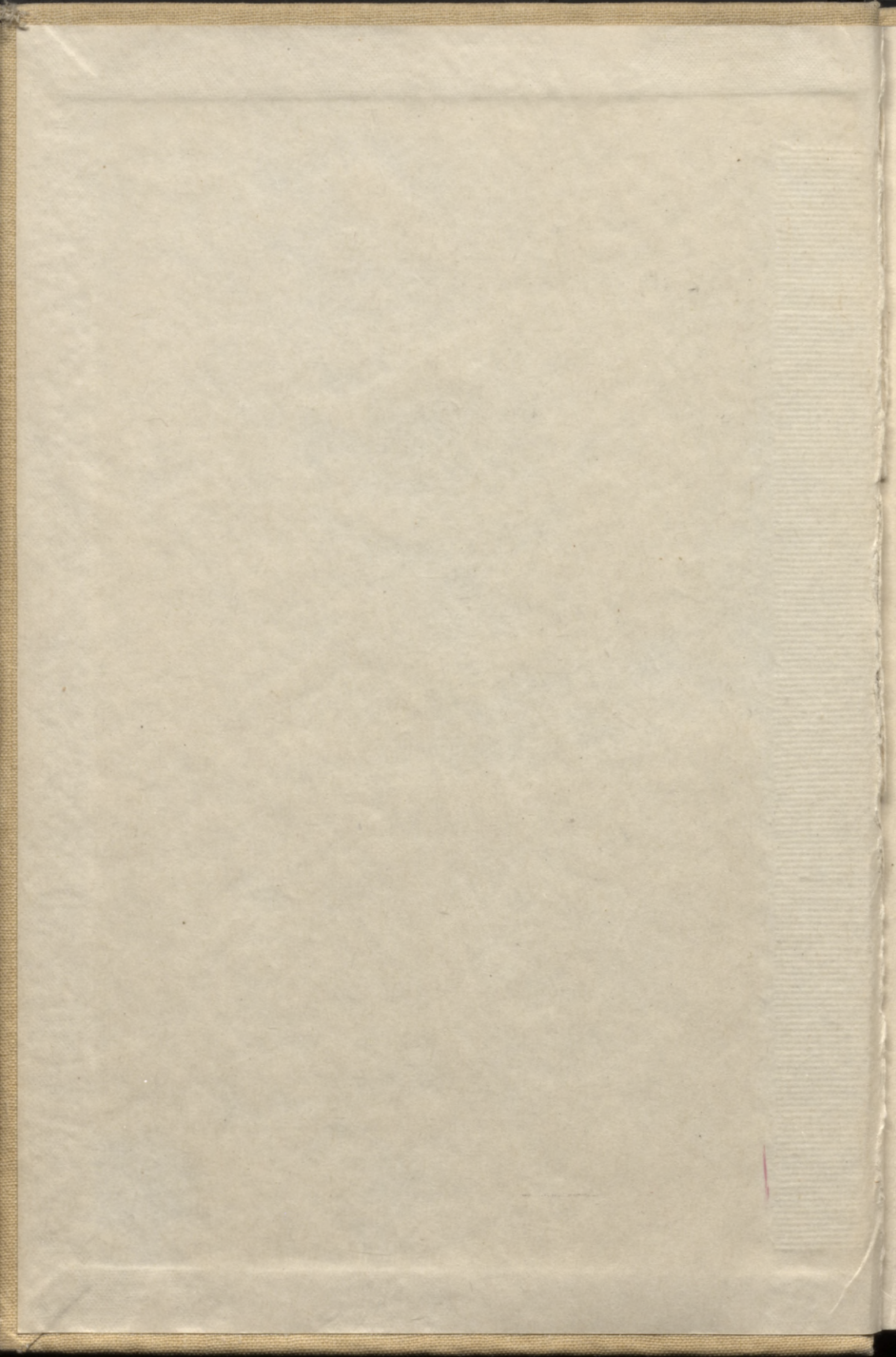


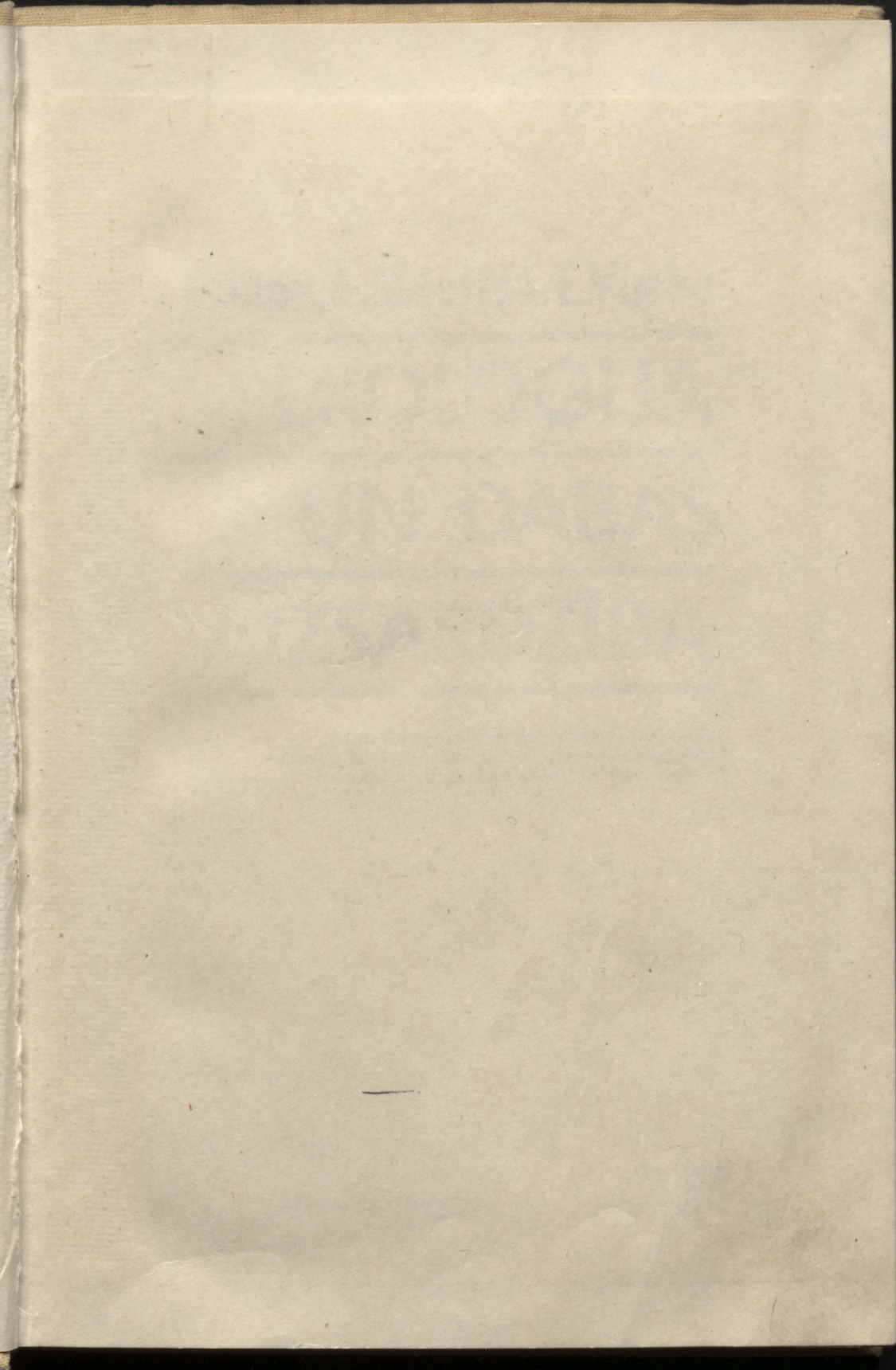
91-4
L 376

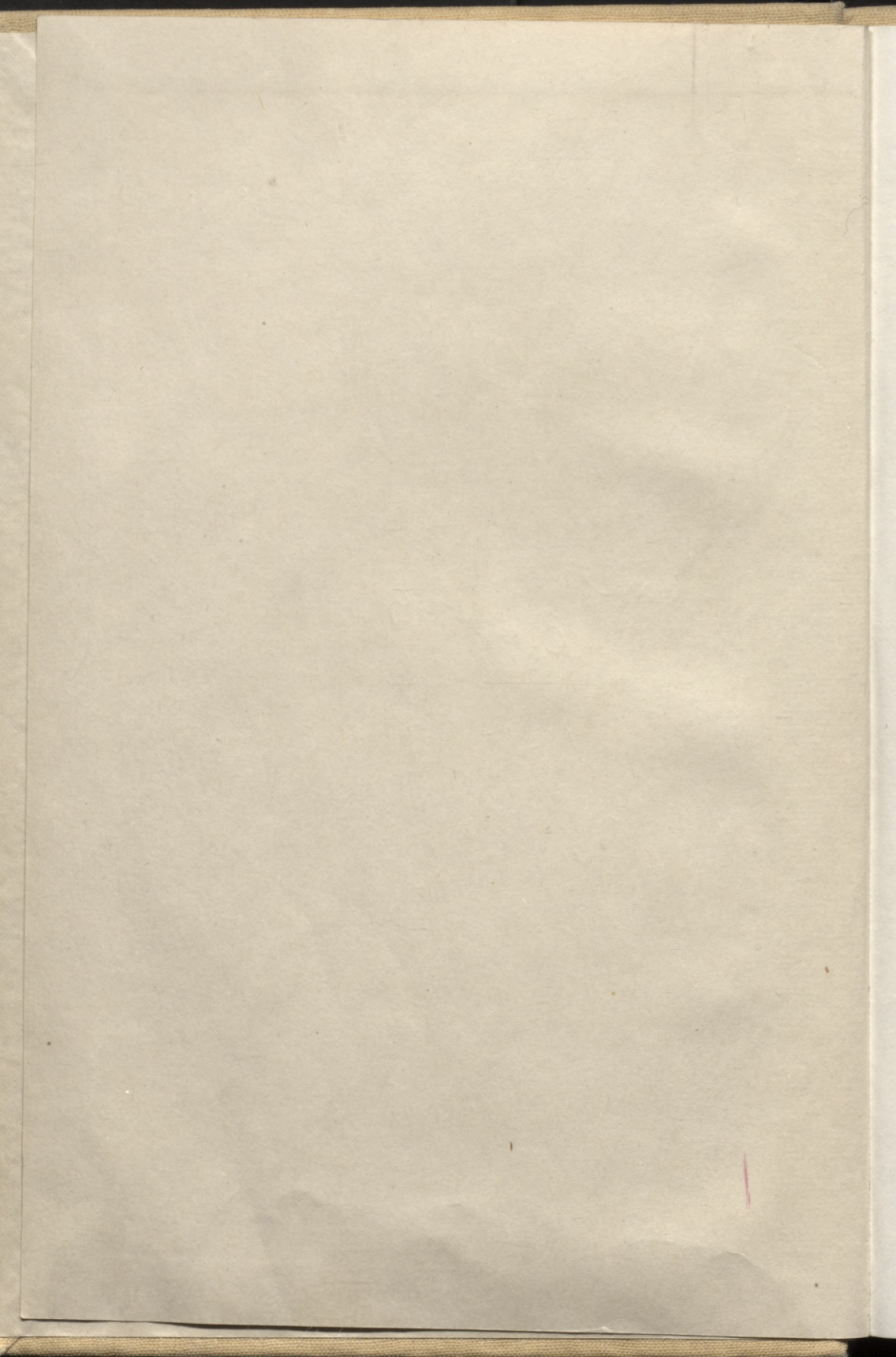
L. Liepa, A. Mauriņš, E. Vimba

**EKOLOĢIJA
UN DABAS
AIZSARDZĪBA**









91-4
L 376

ОБЯЗАТЕЛЬНЫЙ ЭКЗЕМПЛЯР

502

I.Liepa, A.Mauriņš, E.Vimba

EKOLOĢIJA UN DABAS AIZSARDZĪBA

Latvijas Republikas Tautas izglītības ministrija
atļāvusi lietot par mācību līdzekli Latvijas Republikas
augstskolu studentiem ekoloģijas kursa apguvei

RĪGA «ZVAIGZNE» 1991



28.08.
L1 260

LATVIJAS VALSTI
BIBLIOTEKA

91-

36-556.8c
0305052768

В учебном пособии излагаются предмет и задачи экологии как науки и учебной дисциплины, её краткая история и современное содержание. Рассматриваются проблемы учета и анализа экологических факторов и эффекта их влияния на биосистемы. Книга завершается главой об экологических принципах охраны природы и рационального природоиспользования.

Учебное пособие предназначено для студентов биологического факультета Латвийского Университета. Книгу могут использовать студенты других факультетов и вузов, а также аспиранты, учителя, научные работники и практики, занимающиеся вопросами охраны природы.

