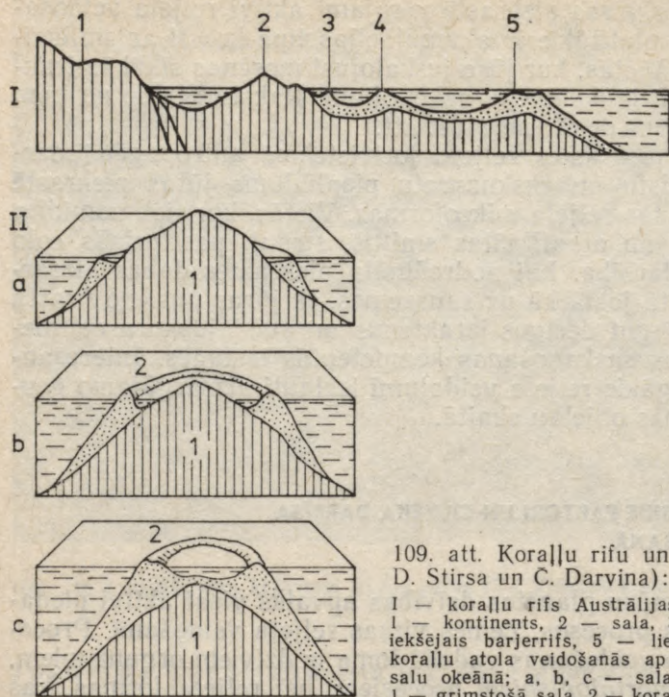
Biosfēra jeb mūsu planētas dzīvības apvalks visai aktīvi piedalās ģeoloģiskajos procesos, Zemes virsas reljefa veidošanā. Processus, kuros reljefa veidošanas vadošā loma ir dzīviem organismiem, sauc par *biogeomorfoloģiskiem* procesiem, bet reljefa formas, kas radušās dzīvo organismu darbībā, par *biogēnām* formām. Reljefa formas, kas veidojušās cilvēka darbības rezultātā, sauc par *antropogēnām* formām. Dzīvie organismi reljefa veidošanu var ietekmēt tieši un netieši. Tiešā darbība parasti izpaužas kā biogēna materiāla uzkrāšanās. Tā, piemēram, uzkrājoties atmirušu augu atliekām, veidojas *kūdrāji*. Tiem var būt dažāds lielums un novietojums, bet kopējā iezīme ir tā, ka, piepildot agrākos pazeminājumus, kūdrāji nolīdzina reljefu un rada tā sauktos *fitogēnos līdzenumus*.

Augi aktīvi ietekmē jūru, ezeru un ūdenskrātuvju krasta līnijas veidošanos (niedrāji, mangrovju meži tropisko jūru piekrastēs u. c.). Visai spilgti netiešā augu loma reljefa veidošanā izteikta smilšainās jūras piekrastēs un tuksnešos, kur augi, aizturot kustīgās smiltis masas, ierosina kāpu reljefa rašanos (sk. 4.4.7. nodaļu).

Augu sega uz kalnu pauguru nogāzēm ierobežo ūdens plūsmu ārdošo darbību un pasargā nogāzes no gravu erozijas.

Dzīvnieki aktīvi piedalās iežu dēdēšanā (dažādi mikroorganismi, jūras gliemji, sliekas u. c.), veic zemes virskārtas uzirdināšanu un rada dažas akumulatīvas mikroreljefa formas (termītu būves, kurmju rakumi u. c.). Nereti šādu dzīvnieku radītās mikroreljefa formas kļūst par sākumu ūdens plūsmu erozijai nogāzēs un gravu attīstībai.

Daži dzīvnieki veic ļoti lielu akumulējošu darbību, kuras rezultātā izveidojas raksturīgas reljefa formas. Piemēram, gliemežvāki, kā arī jūras dzīvnieku skeleti, uzkrājoties piekrastēs, veido



109. att. Korallu rifu un atola shēmas (pēc D. Stīrsa un Č. Darvina):

I — korallu rifs Austrālijas austrumu piekrastē: 1 — kontinents, 2 — sala, 3 — krasta rifs, 4 — iekšējais barjerrifs, 5 — lielais barjerrifs; II — korallu atola veidošanās ap grimstošu vulkānisko salu okeānā; a, b, c — salas grimšanas stadijas; 1 — grimstoša sala, 2 — korallu atols.

savdabīgas pludmales, kosas un citas krastu formas. Tropiskajās jūrās piekrastes zonā lieli *krastu rifi* veidojas no korallu kolonijām. Lielais barjeras rifs stiepjas gar Austrālijas austrumpiekrasti vairāk nekā 2000 km garumā.

Īpatnējas ir korallu gredzenveida būves Klusajā okeānā — *atoli* (109. att.).

### Antropogēnās reljefa formas

Cilvēku sabiedrība arvien pieaugošos apmēros iedarbojas uz apkārtējo vidi — atmosfēru, ūdeņiem, augu un dzīvnieku valsti un arī uz Zemes virsu. Cilvēka iedarbība uz Zemes virsu šodien var pēc saviem apmēriem un nozīmes līdzināties ģeoloģiskiem procesiem, kas veido un pārveido reljefu.

Sabiedrības ražošanas spēkiem attīstoties, cilvēka iedarbība uz Zemes virsas reljefu kļuvusi arvien plašāka un sarežģītāka. Reizē ar tehnikas attīstību antropogēno reljefa formu skaits pieauga un kļuva daudzveidīgāks.

Vissenākās antropogēnās formas ir radušās sakarā ar lauksaimniecību, piemēram, apūdeņošanas kanāli, dambji, upju aizsprosti, terasētas kalnu nogāzes. Šādas formas Mezopotāmijā, Senajā

## Antropogēnā reljefa klasifikācijas shēma

Reljefa ģenētiskās grupas	Reljefa ģenētiskie tipi	Tipiskās formas un to kompleksi	
		antropogēnās denudācijas formas	antropogēnās akumulācijas formas
Tehnogēnais reljefs	Inženierceltnieciskais tips	Planētas apbūves virsmas; būvlaukumi, aerodromi un dažādi ceļu izrakumi, planētas un profilētās nogāzes, kanāli, upju gultņu iztaisnojumi, jūras kanāli, ūdenskrātuves, naftas un gāzes vadu trasu profilēšana	Ceļu un citi uzbērumi, aizsprosti, dambji, akumulatīvās planācijas virsmas (uzbērtas un uzplūdinātas), piegultnes vaļņi, aizsargdambji, mākslīgas pludmales u. c.
	Kalnērūpnieciskais tips	Karjeri un citas atklātas un segtas raktuves	Tukšo iežu uzbērumi (terikoni), akumulatīvās virsmas (uzbērtas un uzplūdinātas)
	Militārais tips	Ierakumu grāvji, pret-tanku grāvji, artilērijas pozīciju ierakumi, zemniecu ierakumi, šāviņu sprādzīņu bedres u. c.	Cietokšņu uzbērums, vaļņi, kurgāni u. c.
Agrogēnais reljefs	Melioratīvās nosusināšanas tips	Nosusināšanas grāvju tīkls, kanāli, ūdenskrātuves u. c.	Aizsprosti, dambji, vaļņi u. c.
	Melioratīvās irigācijas tips	Apūdeņošanas kanālu tīkls, rīsu lauki, ūdenskrātuves, terasētas nogāzes u. c.	Tas pats
Ierosinātais reljefs	Melioratīvās planācijas tips	Nolīdzinātas lauku virsmas	Aizbērtas vai pieskalotas ieplakas
	Tehnogēnais tips	Ūdens plūsmu izgrauzumi nogāzēs, iebrukumi, abraziņas terases ūdenskrātuvju krastos	Noslīdeņi, grunts nobrukumi, selju un deluviālie sanesumi u. c.
Rekonstruētais reljefs	Agrogēnais tips	Gravu tīkls, deflācijas laukumi, nogāžu deformācijas u. c.	Kāpas un kustīgās smiltis, deflukcijas un citi sanesumi
	Tehnogēnais vai agrogēnais tips	Formas, kas lielākā vai mazākā mērā izmainītas cilvēka saimnieciskās darbības rezultātā — noplanētas, izlīdzinātas virsotnes, terasētas nogāzes u. c.	

Eģiptē, Vidusāzijā, Ķīnā, Indijā cilvēki veidoja jau tūkstošiem gadu pirms mūsu ēras.

Senatnē dažas reljefa formas radītas kara vajadzībām (aizsargvaļņi, sardzes kurgāni u. c.), kā arī derīgo izrakteņu ieguves vajadzībām (raktuves, tukšo iežu uzbērums u. c.). Tehnikai attīstoties, antropogēnā reljefa dažādība kļuva arvien lielāka. Cilvēks

ar modernās tehnikas palīdzību spēj nolīdzināt reljefu lielās platībās, aizbērt jūras līčus un šaurumus, izveidot dziļus rakumus derīgo izrakteņu ieguvei, radīt ūdenskrātuves, kanālu sistēmas u. c.

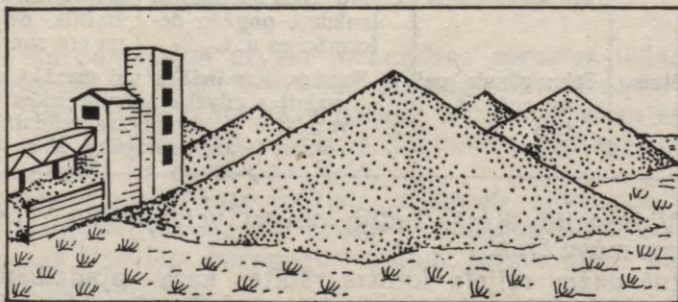
Jāuzsver, ka cilvēka darbības ietekmē notiek arī dažu ģeoloģisko procesu aktivizēšanās, rodas tā sauktās ierosinātās reljefa formas — Zemes virsas iesligumi, izgrauzumi, gravas, kāpas, noslīdeņi u. c. Lai gūtu pārskatu par antropogēnām reljefa formām, ir izdarīti mēģinājumi tās klasificēt (A. Devdariāni, D. Panovs). Izmantojot par pamatu D. Panova 1966. gadā izveidoto klasifikāciju, sniedzam izvērstāku antropogēno reljefa formu iedalījumu (sk. 4. tabulu). Antropogēno reljefu iedala četras ģenētiskās grupās: tehnogēnais, agrogēnais, ierosinātais un rekonstruētais reljefs.

Tehnogēnās reljefa formas rodas sakarā ar dažāda veida celtniecības darbiem — pilsētu, rūpniecības objektu un transporta maģistrāļu, hidroelektrostaciju, gāzes un naftas vadu, jūras ostu, lidlauku u. c. būvniecību. Ievērojama loma reljefa veidošanā ir kalnrūpniecībai, jo modernās atklātās raktuvēs veidojas dziļas (līdz 300...500 m) un plašas iedobes. Pie raktuvēm rodas arī tā saukto tukšo iežu krāvumi, kas veido īpatnējus sabērumus — *terikonus* (110. att.).

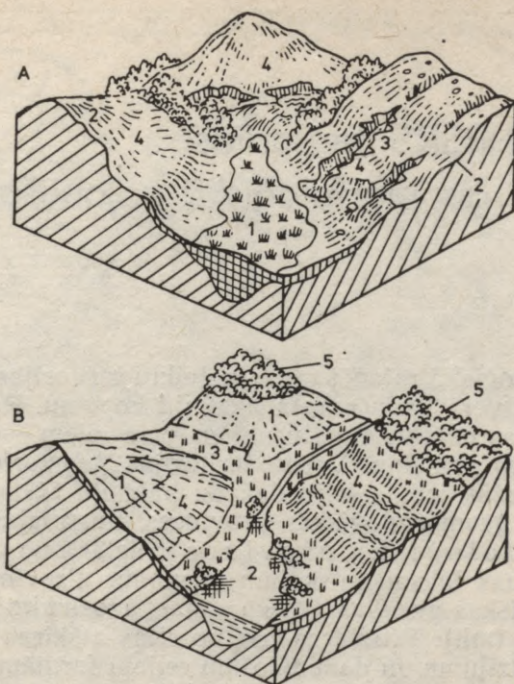
Tehnogēnā reljefa veidošanā nozīmīga ir arī ceļu būvniecība, jo dzelzeļa maģistrāļu un autoceļu trasēs veic lielus zemes darbus — iedobju aizbēršanu un kalnu norakšanu.

Agrogēnās reljefa formas parasti aizņem ievērojamas platības, tās galvenokārt saistās ar zemes ielabošanu. Ir arī reljefa formas, kas radušās lauksaimnieciskās celtniecības rezultātā, tās būtu uzskatāmas par tehnogēniem veidojumiem.

Ierosinātās (aktivizētās) reljefa formas rodas dabisko reljefa veidotāju faktoru rezultātā, bet to darbību izraisījusi nepārdomāta cilvēka rīcība. Tā, piemēram, mežu izciršana nogāzēs izraisa gravu eroziju, mežu iznīcināšana smiltājos — kustīgo kāpu rašanos utt.



110. att. Terikoni ogļu raktuvju tuvumā.



111. att. Ainavas rekonstrukcija morēnu paugurainē (pēc R. Stalbova):

A — ainava pirms rekonstrukcijas; 1 — pārpurvotas starppauguru ieplakas, 2 — erodētas augsnes, 3 — gravu erozija, 4 — neprofilētas nogāzes; B — ainava pēc rekonstrukcijas: 1 — kūdra no starppauguru ieplakām iestrādāta noplūcināto pauguru augsnēs (melioratīvā kūdrošana), 2 — izveidots noteces regulētais baseins, 3 — sīkās ieplakas aizbērtas un nodrenētas, 4 — nogāzes profilētas un terasētās, 5 — neauglīgās stāvās nogāzēs iestādīts mežs.

Rekonstruētais reljefs pamatā ir veidojies dabiskos procesos, bet lielākā vai mazākā mērā izmainīts cilvēka darbības rezultātā. Pie šīm formām jāpieskaita terasētās vai nolīdzinātās kalnu nogāzes, nolīdzinātās virsotnes, aizbērtas vai padziļinātas starppauguru ieplakas u. c. Pie tās pašas grupas pieder arī rekonstruētais agrogēnais reljefs, kuru veido, uz modernas zinātnes atziņu pamata radikāli izmainot nogāžu formu un slīpumu, aizbērot sīkas beznoteces ieplakas, noplanējot mikroreljefa formas, izrokot dziļus noteces regulēšanai un apūdeņošanai. Tā izmaina ne tikai reljefu, bet izdara arī plašu lauksaimniecības zemju komplekso meliorāciju, nodrošina racionālu teritorijas organizāciju un augsnes auglības celšanu. Mūsu republikā šādi pasākumi līdz šim veikti piecos kolhozos un padomju saimniecībās, kas atrodas morēnu paugurainā reljefa apstākļos.

## 5.

### PSRS teritorijas geomorfoloģiskā rajonēšana

Geomorfoloģiskā rajonēšana ir noteiktu teritorijas vienību izdalīšana, ņemot vērā kādu reljefa pazīmju kopumu. Rajonēšana parasti pamatojas uz diviem galvenajiem principiem — *teritoriālo* un *morfoģenētisko* principu. Veicot teritorijas geomorfoloģisko rajonēšanu, visbiežāk izdala triju dažādu pakāpju taksonomiskās pamatvienības: geomorfoloģiskās provinces, apgabalus un rajonus.

Geomorfoloģiskā province ir lielākā no geomorfoloģiskās rajonēšanas taksonomiskajām vienībām. Province ietver lielas ģeotektoniskas vienības (kroku zonas, ģeosinklināles, vairogus, platformas u. tml.). Province cita no citas atšķiras ar kristāliskā fundamenta dziļumu un dominējošām reljefa formām.

Geomorfoloģiskie apgabali ir otrās pakāpes taksonomiskas vienības, kuras izdala geomorfoloģisko provinču robežās, vadoties no galvenajiem pašreizējā reljefa veidotājiem faktoriem un to radītajiem reljefa formu kompleksiem (piemēram, kalnāji, ledāja akumulācijas līdzenumi, jūras veidotie līdzenumi, plato utt.).

Geomorfoloģiskie rajoni ir trešās pakāpes taksonomiskas vienības, kuras izdala viena vai vairāku reljefa ģenētisko tipu robežās. Tās ir reljefa pamatvienības, kurām raksturīga hipsometriskā un morfoloģiskā kopība un ko ģeoloģiski īsā laikā (stadijā, fāzē) radījis kāds reljefa veidotājs faktors vai faktoru grupa. Kā geomorfoloģiskos rajonus izdala atsevišķas kalnu grēdas, pauguraines, plašas ielejas, ieplakas u. tml.

Pirmie geomorfoloģiskās rajonēšanas mēģinājumi tika uzsākti jau 20. gadsimta sākumā. Tie vēl neaptvēra visu tagadējās Padomju Savienības teritoriju, bet tikai Krievijas Eiropas daļu. Viens no pirmajiem zinātniekiem, kas deva Krievijas līdzenuma geomorfoloģisko raksturojumu un izdalīja tajā geomorfoloģiskos apgabalus un zonas, bija P. Semjonovs-Tjanšanskis. 1947. gadā PSRS Zinātņu akadēmijas Ģeogrāfijas institūta Ģeomorfoloģijas nodaļas darbinieki veica PSRS teritorijas geomorfoloģisko rajonēšanu, aptverot visu Padomju Savienības teritoriju.

Bez tam vēl daudzos darbos rajonētas atsevišķas PSRS teritorijas daļas. Tā kā šajos darbos izmantoti atšķirīgi karšu sastādīšanas principi un lēģendas, kā arī dažādi mērogi, tad aprūtināta



112. att. PSRS ģeomorfoloģiskās provinces (pēc S. Voskresenska):

I — PSRS Eiropas daļas līdzenums, II — Alpinās orogēnēzes kalni, III — Urāli, IV — Centrālās Kazahijas zemie kalnāji, V — Vidusāzijas līdzenumi, VI — Vidusāzijas kalni, VII — Rietumsibīrijas zemiene, VIII — Austrumsibīrijas zemiene un plakankalnes, IX — Dienvidsibīrijas kalni, X — Tālo Austrumu kalni un līdzenumi, XI — Ziemeļaustrumu kalni un līdzenumi, XII — Klusā okeāna ģeosinklināles kalni un līdzenumi.

šo materiālu izmantošana un apkopošana. Lielā dažādība izskaidrojama ar vēl nepietiekamu rajonēšanas metožu teorētisko līmeni. Pēdējos gados radusies tendence pilnveidot un unificēt ģeomorfoloģisko karšu sastādīšanas un rajonēšanas metodiku.

PSRS teritorijas reljefs ir ļoti kontrastains un daudzveidīgs. Ievērojot atsevišķu reljefa vienību ģenētisko un teritoriālo kopību, PSRS teritorijā izdala 12 ģeomorfoloģiskās provinces (112. att.).

Visu lielāko līdzenumu pamatā atrodas stabilas pamatiežu platformas, kurām raksturīgas tikai lēnas grimšanas vai celšanās tendences. PSRS Eiropas daļas līdzenumā lēnās Zemes garozas kustības ir vāji izteiktas, turpretī Rietumsibīrijas zemienei raksturīga lēnas grimšanas tendence, bet Austrumsibīrijas zemiņu un plakankalņu pamatā iegulošajai Sibīrijas platformai piemīt lēnas pacelšanās tendence. Vidusāzijas līdzenumos Zemes garozas kustības nav viendabīgas — lēnas grimšanas apgabali mainās ar lēnas pacelšanās apgabaliem.

Astoņas ģeomorfoloģiskās provinces aizņem kalnu apgabalus. Vēl neogēnā kalnu veidošanās procesi, vulkānisms un zemestrīces aktīvi norisinājās Alpinās ģeosinklināles\* kalnos Karpatos, Krimā

\* Alpinā ģeosinklināle ietver teritoriju, kurā kainozojā notikuši intensīvi Zemes garozas krokošanās un kalnu veidošanās procesi, kuri daļēji turpinās arī mūsu dienās.

un Kaukāzā. *Klusā okeāna ģeosinklināles kalnos* arī mūsu dienās norisinās aktīvi vulkānisma un seismiskie procesi. Seit kalnu grēdas citu no citas atdala plaši līdzenumi.

*Vidusāzijas kalnos* raksturīgi sevišķi lieli absolūtie augstumi un dziļas starppauguru ieplakas starp augstajām kalnu grēdām. *Dienvidsibīrijas kalnos* absolūtie un relatīvie augstumi nav tik izteikti, kalni izveido kompaktas grupas, kurās izdalās atsevišķas garenstieptas grēdas. *Ziemeļausīrumu kalnu un līdzenumu provincē* daudz plakankaļņu, tās izvietotas plašās lokveida grupās. *Tālo Austrumu kalni un līdzenumi* veido atsevišķas kalnzemes, kuras citu no citas atdala plašas depresijas ieplakas. Kalnzemēs augstumu starpības kalnu grēdās un ieplakās nav tik krasas kā Vidusāzijas un Dienvidsibīrijas kalnos.

*Urālu kalni* ir ģeoloģiski veci, tajos kalnu veidošanās procesi ir aprimuši, kalnu grēdas līdzenas, dēdēšanas procesos noārdītas, tās pakāpeniski pāriet plašos denudācijas procesos veidotos līdzenumos.

*Centrālās Kazahijas zemo kalnāju* pamatā ir samērā jauna, vēl pilnīgi nenostabilizējusies platforma. Tās lielākajā daļā ir kalnains, fluviālajos procesos pārveidots reljefs.

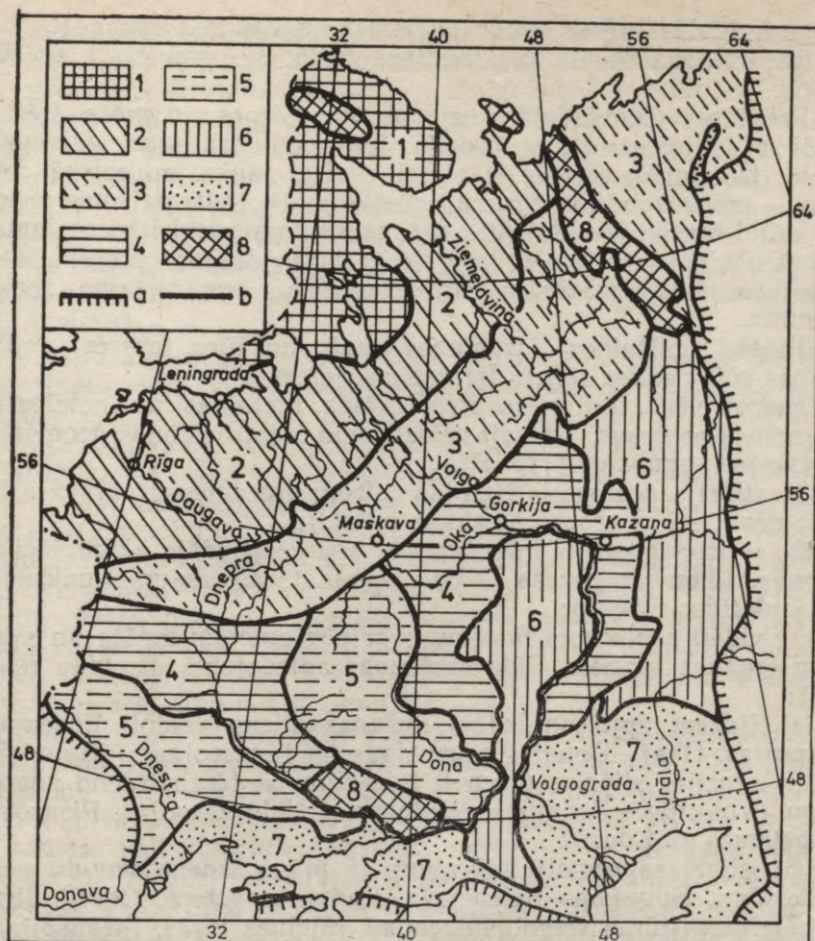
Katrā ģeomorfoloģiskajā provincē norisinās specifiski eksogēnie procesi, kuru intensitāte ir atkarīga no ģeogrāfiskās zonalitātes un ģeoloģiskās uzbūves īpatnībām. Provincu robežās var izdalīt ģeomorfoloģiskos apgabalus, kuri cits no cita atšķiras gan pēc strukturālajām, gan reljefa morfoloģiskajām pazīmēm.

Turpmāk apskatīsim tikai PSRS Eiropas daļas līdzenuma iedalījumu apgabalos, bet sīkāk — apgabalu, kurā ietilpst arī Latvijas PSR teritorija.

## 5. 1. PSRS EIROPAS DAĻAS JEB KRIEVIJAS LĪDZENUMS

PSRS Eiropas daļas līdzenums ir viens no lielākajiem līdzenumiem pasaulē, tā platība ir vairāk nekā 5,5 miljoni kvadrātkilometru. Līdzenumu ziemeļdaļā norobežo Baltijas jūra, rietumos — Karpatu kalni, dienvidos — Melnā un Kaspijas jūra, Krimas un Kaukāza kalni, bet austrumos — Urālu un Mugodžāru kalni. Līdzenuma vidējais absolūtais augstums nepārsniedz 200 m virs jūras līmeņa, tikai pašā provinces ziemeļdaļā esošie Hibīnu kalni paceļas līdz 1191 m augstumam. Daži autori Hibīnu kalnus, kas atrodas Kolas pussalā, izdala kā atsevišķu provinci.

Līdzenuma pamatā iegul pirmskembrijā veidojušos kristālisko iežu platforma, kas pārklāta ar mainīga biežuma nogulumiežu segu. Tagadējā reljefa veidošanā liela nozīme ir bijusi fluviālajiem procesiem gan senākajos ģeoloģiskajos periodos, gan kvartārā. Tā, piemēram, Maskavas apkārtne urbemos konstatēts sazarots upju ieleju tīkls karbona perioda nogulās. Arī Baltijā devona nogulu izplatības apgabalā izveidojies plašs seno ieleju tīkls, kas daļēji



113. att. PSRS Eiropas daļas līdzenuma ģeomorfoloģiskie apgabali (pēc M. Karandejevas):

1 — stipri saposmotais Baltijas vairoga līdzenums, 2 — stipri saposmots līdzenums ar svaigām ledāja akumulācijas formām, 3 — vidēji saposmots līdzenums ar pārveidotām ledāja un svaigām erozijas formām, 4 — līdzeni upju un ledāja kušanas ūdeņu līdzenumi, 5 — erozijas stipri saposmoti līdzenumi ar biezu irdeno nogulu segu, 6 — stipri saposmoti līdzenumi ar plānu irdeno nogulu segu, 7 — lēzeni jūras veidotie līdzenumi, 8 — skrausti; a — ģeomorfoloģiskās provinces robeža, b — ģeomorfoloģisko apgabalu robeža.