UN DABA

AIZGARDZIBA

Recenzents Valdis Balodis

Redaktore Gunta Ansons

ISBN 5-405-00365-4

1991. GADAMANA ARĪN

© I. Liepa, A. Mauriņš,
E. Vimba, 1991

Ekoloģija, būdama atsevišķa disciplīna bioloģisko zinātņu kompleksā, pašreiz pārdzīvo straujas un pretrunīgas attīstības periodu, aizvien paplašinot mijiedarbību ar citām dabas un sabiedriskajām zinātnēm. Faktu uzkrāšanas tempi apsteidz to konceptualizēšanu, apkopošanu fundamentālā teorijā. Līdz ar to vēl nevar strikti novilkt ekoloģijas priekšmeta robežas. Tā ir zinātne, kurai sabiedrība izvirza ļoti lielas prasības kā praktisku vitāli nozīmīgu problēmu risināšanā, tā arī metodoloģiskajā ziņā. Apsteidzot teorētiskās ekoloģijas attīstību, noris sabiedriskās apziņas formu (filozofijas, morāles, tiesību, politikas, reliģijas) un ražošanas ekoloģizēšanās.

Termins «ekoloģija» (gr. *oikos* — māja, paslēptuve; *logos* — mācība, zinātne) lietots jau pagājušā gadsimta pirmajā pusē. Zinātnē to ieviesis vācu zoologs E. Hekelis pirms vairāk nekā 120 gadiem. Viņa izpratnē ekoloģija ir bioloģiska zinātne par dzīvo organismu un vides attiecībām. Tālākajā gaitā šis zinātnes priekšmets un teorētisko konstruktus sistēmā ir būtiski paplašinājusies. Mūsdienās ekoloģijas izziņas priekšmets ir ekoloģisko sistēmu struktūra, fundamentālās īpašības, funkcionēšanas un attīstības likumsakarības. Ekoloģija pēta organisma un virsorganisma līmeņu biosistēmu un vides attiecības, tātad minēto līmeņu ekoloģiskās sistēmas ar tajās noritošo enerģijas, vielas un informācijas transformācijas procesu. Atšķirībā no taksonomiskajām zinātnēm (botānika, zooloģija, mikrobioloģija u. tml.) ekoloģija pieder pie funkcionālo zinātņu grupas.

Ņemot vērā izziņas objektu un izziņas tehnoloģiju, ekoloģiju iedala sīkāk. Pēc izziņas objekta izšķir vispārīgo un speciālo ekoloģiju. Vispārīgā ekoloģija pēta kopējās, speciālā — kādas noteiktas ekoloģiskas sistēmas vai dzīvo organismu taksonu īpašās ekoloģiskās likumsakarības. Vispārīgo ekoloģiju iedala autekoloģijā, demekoloģijā, sinekoloģijā un globālajā ekoloģijā. Autekoloģija jau tājumus risina organisma, demekoloģija — populācijas, sinekoloģija — biocenožu un ekosistēmu, globālā ekoloģija — biosfēras līmenī. Savukārt, ņemot vērā izzināmās ekoloģiskās sistēmas raksturu, izšķir speciālās ekoloģijas nozares: augu, dzīvnieku, cilvēka, meža, purva, okeāna (jūras), tuksneša, pilsētas ekoloģiju utt. Atkarībā no izziņas veida izšķir teorētisko, eksperimentālo, kvalitatīvo ekoloģiju, radioekoloģiju, paleoekoloģiju u. c.

Ekoloģisko pētījumu rezultāti un to popularizēšana izveidojuši sabiedrībā skaidru priekšstatu par cilvēces būtisku atkarību no vides stāvokļa (šeit un turpmāk ar vidi tiks apzīmēta dabas vide, kas

neietver sociālo vidi). Nostiprinās uzskats, ka, attīstot tautsaimniecību, jārēķinās ar ekoloģiskajām likumsakarībām, ierādot tām prioritāti ekonomikā. Ekoloģijas sociālais uzdevums ir teorētiski pamatot dabas resursu racionālas izmantošanas sistēmu, pilnveidot sabiedrības un dabas attiecību formas un stratēģiju. Fundamentālie pētījumi virzīti uz ražošanas intensifikāciju, nodrošinot tās stabilu attīstību, saglabājot vides daudzveidību un asimilācijas spējas, lai paaugstinātu dabisko un mākslīgo ekosistēmu bioloģisko produktivitāti un saglabātu to stabilitāti. Pašreizējās ekoloģiskās krīzes situācijā ir jārod ceļi un līdzekļi tās pārvarēšanai, vides reģenerēšanai. Te nozīmīga loma pieder ilgtermiņa ekoloģiskajām programmām, prognozēšanai, projektu un programmu sociālekoloģiskajām ekspertīzēm.

Risinot cilvēcei un atsevišķām tautām vitāli svarīgas ekoloģiskas problēmas, pastiprinās starptautiskā sadarbība, jo dabas procesi nerespektē valsts robežas. Šo problēmu risināšanu organizē un koordinē starptautiskas organizācijas un komisijas. Jau otro desmitgadi tiek veikta UNESCO plaša starptautiska programma «Cilvēks un biosfēra», kurā piedalās arī Latvijas zinātnieki. Iznāk daudzi starptautiski žurnāli par ekoloģijas un dabas aizsardzības jautājumiem.

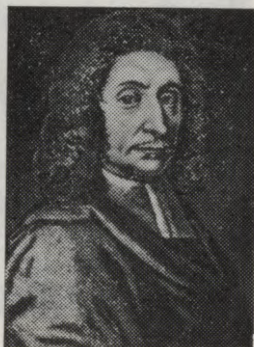
Mācību grāmata paredzēta Latvijas Universitātes Bioloģijas fakultātes studentiem, bet to varēs izmantot arī citu fakultāšu un augstskolu studenti, kā arī aspiranti un daudzie zinātniskie darbinieki, skolotāji un praktiķi, kuriem nākas nodarboties ar dabas aizsardzības un dabas resursu izmantošanas jautājumiem. Šī ir pirmā latviešu valodā izdotā mācību grāmata ekoloģijā. Būsim pateicīgi par kritiskiem aizrādījumiem un padomiem!

Autori.

1. ĪSS PĀRSKATS PAR EKOLOĢIJAS VĒSTURI

1.1. EKOLOĢIJAS PRIEKŠVĒSTURE, TĀS ELEMENTI XVIII—XIX GS. ZINĀTNĒ

Par vides apstākļiem, kas nepieciešami augu un dzīvnieku eksistēšanai, ir rakstījuši jau antīkās pasaules domātāji (Aristotelis, Empedokls, Hipokrats, Teofrasts u. c.). Babilonijas valdnieka Hamurapi (XVIII gs. p. m. ē.) likumos ietverti arī agroekoloģiska rakstura noteikumi. Plīnijs Vecākais (23—79) «Dabas vēstures» 37 grāmatās sniedz ne mazums enciklopēdisku ziņu par augiem un dzīvniekiem, par dabas faktoriem. Senajā Ķīnā jau otrajā gadu tūkstoši p. m. ē. sāka veidoties priekšstati par cikliskumu dabā un tā nozīmi dzīvo būtņu attīstībā («Pārmaiņu grāmata»), tie pārliecinoši izteikti Konfūcija (VII—VI gs. p. m. ē.) darbos. Ekoloģiska rakstura datus atrodam Bibelē, zoroastriešu Avestā (I gadu tūkstoša sākums p. m. ē.), senindiešu Upaniṣādās (VIII—V gs. p. m. ē.). Ne mazums ekoloģisku ziņu sniedz viduslaiku autori (Bolštedas Alberts, Avicenna u. c.). Zināšanas par augu un dzīvnieku ekoloģiju sāk intensīvāk papildināties apgaismības laikmetā (XVII—XVIII gs.). Te jāatzīmē A. Čezalpino (1519—1603) «16 grāmatas par augiem», kā arī Dž. Reja (1627—1705) «Augu vēsture», kurā izklāstītas ziņas par augu augtēnēm, izplatību un augu grupējumu veidošanos atkarībā no ģeogrāfiskā platuma un augstuma virs jūras līmeņa. Sevišķi jāizceļ J. Turnefora (1656—1708) un Ž. Bifona (1707—1788) darbi. Turnefors pirmais ir aprakstījis vertikālo zonalitāti kalnos. Bifona «Dabas vēsturē» (36 grāmatas) parādīta vides faktoru ietekme uz faunas un floras veidošanos. Viņš ir izvirzījis un aizrautīgi pamatojis dzīvās dabas mākslīgas bagātināšanas, tās paplašinātas atražošanas ideju, uzsverot cilvēka darbības radošo un pārveidojošo lomu. Biologs Ž. Lamarks (1744—1829) uzskatīja, ka ārējo apstākļu ietekmē mainās



DZONS REJS
(1628—1705)



ZOZEFS
TURNEFORS
(1656—1708)



ZORZS BIFONS
(1707—1788)



MIHAILS
LOMONOSOVS
(1711—1765)



ALEKSANDRS
HUMBOLTS
(1769—1859)

organismu adaptācija, noris dzīvnieku un augu evolūcija.

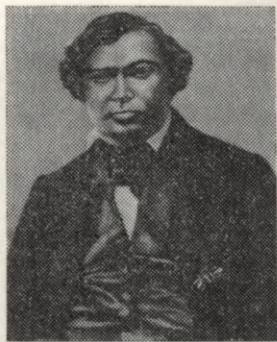
Kā atzīmē J. Oudums, milzumu ekoloģisko zināšanu ir uzkrājuši XVIII—XIX gs. «bioloģiskās renesanses» dižgari. Piemēram, mikroskopijas pamatlicējs A. van Lēvenhuks (1632—1723) ir aizsācis arī barības ķēžu un organismu skaitliskās regulēšanās izpētes virzienu zinātnē. Angļu botāniķa R. Bredlija (XVIII gs.) darbos jau skaidri izteikti priekšstati par bioloģisko produktivitāti. Slavenais Krievijas zinātnieks enciklopēdists M. Lomonosovs (1711—1765) ir risinājis arī dažādus ekoloģiskus jautājumus, pētījis augsnes un kūdras veidošanās likumsakarības, meža sugu sastāva un veģetācijas atkarību no augsnes īpašībām, aprakstījis tundras un stepes īpatnību dabā, izteicis hipotēzi par augu barošanos no gaisa. Taču visbūtiskākais viņa ieguldījums bioloģijā ir dabas vēsturiskās attīstības idejas pamatojums. Viņš pārliecinoši parādījis, ka evolucionārās pārmaiņas ir dabisko faktoru darbības rezultāts. Savus pētījumus viņš veicis kompleksi. Meteoroloģisko procesu dziļākai izpētei M. Lomonosovs konstruējis oriģinālas ierīces un aparātus. Jāatzīmē viņa ieguldījums klimatoloģijā, kā arī atmosfēras īpašību un procesu izziņāšanā.