(reizēm pilnīgi) aizpildīts ar jaunākām nogulām. Nozīme reljefa veidošanā ir arī lēnajām Zemes garozas svārstībām. PSRS Eiropas daļas līdzenumu vairāk nekā citas ģeomorfoloģiskās provinces ir ietekmējis pleistocēna apledošums un ar to saistītā jūras darbība. Pašreizējā laikā šajā provincē reljefa veidošanā aktīvi norisinās fluvialie (erozijas) procesi. Līdzenuma ziemeļdaļā sakarā ar dziļo grunts sasalšanu ziemā izplatīti dēdēšanas un nogāžu denudācijas

procesi. Lielās zemes tundrā (Большеземельская тундра), kas ietilpst mūžīgā sasaluma izplatības joslā, šie procesi ir sevišķi aktīvi.

Provinces dienviddaļā, kur izplatītas stepes un meža stepes, plaši attīstījusies gravu erozija. Vairumā gadījumu galvenais gravu izcelšanās cēlonis ir bijusi cilvēku lauksaimnieciskā darbība — mežu izciršana, tīrumu ierīkošana utt., tādēļ galvenie gravu un kalnu masīvi izveidojušies tieši lauksaimnieciski izmantojamās zemēs. Pēdējā laikā aktīvi izvērsta gravu veidošanās procesu ierobežošana, lai samazinātu lauksaimniecībā izmantojamo zemju zudumu.

Plašos smilšainos līdzenumos (upju un jūru terasēs) rodas jaunas vēja radītas reljefa formas un elementi.

Ņemot vērā teritorijas strukturālās īpatnības un noteicošos eksogēnos procesus, Krievijas līdzenumu iedala astoņos ģeomorfoloģiskajos apgabalos (113. att.):

1) stipri saposmotais Baltijas vairoga līdzenums (pārsvarā ledāja denudācijas procesos veidots reljefs);

2) stipri saposmots līdzenums ar svaigām ledāja akumulācijas formām (dienvidu robeža sakrīt ar Valdaja apledojuma maksimālās izplatības robežu);

3) vidēji saposmots līdzenums ar pārveidotām ledāja un svaigām erozijas formām (līdz Maskavas apledojuma dienvidu robežai);

4) līdzeni upju un ledāju kušanas ūdeņu veidoti līdzenumi (Dņepras, Okas—Donas, Vidusvolgas un Lejasvolgas līdzenumi);

5) erozijas stipri saposmoti līdzenumi ar biezu irdeno nogulu segu (Volīnijas—Podolijas, Piedņepras, Viduskrievijas, Piezovas augstienes un Kodri);

6) stipri saposmoti līdzenumi ar plānu irdeno nogulu segu (Pievolga, Buguļma—Belebejeva, Kamas augštece, Obščij Sirt);

7) lēzeni jūras veidoti līdzenumi (Melnās jūras, Piekaspijas);

8) skrausti — aktīvas noārdīšanās apgabali (Timāna skrausts, Kolas pussalas kalni, Doņeckas skrausts).

Sīkāk aplūkosim otro apgabalu, kurā ietilpst Latvijas PSR, — stipri saposmoto līdzenumu ar svaigām ledāja akumulācijas formām.

## **5. 2. STIPRI SAPOSMOTĀ LĪDZENUMA APGABALS AR SVAIGĀM LEDĀJA AKUMULĀCIJAS FORMĀM**

Apgabals ziemeļos robežojas ar Baltijas kristālisko vairogu, tālāk uz ziemeļaustrumiem robežlīnija iet caur Viborgu un Oņegas ezera dienvidu galu uz Oņegas līča piekrasti. Austrumos apgabals robežojas ar Timānu skraustu, bet dienvidu robeža sakrīt ar Valdaja apledojuma dienvidu robežu.

Geomorfoloģiskā rajona pamatieži ir dažāda ģeoloģiska vecuma dolomīti, kaļķakmeņi, smilšakmeņi, mergēļi un māli. To virsma ir izvagota ar senām erozijas ielejām. Pamatiežus pārklāj ledāja vai tā kušanas ūdeņu nogulas — grants, smilts, māls, smilšmāls un mālsmilts. Raksturīgākās reljefa formas ir viļņoti pamatmorēnas līdzenumi, morēnas pauguri, gala un sānu morēnas vaļņi, osi, kēmi, drumlini utt. Arī mūsdienu hidrogrāfiskais tīkls — daudzas upes un ezeri — veidojies ledāja ietekmes rezultātā.

Pēc nogulu akumulācijas formām un intensitātes apgabalā var izdalīt vājas, izteiktas un mērenas ledāja akumulācijas apakšzonas (A. Asejevs).

Vājas akumulācijas zonā izplatītas zemienes ar līdzenu vai viļņotu virsu, kuras nomaina nelielas pauguraina reljefa augstienes.

Sajā zonā, kuru varētu arī nosaukt par pārejas joslu no ledāja eksarācijas uz akumulācijas procesiem, atrodas Ilmeņa, Pleskavas—Čudas un Austrumlatvijas zemienes, Viduslatvijas nolaideņums un Ziemeļlietuvas zemiene, kā arī Lugas, Sudomas, Hānjas, Otepē, Vidzemes Centrālā, Rietumkurzemes un Zemaitijas augstienes. Zemienēm raksturīga plāna kvartāra nogulu sega (10... 20 m), tajās paceļas atsevišķi pauguri (morēnas pauguri, osi, kēmi) vai to grupas. Vietām sastopami arī drumlinu izplatības apgabali (Valmieras—Burtnieku apkārtnē, Dienvidkurzemes zemienē, Sādjarves drumlinu lauks Igaunijā).

Zonā sastopamo augstieņu centrālās daļas veidojušās aprimuša ledāja apstākļos, bet perifērijas — aktīva ledus apstākļos. Daļai augstieņu ir raksturīgs liels pēdējā apledojuma nogulu biežums (60... 90 m), daudzveidīgas ģenētiski atšķirīgas reljefa formas un samērā lieli absolūtie augstumi (bieži pat vairāk nekā 200 m virs jūras līmeņa). Šai grupai ir pieskaitāmas Hānjas, Vidzemes Centrālā, Zemaitijas un citas augstienes. Pārējās augstienes ir zemākas (50... 150 m virs jūras līmeņa), tām raksturīga plānāka pēdējā apledojuma nogulu sega. Reljefs atšķirībā no pirmajām nav tik ļoti saņemts.

Izteiktās akumulācijas apakšzonā ietilpst Lietuvas dienvidaustrumu daļa, Augšzemes augstiene, Latgales augstienes dienviddaļa, Valdaja un Vepsu augstienes. Uz rietumiem šī zona turpinās Polijas TR, Vācijas DR un Vācijas FR teritorijā. Šai apakšzonai raksturīga bieža kvartāra nogulu sega (100... 150 m un vairāk). Reljefā dominē formas, kas raksturīgas ledāja malas zonas veidojumiem: gala morēnas vaļņi, pauguraines, subglaciālas iegultnes.

Mērenas akumulācijas apakšzonā dominē galvenokārt fluvioglaciālie un limnoglaciālie, dažreiz arī pamatmorēnas līdzenumi. Sastopamas arī plašas ledāja kušanas ūdeņu veidotas ielejas un subglaciālās iegultnes.

Pēcledus laikmetā raksturīgākie procesi ir upju tīkla veidošanās, jūras ģeomorfoloģiskā darbība un dažādi fluviālie procesi.

Upju tīkls ir samērā jauns, ielejām vāji izstrādāti garenprofili. Upju terases un jūras krasta veidojumi devuši iespēju labi izpētīt reljefa attīstības vēsturi pēcledus laikmetā.

### 5. 3. LATVIJAS PSR RELJEFA RAKSTUROJUMS

#### 5. 3. 1. RELJEFA PĒTĪJUMU ATTĪSTĪBA LATVIJĀ

Lielā reljefa formu dažādība Latvijā jau sen modinājusi dabas pētnieku interesi. Pirmie publicējumi sastopami vācu zinātnieku un ceļotāju aprakstos. Vēlākā laikā parādās arī latviešu un igauņu pētījumi par atsevišķām reljefa formām un to ģenēzi. Sistemātiska, zinātniski pamatota reljefa izpēte uzsākta tikai padomju varas gados.

Latvijas reljefa pētījumu vēsturi var iedalīt trijos atšķirīgos periodos: pirmais periods — līdz 20. gadsimta sākumam, otrais periods — no 1900. līdz 1945. gadam un trešais periods — no 1945. gada līdz mūsu dienām.

**Pirmais periods.** Jau 18. gadsimta otrajā pusē vispārīga rakstura dabas aprakstos parādās pirmās ziņas par Latvijas reljefu. To autori ir vācu dabas pētnieki A. Hupels (1774. g.), J. Fišers (1778., 1791. g.) un F. Sulcs (1805. g.). 19. gadsimta sākumā publicētajos darbos doti jau arī daži reljefa formu hipsometriskie rādītāji. Reljefa formu izcelšanos kā pirmais mēģinājis izskaidrot Tartu universitātes profesors K. Grevinks (1861., 1879. g.). Lielu ieguldījumu atsevišķu Latvijas reljefa formu izpētē ir veids B. Doss, kura darbi publicēti 19. gadsimta beigās. Nozīmīgi ir viņa pētījumi par osiem, drumliniem, kāpu reljefu un Daugavas ielejas leņģesteces pōsma terasu veidošanos.

Agrīnajam Latvijas reljefa izpētes periodam ir raksturīgs kopējas koncepcijas trūkums par Latvijas reljefa izcelšanos, attīstību un reljefa veidotājiem faktoriem. Pētījumiem ir fragmentārs raksturs.

**Otrais periods.** 20. gadsimta sākumā parādās pirmie apkopojošie darbi par Latvijas reljefu. Somu zinātnieks H. Hauzens publicē virkni darbu par reljefa veidošanos ledus laikmeta beigu posmā Latvijas un Igaunijas teritorijā. Dažus jaunus datus publicē vācu ģeologi. Gadsimta 20. un 30. gados parādās arī latviešu zinātnieku I. Saules-Sleiņa, A. Dreimaņa, E. Lancmaņa, V. Zāna un citu zinātnieku darbi. I. Saules-Sleiņa un V. Zāna apraksti par Latvijas ģeoloģisko uzbūvi un reljefu krājumā «Latvijas zeme, daba un tauta» ir uzskatāmi kā šī perioda pētījumu apkopojums.

Otrajam periodam ir raksturīgi detāli atsevišķu reljefa formu pētījumi un tieksme to veidošanos saistīt ar ģeoloģisko uzbūvi.

**Trešajam periodam** raksturīga daudzpusīga un intensīva reljefa izpēte. Pētījumu gaitu un raksturu noteica gan aizvien

pieaugošās prasības pēc vietējo derīgo izrakteņu krājumu izziņāšanas, gan arī plaši izvērstā ceļu, ēku un hidrotehnisko būvju celtniecība.

Mūsdienu ģeomorfoloģiskajos pētījumos gan lauka darbos, gan materiālu kamerālajā apstrādē lieto jaunas un modernas metodes. Ģeomorfoloģijas zinātne attīstās ciešā kontaktā ar ģeoloģijas, ģeofizikas, hidroģeoloģijas, ģeobotānikas, ģeogrāfijas un ekoloģijas zinātņu attīstību. Padomju varas gados ir aktivizējusies zinātniskās pētniecības institūtu un augstāko mācību iestāžu pētnieciskā darbība. Lielu ieguldījumu Latvijas ģeomorfoloģijas attīstībā ir devuši Vissavienības Jūras ģeoloģijas un ģeofizikas zinātniskās pētniecības institūta, Latvijas Valsts universitātes Ģeogrāfijas fakultātes un Latvijas PSR Ministru Padomes Ģeoloģijas pārvaldes un tās ekspedīciju darbinieki. Kopš 1958. gada ir uzsākta sistemātiska Latvijas PSR teritorijas ģeoloģiskā un ģeomorfoloģiskā kartēšana 1 : 200 000 un 1 : 50 000 mērogos. Aizvien uzlabo un precizē Latvijas PSR ģeomorfoloģiskās kartes, kuru sastādīšanā izmanto jaunākos pētījumus.

Nozīmīgus pētījumus par jūras piekrastes reljefa attīstību un dinamiku veikuši E. Grīnbergs, V. Ulsts, I. Veinbergs u. c. Latvijas PSR upju ieleju morfoloģijā nozīmīgus darbus izstrādājuši M. Majora, O. Āboltiņš un G. Eberhards. Paugurainā reljefa izpētē, reljefa formu klasifikācijā un eksogēno procesu izpētē nozīmīgi darbi ir A. Jaunputniņam, K. Ramanam, A. Lazdānei, I. Danilānam, J. Straumem, Z. Meironam, I. Veinbergam, O. Āboltiņam u. c.

Pēdējā laikā liela uzmanība tiek pievērsta reljefam kā nozīmīgam lauksaimnieciskās ražošanas faktoram un iespējām pārveidot vai ietekmēt ne tikai reljefa nanoformas un mikroformas, bet pat ar specializētu melioratīvo pasākumu palīdzību pārveidot reljefa mezofomas. Reljefa praktiskās izmantošanas problēmas no lauksaimnieciskās izmantošanas viedokļa risina A. Melluma, R. Stalbovs, U. Svēde un grupa Latvijas Zemes ierīcības projektēšanas institūta darbinieku.

Nozīmīgi darbi ir veikti teritorijas ģeomorfoloģiskajā rajonēšanā. Pamatojoties uz jaunākajiem pētījumiem, 1961. gadā ģeomorfoloģiskos rajonus ir izdalījis A. Jaunputniņš, kurš vēlākajos gados šo iedalījumu pakāpeniski precizējis un pilnveidojis. A. Jaunputniņš arī publicējis pirmos plašākos apkopojumus par Latvijas reljefa attīstību, izmantojot padomju varas gados savāktu plašu faktu materiālu. Pēdējā laikā izsmēlošus apskatus par mūsu republikas ģeoloģisko uzbūvi un reljefa formām ir devis I. Danilāns.

Trešajā periodā pētījumi veikti gan lietišķajā, gan teorētiskajā ģeomorfoloģijā. 1977. gadā izdota ģeomorfoloģijas terminu vārdnīcas krieviski-latviskā daļa, kuru sastādījis autoru kolektīvs V. Kļanes vadībā.

Tā kā lauksaimniecības darbinieku praktiskā darbība ir ļoti

cieši saistīta ar reljefu, tad geomorfoloģijas pamatu apgūšana kopš 1951. gada ir ietverta Latvijas Lauksaimniecības akadēmijas Zemes ierīcības fakultātes mācību programmā.

### 5. 3. 2. VISPĀRĪGS LATVIJAS PSR RELJEFA RAKSTUROJUMS

Samērā nelielajā Latvijas teritorijā (64 600 km<sup>2</sup>) sastopama liela reljefa formu dažādība. Neskatoties uz to, ka tikai 2,5% no kopējās platības aizņem reljefa formas, kuras paceļas vairāk nekā 200 m virs jūras līmeņa, viena no raksturīgākajām Latvijas reljefa īpatnībām ir paugurainu augstieņu mija ar lēzeni viļņotiem līdzenumiem.

Svarīga nozīme tagadējā reljefa veidošanā ir bijusi kvartāra perioda apledojumiem, bet galvenokārt pēdējam — Valdaja apledojumam. Teritorijas, kas piekļaujas Baltijas jūrai un Rīgas jūras līcim, veidojušās seno Baltijas jūras baseinu ietekmē. Pēcledus laikmetā reljefa formas un to kompleksi daļēji pārveidoti upju un gravu tīkla attīstības gaitā, nogāžu un eolajos procesos, purvu veidošanās un antropogēnās darbības rezultātā.

Reljefa veidošanos kvartāra periodā lielā mērā ietekmējis pamatīežu virsas raksturs. Visu Latvijas augstieņu pamatā ieguļ pamatīežu pacēlumi, kas ledus laikmeta beigu posmā daļēji bremsējuši ledāja kustību. Tāpēc šajos apvidos norisēja pastiprināta zemledus akumulācija, veidojās bieza morēnas sega, virs kuras uzgulsnētas ledāja caurkusumos veidojušās fluvioglaciālas un limnoglaciālas izcelsmes pozitīvās reljefa formas. Pamatīežu absolūtie augstumi mainās no 70 m Rietumkurzemes augstienes pamatā līdz 160 m Latgales augstienē. Ledāja akumulācijas biežums augstienēs nereti sasniedz 100...200 m, turpretī zemiēs to biežums nepārsniedz 30 metrus.

Arī negatīvās reljefa formas bieži atbilst subkvartārās virsas reljefam. Sevišķi tas attiecas uz *ielejveida pazeminājumiem*, kuri dziļi iegrauzušies pamatīežos. Jādomā, ka tie ir senā hidrogrāfiskā tīkla elementi. Pēdējo gadu pētījumos (O. Āboltiņš, I. Veinbergs, I. Danilāns u. c.) konstatēts, ka tagadējā reljefā labi izteikti ir tie senie ielejveida pazeminājumi, kuru virziens pilnīgi vai daļēji sakritis ar ledāja kustības virzienu, turpretī ledāja kustības virzienam perpendikulāri orientētās ielejas gandrīz pilnīgi aizpildītas ar ledāja nogulām. Pa ielejveida pazeminājumiem bieži plūst pēcledus laikmeta upes, piemēram, Rēzekne, Laucese, Malta, Amula.

Vislielākā reljefa ģenētisko tipu un formu daudzveidība ir augstienēs. Parasti augstieņu centrālo daļu reljefu veido *pirmmasīvu pauguraines*. Tie ir raksturīgi veidojumi salasveida augstienēs, kas izplatītas Krievijas līdzenuma ziemeļrietumu daļā. Pirmmasīvu relatīvie augstumi (pēc J. Straumes un Z. Meirona)

mūsu republikas teritorijā ir 50...70 m, to platums — 1,5...7 km, bet garums — 5...10 kilometri.

Pirmmasīvi aizņem centrālo daļu Vidzemes Centrālajā, Alūksnes, Augšzemes un Latgales augstienēs. Raksturīgas reljefa formas tajos ir augsti kupolveida *kēmu pauguri* (Gaiziņkalns, Lielais Liepu kalns, Dēliņkalns u. c.) un saliktas uzbūves lielpauguri. Pirmmasīvu bieži ieslēdz limnoglaciālas vai fluvioglaciālas izcelsmes *platoveida lielpauguri*, kas veidojušies ledāja segas caurkumos. Platoveida pauguriem raksturīgas stāvas nogāzes un nelīdzena virsa. Šādi pauguri ir raksturīgi Vidzemes Centrālajā, Latgales un Alūksnes augstienēs, bet gandrīz nemaz nav sastopami Kurzemes augstienēs. Fluvioglaciālie platoveida pauguri sastopami galvenokārt Latgales augstienēs centrālajā daļā pie Dubuļiem.

Pirmmasīvu tuvumā bieži sastopamas hipsometriski zemākas morēnas — kēmi vai kēmu pauguraines. Tās ir ļoti daudzveidīgas gan pēc ārējā izskata, gan iekšējās uzbūves īpatnībām. Raksturīgi kēmu izplatības apgabali ir Latgales un Austrumkurzemes augstienēs, Talsu—Tukuma paugurainē un citur. Reizēm kēmu pauguri šauru joslu veidā grupējas arī seno aprakto ieleju tuvumā (I. Veinbergs, O. Āboltiņš un G. Eberhards). Šādi veidojumi sastopami Abavas, Gaujas, Daugavas, Amatas, Raunas un citu senieleju tuvumā.

Kēmu paugurainēm bieži piekļaujas *marginālās pauguru grēdas*, kuras veido vienādi orientētas reljefa formas, kas iezīmē pēdējā apledojuļa ledāja malas stacionāros stāvokļus. Šādi veidojumi sastopami Augšzemes, Vidzemes Centrālās, Alūksnes un Latgales augstieņu perifērijas zonās. Ledāja starpmēlu (starplobu) kontakta joslās izveidojušies savdabīgie *stūra masīvi*, kuri ir ļoti dažādi gan pēc iekšējās uzbūves, gan morfoloģiskajām īpašībām. Raksturīgākie stūra masīvi ir trīsstūrveida pauguru grupas vai grēdas, kuru relatīvais augstums mainās no 5 līdz 20 m (piemēram, Aklāciema masīvs Talsu—Tukuma paugurainē) vai vēdekļveidīgi izvērstu vaļņu sistēmas (Gulbenes vaļņa ziemeļaustrumu daļa un Māriņkalna apkārtnē Alūksnes augstienē). Vietām sastopamas arī nelielas trīsstūra veidā sakārtotas 5...7 m augstu pauguru grupas, piemēram, Valles—Vecumnieku apkārtnē.

Augstienes no apkārtējā hipsometriski zemākā reljefa bieži no robežo labi izteiktas *marginālās nogāzes*, kas tipiskākajā veidā sastopamas Vidzemes Centrālās augstienes ziemeļu daļā starp Smilteni un Raunu un dienviddaļā starp Pļaviņām un Madonu, kā arī Talsu—Tukuma pauguraines ziemeļaustrumu nogāzē.

Latvijas augstieņu piekāpēs un arī pazeminātajos apvidos augstieņu iekšienē sastopami nelieli *fluvioglaciāli* vai *limnoglaciāli lidzenumi*. To virsa parasti ir lēzeni viļņota vai arī pilnīgi līdzena.

Latvijas zemienu un pacēlumi ir vienveidīgāki, tajos nav tik lielas reljefa formu dažādības. Lielu daļu no tiem aizņem

*pamatmorēnas līdzenumi* ar lēzeni viļņotu reljefu, kurā pauguru relatīvais augstums nepārsniedz 8 metrus. Bieži glaciogēno nogulumu sega ir pieledāja vai virsledāja kušanas ūdeņu pārskalota, bagāta ar laukakmeņiem. Šādi pārskaloti pamatmorēnas līdzenumi raksturīgi Austrumlatvijas zemienē, Ziemeļlatgales, Aknīstes un Dundagas pacēlumos. Burtnieku ezera apkārtņē un Dienvidkurzemes zemienē sastopams *drumlinu reljefs*. Parasti tie sasniedz 15...20 m augstumu, garuma un platuma attiecība tajos ir 6:1. Atsevišķi drumlini sastopami arī Viduslatvijas nolaidenumā, Austrumkurzemes augstienē un citur.

Visās republikas zemienēs sastopami *limnoglaciālie līdzenumi*, kurus veido ledāja kušanas ūdeņu baseinos nogulsnēta smilts, mālsmilts vai slokšņu māls. Lielākie ir seno Zemgales un Lubānas baseinu limnoglaciālie līdzenumi. *Fluvioglaciālie līdzenumi* Latvijas PSR zemienēs nav plaši izplatīti, lielākie no tiem sastopami Usmas ezera apkārtņē un Vidusgaujas ieplakā.

Zemienēs un Viduslatvijas nolaidenumā bieži sastopami arī *osi*. Pati garākā osu grēda Latvijā ir Lielie Kangari (28 km). Raksturīgas osu grēdas ir arī Mazie Kangari, Ogres Kangari, Greblu kalns u. c. Atsevišķi nelielu izmēru osisastopami arī augstienēs, kur tie parasti atrodas ķēmu izplatības apvidos.

Zemieņu perifērijās un nolaidenumos izveidojies sarežģītas ģenēzes reljefs. Viens no tipiskākajiem reljefa veidojumiem ir gala un sānu morēnu vaļņi un pauguru joslas (marginālie vaļņi). Mūsu republikas teritorijā to relatīvais augstums nepārsniedz 20 m, plātums — 50...300 m, bet garums — 0,1...6 km (G. Eberhards). Tipiski gala morēnas veidojumi ir Linkuvas galamorēnas valnis, kas atrodas Lietuvas ziemeļos un daļēji iestiepjas arī Latvijas teritorijā, un Gulbenes valnis. Zemienes un nolaidenumus vietumis šķērso arī *atšķelšanās vaļņi*, kas bieži tiek dēvēti vienkārši par vaļņiem vai grēdām. Raksturīgs piemērs ir Madonas—Trepes valnis, Vidzemes Centrālās augstienes atzars, Jaunkalsnavas un Numernes vaļņi, kurus veido vairākus desmitus metru biezs fluvioglaciāls materiāls.

Austrumlatvijas zemienē starp Pļaviņām, Ļaudonu un Līvāniem, kā arī Viduslatvijas nolaidenumā vietām ir labi izteikts *morēnas uvālu reljefs*. Tās ir vaļņveida reljefa formas ar lēzenām nogāzēm un nelieliem relatīvajiem augstumiem, kas parasti nepārsniedz 10 metrus.

Gandrīz visās Latvijas augstienēs izplatītas *subglaciālās vagas* (iegultnes) vai to sistēmas. Tipiski veidojumi ir Latgales augstienes dienviddaļā un Alūksnes augstienes ziemeļrietumu daļā (Kornetu—Peļļu subglaciālā vāga).

Gan augstieņu, gan līdzenumu reljefu saposmo tekošo ledāja kušanas ūdeņu erozijas formas. Augstienes vai pacēlumus vietām šķērso dziļas periglaciālās ielejas, pa kurām noplūduši ledāja kušanas ūdeņu baseini. Tās bieži izmanto iegrauzumus pamatiežu virsā, kas tikai daļēji aizpildīti ar morēnu. Tipiski pie-

mēri ir Gaujas ieleja posmā no Valmieras līdz Murjāņiem, Abavas ieleja un arī Daugavas ieleja posmos, kur tā šķērso Latgales augstieni un Viduslatvijas nolaidenumu. Latvijas augstieņu malas šķērso arī morfoloģiski labi izveidotas ielejas, kuras radušās, ap-  
rimušo ledus blāķu kušanas ūdeņiem noplūstot uz hipsometriski zemākām vietām. Šāda tipa ielejām pieskaitāmas Amatas, Āronas, Ilūkstes un citu upju ielejas. Tagadējās upes izmanto ne vien subkvartārā reljefa vai ledāja kušanas ūdeņu erozijas formas, bet arī starppauguru iepaklas.

Tā teritorijas daļa, kas robežojas ar Baltijas jūru un Rīgas jūras līci, veidojusies ciešā sakarībā ar seno Baltijas jūras baseinu at-  
tīstību. Jūras darbības radītais reljefs sīkāk apskatīts nodaļā «Geomorfoloģisko rajonu raksturojums».

Pēcledus laikmetā notikusi aktīva vēja akumulācijas formu — kāpu veidošanās. Latvijas teritorijā ir divu ģenētisko tipu kāpas: jūras piekrastes kāpas un iekškontinentālās kāpas, kas radušās eolajos procesos vietās, kur izplatītas ledāja kušanas ūdeņu nogulsnētās smilšainās nogulas (Daugavpils tuvumā, Vi-  
dusgaujas iepaklā u. c.).

Paugurainajos apvidos reljefa virsa pārveidojas ūdens plaknes erozijas procesos.

Lauksaimniecībā izmantojamās teritorijās denudācijas procesi bieži noved pie augšņu degradācijas pauguru nogāzēs un delūvija veidošanās to apakšdaļā. Tā kā lauksaimniecībā izmantojamās zemes aizņem vairāk nekā 47% no republikas teritorijas un daļa no tām atrodas paugurainēs, tad pauguraino apvidu racionālas izmantošanas problēma pēdējā laikā ir kļuvusi sevišķi aktuāla.

Liela loma reljefa pārveidošanā ir cilvēka saimnieciskajai darbībai, kas sevišķi aktīvi izpaužas pēdējos divdesmit gados. Mērķtiecīgi vērsta antropogēnā darbība Latvijas PSR ir saistīta ar dažādām saimniecības nozarēm: enerģijas ieguvī, derīgo izrakteņu iegūšanu, ceļu un ēku celtniecību, lauksaimniecību utt. Sevišķi lieli reljefa pārveidojumi ir norisinājušies Daugavas ielejā, kurā izveidotas trīs lielas ūdenskrātuves Ķeguma, Pļaviņu un Rīgas HES vajadzībām. Ūdenskrātuvju ierīkošana pilnīgi izmainījusi dabiskos gultnes veidošanās procesus ne tikai Daugavai, bet arī tās pieteku lejasceces posmos, jo ievērojami ticis paaugstināts to erozijas bāzu līmenis.

Iegūstot kūdru, granti, smiltis, kaļķakmeni, dolomītus vai sald-  
ūdens kaļķus, Latvijā izveidojušās daudzas negatīvas reljefa formas — karjeri, kuru platība sasniedz pat 100 hektārus. Jelgavas apkārtnē pilnīgi norakts tipisks līdzenumu oss — Ruļļu kalns, da-  
ļēji norakts Mazo Kangaru augstākais posms osa rietumdaļā. Republikā ir vairāki simti derīgo izrakteņu karjeru, kuru lielums pārsniedz vienu hektāru. Pēdējos gados pēc derīgo izrakteņu izmantošanas izstrādātajos karjeros tiek veikti rekultivācijas pasākumi.

Sākotnējo reljefu stipri pārveido gar ceļu trasēm. Visā garumā veido gan uzbērumus, gan ierakumus, kuri visbiežāk sastopami

pauguraina reljefa apvidos. Izmaiņas reljefā notiek arī sakarā ar ēku celtniecību. Pilnīgi pārveidotas ir Daugavas labā krasta terases Rīgas pilsētas teritorijā, veidojot Ķengaraga jauno dzīvojamo namu masīvu, noraktas kāpas Bolderājas apkārtņē. Arī veidojot lauku ciematus, lielās teritorijās pārveido sākotnējo reljefu, norok pauguru virsotnes, izlīdzina nogāzes un aizber ieplakas.

Lauksaimnieciski izmantojamās zemēs vislielākās izmaiņas reljefā rada meliorācijas pasākumi. Virszemes un daļēji arī pazemes ūdeņu notece tiek regulēta, izveidojot drenu vai grāvju sistēmas. Apstrādājot laukus, kas novietoti pauguru nogāzēs, izveidojas noaru kāples. Mitrās ganībās lopu ganišana noved pie ciņaina mikroreljefa izveidošanās. Lai uzlabotu agrotehniskos apstākļus, tiek meklēti efektīvi melioratīvi risinājumi. Viens no tādiem ir preterozijas pasākumu kompleksa ieviešana, kas paredz nogāžu kūdrošanu un pārmitro ieplaku pārveidošanu par ūdenskrātuvēm. Šie pasākumi rada pilnīgi jaunus reljefa elementus, bet reizēm arī izmaina vai rada no jauna veselās reljefa formas.

Bez antropogēnās darbības, kas tieši pārveido reljefa formas, cilvēku saimnieciskie pasākumi var kļūt par cēloni eksogēno procesa straujām un reizēm pat katastrofālām norisēm. Tā 19. gadsimta beigās, kad lauksaimniecībai noderīgu zemju un koka ogļu ražošanas nolūkā Kurzemē lielās platībās tika izcirsti meži, sevišķi ietekmīga piejūras smiltājos bija vēja darbība. Mazirbes, Vaides un Kolkas zvejniekiem tūrumi tika apbērti ar smiltīm.

Visā kāpu joslā gar piekrasti veidojās ceļojošās kāpas. Līdzīgi gadījumi notikuši arī Liepājas un Garciema apkārtņē.

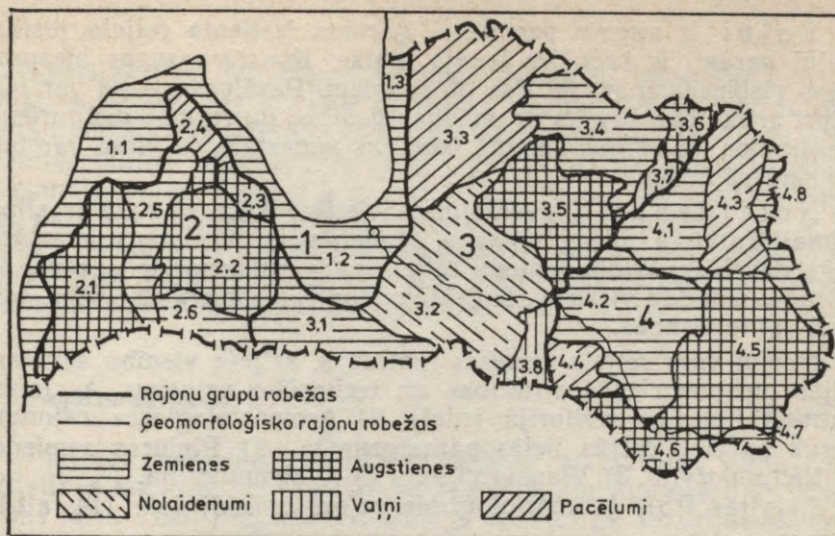
Koku izcirstānogāzēs, kuru slīpums pārsniedz 15°, noved pie ūdens erozijas procesu pastiprināšanās un gravu attīstības.

Gandrīz visās teritorijas vienībās ir darbojušies vairāki reljefa veidojošie faktori. Reizēm ir pat grūti noteikt, kurš no faktoriem ir bijis dominējošais attiecīgās reljefa formas veidošanā. Tā, piemēram, Rīgas apkārtnes smilšainā līdzenuma reljefs ir kompleks Daugavas, Gaujas, Lielupes, jūras un vēja darbības veidojums.

### 5. 3. 3. LATVIJAS ĢEOMORFOLOĢISKIE RAJONI

Reljefa formas Latvijas PSR teritorijā grupējas noteiktos dabiskos teritoriālajos kompleksos, kurus ģeomorfoloģiskajās kartēs izdala kā atsevišķus ģeomorfoloģiskos rajonus. Ģeomorfoloģiskie rajoni ir reljefa teritoriālās pamatvienības, kam katrai sava raksturīga hipsometriskā un morfoloģiskā kopība, ko ģeoloģiski īsā laikā radījis kāds reljefu veidotājs faktors vai faktoru grupa.

Pirmo Latvijas reljefa rajonēšanu ir veicis Ģ. Ramans (1935), kurš izdalījis galvenās reljefa pamatvienības, pirmo reizi dodams topogrāfiski pamatotu reljefa rajonējumu un tā lielformu terminoloģiju, kura daļēji saglabājusies līdz mūsu dienām. Pamatojoties uz jau plašākiem teritorijas ģeoloģiskās un ģeomorfoloģiskās iz-



114. att. Latvijas PSR ģeomorfoloģisko rajonu shēma (pēc A. Jaunputniņa):  
 1 — Piejūras zemiene, 2 — Rietumlatvijas rajonu grupa, 3 — Viduslatvijas rajonu grupa,  
 4 — Austrumlatvijas rajonu grupa.

pētes datiem, kas iegūti pēc 1945. gada, ģeomorfoloģiskajā rajonēšanā laikā no 1957. līdz 1972. gadam strādājis A. Jaunputniņš. Pēc reljefa uzbūves īpatnībām un hipsometriskajām attiecībām A. Jaunputniņš Latvijas teritorijā izdala piecas ģeomorfoloģisko rajonu pamatgrupas: zemiēnes, augstienes, pacēlumus, nolaidenumus un vaļņus.

Zemiēnes atrodas teritorijās, kuru pamatā ir pamatiežu virsas ielieces vai pazeminājumi. Kvartāra nogulu sega tajās nav bieza, nepārsniedz 30 metrus. Zemieņu virsa ir līdzena vai viegli viļņota, tikai vietumis tajās paceļas atsevišķi pauguri (kāpas, osi, kēmi) vai to grupas.

Augstienēs izveidojušās vietās, kuru pamatā jau bijuši pamatiežu pacēlumi. Tajās dominē paugurains reljefs, kuru veido ledus laikmeta un tā beigu posma nogulas. Kvartāra nogulu biežums augstienēs parasti pārsniedz 40 metrus. Augstienēm raksturīga liela reljefa saposmjuuma pakāpe (artikulācija) un formu daudzveidība.

Pacēlumi ir zemieņu paveids, kuros pamatiežu virsa atrodas augstāk nekā parastajās zemiēnēs. Kvartāra nogulu sega parasti ir 10...20 m bieza. Pacēlumu (tāpat kā zemieņu) reljefs ir līdzens vai viegli viļņots, tajos var būt atsevišķi neaugsti pauguri vai pauguru grupas. Pacēlumi parasti norobežojas no to piekāpē esošajām zemiēnēm ar kāplēm vai plašām nogāzēm.

Valņi ir augstu paceltas, garumā izstiepta reljefa joslas. Valņi parasti ir radušies ledāja malās. Kvartāra segas biezums tajos visbiežāk ir no 30 līdz 50 metriem. Pacēlumu virsa var būt stipri artikulēta, bagāta ar dažādas ģenēzes un formas pauguriem. Gadījumos, ja valņos dominē morēnas materiāls, to virsa var būt arī samērā līdzena.

Nolaidenumi izveidojušies vietās, kuru pamatā ir slīpa pamatiežu virsa. Tajos, tāpat kā zemienēs un pacēlumos, kvartāra sega nav bieza. Nolaidenumu reljefs pamatvilcienos ir līdzens, ar kritumu noteiktā virzienā. Nolaidenumos var būt arī atsevišķi pauguri vai to virknes.

Nemot vērā reljefa ģenēzes īpatnības, reljefa vienību savstarpējās hipsometriskās attiecības un teritoriālo principu, A. Jaunputniņš Latvijas teritorijā izdala 24 ģeomorfoloģiskos rajonus, kurus apvieno četrās lielās pamatgrupās: 1) Piejūras zemiene, 2) Rietumlatvija, 3) Viduslatvija un 4) Austrumlatvija.

Latvijas PSR ģeomorfoloģiskie rajoni ir šādi (sk. 114. att.):

#### 1. Piejūras zemiene

- 1.1. Rietumlatvijas Piejūras zemiene
- 1.2. Rīgas smiltāju līdzenums
- 1.3. Vidzemes piekraste

#### 2. Rietumlatvijas rajonu grupa

- 2.1. Rietumkurzemes augstiene
- 2.2. Austrumkurzemes augstiene
- 2.3. Talsu—Tukuma pauguraine
- 2.4. Dundagas pacēlums
- 2.5. Ventas—Usmas ieplaka
- 2.6. Dienvidkurzemes zemiene

#### 3. Viduslatvijas rajonu grupa

- 3.1. Zemgales līdzenums
- 3.2. Viduslatvijas nolaidenums
- 3.3. Ziemeļrietumu Vidzemes pacēlums
- 3.4. Vidusgaujas ieplaka
- 3.5. Vidzemes Centrālā augstiene
- 3.6. Alūksnes augstiene
- 3.7. Gulbenes valnis
- 3.8. Sēlijas valnis

#### 4. Austrumlatvijas rajonu grupa

- 4.1. Lubānas līdzenums
- 4.2. Vidusdaugavas zemiene
- 4.3. Ziemeļlatgales pacēlums
- 4.4. Aknīstes pacēlums
- 4.5. Latgales augstiene
- 4.6. Augšzemes augstiene
- 4.7. Polockas zemiennes daļa
- 4.8. Veļikajas zemiennes daļa

Latvijas PSR teritorijas ģeomorfoloģiskajai rajonēšanai ir ne tikai teorētiska, bet arī liela praktiska nozīme. Tā atvieglo gan detaļu teritorijas ģeoloģisko un ģeomorfoloģisko izpēti, gan arī daudzu tautas saimniecības nozaru plānošanu un dabas bagātību racionālu izmantošanu. Tā kā atkarībā no reljefa mainās virszemes un pazemes notece, mitruma apstākļi, augsnes īpašības un augu valsts raksturs, tad atsevišķo ģeomorfoloģisko rajonu izpētes materiāli tiek ņemti par pamatu arī meliorācijas darbu un zemes lauksaimnieciskās izmantošanas plānošanā.

### **Piejūras zemiene**

Piejūras zemiene izcelsme ir saistīta ar Baltijas jūras trim attīstības stadijām — Baltijas ledus ezeru, Ancilus ezeru un Litorīnas jūru. Visai Piejūras zemienei ir raksturīgs abraziācijas-akumulācijas līdzenuma reljefs. Lēzeni viļņotais morēnas līdzenums jūras akumulācijas procesu rezultātā ticis pārklāts ar smilšainu vai mālainu materiālu, kuru vietām nomaina abrazētas, laukakmeņiem bagātas teritorijas ar akmeņainu, virskārtā pārskalotu smilšmālu. Piejūras zemiene vairākos posmos labi saskatāmas seno krastu kāpļus, krastu vaļņus un seno jūras akumulācijas procesu veidojumi seklūdens zonā. Smilšaino nogulu izplatības rajonos dominē kāpu reljefs.

Piejūras zemiene ir trīs ģeomorfoloģiski atšķirīgi rajoni — Rietumlatvijas Piejūras zemiene, Rīgas smiltāju līdzenums un Vidzemes piekraste.

Rietumlatvijas Piejūras zemiene aizņem Baltijas jūras un Rīgas jūras līča piekrastes joslu posmā no Lietuvas PSR robežas līdz Pļieņciemam. Pāreja no zemiene uz apkārtējiem ģeomorfoloģiskajiem rajoniem vairākos posmos ir dabā labi izteikta — to norobežo Baltijas ledus ezera senās abraziācijas kraujas. Pie Kapsēdas, Mēdzes un Alsungas senās ezera terases sastopamas 17...22 m augstumā virs tagadējās jūras līmeņa, bet Kurzemes pussalā pie Zilo kalnu kraujas — 47 m augstumā. Nevienādie seno krastu līniju augstumi izskaidrojami ar zemes garozas lēnas grimšanas un celšanās kustībām pēdēdus laikmetā. Visā piekrastē sastopami gan senie abraziācijas, gan akumulācijas procesu veidojumi.

Augstākie kāpu vaļņi sastopami uz dienvidiem no Liepājas, Jūrmalciema apkārtnē, kur tie pārsniedz pat 20 m augstumu virs jūras līmeņa. Ipatnēji jūras krastam paralēli kāpu vaļņi izveidojušies Kolkas apkārtnē. Garos, šauros pazeminājumus starp tiem aizņem purvi, bet kāpu vaļņus parasti klāj priežu sili vai mētrāji.

Sajā īpatnējā dabas kompleksā izveidots Slīteres dabas rezervāts. Lai nodrošinātu ekoloģisko procesu dabisku norisi, tā teritorijā ierobežota, atsevišķās zonās pilnīgi noliegta cilvēku saimnieciskā darbība.

Kurzemes pussalā vienīgajā vietā Latvijā konstatēti Ancilus ezera krasta veidojumi.

Sakarā ar nelielo virsmas slīpumu un apgrūtinātajiem noteces apstākļiem Rietumlatvijas Piejūras zemienē daudz purvu un pārpurvotu ieplaku. Zemienē saglabājušies daudzi seno lagūnu un jomu ezeri — Liepājas, Papes, Engures u. c. Ziemeņi šķērso vairāku upju lejteces, lielākās no tām ir Venta, Roja, Irbe un Bārta.

Tagadējā jūras krasta līnija ir samērā taisna, bez sīkākiem izrobojumiem, tikai vietām jūrā iesniedzas sauszemes izliekumi — Akmeņrags, Kolkasrags, Mērsrags u. c. Dažās vietās jūras un sauszemes robežu veido stāvkrasti. Tādas kraujas ir pie Jūrkalnes, Pāvilostas, Ķurmraga u. c. Ipatnējs veidojums sastopams pie Lietuvas PSR robežas Nidas apkārtnē: viļņu darbības joslā pludmalē izveidojies valnis, kuru veido jūras viļņu noapaļoti oļi. Pludmalē atrodami atsevišķi nelieli dzintara graudi. Jūras piekrastē Rojas apkārtnē sastopami lieli laukakmeņu krāvumi.

Smilšaino nogulu un slikto noteces apstākļu dēļ zemienes izmantošana lauksaimniecībā ir apgrūtināta. Visintensīvāk ir iekultivēts abraziņas-akumulācijas līdzenums Ventspils—Usmas—Puzes apkārtnē. Pārējo teritoriju klāj galvenokārt meži un purvi.

Rīgas smiltāju līdzenums aizņem Piejūras zemienes centrālo daļu un pieklaujas Rīgas jūras līcim tā dienvidu daļā, kur tas vietām sasniedz pat 50 km platumu. Šo ģeomorfoloģiskā rajona daļu pārklāj Baltijas ledus ezera un Litorīnas jūras smilšainās nogulas. Līdzenuma absolūtie augstumi paceļas tikai dažus metrus virs jūras līmeņa, augstāki ir tikai kāpu pauguri.

Rajona dienvidu robeža, kas atdala to no pārējiem ģeomorfoloģiskajiem rajoniem, dabā ir vāji izteikta. To veido Baltijas ledus ezera galējās izplatības krastu līnija. Rīgas smiltāju līdzenuma izveidošanās ir cieši saistīta ar Latvijas lielāko upju — Daugavas, Gaujas un Lielupes attīstību. Tās ievadījušas Baltijas ledus ezerā milzīgu sanešu daudzumu, ar ko arī izskaidrojams biežais smilšaino nogulu daudzums zemienē, kurā atrodas šo upju senās deltas. Irdenās smiltis sapūstas kāpu masīvos vai vaļņveida kāpās, kuru nostiprināšanai un aizsardzībai pret vēja eroziju cilvēki kopš seniem laikiem veltījuši daudz izdomas un pūļu.

Sakarā ar sliktajiem noteces apstākļiem un gruntsūdens līmeņa tuvumu zemes virspusei šajā apvidū izveidojušies lielākie purvu masīvi Latvijā. Tie atrodas plašajā trijstūrī starp Jelgavas, Tukuma un Rīgas pilsētām. Zemienē ir daudz kūdrainu un augu atliekām bagātu nogulu, kas veidojušās, aizaugot senajām jūras lagūnām. To izplatības apvidi pēc meliorācijas darbu paveikšanas tiek efektīvi izmantoti lauksaimniecībā.

Rīgas smiltāju līdzenuma ziemeļdaļā ir daudz priežu mežu, kuri ieskaitīti Rīgas un Jūrmalas pilsētu zaļajās zonās. Pludmale ir plaša un smilšaina, tā ir iecienīts atpūtas objekts ar Vissavienības nozīmi. Upju ielejas ir plašas un lēzenas. Lielākā no tām — Daugavas ieleja, kurā iegul stipri sazarotā upes gultne ar daudzām

attekām, vecupēm un salām. Lēzenajā Lielupes ielejā pēdējos gados plaši tiek izmantotas lauksaimniecībā noderīgās zemes, kuru kvalitāte redzami uzlabojusies pēc upes palu līmeņu noregulēšanas ar polderu sistēmu palīdzību. Rīgas apkārtnē ir daudz lielu ezeru (Ķīšezers, Juglas ezers, Babītes ezers, Baltezeri u. c.), kuru izcelšanās ir saistīta ar senajām Litorīnas jūras lagūnām.

Kaut gan uz smilts cilmiežiem radušās augsnes nav sevišķi auglīgas, tomēr Rīgas smiltāju līdzenumā attīstījusies intensīva piepilsētas lauksaimniecība. Tās attīstību noteicis triju republikāniskās pakļautības pilsētu — Rīgas, Jelgavas un Jūrmalas tuvums.

Vidzemes piekraste atrodas Rīgas jūras līča austrumu krastā. Tā ir visšaurākā piejūras zemienes daļa, kuru veido abradēts viļņots līdzenums. Tagadējās jūras piekraste ir lēzena, tikai atsevišķās vietās ir izveidojušās 3...5 m augstas abrāzijas kraujas. Vietām piekrastē sastopami laukakmeņu krāvumi. Viļņotais, jūras abradētais līdzenums vietām ir iekultivēts, pārējo teritoriju aizņem meži un pļavas.

### Rietumlatvijas rajonu grupa

Šajā grupā ietilpst seši geomorfoloģiskie rajoni. To pašreizējais virsmas reljefs veidojies ledus laikmeta beigu posmā un pēcledus laikmetā. Pauguru masīvi mijas ar līdzenumiem, vietām reljefā sastopamas plašas senielejas.

Rietumkurzemes augstiene atrodas Latvijas dienvidaustrumu daļā. Lielākajā daļā tā ir spilgti izteikta pauguraine — visaugstākā un vissaposmotākā no visas Rietumlatvijas rajonu grupas augstienēm. Rietumkurzemes augstienes pamatā ir pamatiežu pacēlums, kuru klāj bieza kvartāra nogulu sega. Ziemeļdaļā tās biezums ir 30...40 m, bet dienviddaļā tā ir apmēram 120 m bieza. Virsas absolūtie augstumi mainās robežās no 60 līdz 110 metriem. Augstākā virsotne — Krievukalns — sasniedz 188 m virs jūras līmeņa.

Augstieni veido morēnas un kēmu pauguri, starp kuriem atrodas plašas ieplakas. Vietām, piemēram, Aizputes apkārtnē, stipri saposmoto reljefu nomaina augstu pacelti pamatmorēnas un lokālo ledāja kušanas ūdeņu baseinu līdzenumi. Austrumdaļā augstiene izbeidzas ar kāpli, kuru saposmo Ventas kreisā krasta pietekas ar dziļām V veida ielejām. Augstienē daudz nelielu glaciālas izcelsmes starppauguru ieplaku ezeru, bet ziemeļdaļā sastopami arī šauri, garenī subglaciālo vāgu ezeri.

Teritoriju intensīvi izmanto lauksaimniecībā, mitrajās un pārpuvotajās ieplakās tiek veikti meliorācijas pasākumi.

Austrumkurzemes augstiene atrodas Rietumlatvijas rajonu grupas dienviddaļā. Augstienes pamatā ir plašs pamatiežu virsmas pacēlums, ko klāj augstienēm neraksturīga plāna (tikai

20...60 m bieža) kvartāra nogulu sega. Virsas absolūtie augstumi nepārsniedz 160 m virs jūras līmeņa. Augstākā virsotne — Smiltiņu kalns (157 m) atrodas augstienes austrumu daļā.

Reljefā nav lielu relatīvo augstumu amplitūdu, dominē augstu pacelti lēzeni viļņoti morēnas līdzenumi. Paugurainākā ir augstienes dienviddaļa ap Zebrus ezeru. Dienviddaļā augstiene pakāpeniski pāriet Dienvidkurzemes zemienē. Augstienes robežās sastopami arī drumlini, osi, kēmi, kā arī senieleju posmi un dziļas subglaciālās vagas. Austrumkurzemes augstienei pieskaitāmas arī gleznainās Amulas, Imulas un Abavas upju senielejas. Hidrogrāfiskais tīkls augstienē ir labi attīstīts. To atūdeņo Ventas, Lielupes un Abavas baseinu upes.

Augstiene ir labi iekultivēta un plaši tiek izmantota lauksaimniecībā. Starppauguru ieplakās, kur augsnes cieš no pārmērīga mitruma, izveidojusies purvāju tipa veģetācija. Starp tūrumiem atrodas nelieli mežu masīvi.

Talsu—Tukuma pauguraine ir raksturīgs fluviokēmu izplatības apgabals, tā aizņem teritoriju starp Tukumu un Talsiem. Fluviokēmi uzguldi stāvajai, pret Rīgas jūras līci pavērstajai pamatiežu kāplei, kas ir Austrumkurzemes augstienes pamatā iegulošā pamatiežu pacēluma nogāze. Kvartāra nogulumu vidējais biežums ir 70...80 metri. Augstākā virsotne — kēmu paugurs Kam-parkalns, kas sasniedz 175 m virs jūras līmeņa.

Pauguraines reljefs ir ļoti artikulēts, starppauguru ieplakās daudz nelielu ezeriņu. Kopš 1977. gada Talsu—Tukuma pauguraines raksturīgākā daļa pie Talsu pilsētas 2840 ha lielā platībā ieskaitīta aizsargājamo dabas ainavu skaitā, tajā ir nozīmīgi rekreācijas resursi. Pauguraines centrālajā daļā atrodas lielā, perspektīvā smilts un grants atradne «Kurzeme», kura būs nozīmīga Rietumlatvijas apgādāšanā ar augstvērtīgu celtniecības materiālu. Pauguraines dienviddaļā Stendes un Sabiles apkārtņē atrodas plaši pamatmorēnas līdzenumi, kurus intensīvi izmanto lauksaimniecībā.

Dundagas pacēlums noslēdz Rietumkurzemes augstieņu virkni no ziemeļiem. Pacēluma pamatā ir lēzens pamatiežu virsas paaugstinājums, ko pārsedz viļņots morēnas reljefs. Ziemeļdaļā Dundagas pacēlumu no Piejūras zemienes norobežo Baltijas ledus ezera krasta krauja (Zilie kalni), kuru augstums sasniedz 35 metrus. Vietām šeit atsedzas smilšakmeņi. Visiekultivētākā un lauksaimniecībā intensīvāk izmantotā daļa ir Dundagas apkārtņē.

Ventas—Usmas ieplaku veido garenstiepts pamatiežu virsmas pazeminājums, kuru aizņēmuši lokālo ledāju baseini. Pamatieži pārsegti ar plānu limnoglaciālo nogulu kārtu. Reljefa absolūtie augstumi sasniedz 30...50 metrus.

Usmas ezera apkārtņē ir plaši smiltāji. Sajā ieplakas daļā ir daudz upju ar mazu kritumu un lēnu tecējumu — Stende, Engure, Irbe. Apkārtņē daudz ezeru — Usmas, Spāres, Gulbju, Sūnu, Mor-dangas u. c. Usmas ezera divās salās — Moricsalā un Lielajā Alk-šņu salā — atrodas viens no vecākajiem dabas rezervātiem Pa-

domju Savienībā. Ventas—Usmas ieplakas garumā izstiepto dienviddaļu veido Ventas upes ieleja.

Dienvidkurzemes zemiene atrodas Rietumlatvijas dienviddaļā, tās turpinājums iesniedzas Lietuvas PSR teritorijā. Zemes pamatā atrodas lēzens pamatiežu virsas pacēlums, ko klāj apmēram 20 m bieza kvartāra nogulu sega. Dominējošais materiāls tajā ir morēnas māls, kura virsa ir izvagota ar ledāja kušanas ūdeņu radītām ielejām. Tās veido vienā virzienā orientētu erozijas reljefu. Teritorijā sastopami arī ziemeļrietumu—dienvidaustrumu virzienā orientēti drumlini ar plakanām virsām. Ieplakas starp drumliniem ir pārmitras un pārpurvotas, zemes lauksaimnieciskā izmantošana tajās iespējama tikai pēc drenāžas ierīkošanas.