1.2. EKOLOĢIJAS ZINĀTNES TAPŠANA

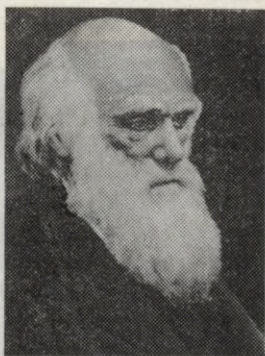
Ziņas par ekoloģiju ir ievērojami paplašinājies slavenais vācu dabaspētnieks un ceļotājs, augu ģeogrāfijas zinātnes pamatlicējs A. Humbolts (1769—1859). Aprakstīdams veģetācijas struktūras likumsakarības, viņš ieviesa jēdzienu par asociācijām, izveidoja mācību par dabas zonām, mācību par ainavu fizionomisko tipu vienībām, t. i., augu pamatformām (palmveida, banānveida, mimozveida, krūmveida, kaktusveida, laurveida, orchidejveida augi, skujaugi, liānas u. c., pavisam 16 pamatformas), kā arī izstrādāja augtēnes ekoloģiskās izpētes un aprakstu metodoloģijas principus un teorētisko jēdzienu sistēmu. A. Humbolta iedibināto virzienu turpināja daudzi zinātnieki. Ipaši jāatzīmē

Getingenes universitātes profesors A. Grizebahs (1814—1879). Savā grāmatā «Zemes veģetācija sakarā ar klimatu» un citos darbos viņš tālāk attīstījis Humbolta mācību par augu pamatformām, apvienodams tās 7 grupās (koki, sukulenti, vītenaugi, epifīti, platlapji, lakstaugi, graudzāles, lapoņi). Arī zemeslodes veģetācijas formācijas viņš ir apvienojis 7 grupās (meži, krūmāji, pļavas, niedrāji, savannas, stepes, tuksneši). A. Humbolta izteiktās idejas par ģeogrāfisko apstākļu ietekmi uz organismu veidolu un sugu izplatību ir izraisījušas virkni ekoloģiska rakstura pētījumu. K. Bergmanis 1848. gadā publicētajā darbā ir aprakstījis paša atklāto likumsakarību par siltasiņu dzīvnieku izmēru izmaiņām atkarībā no ģeogrāfiskā platumā («Bergmaņa princips»). A. Dekandols (1806—1893) grāmatā «Augu ģeogrāfija» (1855) ir sīki aprakstījis vides faktoru (temperatūras, mitruma, gaismas, augsnes tipa, nogāzes ekspozīcijas u. c.) ietekmi uz augiem, atzīmējot, ka tie ir plastiskāki nekā dzīvnieki. Maskavas universitātes profesors K. Ruljē (1814—1858) daudz rakstīja par to, ka ir nepieciešams vispusīgi pētīt dzīvniekiem vajadzīgos dabas apstākļus. Viņš ir izstrādājis plašu programmu dzīvnieku ekoloģiskai izpētei. K. Ruljē uzsvēra, ka jāšķir jēdzieni «indivīda dzīves veids» un «vispārējās dzīves parādības» (vecāku un pēcnācēju paaudžu attiecības, vairošanās kvantitatīvās likumsakarības, attiecības starp vienas sugas un dažādu sugu organismiem, «kopdzīve sabiedrībā», dzīvnieku sugu specifiskā reakcija uz dažādiem vides faktoriem u. tml.). Vēlāk vairāki viņa studenti kļuva par izciliem zinātniekiem, kuri tālāk attīstīja savu skolotāja ekoloģiskās idejas. Te jāatzīmē evolucionārās morfoloģijas pamatlicēja N. Severcova (1827—1885) darbs «Periodiskās parādības Voronežas guberņas zvēru, putnu un rāpuļu dzīvē», kas ir pirmais dziļi ekoloģiskais pētījums Krievijā par atsevišķa reģiona dzīvnieku valsti.

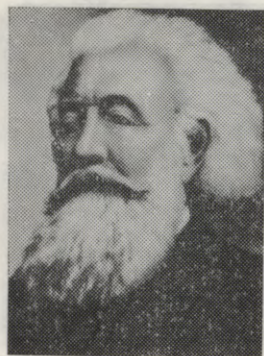
Uz A. Humbolta datiem un atziņām atsaucās arī Č. Darvins (1808—1882), iztīrādāms evolūcijas problēmas un pamatodams tās likumsakarības. Darvina pētījumi, arī viņa izveidotā evolūcijas mācība deva spēcīgu ierosmi ekoloģijas tapšanai par patstāvīgu zinātni. Tā nebūt nav nejaušība, ka tieši biologs Ē. Hekels (1834—1919), Darvina aktīvais sekotājs, teorētiski pamatoja šo jauno zinātni un ieteica tai nosaukumu «ekoloģija». Savos darbos «Vispārīgā organismu morfoloģija» (1866) un «Pasaules radīšanas vēsture



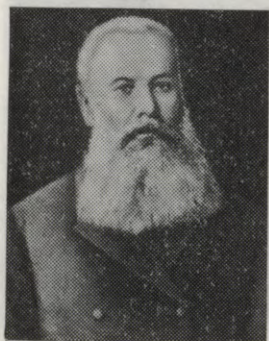
KĀRLIS RULJE
(1814—1858)



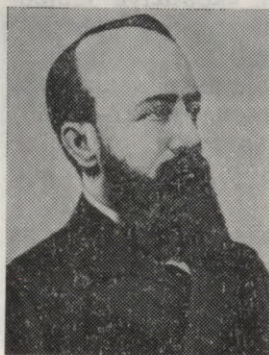
ČARLZS DARVINS
(1809—1882)



ANDREJS
BEKETOVS
(1825—1902)



VASILIJS
DOKUČAJEVS
(1846—1903)



ANDREJS
KRASNOVS
(1862—1914)

dabaszinātniskā skatījumā» (1868) viņš formulēja jaunās zinātnes nozares — ekoloģijas priekšmetu un uzdevumus. Pēc E. Hekela definīcijas, ekoloģija ir zinātne par dzīvo organismu «mājas apstākļiem» un tās pamatzdevums — izpētīt tās sarežģītās attiecības, kuras Darvins nosaucis par eksistences cīņu.

1.3. EKOLOĢIJAS PAMATVIRZIENU VEIDOŠANĀS

Jau Č. Darvina darbos saskatāmi divi ekoloģijas novirzieni — sugas un organismu dabisko kopu (sabiedrību) attiecības ar ārvides eksistences apstākļiem.

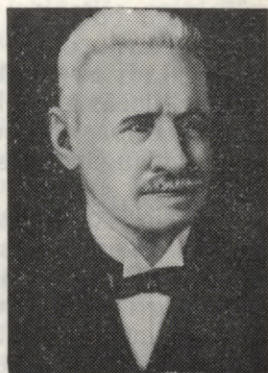
Pirmais virziens — autekoloģija, kas pēti vienas sugas indivīdu un apkārtnes vides mijiedarbību, bija kļuvis jau par tradicionālu. Starp daudzajiem šī virziena darbiem var atzīmēt D. Allena (1877) konstatētās likumsakarības par zīdītāju un putnu ķermeņa proporciju, orgānu izmēru un krāsas izmaiņu atkarību no ģeogrāfiskā platuma (klimata). A. Beketovs (1825—1902) savos pētījumos noskaidroja ekoloģisko faktoru ietekmi uz augu anatomiskajām un morfoloģiskajām īpatnībām. Jau 1913. gadā C. Adams publicēja plašu kopsavilkumu — rokasgrāmatu dzīvnieku ekoloģijas izpētē.

Otrais virziens — sinekoloģija, kas pēta augu un dzīvnieku dabisko sabiedrību ekoloģiju, XIX gs. septiņdesmitajos gados faktiski tikai sāka veidoties. Vācu hidrobiologs K. Mēbiuss, izmantojot Ziemeļjūras austeru sēkļu pētījumu rezultātus, 1877. gadā publicētajā darbā pamatoja priekšstatu, ka biocenoze ir dažādu sugu pārstāvju dziļi likumsakarīga dabiska sabiedrība noteiktos vides apstākļos. Pēc viņa atzinuma, biocenoze izveidojusies konkrētos ekoloģiskajos apstākļos ilgstošas evolūcijas rezultātā, dažādu sugu pārstāvjiem savstarpēji pielāgojoties. Pamatus sauszemes ekosistēmu kompleksai izpētišis Krievijas augsnes zinātnes tēvs V. Dokučajevs (1846—1903). Viņš uzskatīja,

ka augsne jāpēta kompleksā ar veģetāciju, šai nolūkā ierīkoja speciālus stacionārus, organizēja ilgstošas zinātniskas ekspedīcijas. Savu pētījumu rezultātā V. Dokučajevs izveidoja mācību par dabas zonām, par augsnes veidošanās zonālajām īpatnībām. V. Dokučajeva idejas deva ierosmi turpmākajiem krievu zinātnieku oriģināliem pētījumu virzieniem augsnes zinātnē (P. Kostičevs u. c.), fitosocioloģijā jeb ģeobotānikā (S. Koržinskis, J. Pačoskis, G. Tanfiljevs, A. Krasnovs) un mežzinātnē (G. Visockis, G. Morozovs, K. Melderis).

Sinekoloģijas attīstībā būtiska nozīme ir N. Sukačova (1880—1967) biogeocenoloģijas koncepcijai (1942), kura vienotībā, mijiedarbībā un attīstībā skata dzīvās un nedzīvās dabas kompleksa komponentus un elementus. Par biogeocenoloģijas priekštecī var uzskatīt purvu pētnieka botāniķa R. Āboliņa (1886—1939) epigenoloģijas mācību (1914). Šī mācība vēsta, ka epigēni (dabas kompleksu elementārās vienības) kopumā veido epigenēmu (visu sauszemes virsmu), kuru iedala epizonās un epiapgabalos. Iespējams, ka šāda kompleksa pieeja tika piedāvāta priekšlaicīgi, tā neguva ievēribu. Sinekoloģijas attīstībai bija nepieciešamas vēl divas desmitgades, lai rastos A. Tenslija (1871—1955) ekosistēmas koncepcija (1935). Ekosistēma — vielas un enerģijas apmaiņā saistīts dabas komplekss, ko veido dzīvie organismi un to dzīves vide. Pēc biogeocenoloģijas piekritēju domām, starp jēdzieniem «ekosistēma» un «biogeocenoze» ir būtiska atšķirība. Ekosistēmas jēdzienu kā ļoti vispārīgu var attiecināt uz jebkuru dabas sistēmu (no atsevišķa ciņa līdz biosfērai). Turpretim biogeocenoze ir konkrēts pētniecības objekts, tā sastāv no tieši šai vietai raksturīgu vides faktoru kopas (ekotops), augu (fitocenozes), dzīvnieku (zoocenozes) un mikroorganismu (mikrobocenozes) sabiedrības. Kā atzīmē N. Timofejevs-Resovskis, biogeocenozei ir konkrētas robežas un to nav iespējams sadalīt sīkākās biogeocenozēs.

Ekoloģiju minētajos divos virzienos (autokoloģijā un sinekoloģijā) iedalīja III starp-



JUZEFS PACOSKIS
(1864—1942)



KRISS MELDERIS
(1880—1942)



VLADIMIRS SUKAČOVŠ
(1880—1967)

tautiskajā botāniķu kongresā Briselē 1910. gadā. Šādu iedalījumu pieņēma arī zoologi un zinātnieki, kuri nodarbojās ar vispārīgo ekoloģiju. Līdz ar to, krasi pieaugot interesei par ekoloģiju, tika stimulēta vispārīgās ekoloģijas attīstība (1913—1920). Dibinājās ekoloģu biedrības, attiecīgā profila pētniecības iestādes, ekoloģiju sāka pasniegt augstskolās, tika izdoti attiecīgā profila žurnāli. Piemēram, kopš 1920. g. ASV iznāk žurnāls «Ecology». Vispārīgās ekoloģijas atziņas ir izklāstītas K. Frideriksa (1930), F. Bodenheimera (1938) un citu autoru plašajos pārskatos. Sevišķi te jāatzīmē D. Kaškarova monogrāfija «Vide un organismu kopas» (1933) un viņa sarakstītā mācību grāmata dzīvnieku ekoloģijā (1938).

Pieņemts uzskatīt, ka demekoloģijas jeb populāciju ekoloģijas virziens izveidojās mūsu gadsimta 30. gados. Tā pamatlicējs ir amerikāņu zinātnieks Č. Eltons. Grāmatā «Dzīvnieku ekoloģija» (1927) viņš populāciju izvirza par ekoloģiskās izpētes pamatobjektu, apskata tai raksturīgās specifiskās likumsakarības (panmiksija, īpatņu skaita cikliskās izmaiņas, vecuma un dzimumu struktūra, adaptācijas un regulācijas īpatnības). Šī ekoloģijas virziena attīstību būtiski stimulēja populāciju ģenētikas veidošanās, kas faktiski sākās ar S. Četverikova darbu «Par evolūcijas procesa dažiem momentiem mūsdienu ģenētikas skatījumā» (1926). Demekoloģijas pirmsākumi iezīmējas jau gadsimtu mijā, kad terminu «populācija» vēl nelietoja. Te spilgti izceļas Latvijas zinātnieka M. Siversa (1857—1919) darbi. Kopš 1890. gada viņš publicēja daudzus rakstus par sugas nevienveidību tās areālā, kurā teritoriāli var izdalīt bioloģiskā ziņā atšķirīgus biotipus. Savu koncepciju M. Siverss balstīja uz pētījumu datiem un argumentēti izklāstīja referātā «Par sēklu izcelsmes ietekmi uz koku augšanu», ko viņš nolasīja X Viskrievijas mežkopju kongresā Rīgā 1903. gadā. Savu teorētisko bāzi viņš veiksmīgi izmantoja, ierīkojot Skrīveru dendroloģisko parku un meža kultūras.

Atsevišķs novirziens ir ekoloģijas jautājumu pētīšana ar fizioloģijas metodēm. Šādu zinātnisku tradīciju iedibināja K. Timirjzevs, to turpināja N. Maksimovs, V. Ļubimenko u. c. Izteikti fizioloģiska rakstura pētījumi aprakstīti plaši pazīstamajā V. Ļarhera monogrāfijā par augu ekoloģiju. Ievērojamais zinātnieks, PSRS ZA Ģenētikas institūta un Vissavienības Augkopības institūta dibinātājs N. Vavilovs (1887—1943) daudz paveica, lai izveidotu zinātnieku kolektīvus, kas kompleksi izdarītu ekoloģiskus, fizioloģiskus un ģenētiskus pētījumus.