### **Viduslatvijas rajonu grupa**

Šajā grupā ietilpst astoņi ģeomorfoloģiskie rajoni. Teritorijas rietumu un ziemeļu daļa ir samērā līdzena, bet austrumu daļā paceļas Vidzemes Centrālā augstiene ar izteikti artikulētu reljefu un lielu formu dažādību.

Zemgales līdzenums atrodas Viduslatvijas rajonu grupas rietumdaļā. Pamatiežu virsa Zemgales līdzenumā veido lēzenu kritumu dienvidu—ziemeļu virzienā. To pārklāj 5...20 m biezas kvartāra nogulas.

Zemgales līdzenuma lielākā daļa ir limnoglaciāls līdzenums, kas veidojies ledāja kušanas ūdeņu baseinā. Zemes virspusi visbiežāk sedz bezakmens jeb putekļaini slokšņu māli, kas pārklāj dažāda biezuma morēnu smilšmālu. Tikai Zemgales līdzenuma nomalēs — Austrumkurzemes augstienes piekāpjē un gar Lietuvas PSR robežu — morēnas smilšmāls atrodas zemes virspusē. Šī ģeomorfoloģiskā rajona virsa ir visumā līdzena, to saposmo tikai Lielupes baseinā ietilpstošo upju tīkls. Upēm vairumā gadījumu ir lēzenas, plašas ielejas, kuru krastos un gultnēs vietām atsedzas dolomītu slāņkopas. Zemgales līdzenumā ir vislielākās vienlaidu iekultivētās zemes platības mūsu republikā. Uz karbonātiem bagātiem limnoglaciālajiem nogulumiem izveidojušās auglīgas velēnu karbonātu augsnes.

Viduslatvijas nolaidenums atrodas Vidzemes Centrālās augstienes rietumu un dienvidrietumu nomalē. Tam raksturīgs slīps pamatiežu virsas kritums rietumu virzienā. Reljefa absolūtā augstuma starpības mūsu republikas apstākļiem ir ievērojamas: austrumu daļā sasniedz 110 m, bet rietumu daļā — tikai 15...20 m virs jūras līmeņa. Kvartāra nogulu sega šajā rajonā nav bieza, Bauskas apkārtnē tā pat nepārsniedz 10 metrus.

Teritorijas lielākajā daļā ir lēzeni viļņots reljefs, ko veido pamatmorēnas nogulas. Tajā krasi izceļas dažādas akumulatīvas pauguru formas — gan limnoglaciālas, gan fluvioglaciālas. Raksturīgas ir trīs osu grēdas: Lielie, Mazie un Ogres Kangari. Zem



115. att. Dolomītu atsegums Daugavas ielejā pie Pļaviņām (pirms Pļaviņu HES izbūves).

kvartāra segas esošos pamatiežus veido dolomīti, dolomītmergēļi, ģipši u. c. Vietās, kur ģipšakmens ieži atrodas tuvu zemes virspusei, izveidojušās karsta piltuves. Raksturīgākās piltuves atrodas Baldones, Allažu un Skaistkalnes apkārtnē, kur interesantākie veidojumi iekļauti aizsargājamo ģeoloģiski ģeomorfoloģisko objektu sarakstā.

Lielākā daļa Viduslatvijas nolaidenuma upju seko vispārējam reljefa kritumam. Lielāko nolaidenuma daļu drenē Daugavas baseina upes — Daugava, Lielā un Mazā Jugla, Ogre un Pērse, bet dienviddaļu — Lielupes baseina upes Misa, Mēmele un Iecava ar pietekām. Šīm upēm raksturīgas meandrējošas, lēzenas un seklas ielejas. Pašu rajona ziemeļdaļu atūdeņo šaurās, dziļi iegrauztās Gaujas pietekas. Centrālajā daļā upju tālāko dabisko attīstības gaitu ietekmējusi Pļaviņu, Ķeguma un Rīgas ūdenskrātuvju ierīkošana uz Daugavas.

Viļņotie morēnas līdzenumi ir labi iekultivēti, bet smilšaino nogulumu posmus klāj lieli mežu masīvi. Viduslatvijas nolaidenumā ir lieli derīgo izrakteņu krājumi. Celtniecības vajadzībām šeit iegūst dolomītu šķembas, kā arī smiltis un granti.

Ziemeļrietumu Vidzemes pacēluma pamatā ir pamatiežu virsas pacēlums, kuru sedz samērā plāna — 10...20 m bieža — morēnas sega. Pamatiežu virsa ir izvagota ar dau-

dziem dziļiem iegrauzumiem, kas daļēji vai pilnīgi aizpildīti ar ledus laikmeta vai tā beigu posma nogulumiem. Šajos iegrauzumos kvartāra nogulumu biežums vietām pat pārsniedz 100 metrus. Rajona lielāko daļu veido viļņots pamatmorēnas līdzenums.

Ziemeļrietumu Vidzemes pacēluma visaugstākā daļa atrodas tā centrā, kuru aizņem stipri saposmota pauguraine, kas nomalēs pāriet viļņotā pamatmorēnas līdzenumā. Ziemeļaustrumos, Rūjienas apkārtnē, ir izveidojies drumlinu reljefs, bet dienviddaļas reljefā izceļas atsevišķi limnokēmi. Augstākais no tiem ir Zilaiskalns, kurš sasniedz 127 m augstumu virs jūras līmeņa. Limbažu apkārtnē ir vairākas meridionālā virzienā orientētas subglaciālās vagas, kurās izveidojušies ezeri.

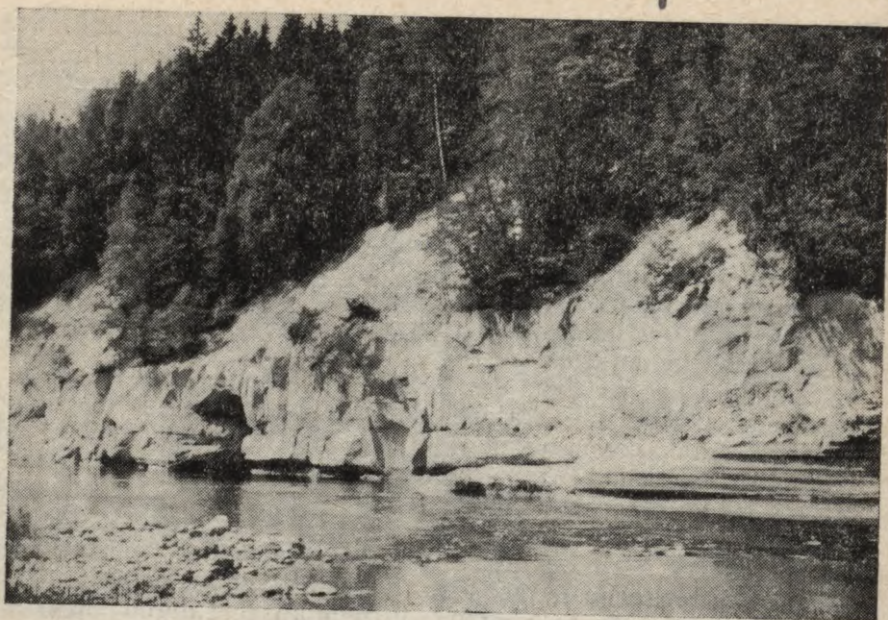
Teritorijas lielāko daļu drenē Salacas baseina upes: Salaca, Rūja, Seda, Briede u. c. Rajona ziemeļdaļā atrodas arī viens no republikas lielākajiem ezeriem — Burtnieku ezers (38 km<sup>2</sup>), kas izveidojies iegarenā, ziemeļrietumu—dienvidaustrumu virzienā orientētā ledāja eksarācijas ieplakā.

Rajona rietumdaļā atrodas vairākas nelielas upītes, kas ietek Rīgas jūras līcī, bet dienviddaļā — Gaujas pietekas. Ģeomorfoloģiskā rajona teritorija ir labi iekultivēta. Lauksaimniecībā sevišķi intensīvi izmanto viļņotos morēnas līdzenumus un subglaciālo vagu (iegultņu) plašās, lēzenās nogāzes, kurās ir normāli mitruma apstākļi. Rajona ziemeļdaļā, kur teritorija līdzenāka, bieži sastop purvus. Zemkopība šajā daļā nav tik intensīva, samērā daudz mežu masīvu. Labi apstākļi zemes lauksaimnieciskai izmantošanai ir drumlinu izplatības apvidū Valmieras—Rūjienas apkārtnē. Vairāku kilometru garo un 0,5...1 km platu pacēlumu mugurās izvietoti labi iekultivēti tūrismi, bet ieplakas starp drumliniem, kā arī to stāvākās nogāzes aizņem meži vai slapjas pļavas.

Ģeomorfoloģiskajam rajonam raksturīgi arī bagātīgi estētiskie resursi. Salacas ieleja un tās apkārtnē kā savdabīgs dabas komplekss ir iekļauta Latvijas PSR aizsargājamo dabas objektu sarakstā.

Vidusgaujas ieplaka atrodas Latvijas PSR ziemeļu daļā, plašā pamatiežu pazeminājumā. Ģeomorfoloģisko rajonu austrumos krasi norobežo Alūksnes augstiene un Gulbenes valnis, bet dienvidos — Vidzemes Centrālā augstiene. Vismazāk izteikta ir rajona rietumu robeža ar Ziemeļrietumu Vidzemes pacēlumu.

Pamatiežus Vidusgaujas ieplakā sedz plāna, vidēji 10...20 m bieza, atsevišķās vietās pat plānāka, kvartāra nogulumu sega. Ieplakas nomales veido pamatmorēnas līdzenums, bet lielāko tās daļu aizņem ledāja kušanas ūdeņu veidoti smilšaini un mālaini līdzenumi. Smiltājos, kas atrodas Gaujas tuvumā, izveidojušās augstas kontinentālo kāpu grēdas. Meridionālā virzienā no Vidzemes Centrālās augstienes Vidusgaujas ieplakā iestiepjas tās atzars — Aumeistaru valnis, kura virsa ir stipri pauguraina. Smilšakmeņu un dolomītu kontakta zonā izveidojusies neaugsta, bet stāva kāple, kas reljefā labi novērojama Gaujienas—Apes tuvumā.



116. att. Ķūķu krāces Gaujā.

Kāpli šķērso gravas ar stāviem krastiem, šajā zonā daudz avotu un karsta piltuvju (kriteņu).

Vidusgaujas ieplaku drenē Gauja ar savām pietekām. Gauja tek pa ieplakas centrālo daļu. Tās ieleja ir samērā sekla, tikai posmā starp Gaujienu un Virešiem tā plūst pa apmēram 30 m dziļu, plašu ieleju, kuras krastos atsedzas dolomīti. Gaujas gultnei šajā posmā ir mainīgs dziļums, vietām sastopamas krāces. Vidusgaujas ieplakā vairākās vietās izveidojušies augstie purvi. Lielākais no tiem ir Sedas purvs.

Lauksaimniecībai izdevīgākie apstākļi ir viļņotajos morēnas līdzenumos Vidusgaujas ieplakas nomalēs un vietās, kur labāka notece. Lielas platības šajā ģeomorfoloģiskajā rajonā aizņem mežu masīvi.

Vidzemes Centrālā augstiene ir visaugstākā Latvijā. Tā daudzējādā ziņā ietekmē apkārtējo ģeomorfoloģisko rajonu klimatu un noteces apstākļus. Augstienes pamatā atrodas plašs pamatiežu virsas pacēlums, kas atrodas vidēji augstāk nekā 100 m virs jūras līmeņa, bet ziemeļdaļā tā augstums pārsniedz pat 150 metrus. Vidzemes augstienē ir visbiežākā kvartāra nogulumu sega Latvijā (izņemot ieagrauzumus pamatiežu virsā), tās vidējais biezums pārsniedz 80 m, bet atsevišķās grēdās — pat 170 un vairāk metrus.

Augstienes reljefs veidojas ledus laikmeta un tā beigu posma procesos. Reljefa pamatformas pārveidojuši ledāja kušanas ūdeņi

un pēcledus laikmeta denudācijas procesi. Augstienē ir vairāku upju augšteces. Upes, šķērsojot augstienes stāvās nogāzes, ieграu- zušas dziļas V veida ielejas. Orogrāfiskajā ziņā Vidzemes Centrālajā augstienē izšķir trīs ziemeļaustrumu virzienā orientētas joslas, kuru virsas augstumi pārsniedz 200 m virs jūras līmeņa. Grēdas viena no otras ir atdalītas ar plašiem pazeminājumiem, kuros novietojušās Gaujas un Ogres upju augšteces.

Augstākās virsotnes Vidzemes Centrālajā augstienē ir Gaiziņkalns (312 m), Nesaules kalns (285 m) un Bākūžkalns (280 m virs jūras līmeņa). Augstienes nogāzes klāj viļņoti morēnas līdzenumi, bet Augšogres un Augšgaujas ieplakām ir raksturīga nelielu viļņotu līdzenumu mija ar plašām, līdzenām ieplakām, kurās izveidojušies purvi un ezeri. Vietām paceļas arī atsevišķi vidējpauguri vai sīkpauguru grupas.

Augstienē ir daudz ezeru, kas koncentrējas galvenokārt austrumu un vidusdaļā. Lielākie no tiem ir Alauksts, Inesis, Kāla, Jumurdas un citi ezeri. Ezeri ir bagāti ar salām un pussalām, to krastu līnijas ir ļoti izrobotas. Vidzemes Centrālā augstiene ir ūdensšķirtne starp Gaujas un Daugavas upju baseiniem. Lielākās upes, kas drenē augstienes ziemeļdaļu, ir Gauja, Tirza, Palsa, Amata u. c., bet dienviddaļu — Daugavas baseinam piederošās upes Ogre, Kuja, Arona, Bērzaune u. c.

Dienvidaustrumu nogāzē vairākas upes tek pa ledāja kušanas ūdeņu noteces ielejām un senielejām. Viena no lielākajām ir Āronas ieleja. Lauksaimniecībai visizdevīgākie apstākļi ir lēzeni viļņotajās vai nolaidenajās augstienes nogāzēs, kā arī uz lēzeno pauguru virsām. Ieplakas parasti aizņem pļavas ar dabiskajiem vai kultivētajiem zālaugiem, bet stāvās nogāzes un sīki saposmoto reljefu — meži. Lai nodrošinātu to apgūšanu un rekreācijas pasākumus zinātniski pamatotu, Vidzemes Centrālajā augstienē ir izveidota Vestienas aizsargājamā dabas ainava 21 146 ha platībā, kurā iekļaujās izteiksmīgākās pauguraines un ezeru grupas.

Alūksnes augstiene atrodas Latvijas ziemeļaustrumu daļā. Tā ir neliela, bet ļoti pauguraina teritorija, kas rietumos robežojas ar Vidusgaujas ieplaku, austrumos — ar Austrumlatvijas rajonu grupu, bet dienvidos no tās atzarojas Gulbenes valnis, kas savieno Alūksnes un Vidzemes Centrālo augstieni. Augstienes pamatā atrodas pamatiežu pacēlums, kurš ziemeļdaļā sasniedz 169 m virs jūras līmeņa. Pamatiežu pacēlumu pārsedz bieza kvartāra nogulu sega, kas vietām sasniedz pat 100 m biezumu. Augstienes reljefs ir saposmota pauguraine. Augstākie pauguri veidoti no smilts un grants materiāla. Izplatīti ir kēmu pauguri, kurus sedz morēna vai bezakmens māla «cepure».

Visaugstāk paceltā ir augstienes ziemeļu daļa Veclaicenes apkārtnē, kur atrodas Alūksnes augstienes augstākās virsotnes Dēliņkalns (271 m) un Apukalns (235 m virs jūras līmeņa). Pauguriem raksturīgas stāvās nogāzes un lieli relatīvie augstumi. Atsevišķi pauguri ir 40... 60 m augsti. Pacelto Alūksnes augstienes

ziemeļdaļu no zemākās un mazāk saposmotās dienviddaļas atdala Vaidavas ieplakas smiltāju josla.

Alūksnes augstiene ir ūdensšķirtne starp Gaujas un Daugavas upju baseiniem. No augstienes ziemeļu un rietumu daļas ūdeņus savāc Gaujas pietekas Vaidava, Melnupe u. c., bet no austrumu daļas — Pededze ar savām pietekām. Upju ielejas ir samērā jaunas un vāji izveidotas, to dziļākie posmi veidojušies vietās, kur upes šķērso augstienes nogāzes. Alūksnes augstienē starppauguru ieplakās ir daudz nelielu ezeru. Tiem raksturīgi pārpurvoti krasti un dūņains dibens. Dūņu uzkrāšanos ezeros veicina stāvo pauguru nogāžu erozijas un denudācijas procesi, ko izraisa bagātīgais nokrišņu daudzums lietus un sniega veidā. Lielākie ezeri Alūksnes augstienē ir Indzeris un Alūksnes ezers, kuriem raksturīgi ličaini krasti un salas. Rajona ziemeļdaļā atrodas savstarpēji saistīto Kornešu—Peļļu garenstiepto ezeru virkne. Tie novietojušies subglaciālā iegultnē (vagā), kas ziemeļaustrumu daļā sadalās divos atzaros. Ezeriem raksturīgi lieli dziļumi (vairāk nekā 30 m) un stāvi, grūti pieejami krasti.

Zemju lauksaimnieciskā izmantošana Alūksnes augstienē lielā mērā ir atkarīga no reljefa. Kolhozā «Veclaicene», kas atrodas rajona vispaugurainākajā daļā, lauksaimnieciski izmantojamās zemes ir tikai 42% no kolhoza platības, turpretī kolhozos «Trapene», «Gaujiena», «Vireši» un «Umāra», kas atrodas viļņoto līdzenumu apvidū, ir vairāk nekā 60% izmantojamās zemes. Paugurainajos apvidos tīrumi ir nelieli, arī nogāžu slīpums apgrūtina tehnikas lietošanu zemes apstrādē un ražas novākšanā. Pašreiz veic pētījumus, kā racionāli variēt lauksaimniecisko ražošanu stipri artikulēta reljefa apstākļos.

Gulbenes valnis šaura, dienvidrietumu—ziemeļaustrumu virzienā orientēta pacēluma veidā savieno Alūksnes augstienes dienviddaļā esošo Zeltiņu pacēlumu ar Vidzemes Centrālo augstieni. Valni veido neregulāri izvietoti pauguri, to grupas un grēdas. Visizplatītākie Gulbenes valni ir morēnas un fluvioglaciālie kēmu pauguri. Starp pauguriem atrodas plašas pārpurvotas ieplakas, kurās parasti ir nelieli starppauguru ieplaku ezeri. Gulbenes valnis vietām ir ap 10 km plats, bet šaurākajā vietā — pie Gulbenes — tā platums ir tikai 5 kilometri. Visaugstākā ir vaļņa ziemeļdaļa starp Gulbeni un Beļavu. Beļavas pilskalna absolūtais augstums ir 178 m virs jūras līmeņa. Vaļņa dienviddaļa tikai nedaudz pārsniedz 150 m augstumu. Lēzeno pauguru virsas un plašās nogāzes, kurās ir labi noteces apstākļi, intensīvi izmanto lauksaimniecībā.

Sēlijas valnis ir izveidojies virs šaura pamatiežu virsas pazeminājuma starp Viduslatvijas nolaidenumu un Austrumlatvijas zemieni. Tā ziemeļdaļa atrodas Daugavas kreisajā krastā pie Pļaviņām, bet dienviddaļa sasniedz Neretas apkārtni. Vidusdaļā valnis ir tikai apmēram 8 km plats, bet ziemeļu un dienvidu daļās sasniedz 20 km platumu. Sēlijas vaļņa reljefu galvenokārt veido

kēmu pauguri, kuru relatīvie augstumi daudzās vietās sasniedz 30...40 m, bet vietām pat 50 metrus. Vaļņa ziemeļdaļā ir izplatīti limnokēmi, kurus veido smalkas smilts, mālainu vai puteklainu nogulu mija. Vaļņa dienviddaļā pārsvarā ir fluviokēmi ar kārtotu rupjas vai grantainas smilts materiālu un oļu starpkārtām. Vaļņa vidusdaļā pie Viesītes ir vairākas subglaciālās vagas, kurās atrodas ezeru virknes. Pārējā vaļņa daļā ezeri sastopami retāk. Sēlijas vaļņa lēzenāko un plašāko pauguru virsmas ir labi iekultivētas, bet ieplakās un stāvās nogāzēs atrodas purvi un meži.

### **Austrumlatvijas rajonu grupa**

So grupu veido astoņi geomorfoloģiskie rajoni. Labvēlīgi siltuma apstākļi veģetācijas periodā un dabiskie drenāžas apstākļi augstienēs un viļņotajos līdzenumos ir veicinājuši teritorijas intensīvu lauksaimniecisko izmantošanu jau senatnē. Pēdējos gados to labvēlīgi ietekmējuši plašie meliorācijas pasākumi Austrumlatvijas zemienē.

Lubāna līdzenuma reljefs veidojies virs labi izteikta pamatiežu virsas pazeminājuma, kura absolūtie augstumi pazeminājuma centrā (Lubāna ezera apkārtnē) ir tikai 80...85 m, bet līdzenuma perifērijā tie sasniedz līdz 100 m virs jūras līmeņa. Pamatiežus klāj plāna (vidēji 11 m) kvartāra nogulu sega. To veido pēdējā apledojuma morēna, kuru pārsedz limnoglaciālas izcelsmes smilts vai smilšmāls, bet Lubāna ezera apkārtnē — ezera nogulas. Rajona reljefs līdzens, tikai tā austrumdaļā sastopami zemi, lēzeni pauguri vai kāpu vaļņi.

Sakarā ar nelielo virsmas slīpumu stipri apgrūtināta notece, upju ielejas vāji izveidotas. Rajona ūdeņus drenē Aiviekste ar savām pietekām Rēzekni, Iču, Liedi, Kuju u. c., kā arī Pededze.

Lielu Lubāna līdzenumu daļu aizņem purvi. Kopš meliorācijas un kompleksās izmantošanas plāna realizācijas lielas zemes platības Lubāna ezera apkārtnē tiek pasargātas no applūšanas ūdenslīmeņa maksimuma periodos.

Lauksaimniecībā visintensīvāk izmanto rajona rietumu un ziemeļu daļu, kurā nedaudz labāki mitruma apstākļi.

Vidusdaugavas zemienē pamatiežu virsa ir vēl zemāka nekā Lubāna līdzenumā — tā atrodas tikai 50...90 m virs jūras līmeņa. Zemieni saposmo senu apraktu ieleju sistēma, kurās kvartāra nogulu biežums vietām pat pārsniedz 190 metrus. Visdziļāk iegrauztās apraktās ielejas konstatētas Daugavpils apkārtnē. Pārējā teritorijā kvartāriežu biežums ir neliels — apmēram 10 metru.

Rajona ziemeļu daļā ir lēzeni viļņots vai paugurains pamatmorēnas līdzenums, kurā izdalās atsevišķas osu virknes (gar Feimanakas upi un Varakļānu tuvumā). Vidusdaugavas zemienē iestiepjas arī Madonas—Trepes atšķelšanās valnis, kuru dienviddaļā šķērso Aiviekstes ieleja.

Zemienes centrālajā un dienvidu daļā viļņots reljefs mijas ar līdzenām teritorijām. Reljefu veido limnoglaciāls smilšmāls, māls un smilts, vietām arī pārskalota morēna. Ziemeļos no Daugavpils uz senās deltas virsas izveidojies kontinentālo kāpu masīvs.

Upju ielejas Vidusdaugavas zemienē ir vāji izteiktas, apmēram 5 m dziļas un dažus simtus metru platas. Vislabāk izveidotā ir Daugavas ieleja, kas šķērso zemienu tās dienvidu daļā. Ielejas dziļums ir mainīgs — no 5 līdz 20 m, platums vietām sasniedz pat 4 km (pie Ilūkstes ietekas un Jēkabpils), bet pārējā teritorijā nepārsniedz 2 kilometrus.

Vidusdaugavas zemienu drenē Daugavas baseina upes, no kurām lielākās ir Aiviekste, Nereta, Dubna, Ilūkste un Laucese.

Līdzenais reljefs apgrūtina noteci, tādēļ teritorijā daudz purvu, kas parasti aizņem ūdensšķirtnes. Sliktie noteces apstākļi apgrūtina arī zemes lauksaimniecisko izmantošanu. Vislabāk iekultivēta ir rajona ziemeļaustrumu daļa.

Ziemeļlatgales pacēlums atrodas Latvijas ziemeļaustrumu daļā. Tā pamatā ir vaļņveidīgs pamatiežu virsas pacēlums, kas savieno Alūksnes un Latgales augstienes. Reljefu veido lēzeni viļņots pamatmorēnas līdzenums, kura virskārtu vietām pārskalojuši ledāja kušanas ūdeņi. Kvartāra nogulu biežums nav liels — 5...10 m, vienīgi rajona rietumdaļā tās sasniedz 25 m biežumu.

Ziemeļlatgales pacēlumā sastopamas arī nelielas osu grēdas. Balvu apkārtnes reljefā labi izdalās ledāja kušanas ūdeņu gultne, pa kuru tek Balupe. Rajona dienviddaļā, Latgales augstienes tuvumā, reljefa uzbūve ir sarežģītāka. Tajā uz pārskalota viļņotā morēnas līdzenuma fona izdalās vairākas pauguru grēdas, piemēram, 55 m augstais Numernes atšķelšanās valnis, Naudaskalna pauguraine, Malnavas—Kārsavas un Stiglavas—Ranču grēdas. Paugurus veido kārtoti smilts un grants nogulumu. Latgales augstienes piekāpjē Ičas upes augšteces rajonā izplatīti pazemi akmeņaina smilšmāla pauguri, kurus atdala līdz 12 m dziļas ieplakas un pazeminājumi. Upes Ziemeļlatgales pacēlumā parasti izmanto jau esošos reljefa pazeminājumus. Tām raksturīgi neizstrādāti līdzsvara profili. Līdzenais reljefs veicina pārpurvošanās procesus, jo noteces apstākļi ir apgrūtināti. Lauksaimniecībā netiek pilnīgi izmantoti visi zemes resursi, lielu teritorijas daļu aizņem sekundārie meži, kas izveidojušies agrāk iekultivētās zemēs, un krūmāji. Visintensīvāk tiek izmantota Ziemeļlatgales pacēluma austrumu daļa.

Aknīstes pacēlums atrodas Austrumlatvijas rajonu grupas dienvidrietumu daļā. Pacēluma pamatā ir Lietuvas PSR teritorijā esošā Augštaitijas nolaidenuma ziemeļu mala.

Pacēluma virsmu veido viegli viļņots pamatmorēnas reljefs. Lielākajā rajona daļā kvartāra nogulas nepārsniedz 30 m biežumu; tikai Aknīstes apkārtnē, kur pamatiežu virsmā dziļi iegrauzto kvartāro ieleju sistēma ir aizpildīta ar ledus laikmeta nogulām, kvartāra nogulu biežums vietām pārsniedz 300 metrus. Rajona teritoriju šķērso vairākas lēzenas ledāja kušanas ūdeņu iegrauztas

vagas, kuru dziļums parasti nepārsniedz 5...10 metrus. Reljefā krasi izdalās taisnais Lielās Susējas ielejveida pazeminājums, kurš sakrīt ar subkvartārajā virsā iegrauzto ieleju. Relatīvā augstuma starpības sasniedz 20 m, nogāzes ir stāvas, ielejveida pazeminājuma reljefs ir dibenā neizlīdzināts, sīkpaugurains.