1.4. BIOSFĒRAS MĀCĪBAS IZVEIDOŠANĀS.

TEORĒTISKI MATEMĀTISKĀ UN EKSPERIMENTĀLĀ VIRZIENA IEDIBINĀŠANA

Iejas par dzīvo būtņu nozīmi vides veidošanā izteikuši daudzi zinātnieki, sākot jau ar M. Lomonosovu. Taču mācību par dzīvības vadošo ģeoloģisko lomu radīja V. Vernadskis (1863—1945). Grā-

matā «Biosfēra» (1926) un citos darbos viņš izklāstīja oriģinālu zinātniski pamatotu mācību par Zemes biosfēru, kas ir tās cietā, šķidrā un gāzveida apvalka dzīvo, nedzīvo un organogēno komponentu vienota sistēma ar tai raksturīgu materiāli enerģētisko un informatīvo mijiedarbību, kā arī īpatnējām attīstības likumsakarībām. Dzīvību viņš uzskata par biosfēras ģeoloģisku un ģeokīmisku funkciju. Arī cilvēka darbība kļūst varens planetārais spēks, kā rezultātā biosfēra sāk pārtapt noosfērā — saprāta sfērā. V. Vernadskas biosfēras mācība apsteidza sava laika zinātni. Tā negāja kopsolī arī ar toreiz pasaulē valdošo neopozitīvisma metodoloģiju. Taču šī mācība 60. gados, sākoties «ekoloģijas bumam», pēkšņi ieguva milzu popularitāti.

So biosfēras mācības popularitāti, kas nāca kādus četrdesmit gadus pēc tās publicēšanas, noteica jaunās tendences pasaulē. Industriāli attīstīto valstu sabiedrību arvien vairāk pārņēma satraukums par ekoloģiskās situācijas saasināšanos, vides piesārņojuma un degradācijas strauju pieaugumu, dabas resursu sarūkšanu un sugu izzušanu. Cilvēku prātus pārņēma bažas par dzīvās dabas un savu nākotni. Radās notiekošo procesu globālo saistību un planetāro sakarību izpratne. V. Vernadskas biosfēras koncepcija tika pieņemta par teorētisko pamatu, ne tikai pateicoties tās globālismam, bet arī sistēmiskajai būtībai. Zinātnē jau bija nostiprinājusies sistēmiskā pieeja, jo uz tās balstījās kibernetika un tā saucamā «informatīvā revolūcija». Izrādījās, ka V. Vernadskis ar savu koncepciju it kā bija ielūkojies nākotnes zinātnē, apskatīdams dzīvās dabas, biosfēras kā vienota planetārā ķermeņa organizētības līmeņus. Tīri bioloģiskajā skatījumā parasti izšķir šādus dzīvības organizētības līmeņus: molekulāro, šūnas, organisma, populācijas un sugas, biocenotisko, biomu un biosfēras. V. Vernadskis integratīvi analizē vienotas biosfēras organizētību termodinamiskajā un fizikālajā, ģeokīmiskajā, biotiskajā, paraģenētiskajā, enerģētiskajā un informatīvajā, planetārajā un planetāri kosmiskajā aspektā. Sīkāk par šiem biosfēras organizētības līmeņiem pastāstīts 5. nodaļā («Mācība par biosfēru»).

V. Vernadskas darbi deva spēcīgu impulsu pētījumiem evolucionārajā ekoloģijā. Sākās ekosistēmu un visas biosfēras evolūcijas procesa likumsakarību izpēte. Šajā plašajā zinātnes laukā jau iezīmējušies vairāki virzieni. PSRS Zinātņu akadēmijas Augu un dzīvnieku ekoloģijas institūta izveidotājs un ilggadējais direktors S. Svarcs (1919—1976) iedibināja populāciju ekoloģiskās pašregulācijas evolucionēšanas izpēti. Šo zinātnes virzienu būtiski paplašinājuši A. Jablokovs, S. Severcovs, N. Naumovs u. c. Jaunas atziņas par ekosistēmu evolucionēšanas likumsakarībām izteikuši krievu zinātnieki V. Timofejevs-Resovskis, E. Sinska, G. Gauze, igauņu botāniķis V. Mazings, ukraiņu ģeobotāniķis M. Golubecs, amerikāņu biologi E. Pianka, P. Klauds, R. Makarturs, I. Margulis u. c.

Kā atzīmē H. Trass grāmatā «Ģeobotānika. Vēsture un mūsdienu attīstības tendences» (1976), konkrētas zinātnes attīstībā



NIKOLAJS MALTA
(1890—1944)



PAULS GALENIEKŠ
(1891—1962)



HEINRIHS SKUJA
(1892—1972)

izšķir šādus etapus: 1) parādības, procesu, objektu aprakstīšana; 2) mērīšana, kvantitatīvo datu uzkrāšana; 3) datu grupēšana, tipoloģizēšana un klasificēšana; 4) datu statistiskā (matemātiskā) apstrāde; 5) eksperimentu veikšana; 6) iegūto datu interpretēšana; 7) hipotēzes radīšana; 8) teoriju izstrādāšana un likumsakarību pamatošana; 9) prognozēšana; 10) vispārīgās teorijas izveidošana. Šādu shēmu varam lietot arī ekoloģijas stāvokļa pašreizējās situācijas novērtēšanai. Jākonstatē, ka pirmie četri etapi jau ir noieta. Piectā etapa (eksperimentālās ekoloģijas) sākumu iezīmēja padomju biologa B. Kellera (1874—1945) darbi. Viņš izstrādāja arī ekoloģisko rindu metodi, kuru lieto augtēnes apstākļu indikācijai. Eksperimentālos pētījumus dabā arvien vairāk sāka papildināt ekosistēmu matemātiskā modelēšana, ko lieto gan biocenožu produktivitātes (G. Vinbergs, G. Odums, J. Odums, R. Vitekers u. c.), gan tās struktūras dinamikas (A. Uranovs, V. Vasiļevičs, A. Rasiņš, V. Menšutkins u. c.) pētījumos. Plaši tiek izmantota sistēmteorijas pieeja (R. Margalefs, J. Urmancevs, J. Dombrovskis, K. Hailovs u. c.). Jau ir izstrādāti lielu ekosistēmu (Azovas un Kaspijas jūru, Baikāla ezera u. c.) imitācijas modeļi. Eksperimenta papildināšana ar matemātisko modelēšanu nepieciešama iegūto datu interpretēšanai. Top arī nepieciešamais materiāls likumsakarību konstatēšanai, hipotēžu pārbaudei un parciālo teoriju veidošanai. Iezīmējusies ekoloģiskā prognozēšana (V. Fedorovs, J. Kulagins, I. Liepa, A. Mauriņš u. c.), kā arī ekosistēmisko procesu vadīšanas jautājumu risināšana (K. Vats). Taču vispārīgās teorijas veidošana tā īsti vēl nav sākusies. Tas ir tuvākās nākotnes uzdevums.

Latvijā. Pirmo plašo pārskatu par Latvijas dabu 1778. gadā publicēja J. Fišers («Versuch einer Naturgeschichte von Livland»). Ekoloģijas jautājumiem XIX gadsimtā pievērsās J. Cigra un G. Kūfalds sakarā ar dārzkopības uzdevumu risināšanu, kā arī mežkopji A. Bodē un M. Siverss. Šādus pētījumus rosināja Rīgas Dabaspētnieku

biedrība (dibināta 1845. gadā). Plašāki darbi ekoloģijā uzsākti mūsu gadsimta 20. un 30. gados Latvijas Universitātē. Te izveidojās Ģ. Ramana iedibinātais reģionālās ģeogrāfijas un ainavu mācības zinātniskais virziens. Augu ekoloģijas jautājumus savos darbos apskatīja N. Malta, A. Zāmelis, P. Galenieks, H. Skuja, A. Apinis. Jau gadsimta sākumā uzsāktos pētījumus meža ekoloģijā turpināja K. Melderis (1880—1942). Šiem jautājumiem veltīti arī mežzinātnieku K. Kiršteina un V. Eihs darbi. Ekoloģijas problēmas risināja zoologi N. Tranzē un J. Tauriņš, purvu pētnieki P. Nomalis un M. Galeniece, augsnes zinātnieks J. Vītiņš. Pēckara gados dabas aizsardzībai, augu introdukcijai un citiem ekoloģijas jautājumiem ir pievērsusies G. Ābele, K. Bušs, R. Kondratovičs, M. Laiviņš, A. Mauriņš, A. Piterāns, A. Rasiņš, E. Vimba, A. Zvirgzds u. c.; dzīvnieku ekoloģijā — J. Lūsis, N. Sloka, M. Šternbergs, K. Vismanis. Pētījumus par Latvijas klimatu veikuši N. Temņikova un P. Zirnītis, ģeoekoloģijā — G. Eberhards, K. Ramans u. c. Kvantitatīvās ekoloģijas oriģinālu virzienu iedibinājuši I. Liepa ar līdzstrādniekiem (V. Balodis, G. Pospelova, K. Ramans). Latvijas Zinātņu akadēmijas Bioloģijas institūtā tiek risināti pētījumi par piesārņojuma ietekmi uz biosistēmām (Dz. Beriņa, I. Magone, V. Melecis, P. Šarkovskis u. c.), ūdens ekosistēmām (P. Cimdiņš ar līdzstrādniekiem).

Universitātes bioloģijas un ģeogrāfijas fakultātes sagatavo speciālistus ekoloģijā un dabas aizsardzībā. Ir izstrādāta Latvijas teritoriālā kompleksā dabas aizsardzības shēma. Sāk veidoties republikāniskais ekoloģiskā dienesta tīkls.

2. AUTEKOLOĢIJA

2.1. VIDE. EKOLOĢISKIE FAKTORI

Jebkura ekoloģiska sistēma sastāv no biosistēmas un vides. Atkarībā no dzīvās matērijas organizācijas līmeņa biosistēma var būt gan atsevišķs īpatnis, gan to dažāda lieluma un sarežģītības kopas, ieskaitot visus biosfēras organismus. Vide ir apstākļu kopums, kas ietekmē biosistēmu un pakāpeniski mainās tās darbības iespaidā. Vide nodrošina biosistēmu ar eksistences resursiem un uzņem sevī tās darbības (metabolisma) produktus. Vides jēdziens ir atkarīgs no biosistēmas mēroga. Piemēram, atsevišķas baktērijas, cērmes, zaķa, cilvēka, pilsētas un planētas vides ir kvalitatīvi un pēc apjoma atšķirīgas. Nereti lieto terminus «ārējā vide» un «apkārtējā vide». Latviešu valodā tie uzskatāmi par terminoloģisku piesārņojumu, jo informatīvu slodzi nenes. Ekoloģija nešķiro biosistēmas ārējo un iekšējo vidi, bet apzīmētājs «apkārtējā» rosina domāt par kādu telpiski norobežotu vides daļu. Pamatoti ir lietot «dabiskā» un «antropogēnā» vide. Pirmajā gadījumā saprot cilvēka relatīvi neskartu, otrajā gadījumā — cilvēka būtiski izmainītu vidi.

Vide ir ļoti daudzu sarežģītā mijiedarbībā esošu apstākļu komplekss. Tās atsevišķos elementus sauc par *ekoloģiskajiem faktoriem*. Tiem raksturīga liela kvalitatīvā daudzveidība un ietekmes dažādība. Šo aspektu vispārīgās likumsakarības aplūko organisma līmenī, tātad autekoloģijas ietvaros. Tādēļ pēdējā laikā autekoloģiju sauc arī par faktorekoloģiju.

Biosfērā izšķir četras vides pamatkategorijas: sauszemi, ūdeni, augsni un organismu (attiecībā pret tā parazītiem). Šīs kategorijas sauc par *ekoloģiskajām vidēm*. Katru no tām raksturo savdabīgs īpašību komplekss. Tas ir viens no iemesliem, kāpēc līdz šim vēl nav izstrādāta vispāratzīta un vienota ekoloģisko faktoru klasifikācija. Šeit izklāstīts vienkāršākais un populārākais ekoloģisko faktoru iedalījums.

1. Abiotiskie faktori:

- 1) klimatiskie faktori — gaisma, temperatūra, mitrums, gaiss, uguns u. c.;
- 2) edafiskie faktori — cilmiezis, augsnes trūdvielu saturs, mehāniskais sastāvs, ķīmiskās, fizikālās un hidroloģiskās īpašības u. c.;
- 3) orogrāfiskie faktori — augstums virs jūras līmeņa, nogāzes slīpums un ekspozīcija.

2. Biotiskie faktori:
 - 1) fitogēnie faktori;
 - 3) zoogēnie faktori;
 - 3) mikrobogēnie faktori.
3. Antropogēnie faktori:
 - 1) fizikālie faktori;
 - 2) ķīmiskie faktori;
 - 3) mehāniskie faktori u. c.