Aknīstes pacēlumā sākumu rod Daugavas pietekas Dviete, Eglaine un Mazā Susēja. Rietumdaļu drenē Lielā Susēja, kas pieskaitāma Lielupes baseinam. Daugavas un Lielupes ūdensšķirtnes rajonā izveidojušies vairāki sūnu purvi.

Lauksaimniecībā izmanto tās Aknīstes pacēluma daļas, kur augšne necieš no pārmērīga mitruma. Teritorijā ir daudz mežu.

Latgales augstiene atrodas Latvijas PSR dienvidaustrumu daļā. Tā ir visplašākā no Latvijas teritorijā esošajām augstienēm. Latgales augstienes pamatu veido 110...160 m augsts pamatiežu virsas vaļņveida pacēlums. Pamatiežus klāj vidēji 40...80 m biezas kvartāra nogulas, augstienes centrālajā daļā to biežums vietām pārsniedz 100 metrus. Pamatiežu virsu saposmo senas apraktas ielejas, kuru konfigurācija daļēji izpaužas arī tagadējā augstienes virsas reljefā.

Latgales augstienei raksturīgs dažādu formu un izmēru pauguru reljefs. Augstienes augstākajā daļā, kas atrodas Rāznas ezera dienvidu un austrumu pusē, dominē plaši kēmu pauguri, kuru citu no cita atdala šauras, dziļas starppauguru ieplakas. Lielpauguru apvidū ir sastopami gan 20...30 m augsti pauguri ar plakanām virsām, gan apaļu pauguru grupas ar stāvām nogāzēm, kuru relatīvais augstums pārsniedz 50 metrus. Augstākās virsotnes ir Lielais Liepukalns (289 m virs jūras līmeņa), Mazais Liepukalns (266 m) un Mākoņkalns (248 m). Augstienes nomalēs dominē zemi, nelieli pauguri, kuri pāriet lēzeni viļņotos apvidos. Augstieni šķērso vairākas dziļas meridionālā virzienā orientētas subglaciālās vagas, kuras reizēm sakrīt ar dziļajām kvartārajām ielejām, kas iegrauztas pamatiežos. Latgales augstienes upes parasti tek pa starppauguru ieplakām vai subglaciālajām vagām. To ielejas nav dziļas. Lielāku dziļumu tās sasniedz, šķērsojot augstienes nogāzes. Dienvidu daļā Latgales augstieni norobežo Daugavas ieleja, kuras platums šajā posmā ir 2,5...4 km, bet dziļums — apmēram 40 metri. Ielejas erodētajās nogāzēs vietām atsedzas pamatieži. Augstiene ir Daugavas un Veļikajas upju baseinu ūdensšķirtne.

Lielākās Daugavas baseina upes, kuru augšteces atrodas augstienē, ir Rosīca, Indra, Dubna, Feimanka, Malta, Rēzekne un Iča. Veļikajas baseinam pieskaitāmas Ludza, Zilupe un Rītupe.

Lielais nokrišņu daudzums un saposmotais reljefs ir veicinājuši ezeru izveidošanos. Latgales augstiene ir ar ezeriem visbagātākā teritorija Latvijā — vidēji uz katriem 10 km<sup>2</sup> atrodams viens ezers. Lielākais ezers Latgales augstienē ir Rāznas ezers (53,5 km<sup>2</sup>). Tās atrodas lēzenā pazeminājumā starp pauguru grupām, lielākais dziļums ezerā ir tikai 17 metri. Latgales augstienē atrodas

dziļākais ezers Baltijas republikās — Dridža ezers, kura platība ir tikai 7,5 km<sup>2</sup>, bet dziļums — 65 metri. Dridža ezers ir pieskaitāms subglaciālo iegultņu ezeriem, kādu augstienē ir samērā daudz. Starppauguru ieplaku ezeru formas un krastu līnijas ir ļoti daudzveidīgas. Bagāts ar salām (vairāk nekā 60) un ļoti izločītu krasta līniju ir Ežezers (platība 10,1 km<sup>2</sup>), kura apkārtnē ar pauguraino reljefu pieskaitīta pie republikas aizsargājamām dabas ainavām, bet salas, kurās ir liela augu valsts dažādība, noteiktas par botāniskajiem liegumiem.

Latgales augstienē nav plašu purvu masīvu, bet starppauguru ieplakās dominē nelieli zāļu purvi.

Lauksaimniecībā visintensīvāk izmanto augstienes ziemeļu un austrumu daļu, kuru pārsvarā veido lēzenas vidējpauguraines vai sīkpauguraines. Pārējā augstienes daļā pārpurvotas ieplakas mijas ar labi iekultivētu pauguru mugurām un lēzenām, plašām nogāzēm. Stāvās nogāzes un kupolveida pauguru virsu parasti klāj meži.

Intensīva un ilgstoša pauguru uzaršana izraisījusi aktīvus augšņu denudācijas procesus. Sevišķi spilgti tie izpaužas pauguru nogāzēs, kuras veido irdeni cilmieži. Latgales augstienes pauguru nogāžu reljefs tāpēc bieži vien ir sekundārs veidojums, jo rodas saliktas, it kā terasētas nogāzes, kuras šķērso pat 2,5...3 m augstas noaru kāples.

Augšzemes augstiene atrodas Latvijas dienvidaustrumu daļā. Ziemeļdaļā no Latgales augstienes un Lubāna—Vidusdaugavas zemienes to norobežo Daugavas ieleja, bet rietumos labi izteiktas nogāzes atdala to no Aknīstes pacēluma. Augšzemes augstiene ir Lietuvas PSR teritorijā esošās Augštaitijas augstienes turpinājums ziemeļos. Augstienes pamatā atrodas samērā līdzens pamatiežu pacēlums, kura virsas augstums sasniedz 100...110 m virs jūras līmeņa. Augstienes reljefs ir paugurains, tajā dominē neregulāras formas sīkpauguri un vidējpauguri, starp kuriem atrodas nelielas starppauguru ieplakas.

Lielāko pauguru relatīvais augstums nepārsniedz 20 metrus. Augstākā virsotne ir Egļu kalns (220 m virs jūras līmeņa), kas atrodas Sventes ezera ziemeļrietumu krastā. Augšzemes augstienē dominē akumulatīvi ledāja kušanas ūdeņu veidoti pauguri, kas pārsvarā sastāv no smalkgraudainas smilts. Paugurus bieži klāj morēnas smilšmāla vai mālsmilts sega.

Augšzemes augstienes lielākā upju daļa ir pieskaitāma Daugavas baseinam. To ielejas parasti iegrauzušās plašajos ielejveida pazeminājumos vai subglaciālajās vagās. Lauceses upes ielejveida ieplaka Daugavas tuvumā sasniedz apmēram 2 km platumu. Augstienē daudz ezeru. Lauceses upe ar pieteku Kumpotu drenē 22 ezeru ūdeņus. Vislielākie šajā ģeomorfoloģiskajā rajonā ir Sventes (7,4 km<sup>2</sup>), Meduma (2,6 km<sup>2</sup>) un Riča (12,9 km<sup>2</sup>) ezeri, kuri kopā ar apkārtējām teritorijām iedalīti Latvijas PSR aizsargājamo dabas objektu skaitā.

Lauksaimniecībā izmantoto zemju īpatsvars ir lielāks rajona rietumu daļā un vidusdaļā. Lielas platības aizņem meži.

Polockas zemiens daļa. Polockas zemiene atrodas Baltkrievijas PSR, un tikai neliela tās daļa iestiepjas Latvijas PSR teritorijā. Tā atrodas pašā Latvijas dienvidaustrumu daļā. Reljefu veido viļņots limnoglaciāls līdzenums. Mālsmilts, smilšmāla un māla kārtas biežums virs pamatiežiem nepārsniedz 10...25 metrus. Teritoriju saposmo ieleju sistēmas. Dienviddaļā gar Latvijas PSR robežu stiepjas Daugava, kura plūst pa ledāja kušanas ūdeņu veidotu ieleju (tās platums nepārsniedz 1 km). Zemiene šķērso arī Daugavas pietekas Rosīca un Indra. Zemiene tiek intensīvi izmantota lauksaimniecībā.

Veļikajas zemiens lielākā daļa atrodas KPFSR Pleskavas apgabalā, bet Latvijas teritorijā iestiepjas tikai tās austrumu daļa. Kvartāra nogulu biežums šajā daļā nepārsniedz 20 metrus. Dominejošie ieži ir pārskalots morēnas smilšmāls, ko vietām pārklāj bezakmens māli. Zemiens reljefs pārsvarā ir līdzens, tikai vietām sastopamas osu grēdas vai atsevišķi plakani pauguri.

Lielākās upes, kas šķērso Veļikajas zemiens Latvijas daļu, ir Ludza un Zilupe. Tām raksturīgas plašas, pārpurvotas ielejas. Lauksaimniecībā vairāk izmanto zemiens ziemeļu daļu, jo dienvidu daļu aizņem galvenokārt meži un purvi.

## Reljefa pētījumi lauksaimniecības vajadzībām

### 6. 1. LIETIŠĶO RELJEFA PĒTĪJUMU SATURS UN NOZĪME

Līdztekus vispārējai ģeomorfoloģijai strauji attīstās arī *lietišķās ģeomorfoloģijas* pētījumi, kuru uzdevums ir sniegt praktisku reljefa raksturojumu dažādu cilvēka darbības nozaru vajadzībām. Šajā gadījumā par pētījumu objektu kļūst nevis pats reljefs, bet tā *ietekme* uz konkrēto cilvēka darbības izpausmi (piemēram, lauksaimniecisko ražošanu, ceļu būvi u. tml.).

Visbiežāk lietišķie ģeomorfoloģiskie pētījumi nepieciešami projektēšanai un plānošanai. Katras nozares specifika un uzdevumi vai pat konkrētā projekta uzdevumi nosaka reljefa pētījumu metodes un detalizācijas pakāpi. Tomēr kopīgā lietišķo ģeomorfoloģisko pētījumu iezīme ir tāda, ka reljefa raksturojumam tiek izmantotas galvenokārt morfometriskās, retāk — morfogrāfiskās un ģenētiskās pazīmes. Turklāt no pēdējām lielāka nozīme un plašāks pielietojums ir formu veidojošo nogulumu ģenētiskajam raksturojumam. Šāda pazīmju atlase ir pilnīgi pamatota, jo reljefa formas ar saviem izmēriem, ārējās uzbūves īpatnībām un nogulumu sastāvu veido to fizisko Zemes virsmu, uz kuras notiek cilvēka dzīve un daudzveidīgā darbība.

Padomju Savienībā sevišķi plaši attīstījušies lietišķie ģeomorfoloģiskie pētījumi, kas nepieciešami derīgo izrakteņu meklēšanai un to atradņu izpētei, kā arī visdažādāko celtniecības darbu pamatošanai un konkrētu objektu projektu izstrādāšanai. Reljefa pētījumi lauksaimnieciskās ražošanas vajadzībām saistās galvenokārt ar augsnes erozijas procesu likumsakarību un izplatības skaidrošanu, pēdējā laikā arī ar lauksaimniecības zemju tipoloģizāciju un kvalitatīvo vērtēšanu, ar lauksaimnieciskās ražošanas intensifikācijas, specializācijas un zemju resursu racionālas izmantošanas problēmām. Šāda pētījumu satura paplašināšanās novērojama arī Latvijā.

Jāatzīmē, ka lietišķiem reljefa pētījumiem lauksaimniecības vajadzībām ir laba teorētiskā un metodiskā bāze — ievērojamo krievu zinātnieku augsnes pētnieku un ekologu G. Visocka, S. Zaharova, N. Sibirceva un L. Ramenska darbi.

Reljefa pētījumiem lauksaimniecības vajadzībām ir liela praktiska nozīme. Uz to pamata risina daudzus lauksaimniecības plā-

nošanas un zemes ierīcības jautājumus, tos izmanto augšņu kartēšanā, meliorācijas projektēšanā, dabas aizsardzības un agroainavas veidošanā. Bez šaubām, lauksaimnieciskās ražošanas dabiskos priekšnoteikumus veido ne tikai reljefs, bet arī klimatiskie apstākļi, pazemes un virszemes ūdeņi, augsnes, augu sega un citi faktori. Tomēr reljefam šo faktoru vidū ir īpaša nozīme, jo tas veido teritoriālo bāzi lauksaimnieciskajai ražošanai, nosaka galvenās lauksaimniecības zemju īpašības un dažādas kvalitātes zemju izplatību, kā arī izvietojumu katrā konkrētā apvidū.

Reljefs ir stabils un grūti izmaināms faktors. Turklāt pastāv cieša sakarība starp reljefu un pārējo dabas faktoru kompleksu: izmainoties reljefam, mainās arī citi dabas apstākļi. Šis likumsakarības dēļ reljefu uzskata par *netiešu ekoloģisko faktoru*.

Reljefs arī nosaka katras teritorijas tehnoloģiskās īpašības, tās izmantošanas grūtības pakāpi. Sajā gadījumā reljefa ietekme ir tieša un atkarīga no reljefa morfometriskām un morfogrāfiskām īpašībām. Tādēļ reljefu uzskata par *tiešu tehnoloģisko faktoru*.

Reljefs nosaka jebkuras vietas izskatu, kopīgo ainavas raksturu, tāpēc tas vērtējams kā teritorijas *fizionomiska pazīme*, kas viegli uztverama vizuāli gan dabā, tieši novērojot reljefu, gan arī uz aerofotouzņēmumiem un topogrāfiskajām kartēm. Ja ir zināmas likumsakarības, kā atbilstoši reljefa elementiem un formām mainās pārējie dabas apstākļi, reljefa pētījumi sniedz informāciju arī par tiem dabas apstākļiem, kas tieši netiek novēroti un pētīti. Tātad reljefu var izmantot arī kā spēcīgu *indikatoru*, it īpaši saposmota reljefa apstākļos.

Lietišķos reljefa pētījumos sevišķi svarīgi ir ievērot atšķirīgos pētījumu līmeņus: topoloģisko, vietējo (lokālo) un reģionālo (sk. 3.1.1. nodaļu). Katrs no līmeņiem atspoguļo savas likumsakarības reljefa uzbūvē, tiem raksturīgi savi noteikti pētījumu mērogi un metodes. Šie līmeņi nosaka arī pētījumu praktiskā lietojuma robežas. Tāpēc katrā konkrētā gadījumā reljefa pētījumu efektivitāte, to turpmākās izmantošanas iespējas un apjoms ir atkarīgi no tā, cik pareizi novērtēts skaidrojamo parādību līmenis, izvēlēts pētījumu mērogs, kā arī raksturojamās reljefa pazīmes un rādītāji.

Topoloģiskā līmeņa reljefa pētījumiem galvenā nozīme ir augsnes kartogrāfijā, meliorācijas projektēšanā, tie nepieciešami lauksaimniecības mašīnu darba analīzei lauku robežās. Vietējā līmeņa reljefa pētījumi nepieciešami zemes ierīcības projektēšanai, lauksaimniecības zemju tipoloģizācijai, agroainavu veidošanas un dabas aizsardzības pasākumu pamatošanai un plānošanai. Reģionālā līmeņa pētījumus visplašāk izmanto rajonālās vai teritoriālās plānošanas darbos.

Latvijas PSR ir izstrādātas reljefa, it sevišķi paugurainā reljefa, lietišķo pētījumu metodes, kas piemērotas atšķirīgiem pētījumu līmeņiem. Turpmāk tās ir jāpilnveido un plašāk jāizmanto, lai tādējādi paaugstinātu daudzu projektēšanas darbu kvalitāti un dabaszinātnisko pamatojumu.

## 6. 2. RELJEFS KĀ LAUKSAIMNIECISKĀS RAŽOŠANAS FAKTORS

Reljefam kā lauksaimnieciskās ražošanas faktoram ir divējāda ietekme: no vienas puses, tas ar formu virsmas īpašībām (slīpums, nogāžu garums un saposmotība) tieši ietekmē lauksaimniecības mašīnu darbu, dažādu mašīnu lietošanas iespējas vispār, kā arī teritorijas apgūšanas iespējas un tehniskos risinājumus; no otras puses, reljefs spēcīgi ietekmē lauksaimniecisko ražošanu netieši — tas pārdala uz Zemes virsmas siltumu un mitrumu, kā arī nosaka dažādu dabas procesu attīstību. Tādējādi reljefs nosaka galvenās lauksaimniecības zemju ekoloģiskās īpašības, turklāt ne tikai atsevišķu ekoloģisko faktoru kvalitatīvās un kvantitatīvās izmaiņas vai dažādu procesu izpausmes pakāpi, bet arī to teritoriālo izvietojumu.

Lai iegūtu priekšstatu par to, kādas ir reljefa īpašības un kādā veidā tās nosaka reljefa daudzpusīgo ietekmi uz lauksaimniecisko ražošanu, nepieciešams noskaidrot šādus jautājumus:

- 1) kāda nozīme ir Zemes virsmas nogulumu sastāvam lauksaimniecības zemju ekoloģisko un tehnoloģisko īpašību veidošanā;
- 2) kā izpaužas reljefa pārdalītāja darbība, kas to nosaka, un kādas reljefa pazīmes to var vispilnīgāk atspoguļot;
- 3) kādas īpašības reljefu raksturo kā tehnoloģisko faktoru;
- 4) kā veidojas ekoloģiski viendabīgas un saliktas teritoriālās vienības, un kā tās ietekmē lauksaimniecisko ražošanu.

### 6. 2. 1. NOGULUMU SASTĀVA EKOĻOĢISKĀ UN TEHNOĻOĢISKĀ NOZĪME

Raksturojot Zemes virskārtas nogulumus kā augšņu cilmiežus, augsnes zinātnē tiek uzsvērtā to ģenēze un mehāniskais sastāvs, un katra no šīm pazīmēm ir pamats atsevišķai nogulumu klasifikācijai. Vēl plašāka nozīme un lielākas ekoloģiskās interpretācijas iespējas ir citādei nogulumu klasifikācijai, kuru Latvijas PSR jau ilgstoši izmanto ģeogrāfisko kompleksu izpētē (K. Ramans, A. Krauklis). Šī klasifikācija balstās uz nogulumu litoloģisko sastāvu, kas ietver divas pazīmes: 1) nogulumu bagātību ar augu barības vielām jeb to trofiskuma pakāpi; 2) nogulumu mehānisko sastāvu un galvenās fizikālās īpašības.

Izdalītie nogulumu litoloģiskie tipi ir cieši saistīti ar nogulumu ģenētiskajiem tiem, tomēr atbilstība nav tieša, piemēram, viena litoloģiskā tipa nogulumu var atbilst vienam vai arī vairākiem ģenētiskiem tiem.

Izdalīti septiņi nogulumu tipi:

- 1) irdena, parasti vidējgraudaina smilts bez karbonātiem, ūdens caurlaidīga, ļoti sausa; ģenēze — fluvioglaciāla, marīna, aluviāla, eola;
- 2) saistīga, parasti smalkgraudaina smilts bez karbonātiem, bet ar ievērojamu putekļu piejaukumu, nabadzīga; ģenēze — limnoglaciāla, fluvioglaciāla, lagūnu;

3) grants, satur karbonātus, bagāta, bet ļoti ūdenscaurlaidīga; ģenēze — fluvioglaciāla;

4) bezakmens māli un smilšmāli, blīvi nogulumu ar vāju ūdenscaurlaidību, vidēji bagāti; ģenēze — limnoglaciāla, lagūnu, pārskaloti segmāli;

5) bezakmens māli un smilšmāli, satur karbonātus, blīvi nogulumu ar vāju ūdenscaurlaidību, ļoti bagāti; ģenēze — limnoglaciāla, lagūnu;

6) akmeņaini morēnu smilšmāli un mālsmilts, nogulumu ūdenscaurlaidība kopumā labāka nekā iepriekšējām divām grupām, bagāti;

7) akmeņaini morēnu smilšmāli un mālsmilts, satur karbonātus, ļoti bagāti.

Karbonātu klātbūtne ir viena no nozīmīgākajām nogulumu īpašībām, kas nosaka augsnes potenciālo auglību. Plašāki karbonātus saturošu nogulumu areāli sastopami galvenokārt līdzenumu un viļņotu līdzenumu rajonos, bet paugurainēs, kur arī kopumā ir ļoti «raibs» zemes virsas nogulumu sastāvs, to parasti nav daudz. Pētījumi ir pierādījuši, ka karbonātus saturošie nogulumu ietekmē augšanas apstākļus arī tad, ja tie neatrodas zemes virskārtā, bet ir pārklāti ar tādu nogulumu segu, kuros nav karbonātu. Šāda slēpta ietekme novērojama tad, ja karbonāti neatrodas dziļāk kā 1,5 metrus. Paugurainā reljefā novērojama arī vēl cita karbonātu ietekme, ko nosaka nogāžu procesi: ja nogāzē atrodas kaut vai neliels karbonātisko nogulumu plankums, tas uzlabo augšņu īpašības pa nogāzi uz leju.

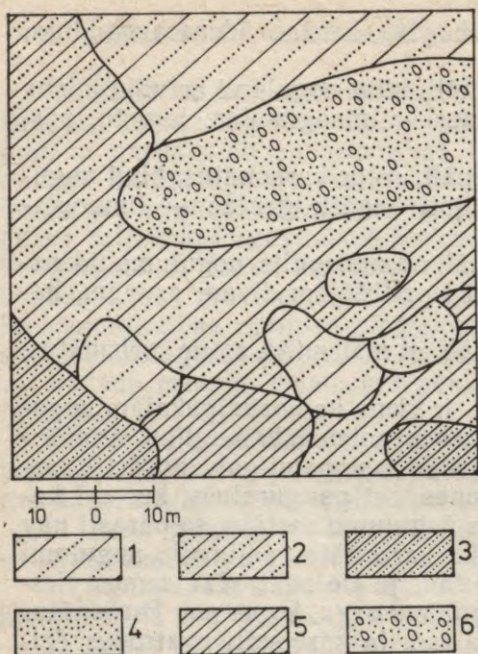
Ievērojot dažāda tipa nogulumu atšķirīgo ietekmi uz augšņu potenciālo auglību, liela uzmanība veltāma to izplatības raksturojumam. Latvijas PSR dabas rajoni šajā ziņā ir atšķirīgi. Līdzenumos viena tipa nogulumu veido plašākus areālus, to mainība cieši saistīta ar reljefa ģenētiskajiem tipiem. Pauguraines savukārt izceļas ar lielu nogulumu daudzveidību un sikkontūrainību jeb «raibumu», un pat atsevišķu reljefa formu robežās bieži var novērot visus nogulumu tipus. Tā ir pati raksturīgākā nogulumu segas īpašība pauguraiņu reljefā, kas iegūst patstāvīga faktora nozīmi, jo dažāda tipa nogulumu sikkontūrainība nosaka arī citu ekoloģisko faktoru kontrastainas izmaiņas nelielās platībās.

Priekšstatu par nogulumu izplatību sniedz liela mēroga augšņu kartēšanas darbi, kas tiek veikti Latvijas PSR. Šie materiāli

5. tabula

Platoveida paugura virskārtas nogulumu sastāvs un izplatība  
(procentos no platības)

Paugura daļas	Nogulumu mehāniskais sastāvs			
	smilts	mālsmilts	smilšmāls	māls
Nogāze	34	12	21	33
Virsozne	15	11	12	62



117. att. Nogulumu sastāva reālais mainīgums uz paugura nogāzes (piemērs):

1 — līdz 30 cm bieža smilts kārtā virs morēnas smilšmāla, 2 — 30...90 cm bieža smilts kārtā, 3 — 90...150 cm bieža smilts kārtā, 4 — smilts, 5 — karbonātus saturošs morēnas smilšmāls, 6 — grants.

ietekmē augsnes erozijas procesus. Smilts augsnes raksturo laba atdalāmība, bet slikta transportējamība, mālainas augsnes — slikta atdalāmība, laba transportējamība.

Mehāniskais sastāvs ievērojami ietekmē augsnes siltuma un mitruma režīmu. Smagās, mālainās augsnes parasti ir vēsākas, tās labāk saglabā mitrumu, tā izmaiņas sezonas laikā ir vienmērīgas. Vieglās augsnes ir ievērojami siltākas, tās ātri izžūst, un mitruma deficīts tajās bieži novērojams jau maijā.

Nogulumu sastāvs nosaka arī vairākas lauksaimniecības zemju tehnoloģiskās īpašības, piemēram, augsnes akmeņainību, gatavību sējai un pretestību mašīnu darbām. Nogulumu mainība apstrādājamo platību robežās raksturo arī šo īpašību mainību.

Dažāda līmeņa pētījumos nogulumu sastāva raksturošanas iespējas ir atšķirīgas, tāpēc jāizmanto arī atšķirīgas metodes. Topoloģiskajā līmenī ir iespējams parādīt patieso noguluma sastāva mainību, izdalot viendabīgas kontūras. Lokālajā līmenī izmantojams cits paņēmieni — nogulumu teritoriālo sakopojumu

izmantoti, raksturojot nogulumus viena platoveida paugura (platība 386 ha) robežās (5. tabula). Paugura virsotne un nogāzes atšķiras arī ar nogulumu kontūru vidējām lielumiem: nogāzēs I ha, virsotnē — 4 hektāri.

Detalizēti pētījumi uz paugura nogāzes parāda vēl lielāku nogulumu raibumu (117. att.).

Tomēr nogulumu segas raibumā novērojamas arī noteiktas likumsakarības. Elementārie un grupu pauguri parasti litoloģiskā sastāva ziņā ir daudz viendabīgāki par platoveida pauguriem un pauguru masīviem.

Nogulumu mehāniskā sastāva precīzam raksturojumam ir liela nozīme dažādu dabas procesu, it sevišķi augsnes erozijas pētījumos, kā arī augsnes mikroklimata pētījumos. Mehāniskais sastāvs nosaka tādas augsnes īpašības kā atdalāmība un transportējamība, kas būtiski

raksturošana un attēlošana kartēs (šie sakopojumi saistās ar reljefa formām). Reģionālā līmenī nepieciešamo informāciju par nogulumu sastāvu sniedz reljefa vai nogulumu ģenētiskie tipi.

## 6. 2. 2. RELJEFA NOZĪME EKOĻĪSKO FAKTORU PĀRDALĪŠANĀ

Augu augšanas apstākļu mainīgums teritorijā visspilgtāk parādās saposmota reljefa apstākļos, arī mūsu republikas ledāja akumulācijas paugurainēs. Šī parādība pašreiz jau ir pietiekami labi izpētīta, taču praktisku lauksaimniecības ražošanas jautājumu risināšanā tā bieži paliek neievērota.