Visi ekoloģiskie faktori ir savstarpēji saistīti, tie ietekmē viens otru un mainās biosistēmas darbības rezultātā. Šī iemesla dēļ dažkārt ir pat grūti noteikt to piederību augstākā ranga kategorijām. Piemēram, franču fiziķis un biologs R. Reomīrs (1683—1757) jau 1740. gadā norādīja, ka bišu stropā temperatūra ir kā abiotiskas, tā biotiskas izcelsmes, jo apstākļos, kad temperatūra ārpus stropa noslīd līdz 13°C, bites sāk aktīvi kustēties, tādējādi to noturot 25...30°C robežās. Biotiskas cilmes vides mainīšanos sauc par *edifikatorefektu*. To var labi novērot egļu audzēs. Egļu nobiras (skujas, sīkie zari) veido skābo detritu (organiskās atliekas), kas veicina augsnes podzolēšanos. Notiek intensīva organisko un minerālo vielu izskalošanās augsnes trūdvielu horizontā un to uzkrāšanās dziļākajos slāņos. Augsnes virskārta iegūst pelnu pelēku nokrāsu, zaudē iepriekšējo struktūru un auglību. Ļoti spēcīgs mūsu ainavas edifikators ir Eirāzijas bebrs (*Castor fiber*). Sai sugai ir raksturīgi aizdambēt strautus un mazās upes, tādējādi veidojot ļoti specifiskas ekosistēmas. Bebru veidotajās ūdenskrātuvēs mājo dažādas dzīvnieku sugas. To tuvumā uzturas daudz abinieku, rāpuļu, putnu un zīdītāju. Ūdenskrātuves stabilizē apkārtnes hidroloģisko režīmu, bet bebru aktīvā darbība (ūdens sajaukšana, līdz ar to bagātināšana ar skābekli, dažādu nosēdumu izstumšana krastā un uz dambja) veicina daudz ātrāku ūdens attīrīšanos no piesārņojumiem. Ūdens tajā attīrās pat 10 reizes ātrāk (M. Baloža un P. Cimdiņa dati, 1982). Bebru darbības dēļ mainās abiotisko un biotisko faktoru ietekmes virziens un intensitāte.

Piemēros par bitēm un bebrim nav grūti saskatīt vēl vienu ekoloģisko faktoru īpatnību — to atkarību no populācijas blīvuma. Tas īpaši attiecas uz biotiskajiem faktoriem, kas saistīti ar dzīvo organismu eksistences cīņu un sugas turpināšanu.

Vide nemitīgi mainās. Dzīvajiem organismiem ir jāadaptējas jaunajiem apstākļiem. Organismi, kas to nespēj, iet bojā. Tādējādi vides dinamika veicina dabisko izlasi un ir evolūcijas priekšnosacījums. Tāpēc, ja vide transformējas ātrāk, nekā noris sugas adaptācija, sugas eksistence ir apdraudēta un suga ar laiku iznīkst. Šajā ziņā ļoti vērienīgi ir antropogēnie faktori. Mūsdienās tiem piemīt globāla, arvien straujāk pieaugoša un negatīva ietekme, kas jau radījusi un turpina radīt biosfērā neatgriezeniskas sekas. Tāpēc antropogēno faktoru izvērstā analīze ir neatņemama dabas aizsardzības kursa sastāvdaļa.

Jāatzīmē, ka minētā ekoloģisko faktoru klasifikācija tikai daļēji atsedz to daudzveidību, kopsakarību un bioloģisko nozīmību. Rela-

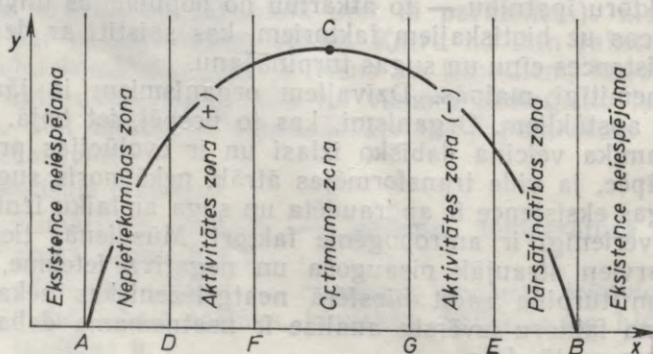
tīvi labāk tā atbilst sauszemes specifikai. Shēmas priekšrocība ir tās vienkāršība, uzskatāmība un lietošanas ērtums. Tā ir jāpiemēro katrai konkrētai ekoloģiskajai videi — jāpapildina un jādetalizē.

2.2. VIDES IETEKMES STRUKTŪRAS KOPĒJĀS LIKUMSAKARĪBAS

Vide biosistēmu ietekmē ļoti daudzveidīgi. To nosaka gan ekoloģisko faktoru, gan biosistēmas specifika. Daļa faktoru labvēlīgi ietekmē ekosistēmas komponentus un procesus, citi tos kavē, bet vēl citi dotajos apstākļos un laika momentā veido neitrālu fonu. Tomēr, neskatoties uz tik būtisku atšķirību, ekoloģisko faktoru iedarbībā vērojamas kopējas likumsakarības. Izšķir vides ietekmes struktūras un dinamikas vispārīgās likumsakarības. Kā vienas, tā otras izpaužas biosistēmu reakcijā. Noteikt vides ietekmes struktūru nozīmē noskaidrot, kāda ir katra atsevišķa faktora parciālā iedarbība kopējā efekta veidošanā. Ar dinamiku saprot parciālās un summārās ietekmes izmaiņas laikā.

Vides elementi uz biosistēmu iedarbojas vienlaikus un kompleksi. Tas nozīmē, ka reālajos apstākļos, faktoru savstarpējā mijiedarbībā to ietekme var izpausties būtiski citādi nekā atsevišķa faktora ietekmes gadījumā. Sacītais vienmēr jāpatur prātā, plānojot un uzsākot ekoloģiskos pētījumus, kā arī analizējot empīrisko informāciju. Taču uzskatāmībai faktorekoloģija parasti iztirzā kāda atsevišķa (hipotētiska) faktora ietekmi. Arī šeit izmantots šis didaktiskais paņēmiens, pie tam šķirti nodalot ietekmes struktūras un dinamikas aspektus.

Arī katra atsevišķa ekoloģiskā faktora ietekmes struktūra ir sa režģīta. To uzskatāmi attēlo diagramma, kuru no 1911. gada līdz 1913. gadam izstrādājis un ieviesis amerikāņu zoologs V. Selfords (1877—1968). V. Šelforda diagrammas (2.1. att.) abscisu ass izsaka dotā faktora lielumu, ordinātu ass — biosistēmas reakciju. Uz reakcijas līknes izšķir trīs kardinālos punktus: minimālo A, optimālo C un maksimālo B. Norāde uz kardinālajiem punktiem jau sastopama



2.1. att. V. Šelforda diagramma.

vācu botāniķa J. Saksa (1832—1897) darbos. Ja faktora lielums (koncentrācija, intensitāte utt.) ir mazāks par A, biosistēma to neuztver. Tā kā visi faktori ir vitāli svarīgi, zonā, kas atrodas pa kreisi no punkta A, dotā biosistēma nevar eksistēt. Tāpēc šajā zonā attiecīgās sugas īpatņi nav sastopami pat tādā gadījumā, ja visi pārējie faktori ir pietiekami nodrošināti. Tātad biosistēmas eksistenci nosaka tas faktors, kura vērtība ir mazāka par minimālo kardinālo punktu. Vēl jo vairāk, arī biosistēmas darbības intensitāti limitē tas faktors, kas ir mazākumā, t. i., atrodas tuvāk punktam A. So atziņu 1840. g. pirmo reizi publicēja vācu ķīmiķis J. Lībigs (1803—1873). Viņš pētīja lauksaimniecības kultūru ražas atkarību no dažādu minerālmēslojumu komponentu koncentrācijas augsnē. J. Lībigs konstatēja, ka ražas lielumu nosaka tas komponents, kura koncentrācija ir vismazākā. So atziņu viņš nosauca par minimuma likumu. Vācu biologs F. Blekmanis 1905. g. minimuma likumu attiecināja uz visiem ekoloģiskajiem faktoriem un nosauca par limitējošo faktoru principu. So ideju tālāk attīstīja V. Šelfords, kas 1913. g. norādīja, ka biosistēma līdzīgi izturas maksimālā kardinālā punkta tuvumā. Arī aiz punkta B seko zona, kurā sugas īpatņu eksistence nav iespējama, tikai šajā gadījumā dotā faktora pārmērīga lieluma dēļ. V. Šelfords formulēja tolerances likumu: neatkarīgi no pārējo ekoloģisko faktoru nodrošinātības biosistēmas darbību limitē tas faktors, kas atrodas tuvāk minimālajam vai maksimālajam kardinālajam punktam. Atšķirīga ir biosistēmas reakcijas bioloģiskā interpretācija. Punkta A tuvumā izpaužas faktora nepietiekamība, punkta B apkaimē — pārsātinātība. Atbilstoši tam izvietojas *nepietiekamības zona AD* un *pārsātinātības zona EB*. Šajās zonās biosistēmās dzīves apstākļi ir ierobežoti, tāpēc augi neveido sēklas vai pat nezied un vairojas vienīgi veģetatīvi. Dzīvnieki šādas vietas pamet, bet, ja tas nav iespējams, slimo un pakāpeniski aiziet bojā. Sacītais attiecas arī uz cilvēku. Piemēram, lielajās rūpniecības pilsētās un industriālajos tuksnešos saslimstība, arī ar ļaundabīgajiem audzējiem, un mirstība ir daudzkārt lielāka nekā vidējā, saīsinās vidējais mūža ilgums, vērojama bērnu fiziskā atpalicība un citas visai satraucošas parādības.

Limitējošo faktoru izdalīšana un to stāvokļa noteikšana V. Šelforda diagrammā ir ekosistēmu zinātniskas regulēšanas teorētiskais priekšnosacījums. Tās pamatvirzība ir turēt visus ekoloģiskos faktorus iespējami tālāk no minimālā un maksimālā punkta. Tas ir sarežģīts un nereti pat neizpildāms uzdevums, jo lielākā daļa ekoloģisko faktoru, tā, piemēram, klimatiskie un orogrāfiskie, nepakļaujas regulēšanai. Turklāt pastāv arī metodiskas grūtības. Joprojām nav izstrādātas adekvātas metodes katra faktora stāvokļa noteikšanai. Franču ekoloģis R. Dažo (1972) norāda uz diviem pieturas punktiem. Pirmkārt, ja kāda faktora izmaiņu amplitūda dotajā biotopā ir lielāka nekā sugas izturības iespējas, šāds faktors var kļūt par limitējošu. Praktiski šo principu ievēro augu un dzīvnieku introdukcijā. Otrkārt, jāseko dotā faktora un sugas areāla izmai-

nām. To sekmīgi realizēja somu ornitologi, kas izanalizēja gaisa vidējās temperatūras svārstības Skandināvijā no 1880. gada līdz 1950. gadam un ievēroja, ka līdztekus ar temperatūras paaugstināšanos ziemeļu virzienā paplašinās ķīvītes (*Vanellus vanellus*) areāls. Pārējiem klimatiskajiem faktoriem līdzīga dinamika netika novērota.