Latvijas PSR paugurains reljefs aizņem 47% no teritorijas. Atsevišķos administratīvajos rajonos (piemēram, Cēsu, Alūksnes, Krāslavas, Rēzeknes u. c.) paugurainais reljefs dominē un nosaka lauksaimnieciskās ražošanas apstākļus. Tāpēc nepieciešams zināt likumsakarības, kas nosaka ekoloģisko apstākļu mainīgumu paugurainā reljefā. Tas dod iespēju izmantot lauksaimniecības zemes atbilstoši to ekoloģiskajam potenciālam, kā arī prasmīgi plānot ekoloģisko apstākļu uzlabošanu vai zemju meliorāciju plašā nozīmē. Sevišķi uzmanīgi jāanalizē reljefa radītais ekoloģisko apstākļu mainīgums, plānojot lauksaimniecības zemju masivizāciju.

Reljefa ietekmē mainās lauksaimniecības zemju siltuma un mitruma resursi un režīmi. Šīs likumsakarības parāda mikroklimata pētījumi, ko Latvijas paugurainēs kopš sešdesmitajiem gadiem veic P. Stučkas LVU Ģeogrāfijas fakultāte. Šo pētījumu dati apkopoti N. Temņikovas un A. Kalniņas darbos. Plašas mikroklimatisko rādītāju mainīguma likumsakarības apkopojusi E. Romanova.

Reljefa tiešā ietekmē mainās arī augšņu agroķīmiskās īpašības. Šīs likumsakarības skaidrojuši K. Ramans, R. Āva un R. Stalbovs savos pētījumos mūsu republikas paugurainēs.

**Mikroklimata** pētījumos galvenā uzmanība tiek veltīta atsevišķu rādītāju izmaiņām pauguru nogāzēs — no virsotnes līdz pakājei un blakus esošai ieplakai, kā arī uz dažādas ekspozīcijas (galvenokārt dienvidu un ziemeļu) nogāzēm. Tātad šie pētījumi raksturo mikroklimata apstākļu izmaiņas ne tikai vienas reljefa formas robežās, bet arī parāda divu blakus esošo reljefa formu — pauguru un ieplaku — atšķirības.

Tālāk sniegts īss pārskats par saposmotā reljefa mikroklimata galvenajām iezīmēm, kas atspoguļotas iepriekš minēto autoru darbos.

Paugurainēs reljefs pārdala tiešās Saules radiācijas daudzumu. Mērījumi Latvijas paugurainēs parāda, ka periodā, kad diennakts vidējā temperatūra ir virs 10°, paugura virsotne saņem 27 kcal/cm<sup>2</sup>, 10° stāva dienvidu nogāze saņem 28,3, bet ziemeļu nogāze tikai 24,1 kcal/cm<sup>2</sup>; 20° stāvās nogāzēs šie skaitļi ir atbilstoši 29,5 un 20,9. Saprotais, ka šīs atšķirības tieši ietekmē augsnes siltuma režīmu.

Būtiski atšķirīgs paugurainēs ir nokrišņu sadalījums — gan ar sniegu, gan lietu saņemtais ūdens daudzums. Ir konstatētas šādas sniega segas biezuma izmaiņas: uz virsotnes — 20 cm, pa nogāzi uz leju sniega kārtas biezums pieaug un sasniedz lejasdaļā 45...56 cm, bet starppauguru ieplakās vēl lielāku biezumu. Sniega segas sadalījumā liela nozīme ir vējam. Pretvēja nogāzēs sniega sega ir plānāka nekā aizvēja nogāzēs. Bieži ziemās ir novērojamas kailas pauguru virsotnes, kas pakļautas vēja erodējošai darbībai. Arī lietus daudzums, kas nonāk uz pauguru nogāzēm, ir atkarīgs no vēja. Uz pretvēja nogāzēm tā daudzums ir lielāks nekā aizvēja nogāzēs.

Reljefs tieši nosaka uz nogāzēm nonākušā mitruma sadalījumu, t. i., samitrinājumu gan vienas reljefa formas robežās, gan arī starp blakus esošām reljefa formām. Samitrinājumu ietekmē sniega segas kušanas gaita un tās radītais mitruma krājums augsnē. Dienvidu nogāzēs sniegs kūst straujāk, kušanas ūdeņi ātrāk aizplūst un mazāk iesūcas augsnē nekā ziemeļu nogāzēs.

Liela nozīme lietus ūdens pārdalīšanā ir nogāžu notecei. Šo procesu ietekmē kā nogāzes forma, tā arī augsnes īpašības, taču kopumā virsotnes un nogāžu augšējās daļas salīdzinājumā ar atklātu līdzenu vietu saņem par 10% mazāk, bet pakājes — par 40...50% vairāk nokrišņu ūdens. Visizteiktākā nokrišņu ūdens uzkrāšanās vērojama starppauguru ieplakās. Uz saposmotām, saliktām nogāzēm veidojas kontrastainas un sīkkontūrainas samitrinājuma maiņas (sausī izliektie un pārmitri ieliektie reljefa elementi).

Minētais samitrinājuma pārdalījums ietekmē augsnes produktīvā mitruma krājumus un to dinamiku, it sevišķi vasaras periodā. To apstiprina R. Āvas pētījumi Latvijas paugurainēs: pauguru virsotnēs produktīvā mitruma krājumi vasaras sākumā ir ievērojami mazāki nekā uz nogāzēm, tie samērā ātri samazinās, un vasaras vidū rodas mitruma deficīts. Vieglās augsnes mitruma deficīta periods var būt ilgstošs — visu jūniju un jūliju.

Paugurainā reljefā ievērojami izmainās vēja ātrums. Priekšstatu par šīm izmaiņām Latvijas teritorijā sniedz gada vidējie vēja ātrumi: līdzenā, atklātā vietā vēja vidējais ātrums ir 3,8 m, pauguru virsotnēs — 4,5 m, bet Baltijas jūras piekrastē — 5,7 m sekundē. Tātad ne tikai jūras piekrastē, bet arī pauguru virsotnēs vējam ir erodējošs spēks, un ar to jāreķinās kā ar augsnes erozijas faktoru.

Palielināts vēja ātrums veicina arī augsnes izžūšanu un tieši ietekmē augu augšanu. Vēja ātruma izmaiņas parasti raksturo ar koeficientu, kas parāda ātruma palielināšanos vai samazināšanos salīdzinājumā ar līdzenu atklātu vietu. Šādi koeficienti ir sniegti E. Romanovas darbā, un daļa no tiem apkopoti 6. tabulā.

Paugurains reljefs rada arī savu īpatnēju gaisa temperatūras sadalījumu. Ir konstatēts, ka vasaras mēnešu (jūnijs,

Vēja ātruma izmaiņu koeficienti saposmotā reljefā 2 m augstu no zemes  
salīdzinājumā ar līdzenu atklātu vietu  
(pēc E. Romanovas)\*

Novietojums reljefā	Vēja ātrums atklātā līdzenā vietā	
	3...5 m/s	6...20 m/s
Līdzena atklātā vieta	1	1
<b>Atklāti paaugstinājumi (pauguri)</b>		
Virsošnes:		
augstākas nekā 50 m	1,4...1,5 (1,6...1,8)	1,2...1,3 (1,4...1,5)
zemākas nekā 50 m	1,3...1,4 (1,6...1,7)	1,1...1,2 (1,3...1,4)
Pretvēja nogāzes, slīpums 3...10°:		
augšdaļa	1,2...1,3 (1,4...1,6)	1,1...1,2 (1,3...1,5)
lejasdaļa	1,0 (0,8...0,9)	0,9...1,0 (1,0)
Aizvēja nogāzes, slīpums 3...10°:		
augšdaļa	0,8...0,9 (0,8...0,9)	0,7...0,8 (0,7...0,8)
lejasdaļa	0,7...0,8 (0,8...0,9)	0,7...0,8 (0,8...0,9)
<b>Ieliektās reljefa formas (ielejas, ieplakas, gravas)</b>		
Nogāžu pakājes un ieleju vai gravu di- beni: vēju caurpūsti noslēgti	1,1...1,2 (1,3...1,5) 0,6 un mazāk	1,2...1,3 (1,4...1,5) 0,6 un mazāk

\* Pirmie skaitļi rāda vēja ātruma izmaiņu koeficientus nenoturīgas, bet iekavās dotie skaitļi — noturīgas atmosfēras stratifikācijās apstākļos.

jūlijs, augusts) diennakts vidējo temperatūru summa 10 cm augstumā no aktīvās virsas pauguru virsotnē sasniedz 520°, bet mitrā ieplakā — tikai 390°C. Ļoti raksturīga parādība paugurainā reljefā ir aukstā, atdzisušā gaisa uzkrāšanās ieplakās, tā saukto aukstuma ezeru veidošanās. Ieplakas pašas par sevi ir vēsākas, tās arī ātrāk atdziest. Turklāt tajās zemes smaguma spēka ietekmē no apkārtējām nogāzēm pieplūst atdzisušais gaiss. Šī procesa tiešās sekas ir izteikti gaisa temperatūras kontrasti, tātad arī salnu iespējamība un bezsala perioda ilgums.

Pētījumi Latvijas paugurainēs pierāda, ka bezsala perioda ilgums starppauguru ieplakās ir par 1...2 mēnešiem īsāks nekā uz blakus esošo pauguru virsotnēm. Pēdējās salnas ieplakās novērojamas vēl jūnija beigās un jūlija sākumā, bet uz pauguru virsotnēm — līdz maija sākumam vai otrajai pusei. Pirmās rudens salnas ieplakās novērojamas agrāk. Minimālo temperatūru starpība starp paugura virsotni un ieplaku atsevišķās naktīs var sasniegt 6°...8°, pat 12°C. Ir konstatēta arī zināma sakarība

starp bezsala perioda ilgumu un aukstā gaisa noplūšanas baseina platību, ko veido apkārtējās nogāzes. Jo šis baseins lielāks, jo īsāks ir bezsala periods.

Augsnes temperatūra paugurainēs ir stipri mainīga kā diennaktī, tā arī sezonā. Tomēr ilggadīgā vidējā augsnē temperatūra 20 cm dziļumā uz pauguru virsotnēm vasaras mēnešos ir par 1,1...1,5° augstāka nekā iepakā, bet dienvidu nogāzēs — par 0,1...2,1° (melnā papuvē) un 1,2...2,3°C (zālājā) augstāka nekā ziemeļu nogāzē. Augsnes uz pauguru virsotnēm, kā arī dienvidu ekspozīcijas nogāzēm var uzskatīt par siltām, iepakās — par aukstām.

Balstoties uz mikroklimatisko rādītāju izmaiņu likumsakarībām, var izdalīt viendabīgus mikroklimata areālus un sastādīt to izplatības kartes plašākām teritorijām.

Mikroklimata karšu sastādīšanas metodiku, kas balstās uz reljefu kā indikatorfaktoru, izstrādājusi E. Romanova. Teritorijas (piemēram, kolhoza) mikroklimats tiek analizēts uz reljefa morfo-metriskās un morfogrāfiskās kartes pamata. Tāds paņēmieni dod iespēju samērā ātri izgatavot mikroklimata kartes plašākiem apvidiem.

K. Kaušila izmanto citu metodi mikroklimata atšķirību raksturošanai atsevišķa kolhoza teritorijā. Viņš mikroklimata areālus izdala pēc darbīgās virsmas tipiem, tādēļ šādas kartes satur plašu informāciju par apvidus reljefu, hidrogrāfiju, mežainību, t. i., par faktoriem, kas nosaka mikroklimata tipu veidošanos.

Mikroklimata kartēšanas metodes izvēli nosaka pētījuma līmenis, kā arī rezultātu izmantošanas mērķis.

Topoloģiskajā līmenī par pamatu mikroklimata areālu izdalīšanai var izmantot detalizētus reljefa uzmērījumus, kas atspoguļo reljefa elementus (ieliektos, izliektos, horizontālos, slīpos). Šo areālu korekcija jāizdara pēc mežu izvietojuma analīzes. Tomēr šādām detalizētām kartēm var būt vairāk pētnieciska nozīme, jo praktiski tās plaši nevar izmantot.

Lokālajā līmenī par pamatu mikroklimata kartēšanai var izmantot reljefa formu kartes ar morfometriskiem un morfogrāfiskiem rādītājiem. Arī šajā gadījumā izmanto reljefu kā indikatorfaktoru, nodalot izteikti kontrastaina mikroklimata areālus — paugurus un starppauguru platības. Atsevišķu pauguru robežās mikroklimata īpatnības saistītas ar to morfogrāfisko uzbūvi. Arī šajā gadījumā mikroklimata areālu detalizācijai un precizēšanai vēlams izmantot datus par meža masīvu, meža puduru un koku grupu izvietojumu.

**Augšņu īpašību izmaiņas** paugurainā reljefā novērojamas pat vienas nelielas nogāzes robežās. Turklāt kā augšņu ģenētisko tipu, tā arī atsevišķu īpašību izmaiņas nav nejaušas, bet likumsakarīgas. To galvenais cēlonis ir Zemes smaguma spēka darbība, kas nosaka vielu migrāciju pa nogāzēm uz leju gan ar nogāžu noteces ūdeņiem, gan brīvi norīpojot pa virsmu. Vielu migrācija ar nogāzes ūdeņiem notiek šķīdumu un suspensijas veidā. Augsnes

un iežu daļiņu brīva pārvietošanās var notikt uz apstrādātām nogāzēm, kas vēl nav klātas ar veģetāciju. Šo procesu veicina augsnes apstrāde.

No lauksaimniecības zemju izmantošanas viedokļa sevišķu interesi rada dati par augsnes agronomisko īpašību izmaiņām nogāzēs. Ir konstatēts, ka neatkarīgi no visiem pārējiem faktoriem augsnes pauguru virsotnēs vienmēr ir mazāk skābas nekā piekājē. Ļoti bieži pauguru virsotnēs atsedzas karbonātus saturoši nogulumi un uz tiem veidojas karbonātu augsnes, taču pakājē augsnes ir skābas.

Nogāzēs ir atšķirīgs arī hidrolītiskais skābums. Tāpat kā augsnes aktīvais skābums, tas palielinās no virsotnes uz pakāji. Atkarībā no augsnes mehāniskā sastāva hidrolītiskā skābuma starpība starp pakāji un virsotni tīrumos var būt robežās no 1,1 līdz 2,2, bet zālajos — no 0,6 līdz 2,2 miligramekvivalentiem 100 g augsnes. Augsnes piesātinājums ar apmaiņas bāzēm pazeminās pa nogāzi uz leju. Starpība starp virsotnes un pakājes augšņu piesātinājuma pakāpi atkarībā no mehāniskā sastāva tīrumos var būt no 13 līdz 32%, bet zālajos — no 24 līdz 34 procenti.

Ievērojamas ir humusa satura izmaiņas. Nogāžu augsnēm humusa horizonts ir ļoti plāns, bieži pat tā nav, bet nogāzes lejasdaļā un pakājē izveidojas humusa uznesuma slānis, kura biezums uzaru kāplē dažkārt pārsniedz 2 metrus. Augšņu atšķirības vienas nogāzes robežās pēc humusa resursiem atspoguļo tā aprēķinātais absolūtais daudzums uz platības vienību (t/ha). Pauguru virsotņu tīrumos šis rādītājs mainās 32...54, zālajos — 49...77, bet pauguru pakājēs atbilstoši 104...114 un 84...119 t/ha robežās. Starpība starp pakāji un virsotni var sasniegt 35...96 t uz hektāra.

Kustīgā kālija un fosfora saturs augsnēs ir zems, taču uz kopīgā fona novērojama tā samazināšanās pa nogāzi uz leju.

Šādas augu barības vielu satura izmaiņas nogāzēs ievērojami ietekmē augu augšanu un arī kultūraugu ražas. Pa nogāzi uz leju raža palielinās, pieaug arī stiebru un vārpas garums, graudu skaits vārpā, attīstās vairāk nezāļu un izmainās to sugu sastāvs. 7. tabulā parādītas sagaidāmās vidējās kultūraugu ražas dažādos reljefa elementos. Jāievēro, ka parasti virsotnēs raža ir vēl zemāka par prognozējamo, jo augi tur cieš mitruma trūkumu. Tomēr aprēķinātie ražu lielumi rāda, ka morēnu pauguru virsotnēs labos samitrinājuma apstākļos var iegūt labas ražas.

Ja nogāzi veido viena litoloģiskā sastāva nogulumi, tad visas minētās augšņu agroķīmiskās īpašības no virsotnes uz pakāji mainās pakāpeniski un secīgi. Bet, ja nogāzes robežās mainās nogulumu litoloģiskais sastāvs vai zemes izmantošanas veids, novērojama krasa, lēcienveida augsnes īpašību izmaiņa. Taču kopīgās likumsakarības saglabājas, jo tās nosaka zemes smaguma spēka darbība.

Iepriekš raksturotās augšņu īpašību izmaiņas vislabāk izteiktas vienkāršās nogāzēs. Saliktās nogāzēs veidojas sarežģīta augsnes

Vidējās sagaidāmās graudaugu un siena ražas  
(pēc R. Āvas)

Litoloģiskais sastāvs	Novietojums reljefā		
	virсотne	nogāze	pakāje
<b>Graudaugi</b>			
Īrdena, karbonātus saturoša smilts	11,6	13,3	15,8
Morēnu smilšmāls un mālsmilts:			
bez karbonātiem	9,1	12,6	18,1
satur karbonātus	14,3	16,2	21,8
<b>Daudzgadīgo zālaugu siens</b>			
Īrdena, karbonātus saturoša smilts	21,9	26,9	25,0
Morēnu smilšmāls un mālsmilts:			
bez karbonātiem	14,6	25,7	34,8
satur karbonātus	27,4	37,2	54,4

īpašību izmaiņu mozaīka, kuras «zīmējumu» nosaka nogāzes morfoģrāfiskā uzbūve.

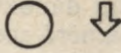

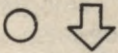


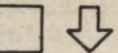

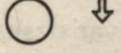

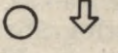


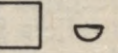


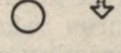

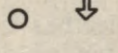


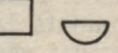


Augšņu agroķīmisko īpašību izmaiņas atsevišķas nogāzes robežās ir viena no ekoloģiski nozīmīgākajām lauksaimniecības zemju īpašībām, kas jāievēro gan ģenētiskajā augšņu kartēšanā, gan agroķīmisko īpašību kartēšanā. Šie darbi atbilst lokālajam līmenim, bet minētās augšņu īpašību izmaiņu likumsakarības — topoloģiskajam līmenim. Šīs neatbilstības dēļ ar pašreiz lietotajiem metodiskajiem paņēmieniem augšņu segas īpašību mainīgumu kartēs objektīvi nevar parādīt.








### 6. 2. 3. RELJEFA NOZĪME EKOĻOĢISKO APSTĀKĻU TERITORIĀLO VIENĪBU IZDALĪŠANĀ

Reljefs nosaka ne tikai atsevišķu ekoloģisko faktoru kvantitatīvās un kvalitatīvās izmaiņas, bet atļauj arī izdalīt ekoloģisko apstākļu ziņā viendabīgas vai saliktas teritoriālās vienības.

Pamats ekoloģiski viendabīgu teritoriālo vienību izdalīšanai ir reljefa elementi, kam raksturīga noteikta virsmas forma (ieliekta, izliekta, taisna) un nogulumu litoloģiskais sastāvs. Balstoties uz šīm divām pazīmēm, var izdalīt noteiktus reljefa elementu tipus, kam atšķirīgi dominējošie dabas procesi vai to izpausmes pakāpes. Taču jebkurā gadījumā viena reljefa elementa robežās tie saglabājas viendabīgi. Dažāda tipa izliekto un ieliekto reljefa elementu raksturīgās iezīmes parādītas 118. attēlā. Tātad šajā gadījumā noteikta tipa reljefa elements tiek izmantots kā indikators kāda varbūtēja ekoloģisko apstākļu kompleksa noteikšanai.

Uz reljefa elementu pamata izdalītās ekoloģiski viendabīgās teritoriālās vienības sauc par ekotopiem. Pirmie šo jēdzienu

Nogulu litoloģiskais sastāvs	Izliektie reljefa elementi		Ieliektie reljefa elementi
	stāvi	lēzeni	
Irdena smilts, saistīga smilts, grants	 	  	 
Morēnas smilšmāls un māls	 	  	  
Smags smilšmāls un māls	 	  	  

 augsnes noskalošana   
  virsūdeņu uzkrāšanās   
  augsnes daļiņu uzkrāšanās   
  nokrišņu ūdens iesūkšanās   
 Augsnes samitrinājums:  nepietiekams,  normāls,  pārmērīgs

118. att. Dabas procesu saistība ar reljefa elementiem (jo lielāka pieņemtā zīme, jo vairāk izteikts process).

elementārās zemes virsmas ekoloģiskās vienības nozīmē sāka lietot vācu ģeogrāfi E. Nefs un G. Hāze. Krievu zinātnieks L. Ramenskis šādas elementārās ekoloģiskās vienības nosauca par novietojumiem (krieviski — местоположение). Vēlāk šo jēdzienu izmantoja K. Ramans, pētot elementāro ģeogrāfisko vienību jeb fāciju veidošanās likumsakarības Latvijas apstākļos.

Pauguraina reljefa apstākļos, it sevišķi uz nogāzēm, ekotopu platības ir nelielas. Tas arī nosaka ekotopu izdalīšanas un pētīšanas iespējas un metodes.

Kā pētījumu pamatvienību ekotopus var izmantot tikai topoloģiskajā līmenī. Vislabāk šim mērķim noder topogrāfiskie uzņēmumi mērogā 1:2000, jo uz horizontāļu pamata var norobežot reljefa elementus atkarībā no to virsmas rakstura. Nepieciešamo papildu informāciju par nogulumu litoloģisko sastāvu, raksturīgiem dabas procesiem un apstākļiem iegūst lauka pētījumos. Šādi detalizēti pētījumi ir darbietilpīgi, tāpēc tos veic tikai tādu jautājumu risināšanā, kas prasa detalizētu ekoloģisko pamatojumu, piemēram, augļu dārzu projektēšanā saposmota reljefa apstākļos, lauksaimniecības zemju homogenizācijas un masivizācijas pasākumu plānošanā un projektēšanā utt.

Daudz lielāka praktiska nozīme ir ekoloģiski saliktām teritoriālām vienībām, ko sauc par ekotopu kompleksiem. Tos veido likumsakarīgās ekotopu kombinācijas, kas saistās ar dažāda tipa reljefa elementu kombinācijām (sk. 3.1.3. nodaļu).

Pamats ekotopu kompleksu izdalīšanai ir reljefa elementu sērijas, kas atšķiras cita no citas ar noteiktu ekoloģisko apstākļu

fonu (sk. 3. tabulu). Tātad šajā gadījumā indikatora nozīmi iegūst noteiktas reljefa elementu kombinācijas.

Šī atbilstība vislabāk novērojama uz tādām nogāzēm, kurām kopumā raksturīga liela ekoloģisko apstākļu daudzveidība un kontrasti. Uz vienkāršām nogāzēm veidojas samērā vienkārši ekotopu sakopojumi, kas plāna skatījumā atkarībā no nogāzes konfigurācijas var veidot joslas vai gredzenus. Uz saliktām nogāzēm veidojas sarežģītas ekotopu mozaikas.

Arī reljefa formu morfogrāfiskos tipus var uzskatīt par pamatu noteiktu varbūtējo ekotopu kompleksu izdalīšanai.

Ekotopu kompleksi ir pamatvienība vietējā jeb lokālā līmeņa pētījumos. Pašreiz tādi pētījumi praktiski nenotiek, taču tie būtu labs pamats lauksaimniecības zemju resursu raksturojumam un kvalitatīvai vērtēšanai, visdažādāko meliorācijas un saimniecisko pasākumu pamatošanai, kā arī saimniecību iekšējai zemes ierīcībai.

#### 6. 2. 4. RELJEFS KĀ TEHNOĻĪSKAIS FAKTORS

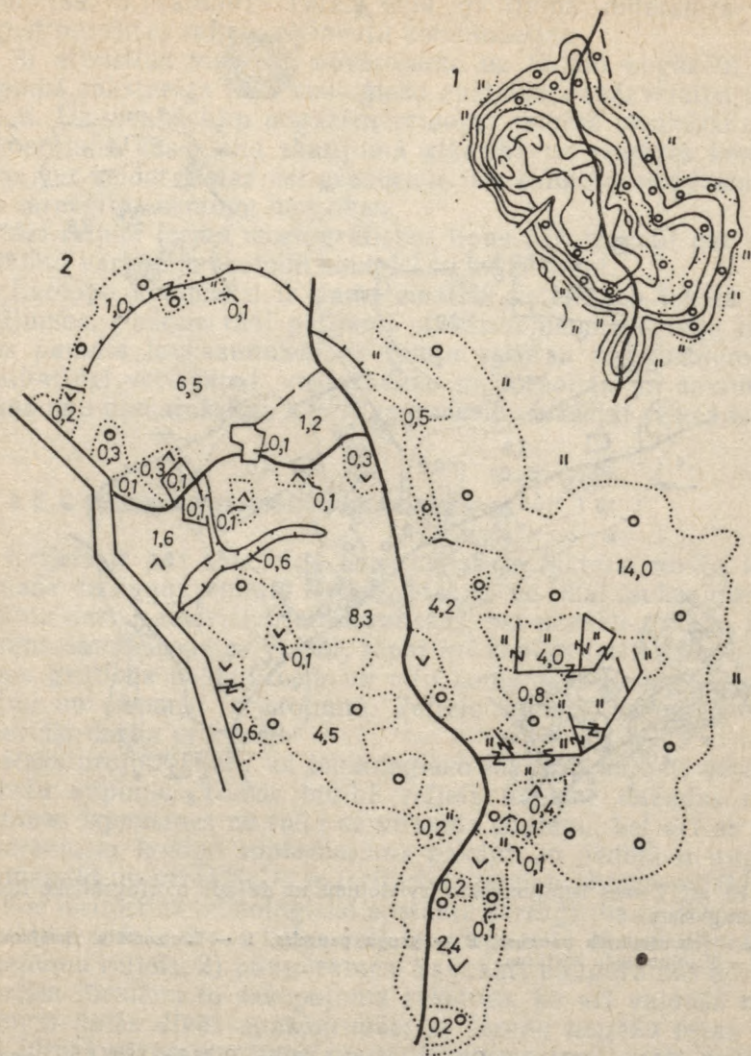
Reljefs ir ļoti iedarbīgs tehnoloģiskais faktors, un tā ietekme ir plaša un daudzveidīga. Reljefs ietekmē ne tikai lauksaimniecības mašīnu darbu atsevišķu lauku robežās, bet nosaka dažādu mašīnu izmantošanas iespējas vispār, tāpat arī kopīgo teritorijas izmantošanas grūtības pakāpi, ceļu un citu komunikāciju būvi, atsevišķu celtņu un ciematu izvietojumu. Reljefs ietekmē arī pašu cilvēku, it sevišķi darba procesā.

Raksturojot reljefu kā tehnoloģisko faktoru, parasti vērtē tikai nogāžu slīpumu. Tomēr būtībā reljefs ietekmē dažādas cilvēka darbības izpausmes ne tikai ar virsmas slīpumu, bet arī ar formu, izmēriem, ar kopīgo saposmju pakāpi. Jo pēdējā ir augstāka, jo smagāki un sarežģītāki ir teritorijas tehnoloģiskie apstākļi.

Pēc teritorijas tehnoloģisko apstākļu sarežģītības pakāpes mūsu republikā izdala divas lielas reljefa grupas: 1) lēzeni viļņotais un līdzenumu reljefs, 2) pāuguraines. Savukārt pāuguraines pēc dominējošām formām, to sakopojuma rakstura, kā arī valdošā nogāžu slīpuma dalās divās apakšgrupās: 1) lēzenu nogāžu retas un vidēji blīvas sīkpauguraines un vidējpauguraines, bieži ar nelielu līdzenumu īpatsvaru, 2) sarežģīti dažādu morfometrisko tipu pāuguru blīvi sakopojumi, pārsvarā ar stāvām nogāzēm. Otrā apakšgrupā ir sevišķi smagi tehnoloģiskie apstākļi.

**Reljefa piemērotību celtniecībai** parasti vērtē pēc virsmas slīpuma. Tā, piemēram, Latvijas PSR apstākļos dzīvojamo un sabiedrisko ēku celtniecībai par piemērotām uzskata platības, kurās virsmas slīpums ir no 0,5 līdz 15% jeb līdz 8° 30', bet ražošanas ēku celtniecībai — no 0,3 līdz 3%, t. i., līdz 1° 51' (M. Locmers u. c.). Literatūrā atrodami arī citi virsmas slīpuma robežlielumi. Tā V. Bogorads izdala 3 slīpumu grupas, kurām raksturīgi atšķirīgi apstākļi dzīvojamo ēku celtniecībai: 1) no 0,5% līdz 8% — apstākļi





120. att. Zemes lietojumveidu izvietojums uz platoveida paugura:  
 1 — horizontāļu zīmējums, 2 — lietojumveidu kontūras.

izvietojumu, atsevišķu lietojumveidu konfigurāciju un platību, kā arī virsmas saposmojumu un slīpumu.

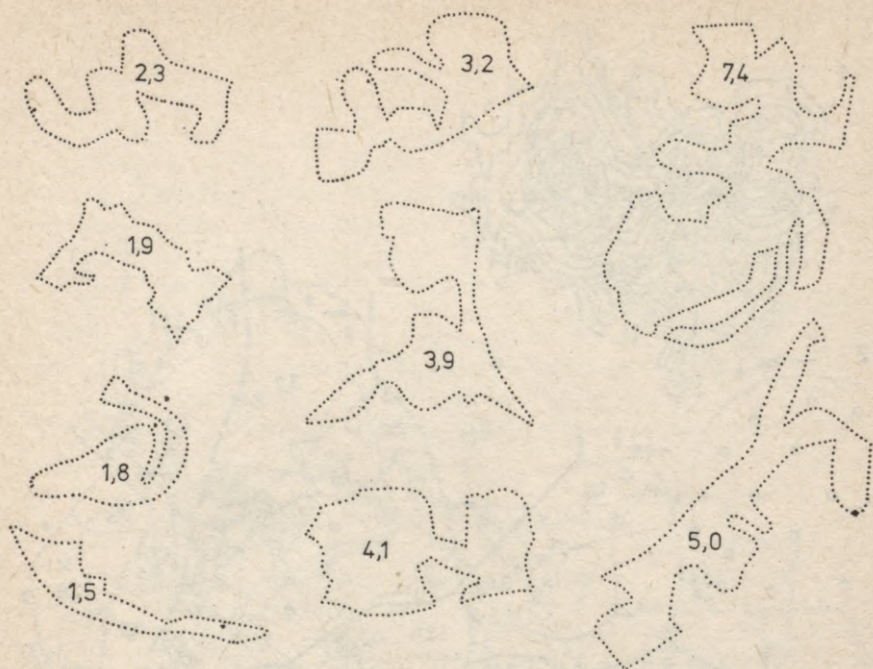
Paugurainam reljefam raksturīgs tā sauktais *izlases apgūšanas veids*: vēstures gaitā vispirms tika apgūtas un pārvērstas tīrumos tehnoloģisko apstākļu ziņā labvēlīgākās platības, bet izmantošanai mazpiemērotās vietas (stāvas nogāzes, grants un smilts augsnes)



121. att. Zemes lietojumveidu izvietojums uz pauguru masīva:  
 1 — horizontālu zīmējums, 2 — lietojumveidu kontūras.

atstāja zem meža. Šī izlases apgūšana galvenokārt noteica lauku konfigurāciju un platību, kaut arī tās laika gaitā ir mainījušās sociāli ekonomisku apstākļu ietekmē.

119., 120. un 121. attēlā parādīti daži piemēri tam, kā uz dažāda tipa pauguriem izvietoti dažādi zemes lietojumveidi. Kopumā novērojama tāda likumsakarība: jo lielāka un sarežģītāka ir reljefa



122. att. Sarežģīta tīrumu konfigurācija (piemēri).

forma, jo vairāk saposmoti arī zemes lietojumveidi. Izņēmums šajā ziņā ir platoveida pauguri, jo uz to virsām parasti ir samērā lielas tīrumu platības.

Pētījumi Latvijas PSR paugurainēs parādījuši, ka ir noteikta sakarība starp pauguru morfogrāfisko tipu un to lauksaimniecisko izmantošanu. Par to liecina, piemēram, dati par tīrumu platību (procentos no pauguru platības) dažāda tipa pauguros. Elementārie un grupu pauguri šajā ziņā ir līdzīgi, tajos vairākumā gadījumu tīrumi aizņem 80...100% no platības. Platoveida pauguros un pauguru masīvos tīrumi visbiežāk aizņem 40...60% platības. Jāatzīmē, ka tikai viena tīrumu kontūra novērota vienīgi uz sīkpauguriem (līdz 6 ha).

Pauguru morfogrāfisko tipu atšķirības raksturo arī vidējās tīrumu kontūras lielums. Elementāriem pauguriem tas ir 1,76 ha, grupu pauguriem — 1,72 ha, platoveida pauguriem — 2,07 ha un pauguru masīviem — 1,96 hektāri.

Tīrumu, tāpat arī citu zemes lietojumveidu konfigurācija paugurainēs ir ļoti sarežģīta (122. att.). To nosaka tādi faktori kā reljefa formas konfigurācija, tās virsmas saliktība, stāvie nogāžu posmi, nogulumu sastāva krasa maiņa, ceļu un apdzīvoto vietu izvietojums. Vissarežģītākās konfigurācijas tīrumi parasti ir

uz grupu pauguriem un pauguru masīviem. Konfigurāciju var uzskatīt par izmaināmu īpašību, tomēr nereti izmaiņu iespējas ierobežo tie paši faktori, kas nosaka konfigurāciju, — galvenokārt nogāžu slīpums, nogulumu sastāva krasa maiņa nogāzēs, reljefa formas platība.

Viena no būtiskākajām tīrumu kontūru tehnoloģiskajām pazīmēm ir virsmas saposmrojums un slīpums. Katrā konkrētā gadījumā tie atkarīgi gan no reljefa formas morfogrāfiskās uzbūves īpatnībām, gan arī no tā, vai kontūra aizņem virsmu, nogāzes daļu vai visu formu u. tml.

**Lauksaimniecības mašīnu darbu** tieši ietekmē tādi apstrādājamo kontūru parametri kā kontūras lielums, darba gājiena garums, konfigurācija, nogāzes slīpums un saposmotība.

Paugurainam reljefam raksturīga maza lauksaimniecības zemju kontūras platība. Piemēram, Valdaja augstienē vidējā tīruma kontūras platība ir 1,6 hektāri. Līdzīgu datu par Latvijas PSR paugurainēm nav, bet, pēc S. Udačina datiem, sešdesmito gadu vidū mūsu republikā vidējās tīruma kontūras platība bija 2,0 ha, pļavu — 1,0 un ganību — 0,9 hektāri. 65,6% no kontūru kopskaita aizņem ļoti sīkās kontūras ar platību līdz vienam hektāram.

Ir pamats uzskatīt, ka Latvijas paugurainēs vidējo tīruma kontūru platības ir vēl mazākas. Par to liecina 1968. gadā izdarītā lauksaimniecības zemju sadrumstalotības analīze 4 saimniecībās: Cēsu rajona sovhozā «Drusti», Alūksnes rajona kolhozos «Līdums» un «Strauts» un Krāslavas rajona sovhozā «Dagda». Vidējā tīruma kontūras platība šajās saimniecībās bija attiecīgi 1,8, 2,2, 1,9 un 1,7 hektāri. Visvairāk izplatītas līdz 2 ha lielas kontūras.

Apstrādājamo platību sīkkontūrainība stipri samazina darba ražīgumu un rada papildu izdevumus. Kā rāda pētījumi Igaunijas PSR, izdevumi līdz 1 ha lielu kontūru apstrādāšanai ir par 49%, bet 1...2 ha lielu kontūru apstrādāšanai — par 28...49% lielāki nekā 4 ha lielā kontūrā. Tāpēc pašreiz par vienu no galvenajiem lauksaimniecības intensifikācijas uzdevumiem uzskata tīrumu masivizāciju, kas ietver platību palielināšanu un konfigurācijas uzlabošanu. Tomēr to nevar uzskatīt par galveno un vienīgo līdzekli lauksaimniecības mašīnu darba ražīguma palielināšanai, jo to nosaka vēl arī citi faktori, kuru ietekme kopumā ir daudz spēcīgāka.

Pēdējā laikā bieži runā par optimālo kontūras lielumu un min dažādus skaitļus, piemēram, 20...60 ha, 100 ha un vairāk. Jāatzīmē, ka priekšstatu par optimālo kontūras lielumu nosaka sociāli ekonomiskie apstākļi, tāpēc tas laika gaitā izmainās. Pašreiz par galveno kritēriju kontūru lielumu noteikšanai pieņem lauksaimniecības mašīnu darba uzlabošanu. Taču lauksaimnieciskās ražošanas intensifikācija arvien vairāk izvirza nepieciešamību pēc ekoloģisko apstākļu optimizācijas. Sevišķa nozīme šim uzdevumam ir pauguraiņu apvidos.

Latvijas PSR optimālais lauku lielums ir noteikts galvenokārt atkarībā no augsnes mehāniskā sastāva. Kūdras un smilts augsnes tas ir 40 ha, vidēji auglīgās mālsmilts un smilšmāla augsnes — 40...70 ha, auglīgās smilšmāla un māla augsnes — 70...100 hektāri.

Šie lielumi vislabāk atbilst līdzenumu un viļņoto līdzenumu apstākļiem, kur vienāda mehāniskā sastāva augsnes veido lielākas vienlaidu platības. Paugurainēs šāda lieluma kontūru izveidošanai ir ļoti ierobežotas iespējas, un vairākumā gadījumu tā pasliktina lauksaimniecības zemju ekoloģiskos apstākļus, jo palielinās atšķirības apstrādājamās kontūras robežās. Tāpēc masivizācija gala rezultātā nedod gaidīto efektu.

Tāpat tīrumu masivizācijai paugurainēs jāatrod cits risinājums. Par to liecina arī citu valstu, piemēram, Vācijas DR, pieredze, kur šo jautājumu risina atšķirīgi līdzenumu un saposmota reljefa apstākļos. Literatūrā ir atrodami norādījumi par optimālo tīruma kontūru lielumu paugurainēs, piemēram, 4...6 ha (Vācijas DR) līdz 5 ha (Igaunijas PSR), 10...20 ha (Latvijas PSR). Tomēr pauguraina reljefa apstākļos masivizāciju nevar risināt atrauti no ekoloģisko apstākļu homogenizācijas, tāpēc arī tīruma kontūras lielums nevar būt noteicošais rādītājs. Tāpat paugurainēs tīrumu masivizācija ir vairāk ekoloģiska nekā tehnoloģiska problēma.

Darba gājiena garums tieši ietekmē lauksaimniecības mašīnu darba ražīgumu: jo gājiena sāks, jo vairāk laika jāpatērē apgriezieniem. Sevišķi lieli laika zudumi rodas, apstrādājot ļoti sīkas kontūras, kurās darba gājiena nepārsniedz 100 metrus. Tādēļ ļoti efektīva ir īso darba gājienu pagarināšana. Piemēram, pēc M. Locmera un citu autoru pētījumiem, pārejot no 50 m uz 100 m garu sleju, traktora pārvietošanās neražīgo attālumu īpatsvars samazinās par 16% (traktoram DT-54) vai par 13,9% (traktoram «Belarusj»). Ja darba gājiena garums pieaug no 300 līdz 400 m, tad neražīgo gājienu attālums samazinās attiecīgi par 3,6% un 2,4%, bet, ja no 900 m uz 1000 m, — tad tikai par 0,8 un 0,5 procentiem. Līdzīgu likumsakarību parāda arī A. Maslova dati par vidējo lauksaimniecības mašīnu darba ražīguma samazināšanos.

Mūsu republikā par vēlamu darba gājiena garumu līdzenuma apstākļos uzskata 1000...1500 metrus. Paugurainēs tas būs mazāks galvenokārt reljefa radīto ierobežojumu dēļ. Atsevišķos gadījumos īpašas prasības tiek izvirzītas attiecībā uz lauka platumu, piemēram, projektējot laistīšanu.

Nogāžu slīpums lauka robežās tieši ietekmē gan lauksaimniecības mašīnu darbu, tā kvalitāti un ražīgumu, gan arī cilvēku darba apstākļus. Uzskata, ka nogāzes slīpums salīdzinājumā ar darba gājiena garumu ir daudz spēcīgāks faktors.

Racionālākais lauksaimniecības mašīnu kustības virziens ir šķērsām nogāzei vai, kā bieži saka, «pa horizontālēm». Tomēr tieši šajā darba virzienā parādās spēcīga slīpuma ietekme. Apkopojot

dažādu autoru datus, izdalīti vairāki kvalitatīvi atšķirīgi slīpuma intervāli (sk. 2. tabulu 36. lpp.).

Līdz 5° slīpumam lauksaimniecības mašīnu darba kvalitāte un produktivitāte būtiski neizmainās. Ja nogāzes slīpums ir 5...10°, pasliktinās mašīnu darba kvalitāte un pazeminās ražīgums, piemēram, sākas arkla noslīdēšana, izmainās aršanas dziļums un darba tvēriena platums; mašīnu darba ražīgums ir tikai 71...92%, bet degvielas patēriņš sasniedz 108...125% salīdzinājumā ar horizontālu virsmu. 10° slīpums ir riteņtraktoru lietošanas robeža, bet jau pie 6...7° slīpuma traktoristu nogurdina nenormālā poza uz sēdekļa, kā arī nepārtrauktā mašīnas gaitas virziena izlīdzināšana.

Ja nogāzes slīpums ir 10...16°, vēl vairāk pasliktinās mašīnu darba kvalitāte. Lielāki ir graudaugu ražas zudumi, novācot tos ar kombainu (līdz 38%). Darba ražīgums ir tikai 50...75%, bet degvielas patēriņš — 125...170% salīdzinājumā ar līdzenuma apstākļiem. Nogāzes slīpumu 16...17° uzskata par lauksaimniecības mašīnu pielietošanas robežu, jo vēl stāvākās nogāzēs iespējama arī kāpurķēžu traktoru noslīdēšana un apgāšanās.

Pauguraina reljefa apstākļos lauksaimniecības mašīnu darbu ievērojami apgrūtina nogāžu slīpuma mainīgums, kā arī to dažāda veids, ko nosaka virsmas saposmojuma raksturs. Nereti atsevišķa lauka robežās darba gājiena virzienā vairākkārt mainās kāpumi un kritumi, kā arī izmainās virsmas slīpumi, un lauksaimniecības mašīnām jāstrādā gan gar nogāzi, gan šķērsām, gan slīpi pret nogāzi. Šādos laukos vēl vairāk pasliktinās lauksaimniecības mašīnu darba apstākļi, kā arī to darba kvalitāte.

Tātad, lai vispusīgāk novērtētu lauksaimniecības mašīnu darba iespējas un rādītājus paugurainā reljefā, nepieciešams detalizēti raksturot reljefa apstākļus atsevišķu apstrādājamo kontūru robežās. Dažas virsmas slīpuma raksturošanas metodes parādītas iepriekš (sk. 3.1.2. nodaļu).

### 6.3. LIETIŠĶO RELJEFA KARŠU SASTĀDĪŠANA

Paplašinoties ar lauksaimniecības zemju racionālu izmantošanu, uzlabošanu un aizsardzību saistīto problēmu lokam, lietišķie reljefa pētījumi iegūst patstāvīga uzdevuma nozīmi. Šim nolūkam ļoti piemērotas ir speciālas lietišķās reljefa kartes.

Ļoti bieži lietišķo reljefa karšu nozīmi iegūst morfometriskās kartes, piemēram, nogāžu slīpuma, nogāžu garuma, erozijas bāzes dziļuma un citas kartes. Tās ir ērti izmantojamas, ja jāizseko saimniecības zemju veidošanās īpašību vai arī kāda dabas procesa (piemēram, augšņu erozijas) attīstība vienas reljefa pazīmes ietekmē. Šādas kartes sauc par *analītiskām*, un to pielietojuma robežas nosaka pats karšu saturs. Plašāka nozīme ir *sintētiskajām* jeb *kompleksajām* kartēm, uz kurām visbiežāk parādītas reljefa formas vai to kompleksi ar raksturīgām morfogrāfiskām un morfometriskām pazīmēm vai arī šo reljefa veidojumu tipi pēc

morfometriskām un morfogrāfiskām pazīmēm. Tātad šī tipa kartes satur plašāku informāciju, no kuras iespējams atlasīt katra konkrēta uzdevuma risināšanai nepieciešamo.

Lietišķo reljefa karšu sastādīšana Latvijā vēl nav uzsākta, bet ir izstrādāti vairāki priekšlikumi šī darba metodikai (A. Meluma, U. Svēde, A. Vanaga, K. Ramans).

Lietišķo reljefa karšu sastādīšanas metodika balstās uz teorētiskām atziņām:

par noteiktiem reljefa uzbūves likumsakarību līmeņiem, kas atspoguļojas reljefa teritoriālajā taksonomijā un šo taksonomisko vienību noteiktībā;

par morfogrāfisko un morfometrisko pazīmju nozīmi lauksaimniecības zemju ekoloģisko un tehnoloģisko īpašību, kā arī to dažādības veidošanā;

par reljefu kā indikatorfaktoru.

Lietišķās reljefa kartes sastādāmas dažādos mērogos atbilstoši dažādiem pētījumu līmeņiem. Ievērojot to, ka vairākumā gadījumu dažādu problēmu un praktisku uzdevumu risināšanai ir vairākas detalizācijas pakāpes vai stadijas, izvirzās papildu prasība lietišķo reljefa pētījumu metodikai. Proti, dažādiem pētījumu līmeņiem piemērotajām metodikām jābūt savstarpēji saistītām, lai nodrošinātu loģisku pāreju no viena līmeņa uz otru un samazinātu informācijas zudumus. Tātad būtībā nepieciešama metodiku sistēma.

Bieži dažādos praktiskas ievirzes darbos izteikta doma, ka saņemot reljefa apstākļos daudzus zemju izmantošanas jautājumus varētu atrisināt, ja saimniecību zemes lietojumveidu plāni tiktu izgatavoti uz topogrāfisko uzmērījumu pamata ar horizontālēm. Sajā sakarībā jāatzīmē, ka pats par sevi horizontāļu zīmējums, kaut arī viegli uztverams vizuāli, sniedz visai vispārinātu priekšstatu par reljefu, kas nesaistās ne ar kādām morfometriskām vai morfogrāfiskām pazīmēm. Topogrāfiskajā kartē esošā informācija jāgatavo izmantošanai. Horizontāļu zīmējums ir tikai izejmateriāls, objektīvs pamats dažādu morfometrisko un morfogrāfisko pazīmju noteikšanai un līdz ar to arī lietišķo reljefa karšu sastādīšanai.

Par pamatu lietišķo reljefa karšu sastādīšanai var izmantot arī aerofotouzņēmumus. Sevišķi ieteicams tas ir gadījumos, kad saskan kartes un aerofotouzņēmumu mērogi. Nereti topogrāfisko karšu analīzes vai aerofotouzņēmumu dešifrēšanas materiālus, kas sagatavoti kamerālos darbos, nepieciešams precizēt un papildināt, veicot reljefa apsekošanu dabā.

Šo dažādo pētījumu pielietošanas iespējas un priekšrocības nosaka gan pētījumu mērogs, gan attiecības starp sastādāmās reljefa kartes un izmantojamo topogrāfisko karšu vai aerofotouzņēmumu mērogiem. Pieredze rāda, ka reljefa formu morfogrāfiskai un morfometriskai analīzei vislabāk izmantot topogrāfiskās kartes, kuru mērogs atbilst sastādāmās kartes mērogam, taču pieņemamus

rezultātus dod arī nedaudz sīkāka mēroga topogrāfisko karšu izmantošana. Vidēja mēroga reljefa formu kompleksu kartes sastādīšanai nepieciešams izmantot liela mēroga topogrāfiskās kartes.

Pašreiz mūsu republikā izstrādātas metodes liela un vidēja mēroga lietišķo reljefa karšu sastādīšanai, kas nodrošina pētījumus topoloģiskajā un lokālajā līmenī.

### 6. 3. 1. TOPOLOĢISKĀ LĪMEŅA RELJEA KARTES

Izmantojot par pamatu topogrāfisko uzmērījumu plānus mērogā no 1:2000 līdz 1:5000, sastāda topoloģiskā līmeņa reljefa kartes. Pieredze rāda, ka detalizētāki, tāpat arī vispārinātāki uzmērījumi šādu karšu sastādīšanai vairs nav piemēroti.

So uzmērījumu detalizācijas pakāpe atļauj galveno uzmanību pievērst reljefa formu virsmas uzbūves raksturojumam. Šim nolūkam nepieciešams veikt detalizētu horizontāļu zīmējuma analīzi un uz tās pamata reljefa elementu tipu noteikšanu un norobežošanu uz kartes. Horizontāļu zīmējums ir spilgta topogrāfisko plānu vizuāla pazīme, kas pētnieka uzmanību saista tieši ar zīmējuma īpatnībām, piemēram, horizontāļu blīvuma un virzienu mainību. Tas dod iespēju viegli uztvert sakarības starp horizontāļu zīmējuma īpatnībām un virsmas uzbūvi, tātad arī noteikt un norobežot dažādus reljefa elementu tipus.

Reljefa elementi ir topoloģiskā līmeņa lietišķo reljefa karšu pamatvienība. Uz kartēm lietderīgi parādīt arī reljefa formu robežas, taču tām ir papildu informācijas nozīme.

Kartes ieteicams papildināt ar virsmas slīpumu detalizētu raksturojumu, izdalot kontūras pa slīpuma intervāliem (sk. 2. tabulu). Ievērojot to, ka virsmas slīpums ir viena no reljefa elementu pazīmēm, katru kartē izdalīto reljefa elementu var raksturot ar nogāzes slīpuma rādītājiem skaitliskā izteiksmē. Tomēr patstāvīgs kontūru tīkls atspoguļo virsmas slīpumu reālo mainīgumu, dod iespēju to plašāk un dziļāk vērtēt kā no ekoloģiskā, tā arī tehnoloģiskā viedokļa.

Tātad detalizētās reljefa kartes satur  
reljefa elementu kontūras, kurās ar indeksiem parādīti reljefa elementu tipi pēc virsmas rakstura;  
nogāžu slīpuma intervālu kontūras;  
kopīgā nogāzes krituma virziena grafisku attēlojumu ar relatīvā paaugstinājuma rādītāju;  
reljefa formu robežas.

Nereti, it sevišķi pētot un risinot dažādus lauksaimniecības zemju homogenizācijas un masivizācijas jautājumus, reljefu nepieciešams analizēt pastāvošo zemes lietojumveidu kontūru robežās. Tāpēc tās uz kartes ieteicams izcelt.

Šāda satura reljefa karti vēlams izzīmēt uz horizontāļu pamata, atstājot to fonā. Lai karte tomēr būtu uzskatāma un viegli lasāma, visai speciālajai informācijai jābūt attēlotai krāsainā zīmējumā.

Detalizēta reljefa karte atļauj iegūt virkni atvasinātu rādītāju, kas raksturo atsevišķas lietojumveidu kontūras vai arī nogāzes dabiskajās robežās. Minēsim dažus piemērus:

izliekto (vai ieliekto) reljefa elementu blīvums, kas izsakāms ar to skaitu uz platības vienību;

kritumu un kāpumu skaits uz darba gājiena garuma vienību, to kopgaruma attiecība pret darba gājiena garumu;

vidējais svērtais virsmas slīpuma intervāls zemes lietojumveida (vai nogāzes) robežās.

Detalizētas reljefa kartes pielietojuma piemēri minēti jau iepriekšējās nodaļās (mikroklimata un augšņu dažādības pētījumi, ekotopu izdalīšana, tīrumu kontūru ekoloģiskā homogenizācija un masivizācija u. c.).

### 6. 3. 2. VIETĒJĀ LĪMEŅA RELJEFA KARTES

Vietējā līmeņa pētījumi, kas saistīti ar lauksaimnieciskās ražošanas problēmām, ir daudzveidīgāki pēc satura un arī pēc mērogiem. Tāpēc izstrādātas atšķirīgas reljefa karšu sastādīšanas metodes.

Liela mēroga lietišķās kartes nepieciešamas kā pamats visiem pētnieciskiem un projektēšanas darbiem, kuros risināti lauksaimniecības zemju izmantošanas un uzlabošanas, kā arī ražošanas plānošanas un organizācijas jautājumi atsevišķu saimniecību robežās. Šiem darbiem ir dažādas detalizācijas pakāpes, tāpēc iespējami divi reljefa karšu varianti, kas atšķiras pēc mēroga un sastādīšanas metodikas.

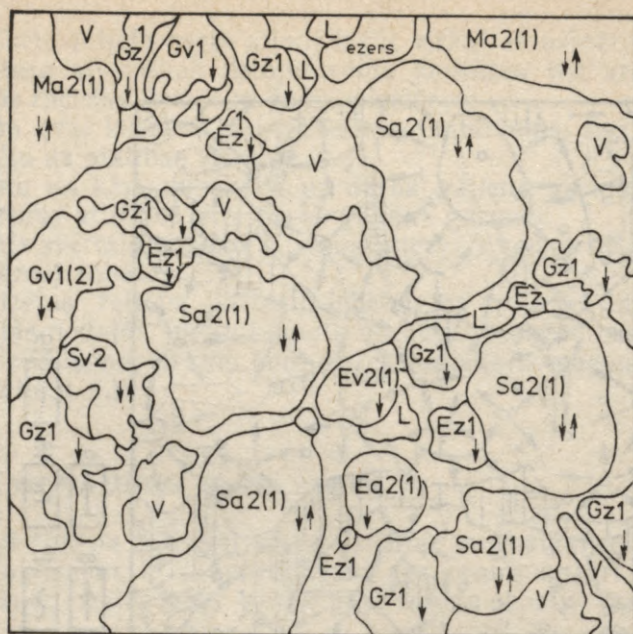
Detalizētiem pētījumiem piemērotas reljefa kartes, ko sastāda uz saimniecību zemes lietojumveidu plāna pamatiem bez horizontālēm mērogā 1 : 10 000. Tās atļauj parādīt reljefa apstākļu dažādību saimniecības teritorijā, reljefa ietekmi uz zemes lietojumveidu kontūrainību, konfigurāciju un virsmas saposmojumu, viendabīgo zemju masīvu izvietojumu, kā arī pamatot preterozijas un citu meliorācijas pasākumu apjomus. Šo karšu sastādīšanai nepieciešamos rādītājus iegūst no liela mēroga topogrāfiskām kartēm un aerofotouzņēmumiem; sevišķi sarežģīta reljefa apstākļos nepieciešami kontroles apsekojumi dabā.