Attālumu AB starp minimālo un maksimālo kardinālo punktu sauc par *ekoloģisko amplitūdu*, *ekoloģisko valenci* jeb *tolerances intervālu*. Šis jēdziens jāsaprot dotā faktora un sugas kopsakarībā. Attiecībā pret apskatāmo faktoru katrai sugai ir tikai tai raksturīga ekoloģiskā valence. Ekoloģisko valenču kopu sauc par sugas *ekoloģisko spektru*. Sugas ar lielu ekoloģisko valenci sauc par *eiribiontiem*, bet sugas ar šauru valenci — par *stenobiontiem*. Nereti ir tā, ka viena suga attiekmē pret vairumu faktoru ir eiribionts, bet pret dažiem — stenobionts. Arī pretēji gadījumi nav retums. Eiribionti ir plastiskāki, tie labāk piemērojas vides izmaiņām, un tāpēc to areāls ir plašāks. Izteikti eiribionti ir parastā niedre (*Phragmites australis*) un parastā priede (*Pinus sylvestris*). Priede šo īpašību saglabā praktiski attiecībā uz visiem dabiskās vides faktoriem. Tāpēc arī tās ģeogrāfiskā izplatība ir ļoti liela, un areāla robežās tā aug gan izteikti sausās kāpu smilts augsnēs, gan pārmitros sūnu purvos, gan minerālās barošanās elementiem nabadzīgās, gan arī auglīgās augsnēs. Taču, līdzīgi citiem skujkokiem, priede ir ļoti jutīga pret gaisa piesārņojumu. Jau minimāla polutantu koncentrācija izsauc skuju dzeltēšanu un nobiršanu, vēlāk zaru un galotnes nokalšanu, beidzot bojā var aiziet atsevišķi koki vai pat visa audze. Milzīgos apjomos šis process norisinās Rietumeiropā. Piemēram, vācu mežkopji uzskata, ka vairāk nekā 53% skujkoku audžu pieskaitāmas degradētajām audzēm, kurām ir ne tikai samazinājusies produktivitāte, bet pastāv reāli pilnīgas nokalšanas draudi. Dzīvnieku pasaulē pie izteiktiem eiribiontiem var minēt pelēko žurku (*Rattus norvegicus*), vilku (*Canis lupus*) un brūno lāci (*Ursus arctos*). Labs stenobionta piemērs ir lielā nātre (*Urtica dioica*), kas aug nitrātiem bagātās augsnēs. Augus stenobiontus sauc arī par *indikatoraugiem*. Tos izmanto dažādi, piemēram, lai precizētu meža augšanas apstākļu tipus un atrastu augsnes ar zināmām īpašībām. Mazā skābene (*Rumex acetosella*) liecina par skābām augsnēm, Daugavas vizbulīte (*Anemone sylvestris*) — par kalcija saturu augsnē, aitu auzene (*Festuca ovina*) un parastā smilga (*Agrostis tenuis*) — par svina, trejkrāsu vijolīte (*Viola tricolor*) — cinka, tragantzirņi — selēna, platlapu plaukšķene (*Silene vulgaris*) — vara un kobalta saturu augsnē. Ķērpji ir jutīgi pret piesārņojumu. Tāpēc tur, kur tie izzūd, dabas aizsardzība nav pienācīgā līmenī. Dzīvnieku pasaules stenobionta piemērs ir strauta forele (*Salmo trutta morpha fario*), kas dzīvo strauji tekošos, tīros un aukstos saldūdeņos.

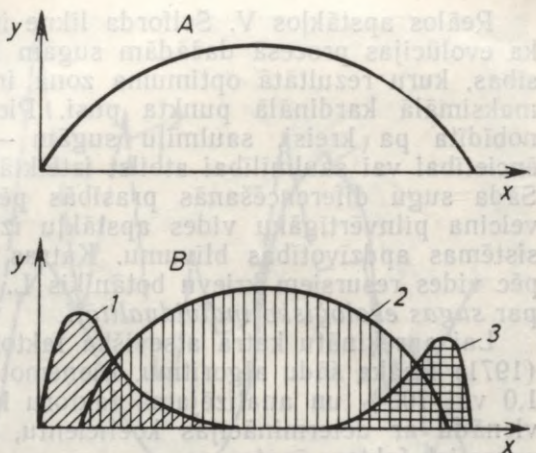
Izšķir *fizioloģisko* un *sinekoloģisko valenci*. Pirmā norāda uz sugas potenciālajām iespējām, otrā — uz to reālo izpausmi konkrētā biotopā, tāpat kompleksā saistībā ar pārējiem ekoloģiskajiem

faktoriem un cenobiontiem. Parasti sinekoloģiskā valence ir mazāka, jo to ierobežo pārējo sugu konkurence pēc vides resursiem. To pārlicinoši ilustrē vācu botāniķa H. Ellenberga pētījumi ar graudzāļu sējumiem (2.2. att.). Pēc datiem, kas tika ievākti monocenozēs, pļavas lapsastes (*Alopecurus pratensis*), augstās dižauzas (*Arrhenatherum elatius*) un staltās zaķauzas (*Bromopsis erecta*) tolerances intervāli attiecībā pret gruntsūdens dziļumu ir līdzīgi. Arī reakcijas liknes forma ir apmēram viena.

Turpretī mistrotie sējumi ar izteiktu starpsugu konkurenci uzrādīja krasu ekoloģisko valenču diferencēšanos. Konkurentspējīgākajai augstajai dižauzai arī šeit saglabājas iepriekšējais tolerances intervāls. Abām pārējām sugām tas būtiski sašaurinājās. Turklāt atbilstoši sugas īpatnībām pļavas lapsaste aizņēma mitrākās, bet staltā zaķauza — sausākās vietas. Kāda faktora ekoloģiskā valence var transformēties arī monocenozēs. Šajā gadījumā to izraisa pārējo faktoru mijiedarbība.

Trešajā kardinālajā punktā C biosistēmas reakcija ir visaugstākā (sk. 2.1. att.). Tāpēc to sauc par *ekoloģiskā optimuma punktu*, bet intervālu, kurā tas atrodas un kurā, faktoram palielinoties vai samazinoties, biosistēmas reakcija būtiski nemainās, — par *optimuma zonu* FG. Sugai ar plašāku optimuma zonu ir priekšrocības konkurences cīņā, jo šī intervāla faktora vērtības sugai ir vispiemērotākās. Stāvoklis būtu ideāls, ja visi faktori atrastos zonā FG. Monofitocenozēs tas ir panākams tikai ar faktoru regulēšanu, bet mistrotās fitocenozēs — arī ar tādu sugu izvēli, kuru optimālie ekoloģiskie spektri ir savstarpēji nobīdīti. Optimuma zonu ietekmē biosistēmas vecums. Piemēram, daudzām lašveidīgo kārtas zivīm temperatūra, kas ir optimāla reproductīvo orgānu attīstībai, nav piemērota nārstošanai. Tāpēc šīs zivis ceļo uz upju augštecēm, kur ūdens ir auksts un tīrs.

Starp nepietiekamības un optimuma, kā arī starp optimuma un piesātinātības zonām atrodas divas *aktivitātes zonas* DF un GE, kurās biosistēma ļoti jutīgi atsaucas uz faktora izmaiņām. Pirmajā zonā DF faktora palielināšanās izsauc pozitīvu, otrajā GE — negatīvu reakciju.



2.2. att. Ekoloģiskās valences atkarība no starpsugu konkurences (pēc H. Valtera, 1968):

Y — produktivitāte, X — gruntsūdens dziļums;
A — tīrkultūra, B — mistrots sējums;
1 — pļavas lapsaste, 2 — augstā dižauza, 3 — staltā zaķauza.

Reālos apstākļos V. Šelforda likne ir asimetriska. Tas ir tāpēc, ka evolūcijas procesā dažādām sugām izveidojušās atšķirīgas prasības, kuru rezultātā optimuma zona ir nobīdīta uz minimālā vai maksimālā kardinālā punkta pusi. Piemēram, ēnciešu sugām tā nobīdīta pa kreisi, saulmiļu sugām — pa labi. Turklāt lielākai ēncietībai vai saulmīlībai atbilst izteiktāka optimuma zonas nobīde. Šāda sugu diferencēšanās prasībās pēc ekoloģiskajiem faktoriem veicina pilnvērtīgāku vides apstākļu izmantošanu un lielāku ekosistēmas apdzīvotības blīvumu. Katras sugas specifiskās prasības pēc vides resursiem krievu botāniķis L. Ramenskis (1924) nosauca par *sugas ekoloģisko individualitāti*.

Lai aprēķinātu katra atsevišķa faktora ietekmes spēku, I. Liepa (1971) iesaka šādu algoritmu. Pieņemot kopējo vides iedarbību par 1,0 vai 100% un analizējamā faktoru kompleksa summāro ietekmi vienādu ar determinācijas koeficientu, i -tā faktora ietekmes īpatsvars jeb faktora īpatsvars

$$\gamma_i = \frac{|b_i Q_{y; x_i}|}{Q}, \quad (2.1.)$$

kur b_i — i -tā faktora multiplās regresijas (piem., lineārās vai pakāpes) koeficienti;

$Q_{y; x_i}$ — i -tā faktora un biosistēmas reakcijas y noviržu reizinājumu summa;

$$Q_{y; x_i} = \sum_j y_j x_{ij} - \frac{\sum_j y_j \sum_j x_{ij}}{n}, \quad j = 1, 2, \dots, n, \quad (2.2.)$$

n — novērojumu skaits;

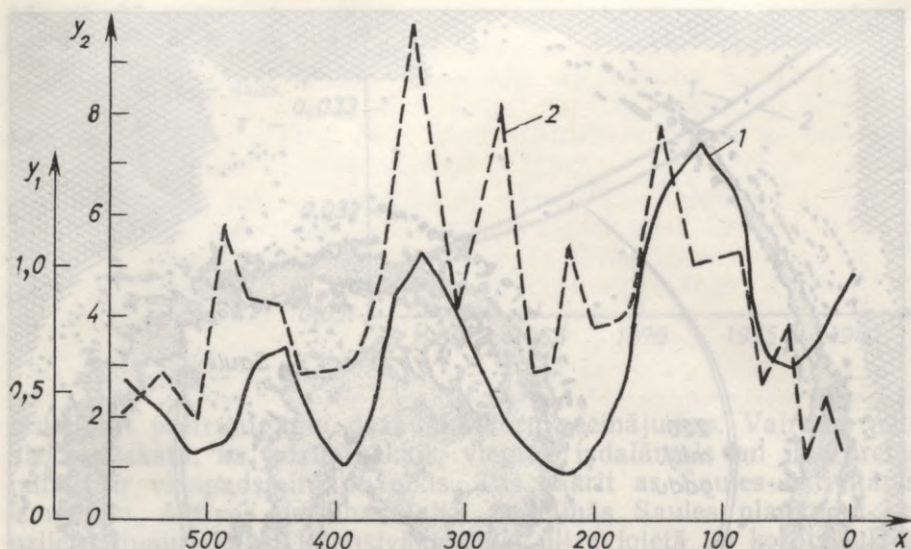
Q — biosistēmas reakcijas centrālo noviržu kvadrātu summa;

$$Q = \sum_j y_j^2 - \frac{(\sum_j y_j)^2}{n}, \quad j = 1, 2, \dots, n. \quad (2.3.)$$

2.3. VIDES IETEKMES DINAMIKAS KOPEJĀS LIKUMSAKARĪBAS

Atkarībā no ekoloģisko faktoru rakstura to ietekme laikā var būt pastāvīga un mainīga. Tā, piemēram, Zemes gravitāciju, atmosfēras ķīmisko sastāvu, sāļu koncentrāciju jūras ūdenī konkrētajā ģeogrāfiskajā punktā, siltasiņu saimniekorganismu temperatūru attiecībā pret to endoparazītiem var uzskatīt par nemainīgiem faktoriem. Vairums faktoru laika plūjumā ir mainīgi. Izšķir periodiska, neperiodiska un kumulatīva mainīguma ietekmi.

Periodiskuma jeb cikliskuma cēlonis ir dažādu ārpuszemes parādību regulāra norise. Dzīvo organismu reakcijā tā izpaužas ar zināmu nokavēšanos, kas liecina par ekoloģiskās sistēmas *bioloģisko inertumu*. Dažādiem faktoriem ir atšķirīga lieluma periodi jeb cikli un iedarbības virziens. Tāpēc periodu pārsegšanās

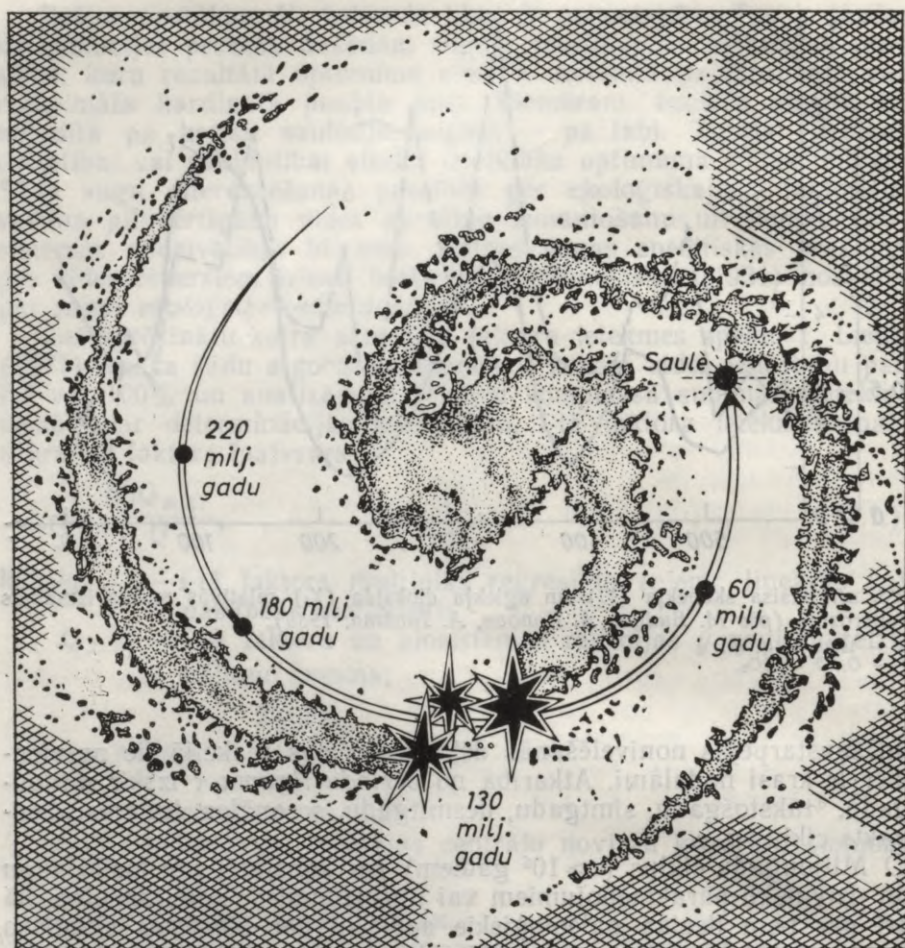


2.3. att. Gaisa skābekļa (Y_1) un oglekļa dioksīda (Y_2) relatīvās masas izmaiņas fanerozojā (pēc M. Budiko, A. Ronova, A. Janšina, 1985):

X — laiks, milj. g.;
 1 — O_2 , 2 — CO_2 .

un savstarpējās nonivelēšanās dēļ biosistēmas reakcijā tie ne vienmēr ir krasi nodalāmi. Atkarībā no *periodu ilguma* τ izšķir miljongadu, tūkstošgadu, simtgadu, desmitgadu, sezonālos, lunāros, dienakts ciklus u. c.

○ Miljongadu ciklus ($\tau \geq 10^6$ gadiem) var konstatēt pēc fosilo augu un dzīvnieku pārkmeņojumiem vai nospiedumiem nogulumiežos, kā arī par tiem liecina paleoģeoloģiskie aprēķini par biosfēras abiotisko komponentu dinamiku ģeoloģiski tālā pagātnē. Priekšstatu par šīs kategorijas cikliem dod 2.3. att., kurā parādīts gaisa skābekļa O_2 un oglekļa dioksīda CO_2 (ogļskābās gāzes) relatīvā daudzuma izmaiņas fanerozojā, t. i., pēdējos 570 milj. gadu. Abu minēto gāzu relatīvais daudzums ir attiecība starp šo gāzu masu attiecīgajā laika ass punktā un pašreizējo masu atmosfērā. Abas līnijas uzrāda izteiktu cikliskumu ar nevienādu τ lielumu. Izteikta hipotēze, ka miljongadu ciklu pamatā ir kosmisko apstākļu heterogenitāte dažādos Saules sistēmas orbītas posmos tās riņķojumā ap Galaktikas centru. Mūsu Galaktika pieder pie spirāliskajām galaktikām. Saules sistēma atrodas tuvu Galaktikas plaknei apmēram 10 kiloparseku ($10 \text{ kpc} = 3,26 \cdot 10^4 \text{ gaismas gadu} = 3,0857 \cdot 10^{14} \text{ km}$) attālumā no tās centra starp divu spirāļu zariem (2.4. att.) un ar ātrumu, kas tuvs 250 km/s, veic vienu apriņķojumu aptuveni 250 milj. gadu. Hipotēze pieļauj, ka laikā, kad Saules sistēmas orbīta šķērso spirāļu zarus, kosmiskās vides iedarbība ir daudzkārt aktīvāka. Jāatzīmē, ka ģeoloģiskā skatījumā mūsdienās O_2 koncen-



2.4. att. Saules kustības trajektorija Galaktikā (pēc G. Fļorova, A. Iļjinova, 1987). Skaitļi norāda Saules atrašanās vietu dažādos laika momentos.

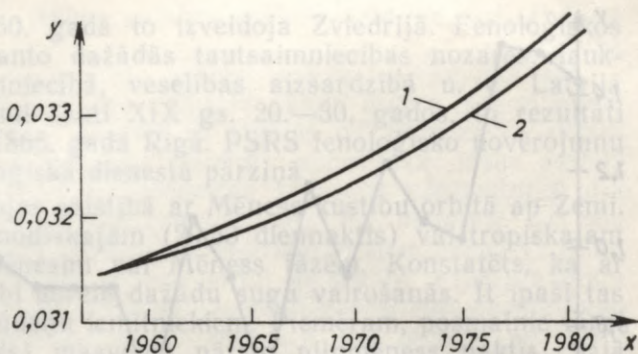
trācija palielinās un CO_2 — samazinās. Taču, kā liecina šo gāzu dinamikas mērījumi pēdējos 25 gados, reāli notiek pretējais (2.5. att.), t. i., antropogēnās izmaiņas apsteidz ģeoloģiskās.

○ Tūkstošgadu ciklus ($10^3 \leq \tau < 10^6$ gadu) ilustrē gaisa vidējās temperatūras izmaiņas holocēnā (pēcdeduslaikmetā), kas aptver pēdējos 10 tūkst. gadu (2.6. att.). Arī šeit nav šaubu par liknes ciklisko raksturu un klimata pasiltināšanās tendenci tās pēdējā posmā.

○ Zemākas kategorijas ciklu ($1 < \tau < 10^3$) ir izdalīts ļoti daudz. Sevišķi aktīvi šajā jomā ir dendrohronologi. Dendrohronoloģijas izziņas objekts ir koku gadskārtās uzkrātā informācija. Šeit jāpievērš uzmanība tam, ka jau minēto iemeslu dēļ līdz ar τ samazināšanos palielinās ciklu izdalīšanas metodiskās grūtības. Daļēji ar to var

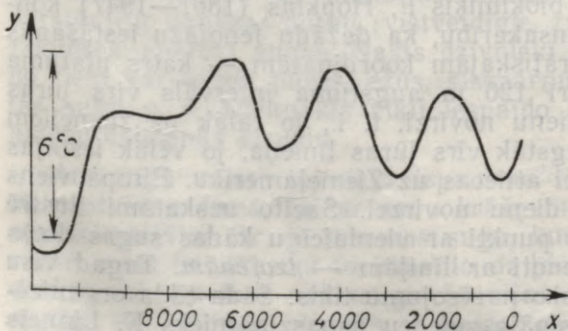
2.5. att. CO₂ saturs atmosfērā (pēc K. Loseva, 1985):

Y — CO₂, %, X — laiks, gados;
1 — Havaju salās, 2 — Dienvidpolā.



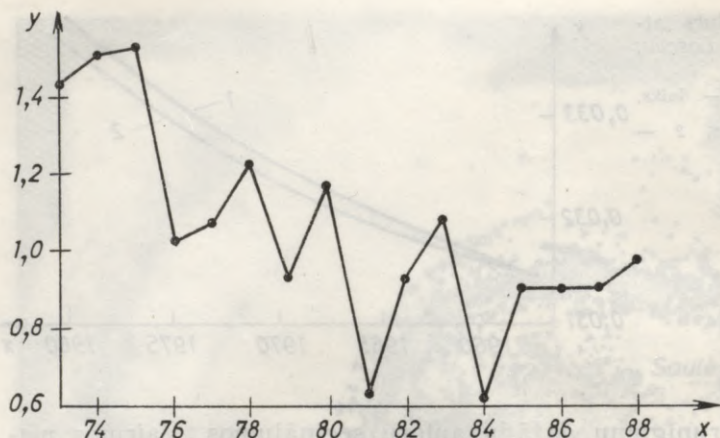
izskaidrot pretrunīgumu dažādu autoru secinājumos. Vairums pētnieku uzskata, ka nozīmīgākais, vieglāk izdalāmais un interpretējams ir vienpadsmitgadu cikls. Tas sakrīt ar Saules aktivitātes izmaiņām. Aktīvas darbības laikā palielinās Saules plankumu un uzliesmojumu skaits, intensīvāka kļūst ultravioletā un korpuskulārā radiācija, kas izsauc Zemes magnetosfēras, atmosfēras un meteoroloģiskā laika, tātad visas biosfēras abiotiskās vides svārstības. Tas ietekmē dzīvo organismu fizioloģiskos procesus un izraisa paaugstinātu saslimstību, mirstību, saasinātu jutīgumu, daudzu dzīvnieku sugu pastiprinātu vairošanos un migrāciju, kā arī ekosistēmu produktivitātes izmaiņas un detrita sadalīšanos (2.7. att.). Ekosistēmu produktivitāti Saules aktivitāte ietekmē galvenokārt netieši ar klimatisko faktoru starpniecību. Tāpēc tā labāk izpaužas tur, kur kāds no klimatiskajiem faktoriem atrodas tuvu nepietiekamības vai pārsātinātības zonai. Piemēram, cikliskums priedes gadskārtu platuma svārstībās pastiprinās kā ziemeļu, tā dienvidu virzienā. Pirmajā gadījumā to nosaka temperatūras, otrajā — mitruma deficīts. Turpretī Latvijā, kur klimatiskie apstākļi priedei ir piemēroti, ciklus novēro retāk, atsevišķi pētnieki pat izsaka šaubas par to esamību vispār.

Pirmie, kas atzīmēja Saules aktivitātes lomu dzīvības norisēs, bija zviedru fizikālkīmiķis, Rīgas Politehniskā institūta goda loceklis (1912) S. Arrēniuss (1859—1927) un krievu biologs A. Čižev-



2.6. att. Gaisa temperatūras izmaiņas holocēnā (pēc K. Loseva, 1985):

Y — temperatūra, °C; X — laiks, gados.



2.7. att. Koku gadskārtu svārstības:

Y — platums, m;
X — laiks, gados.

skis (1897—1964). Pateicoties viņu darbiem, ap 1915. gadu noformējās heliobioloģija. Saules aktivitāti kopš 1848. gada izsaka ar Šveices astronoma R. Volfa (1816—1896) skaitli W , kuru aprēķina pēc Saules plankumu novērojumiem:

$$W = 10g + f, \quad (2.4.)$$

kur f — Saules plankumu skaits;

g — Saules plankumu grupu skaits novērošanas laikā.

Sezonālo ciklu cēlonis ir Zemes kustība ap Sauli, kas nosaka gadalaiku — pavasara, vasaras, rudens un ziemas — maiņu. Līdz ar to mainās visi klimatiskie faktori, to daļēji un kopējā ietekme uz dzīvajiem organismiem.

Sezonālie cikli izpaužas dzīvās dabas parādību periodiskumā, savstarpējā sakarībā un atkarībā no klimatiskajiem apstākļiem. Augu valstī tie nosaka *fenofāžu* (redzamo parādību) norisi — pumuru briešanu, lapu plaukšanu, ziedēšanu, augļu un sēklu nogatavošanos un izplatīšanos, lapu krišanu —, kā arī veģetācijas un relatīvā miera perioda ilgumu. Dzīvnieku pasaulē gadalaiku maiņa izraisa atmodu no ziemas guļas, spalvu mešanu, sezonālās migrācijas, riestu, olu dēšanu, mazuļu audzināšanu un pakāpenisku piemērošanos ziemai. Angļu bioklimiķis F. Hopkins (1861—1947) konstatēja bioklimatisku likumsakarību, ka dažādu fenofāžu iestāšanās laiks ir atkarīgs no ģeogrāfiskajām koordinātām — katrs platuma vai garuma grāds, kā arī 120 m augstuma intervāls virs jūras līmeņa vidēji izraisa 4 dienu novirzi, t. i., jo tālāk uz ziemeļiem un austrumiem, kā arī augstāk virs jūras līmeņa, jo vēlāk iestājas attiecīgā fenofāze. Šie dati attiecas uz Ziemeļameriku. Eiropā viens platuma grāds atbilst 3 dienu novirzei. Sacīto uzskatāmi ilustrē *fenoloģiskās kartes*, kurās punkti ar vienlaicīgu kādas sugas dotās fenofāzes iestāšanos savienoti ar līnijām — *izofēnām*. Tagad visu zemeslodi aptver fenoloģisko novērojumu tīkls. Šāda tīkla organizēšanu jau 1748. gadā ierosināja zviedru dabaszinātnieks K. Linnejs

(1707—1778), un 1750. gadā to izveidoja Zviedrijā. Fenoloģiskos materiālus plaši izmanto dažādās tautsaimniecības nozarēs: lauksaimniecībā, mežsaimniecībā, veselības aizsardzībā u. c. Latvijā fenoloģiskie novērojumi sākti XIX gs. 20.—30. gados, to rezultāti pirmo reizi publicēti 1865. gadā Rīgā. PSRS fenoloģisko novērojumu tīkls ir hidrometeoroloģiskā dienesta pārziņā.