Uz zemes lietojumveidu plānu pamata sastādītās reljefa kartēs galvenā uzmanība tiek pievērsta reljefa morfogrāfiskai uzbūvei. Šim nolūkam kalpo kartes noformējuma paņēmieni (123. att.). Kartēs grafiski ar noteiktām zīmēm attēlotas reljefa formu uzbūves galvenās iezīmes: virsotnes, izteiktas nogāžu lūzuma līnijas, ūdensšķirtņu un sateces līnijas, nogāzes. Pēdējās tiek attēlotas ar bultām, kas parāda to virzienu, garumu un slīpuma pakāpi. Tātad būtībā tās ir analītiskā tipa reljefa kartes.

Šāds reljefa raksturojuma paņēmieni atļauj parādīt un analizēt reālo reljefa apstākļu mainīgumu un tā tiešo un netiešo ietekmi



123. att. Reljefa morfoloģiskās analīzes kartes, kas sastādītas uz zemes lietojumveidu plānu pamata (piemēri): a — morēnu sīkpauguraine, relatīvie augstumi 5...10 m; b — vidējpauguraine, relatīvie augstumi 15...20 metri. Zemes lietojumveidi: 1 — tīrumi, 2 — ganības, 3 — atmatas, 4 — meži, 5 — krāmi, 6 — plavas, 7 — slāpjas plavas. Nogāzu slīpumi: 8 — 5...9°, 9 — 10...16°, 10 — vairāk nekā 16°. Reljefa elementi: 11 — nogāžu krotes, 12 — ūdensskirtņu līnijas, 13 — pakāju līnijas. Iepļakās: 14 — zemā līmeņa, 15 — augstā līmeņa, 16 — slīpās. Virsmas raksturs: 17 — vijņota, 18 — cilpaina, 19 — zemes lietojumveidu robeža.



0 ————— 500m

I E-1; S-2; G-3; M-4; L-5; V-6.

II z-7; v-8; a-9

III 1-10; 2-11; 2(1)-12

IV ↓-13; ↑-14

#### 124. att. Liela mēroga reljefa karte (piemērs):

I — reljefa formu morfogrāfiskā tipa indeksi: 1 — elementāri vienkāršu nogāžu pauguri, 2 — elementāri saliktu nogāžu pauguri, 3 — grupu pauguri, 4 — pauguru masīvi, 5 — līdzeni laukumi, 6 — viļņoti līdzenumi.

II — pauguru relatīvo augstumu pakāpes: 7 — zemi, 8 — vidēji augsti, 9 — augsti.

III — valdošais nogāžu slīpums: 10 — lēzenas (līdz 10°), 11 — stāvas (virš 10°), 12 — slīpumu kombinācijas.

IV — valdošais nogāžu morfogrāfiskais tips: 13 — vienkāršas, 14 — saliktas nogāzes.

uz lauksaimniecības zemju īpašībām. Jāatzīmē, ka uz kartēm pašas reljefa formas ir uztveramas grūtāk, kaut arī to robežas tiek parādītas. Sevišķi tas attiecas uz lielajām un saliktajām reljefa formām.

Līdztekus reljefa morfogrāfiskās uzbūves elementu grafiskajam attēlojumam liela mēroga analītiskās reljefa kartes satur vēl šādus rādītājus:

reljefa formas reālais relatīvais augstums (konkrēts skaitlis);

reljefa formas morfogrāfiskā tipa indekss;

reljefa formas robežas;

nogāžu kopīgā krituma virziena rādītājs (sevišķi saliktām liel-pauguru nogāzēm).

Analītiskās reljefa kartes akcentē uzmanību uz reljefa morfo-grāfisko uzbūvi un vienlaicīgi saista to ar zemes lietojumveidu kontūrām. Tāpēc tās visvairāk piemērotas to pētījumu vai projekta risinājumu pamatošanai, kuru galvenais objekts ir zemes lietojumveidi, piemēram, plānojot lietojumveidu izvietojumu, preterozijas pasākumus, pamatojot dažādus kontūru masivizācijas variantus, kā arī izstrādājot kompleksus ainavu veidošanas plānus.

Vispārējāka satura pētījumos, kam nepieciešams plašāku reljefa uzbūves likumsakarību raksturojums, piemērotākas ir sintētiskā tipa reljefa kartes mērogā 1:25 000. Šo karšu sastādīšanas pamats ir detalizēta topogrāfiskās kartes analīze, kas dod iespēju noteikt reljefa formu morfo-grāfisko tipu, nogāžu uzbūvi un to valdošo slīpumu, formu relatīvo augstumu.

Atšķirībā no iepriekšējām kartēm priekšstats par reljefa formu morfo-grāfisko uzbūvi ir vispārināts, tas atspoguļojas morfo-grāfiskajā tipā. Var teikt, ka sintētiskās reljefa kartes atspoguļo varbūtējo reljefa formu virsmas uzbūvi. Toties daudz labāk un skaidrāk parādās reljefa formu teritoriālais izvietojums, atklājas arī reljefa formu kompleksu veidošanās likumsakarības. Šo reljefa karšu satura īpatnību dēļ iespējams atklāt un analizēt plašākas ekoloģisko un tehnoloģisko apstākļu teritoriālās likumsakarības, parādīt atšķirīgu teritoriju tipu veidošanos.

Galvenā teritoriālā vienība, kas attēlota reljefa kartēs, ir reljefa forma. Tā kā liela mēroga topogrāfisko karšu analīze ir pamats arī vidēja mēroga reljefa formu kompleksu kartes sastādīšanai, tad ir lietderīgi izvilkt uz sintētiskajām liela mēroga reljefa kartēm arī šo formu kompleksu robežas.

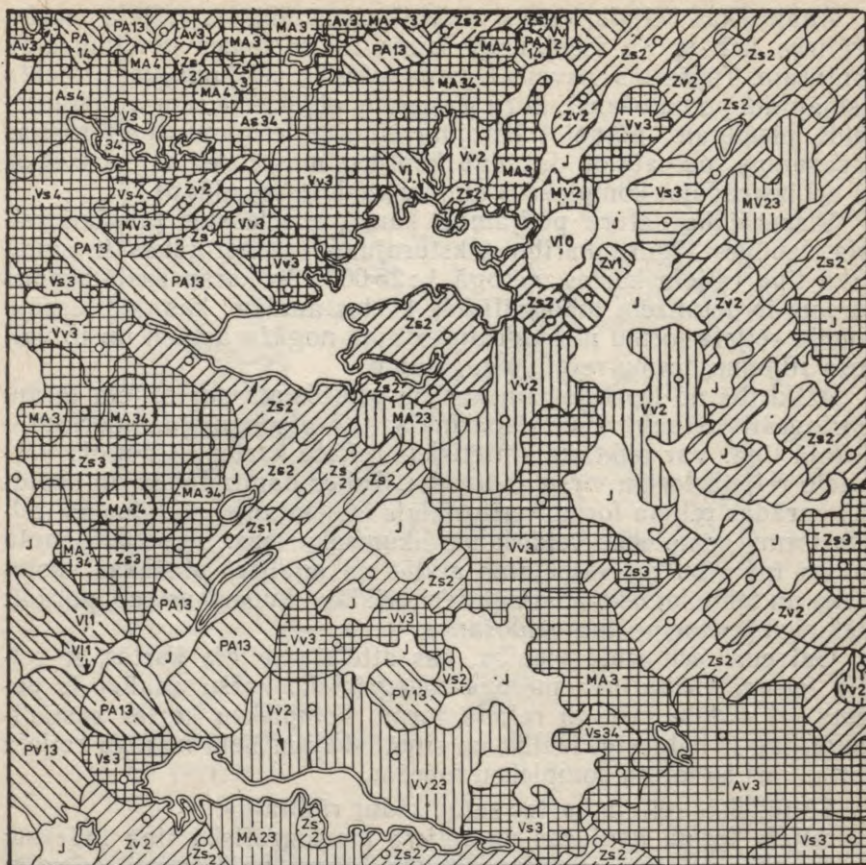
Sintētiskās reljefa kartes satur šādus rādītājus:

reljefa formu kontūras un reljefa morfo-grāfiskā tipa indeksu; pauguru relatīvā augstuma pakāpi (zemi, vidējaugsti, augsti); valdošo nogāzes slīpumu (stāvas, lēzenas); valdošos nogāžu tipus (attēlo ar nosacītām bultiņām).

Šādas kartes iespējams noformēt divos variantos: krāsainā uz parasta pamata un melni baltā uz caurspīdīga pamata. Ar krāsām ieteicams attēlot reljefa formu morfo-grāfiskos tipus.

Vidēja mēroga reljefa karšu pamatvienība ir reljefa formu kompleksi un lielās atsevišķās reljefa formas (platoveida pauguri, pauguru masīvi). Kartēs attēlojami šādi reljefa formu kompleksu tipi: līdzenumi, viļņotie līdzenumi, pauguraines. Katru no tiem raksturo atsevišķa pazīme vai pazīmju grupa, kas atklāj reljefa uzbūves īpatnības šajā līmenī un atļauj novērtēt lauksaimnieciskās ražošanas apstākļus un to atšķirības plašākās teritorijās. Vidēja mēroga reljefa karte ir nepieciešamais izejmateriāls reģionālo parādību un likumsakarību pētīšanai.

Nepieciešamo informāciju vidēja mēroga reljefa kartes sastādīšanai un izdalīto reljefa vienību raksturošanai sniedz liela mēroga topogrāfiskās kartes analīze. Tātad rādītājiem ir pietiekami augsta detalizācijas pakāpe.



125. att. Vidēja mēroga reljefa karte (piemērs).

Valdošās relatīvo augstumu pakāpes indekss: A — augsti, V — vidēji augsti, Z — zemi. Pauguru izmēru pakāpe: v — vidējpauguri, s — sīkpauguri. Lielpauguru un starppauguru pazeminājumu indeksi: P — platoveida pauguri, M — pauguru masīvi, J — ieplakas, Vj — viļņotie līdzenumi. Nogāžu slīpumu pakāpes: 0 — līdz 3°, 1 — 3...5°, 2 — 6...10°, 3 — 10...16°, 4 — vairāk nekā 16°. Teritorijas vērtējums pēc erozijas bīstamības pakāpes (paskaidrojumi lodziņos): 1 — erozijas nav, 2 — vāja erozija, 3 — vidēja, 4 — stipra, 5 — ļoti stipra erozija.

Līdzenumiem un viļņotiem līdzenumiem pauguraino augstieņu rajonos raksturīgas relatīvi nelielas platības, turpretī līdzenumu rajonos tie aizņem lielākas platības un ir dominējošais reljefa tips. Tādos apstākļos nepieciešams to detalizētāks raksturojums, izdalot atsevišķi, piemēram, slīpos līdzenumus, kam ir izteikts virsmas kritums, vai arī ar nelielu upju ielejām saposmotus līdzenumus u. c. Viļņotajos līdzenumos pacēluma nogāžu slīpums ne-

pārsniedz 3°, taču bieži uz to fona paceļas arī atsevišķi pauguri. Tātad pēc minētajām pazīmēm var izdalīt līdzenumu un viļņoto līdzenumu apakštipus.

Pauguraines ir pats izteiktākais reljefa formu kompleksu veids — gan pēc vizuālām pazīmēm, gan teritoriālās struktūras. Pauguraines pēc dominējošās reljefa formas (paugura platības) iedala apakštipos — sīkpaugurainēs un vidējpaugurainēs (sk. 3.1.2. nodaļu). Pauguraiņu uzbūves sarežģītības pakāpe ir dažāda, taču vidēja mēroga pētījumu prasības var apmierināt reljefa formu kompleksu raksturojums ar dominējošiem rādītājiem.

Pauguraiņu raksturojumam izmanto šādus rādītājus:

reljefa formas valdošā izmēru grupa (sīkpauguraine, vidējpauguraine, lielpauguraine vai atsevišķi lielpauguri);

reljefa formu valdošā relatīvā augstuma grupa (zemas, vidēj-augstas un augstas);

valdošais nogāžu slīpums (viens vai divi intervāli);

pauguru blīvuma pakāpe (procentos no platības).

Katru uz kartes izdalīto pauguraiņu kontūru raksturo ar minētajiem rādītājiem burtu, indeksu, skaitļu un grafisku zīmju veidā. Vidēja mēroga reljefa kartes vēlams papildināt ar datiem par zemes virskārtas nogulumu litoloģisko sastāvu vai ģenētiskajiem tipiem.

Šādas reljefa kartes var izmantot kā pamatu dažādu atvasinātu lietišķu kartoshēmu sastādīšanai. Piemēram, teritorijas tipi pēc lauksaimniecības zemju izmantošanas un uzlabošanas pasākumu grūtības pakāpes; teritoriju tipi pēc augsnes erozijas bīstamības pakāpēm u. tml. Vidēja mēroga reljefa kartes ir uzskatāmas par objektīvu pamatu saimniecību grupējumam pēc reljefa sarežģītības un smaguma pakāpes.

A. Vanaga un K. Ramans izmantojuši nedaudz atšķirīgu paņēmieni vidēja mēroga lietišķās reljefa kartes sastādīšanai. Minētie autori detalizētāk raksturo izdalītos reljefa kompleksu areālus, izmantojot gan tradicionālus morfogrāfiskus raksturojumus, gan atsevišķus morfometriskos rādītājus, kas noteikti, mērot uz kartēm etalonprofilus. Taču ne visas pazīmes ir nozīmīgas no lauksaimnieciskās ražošanas viedokļa. Turklāt autori izdalītajiem reljefa kompleksiem dod kopvērtējumu pēc to piemērotības lauksaimnieciskai ražošanai (5 ballēs).

Turpmāk vidēja mēroga lietišķo karšu sastādīšanas metodika jāpilnveido un jāpārbauda to praktiskās izmantošanas iespējas un robežas.

## Literatūra

1. *Eberhards G.* Fluviālā ģeomorfoloģija, I daļa. R., LVU, 1978. 55 lpp.
2. *Eberhards G.* Fluviālā ģeomorfoloģija, II daļa. R., LVU, 1978. 51 lpp.
3. *Eberhards G.* Glaciālā ģeomorfoloģija. R., LVU, 1977. 123 lpp.
4. Ģeomorfoloģijas termini. R., LVU, 1977. 99 lpp.
5. *Indāns A.* u. c. Ģeoloģija. R., Zvaigzne, 1979. 375 lpp.
6. Latvijas PSR ģeogrāfija, R., Zinātne, 1975. 671 lpp.
7. Latvijas PSR ģeoloģija. R., LPSR ZA, 1961. 516 lpp.
8. *Maldaus Z.* Ģeoloģijas pamati. R., LVI, 1959. 254 lpp.
9. *Maldaus Z.* Pazemes ūdens. R., LVI, 1964. 240 lpp.
10. *Асеев А. А.* Древние материковые оледенения Европы. М., Наука, 1974. 319 с.
11. *Башенина Н. В.* Формирование современного рельефа земной поверхности, М., Высшая школа, 1967. 384 с.
12. *Воскресенский С. С.* Геоморфология СССР. М., Высшая школа, 1968. 367 с.
13. *Гринбергс Э. Ф.* Позднеледниковая и послеледниковая история побережья Латвийской ССР. Р., Изд-во АН Латв. ССР, 1957. 123 с.
14. *Даниланс И. Я.* Четвертичные отложения Латвии. Р., Зинатне, 1973. 312 с.
15. *Живаго Н. В., Пиотровский В. В.* Геоморфология с основами геологии. М., Недра, 1971. 287 с.
16. *Зенкович В. П.* Основы учения о развитии морских берегов. М., Изд-во АН СССР, 1962. 710 с.
17. *Карандеева М. В.* Геоморфология Европейской части СССР. М., МГУ, 1957. 314 с.
18. *Панов Д. Г.* Общая геоморфология. М., Высшая школа, 1966. 427 с.
19. *Спиридонов А. И.* Основы общей методики полевых геоморфологических исследований и геоморфологического картирования. М., Высшая школа, 1970. 456 с.

## Saturs

Prīekšvārds	3
1. Ievads ( <i>Z. Maldavs</i> )	5
1.1. Ģeomorfoloģijas saturs un uzdevumi	5
1.2. Ģeomorfoloģijas iedalījums	5
1.3. Ģeomorfoloģijas teorētiskā un praktiskā nozīme	7
2. Zemeslodes vispārējs raksturojums ( <i>Z. Maldavs</i> )	9
2.1. Zemeslodes vispārējās īpašības	9
2.1.1. Zemeslodes forma un izmēri	9
2.1.2. Zemeslodes blīvums	11
2.1.3. Zemeslodes iekšējā temperatūra	11
2.2. Zemeslodes uzbūve	12
2.3. Zemes garoza	15
2.3.1. Zemes garozas uzbūve	15
2.3.2. Zemes garozas ķīmiskais sastāvs	18
2.3.3. Zemes garozas mineraloģiskais sastāvs	19
2.3.4. Zemes garozas petrogrāfiskais sastāvs	20
2.3.5. Iežu vecums	22
3. Reljefa pētīšanas metodes	24
3.1. Reljefa morfoloģiskā analīze ( <i>A. Melluma</i> )	25
3.1.1. Reljefa teritoriālā struktūra	25
3.1.2. Reljefa morfometrija	32
3.1.3. Morfogrāfiskā analīze	40
3.2. Reljefa attēlošana uz kartes ( <i>A. Seile</i> )	49
4. Zemes reljefs un tā veidošanās ( <i>Z. Maldavs</i> )	59
4.1. Zemes virsas reljefa veidotāji spēki	59
4.2. Reljefa klasifikācija	61
4.3. Endogēnais reljefs	63
4.3.1. Tektoniskās reljefa formas	63
4.3.2. Denudācijas un tektonisko procesu mijiedarbība kalnāju veidošanā	67
4.3.3. Vulkāniskās reljefa formas	75
4.4. Eksogēnie procesi un to veidotās reljefa formas	79
4.4.1. Eksogēno procesu veidi un norise ( <i>A. Seile</i> )	79
4.4.2. Iežu dēdēšana un gravitācijas procesi kā reljefa veidotāji ( <i>Z. Maldavs</i> )	82
4.4.3. Ūdens plūsmas un to radītās reljefa formas ( <i>A. Seile</i> )	87
4.4.3.1. Islaicīgo un periodisko ūdens plūsmu darbība	88
4.4.3.2. Pastāvīgo ūdens plūsmu darbība	91
4.4.4. Pazemes ūdeņu veidotās reljefa formas ( <i>A. Seile</i> )	100

4.4.5.	Ledāju un to kušanas ūdeņu veidotais reljefs ( <i>Z. Maldavs</i> )	102
	Ledāju rašanās, izplatība un veidi	102
	Kalnāju ledāji kā reljefa veidotāji	103
	Tagadnes segledāji un to izplatība	109
	Seno segledāju un to kušanas ūdeņu darbība	110
	Seno segledāju veidotās reljefa formas	115
4.4.6.	Kriogēnās reljefa formas ( <i>Z. Maldavs</i> )	127
4.4.7.	Vēja darbības radītās reljefa formas ( <i>A. Seile</i> )	131
4.4.8.	Reljefa formas, kas radušās jūras ietekmē ( <i>A. Seile</i> )	136
	Jūras piekrastes morfoloģiskais iedalījums	136
	Reljefa veidošanās procesi jūras piekrastē	137
	Jūras krastu tipi	140
	Baltijas jūras piekrastes reljefa attīstība ledus laikmeta beigū posmā un pēcledu laikā	142
4.4.9.	Bioloģiskie faktori un cilvēka darbība reljefa veidošanā ( <i>Z. Maldavs</i> )	145
	Antropogēnās reljefa formas	146
5.	PSRS teritorijas ģeomorfoloģiskā rajonēšana ( <i>A. Seile</i> )	150
5.1.	PSRS Eiropas daļas jeb Krievijas līdzenums	152
5.2.	Stipri saposmotā līdzenuma apgabals ar svaigām ledāja akumulācijas formām	154
5.3.	Latvijas PSR reljefa raksturojums	156
5.3.1.	Reljefa pētījumu attīstība Latvijā	156
5.3.2.	Vispārīgs Latvijas PSR reljefa raksturojums	158
5.3.3.	Latvijas ģeomorfoloģiskie rajoni	162
	Piejūras zemiene	165
	Rietumlatvijas rajonu grupa	167
	Viduslatvijas rajonu grupa	169
	Austrumlatvijas rajonu grupa	175
6.	Reljefa pētījumi lauksaimniecības vajadzībām ( <i>A. Melluma</i> )	180
6.1.	Lietišķo reljefa pētījumu saturs un nozīme	180
6.2.	Reljefs kā lauksaimnieciskās ražošanas faktors	182
6.2.1.	Nogulumu sastāva ekoloģiskā un tehnoloģiskā nozīme	182
6.2.2.	Reljefa nozīme ekoloģisko faktoru pārdalīšanā	185
6.2.3.	Reljefa nozīme ekoloģisko apstākļu teritoriālo vienību izdalīšanā	190
6.2.4.	Reljefs kā tehnoloģiskais faktors	192
6.3.	Lietišķo reljefa karšu sastādīšana	199
6.3.1.	Topoloģiskā līmeņa reljefa kartes	201
6.3.2.	Vietējā līmeņa reljefa kartes	202
	Literatūra	208

Зиедонис Малдавс, Ая Меллума,  
Анна Сейле

**ОСНОВЫ ГЕОМОРФОЛОГИИ**

Допущено Министерством высшего и среднего  
специального образования Латвийской ССР  
в качестве учебного пособия для студентов  
Латвийской сельскохозяйственной академии

Рига «Звайгзне» 1981

На латышском языке

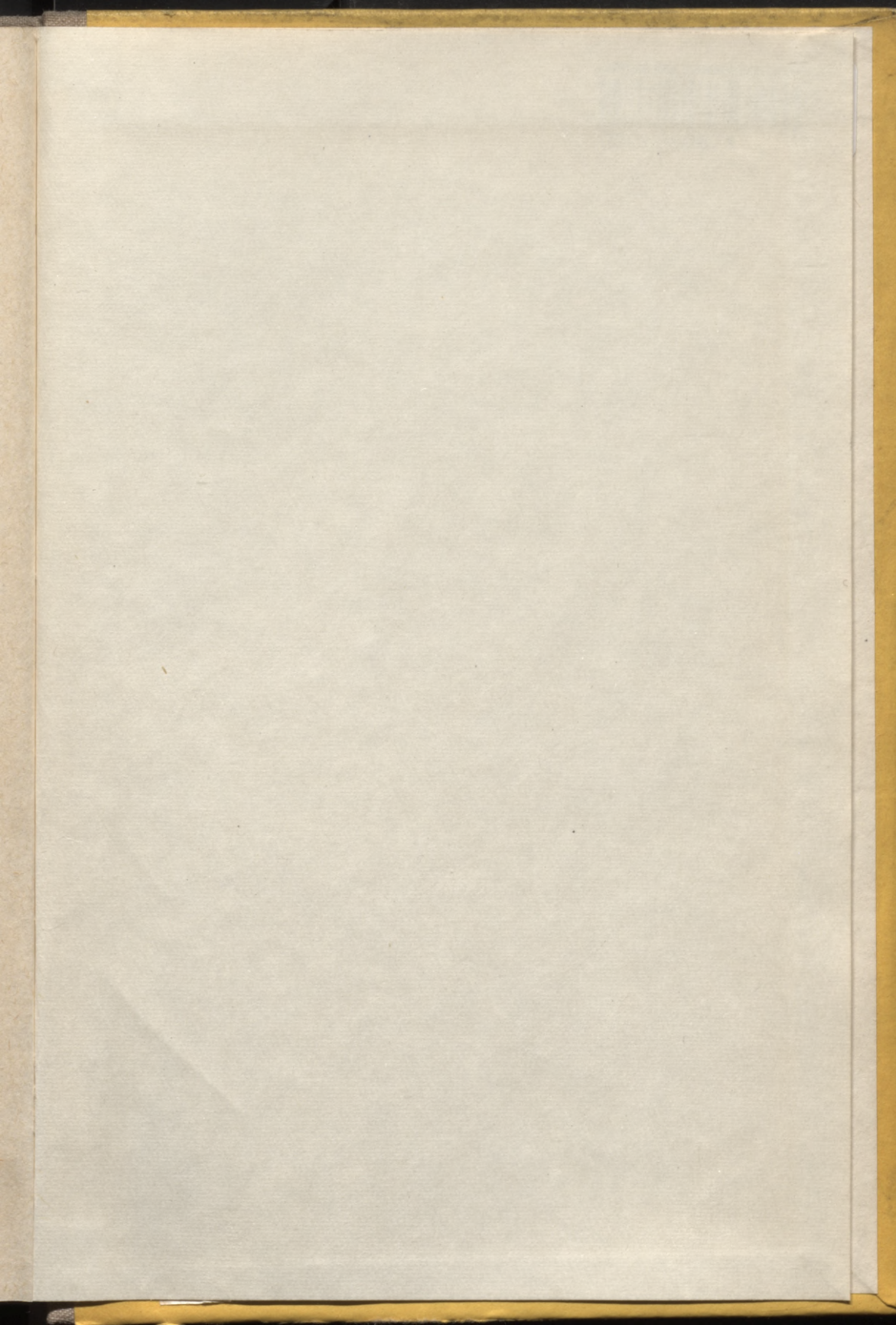
Ziedonis Maldavs, Aija Melluma,  
Anna Seile.

#### GEOMORFOLOĢIJAS PAMATI

Vāku zīm. U. Gulbis. Redaktors H. Zvirbulis. Māksl. redaktore A. Meiere. Tehn. redaktore V. Burmistre. Korektore R. Zveja.

ИБ № 1264.

Nodota salikšanai 05.05.80. Parakstīta iespiešanai 07.05.81. JT 11087. Formāts 60×90/16. Tipogr. papīrs Nr. 1. Literatūras garnitūra. Augstspiedums. 13,25 uzsk. iespiedl., 13,56 uzsk. krāsu novilk., 14,56 izdevn. l. Metiens 1200 eks. Pasūt. Nr. 837. Cena 65 kap. Izdevniecība «Zvaigzne», Rīgā, 226013, Gorkija ielā 105. Izdevn. Nr. 5419/D-91. Iespiesta Latvijas PSR Valsts izdevniecību, poligrāfijas un grāmatu tirdzniecības lietu komitejas Rīgas Paraugtipogrāfijā, 226004, Rīgā, Vienības gatvē 11.





LATVIJAS NACIONĀLA BIBLIOTEKA



0305050871

65. kap.