Lunārie cikli veidojas saistībā ar Mēness kustību orbītā ap Zemi. Ciklu periods tuvs sinodiskajam (29,53 diennaktis) vai tropiskajam (27,32 diennaktis) mēnesim vai Mēness fāzēm. Konstatēts, ka ar lunārajiem cikliem labi korelē dažādu sugu vairošanās. It īpaši tas sakāms par tropisko ūdeņu iemītniekiem. Piemēram, posmainie tārpi palolo (*Eunice viridis*) masveidā nārsto pilnmēness naktīs. Sajā laikā no tārpa atdalās ķermeņa pakaļgals ar nobriedušām dzimumšūnām un uzpeld ūdens virspusē. Tārpa priekšgals paliek piestiprinājies pie gultnes, pamazām reģenerē un līdz nākamajam ciklam atkal sasniedz dzimumgatavību. Indonēzieši uzpeldējušās tārpa daļas uzskata par augstākās klases delikatesi.

Bez kļūdīšanās var apgalvot, ka jebkurai tautai vai pat kāda neliela reģiona iedzīvotājiem ir savi novērojumi un ticējumi, kas saistīti ar Mēness fāzēm. Tā kurzemnieki uzskata, ka būvmateriāliem koki jācērt dilstošā mēnesī, tas vienlaikus novērš arī atvašu spēcīgu sazelsanu. Arī lopi jākauj vecā mēnesī, lai, ēdienu gatavojot, gaļa nesarautos. Sevišķi daudz novērojumu ir par to, ko un kad sēt, lai iegūtu bagātāku, kaitēkļu un slimību nebojātu ražu. Jāatzīmē, ka šādi ticējumi pamatojas uz ilggadīgiem vietējo apstākļu vērojumiem un bez nopietnas pārbaudes tos nevajadzētu ignorēt.

Sakarā ar dienas un nakts maiņu diennakts cikli ietekmē vairumu dzīvo organismu sugu. Cilvēkam konstatēti vairāk nekā 100 fizioloģisko procesu, kas pakļaujas diennakts ritmiskumam un nosaka darbaspējas, sirdsdarbības, nomoda, miega, elpošanas biežuma, metabolītu sastāva svārstības utt. Turklāt minētās parādības ir ļoti atkarīgas no organisma individuālajām īpatnībām. Piemēram, izšķir «cīruļa» un «pūces» tipa cilvēkus. «Cīruļiem» diennakts cikli norit tā, ka mundruma fāze iekrīt rīta stundās. Vakaros tie jūtas noguruši un agri tiecas gulēt. Ar «pūcēm» viss ir pretēji.

Atkarībā no mundruma un miegainības periodu maiņas dzīvniekus iedala dienas un nakts dzīvniekos. Tipiski dienas dzīvnieku pārstāvji ir daudzas putnu (vistveidīgie, zvirbuļveidīgie) un kukaiņu (skudras, spāres) sugas. Nakts dzīvnieki izceļas ar aktivitāti naktī, no tiem var minēt pūces, ēzus, sikspārņus, vairumu grauzēju kārtas sugu u. c. Diennakts cikli iespaido pat viensūņus, piemēram, amēbu dališanās ātrumu.

Arī augu valstī šo ciklu izpausme nav retums. Ir augi, kam ziedi atveras dienā, lai ar savu krāšņumu pievilinātu kukaiņus — apputeksnētājus. Ir ne mazums sugu, kurām šīs parādības regularitāte ir tik izteikta, ka to izmanto daiļdārzniecībā, ziedu pulksteņu veidošanai. Izteiktu naktsaugu Latvijas apstākļos ir mazāk. Raksturīgs šīs grupas piemērs ir smaržīgā naktsvijole (*Platanthera*

bifolia), kas apputeksnētājus pulcina naktīs, izplatīdama reibinošu smaržu.

Šīs kategorijas cikliem pieder plūdmaiņas — jūru un okeānu ūdenslīmeņa, zemes cietās virsmas un atmosfēras spiediena periodiskas svārstības. To cēlonis ir Mēness gravitācija, kā arī centrālās spēki, kas rodas, riņķojot sistēmai Zeme—Mēness. Sevišķi labi plūdmaiņas izpaužas paisumos un bēgumos, kas regulāri ik pēc 12 stundām un 25 minūtēm atkārtojas divas reizes dienā. Ūdenslīmeņa svārstību amplitūda atklātā okeānā sasniedz apmēram 1 m. Slēgtajās jūrās, kurām pieder arī Baltijas jūra, tā nepārsniedz dažus centimetrus. Turpretī šauros līčos amplitūda ir ļoti liela (Fandi līcī Kanādas dienvidaustrumos tā ir 18 m) un izraisa varenas ūdens straumes. Plūdmaiņas ietekmē arī Saules gravitācija. Šī iemesla dēļ viena sinodiskā mēneša abu sizīdiņu (jaunmēness un pilnmēness) laikā, kad Saule, Zeme un Mēness atrodas apmēram uz vienas taisnes, iestājas maksimālais paisuma un bēguma līmenis. Paisuma un bēguma laikā krasi mainās *litorāles* (piekrastes zona starp viszemāko bēguma un visaugstāko paisuma ūdenslīniju) ekoloģiskie apstākļi. Tāpēc šeit izveidojas savdabīgas dzīvo organismu sabiedrības (litorālās cenozes). Augu valsti tajās pārstāv galvenokārt sārtaļģes, brūnaļģes un zaļaļģes. Tropisko jūru pārplūdušajos un nereti dūņainajos krastos un upju deltās šo zonu aizņem īpaša veģētācijas forma — *mangrove*, ko veido sālsizturīgi mūžzaļie krūmi un zemi koki (5...10 m) ar spēcīgām balstsaknēm un adventīvajām saknēm, kas paisumā atrodas zem ūdens, bet bēgumā ir atsegtas. No dzīvniekiem litorālē ļoti daudz sūkļu, zarndobumaiņu, tārpu, vēžveidīgo, gliemju un ada-taiņu.

Vides periodiskajām svārstībām dzīvie organismi ir ļoti piemērojušies. Dzīves nelabvēlīgo posmu tie pavada relatīvā miera stāvoklī. Šajā laikā augi pārtrauc veģētāciju, dzīvnieki atrodas ziemas gulā, bet vīrusi, baktērijas, mikroskopiskās sēnes, ķērpji, daļa zemāko dzīvnieku pāriet anabiozē, kad dzīvības procesi noris palēnināti vai tikpat kā nenotiek.

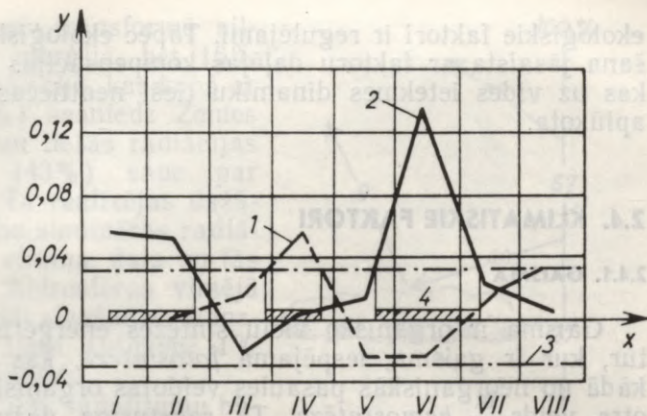
Jāpiemin, ka daudzām sugām reakcija uz vides cikliskumu ir kļuvusi par iedzimtu īpašību, kas saglabājas arī pēc tam, kad eksperimenta apstākļos to pārtrauc vai izmaina. Piemēram, austeres bēgumā sakļauj, bet paisumā atver gliemežvākus. Šis periodiskums saglabājas vēl ilgi pēc tam, kad tās pārvietotas akvārijā. Vēl jo vairāk, pēc akvārija nogādāšanas citā ģeogrāfiskajā punktā arī cikliskums pārveidojas, pielāgojoties jaunās vietas plūdmaiņu ritmiskumam. Un tas notiek arī tad, ja šis ģeogrāfiskais punkts atrodas tālu no jūras.

Vairums cilvēku, mainoties ierastajam cikliskumam, izjūt nogurumu, bezmiegu, pat darbaspēju un sirdsdarbības traucējumus. Tas ļoti izpaužas, pārlidojot uz citām laika joslām. Atkarībā no organisma īpatnībām adaptācijas jeb aklimatizācijas periods var ilgt no dažām dienām līdz divām nedēļām.

Ne mazums ir tādu sugu, kurām vides periodiskums ir nepie-

2.8. att. Faktoru ietekmes temporālā heterogenitāte:

Y — ietekmes īpatsvars,
X — laiks, mēnešos;
1 — temperatūra, 2 — mitruma deficīts, 3 — nebūtiskuma zonas robežas, 4 — aktīvie periodi.



ciešamība. Tā kaulzivju klases pārstāves Kalifornijas atherinas (*Leuresthes tenuis*) mātītes ikrus nērš maksimālā paisuma laikā smiltīs pie augstākās ūdenslīnijas. Precīzi līdz ar nākošo maksimālo paisumu izšķīlas mazuļi un reizē ar bēgumu aizpeld jūrā. Labs piemērs tam ir arī dienas un nakts maiņa ar atbilstošu gaismas un tumsas, paaugstinātas un pazeminātas temperatūras un mitruma laikposmu secību. Ir noskaidrots, ka daudzām augu sugām (tomāti u. c.) ievērojami samazinās ražas, ja šis cikliskums tiek traucēts.

Arī viena cikla laikā dzīvo organismu prasības pēc ekoloģiskajiem faktoriem nav vienādas. Šo parādību sauc par *faktoru ietekmes temporālo heterogenitāti*. Ja koordinātu sistēmā uz ordinātu ass atliek biosistēmas reakciju, bet uz abscisu ass — laika intervālus, kas īsāki par apskatāmo ciklu, piemēram, gada ietvaros mēnešus vai deķādes, tad iegūst lauztu līniju (2.8. att.) ar lokāliem maksimumiem un minimumiem. Tos laika posmus, kuros ekstrēmi pēc to absolūtās vērtības pārsniedz statistiskā nebūtiskuma zonu, sauc par *aktīvajiem periodiem*. Intervāli starp tiem jeb *neaktīvie periodi* norāda, kurā laikā biosistēma ar doto faktoru ir nodrošināta tādā mērā, ka faktora svārstības tās reakcijā būtiskas izmaiņas neizsauc. Tas nozīmē, ka šie laika posmi atbilst optimuma zonai V. Selforda diagrammā (sk. 2.1. att.). Savukārt aktīvie periodi liecina par pretējo. Pie tam aktīvo periodu zīme norāda aktivitātes zonas piederību: ja tā ir pozitīva, tad biosistēma izjūt faktora iztrūkumu (pozitīvā jeb kreisā aktivitātes zona), ja negatīva, tad pārpalikumu (negatīvā jeb labā aktivitātes zona). Lielākam ekstrēma pacēlumam atbilst lielāka biosistēmas vajadzība pēc dotā faktora, citiem vārdiem, tā attālumam no optimuma zonas. Aktīvo periodu skaits un garums dod atbildi uz jautājumiem, cik, kuros laika posmos un cik ilgi biosistēmai ir paaugstinātas prasības. Ja vienā koordinātu sistēmā attēlo vairākus faktorus, iegūst to ietekmes hronoloģisko shēmu, kas pieder pie ekoloģisko sistēmu optimizēšanas teorētiskajiem pamatiem, jo viennozīmīgi norāda, kuri faktori, kad un kādā virzienā jāregulē, lai iegūtu biosistēmas vēlamu reakciju. Te gan jāsaprot, ka ne visi

ekoloģiskie faktori ir regulējami. Tāpēc ekoloģisko sistēmu optimizēšana jāsaista ar faktoru daļējas kompensācijas efektu. Tā ir tēma, kas uz vides ietekmes dinamiku tieši neattiecas un tāpēc šeit nav aplūkota.

2.4. KLIMATISKIE FAKTORI

2.4.1. GAISMA

Gaisma ir organisko vielu sintēzes enerģētiskais pamats. Tikai tur, kur ir gaisma, iespējama *fotosintēze*, kas ir galvenais veids, kādā no neorganiskās pasaules veidojas organiskā. Ir pazīstams arī otrs veids — *hemosintēze*. Tā raksturīga dažu grupu baktēriju (ūdenpraža, sēra, nitrifikācijas, dzelzs), kas nepieciešamo enerģiju iegūst, oksidējot neorganiskos savienojumus (H_2 , CO, H_2S , S, Fe^{2+} , Mn^{2+} , NH_3 , NO_2). Hemosintēzi 1887. gadā atklāja krievu mikrobiologs S. Vinogradskis (1856—1953). Šī forma ir vecāka par fotosintēzi. Pateicoties hemosintēzei, ģeoloģiski tālā pagātnē arhajā sākās atmosfēras bagātināšanās ar biotiskas izcelsmes skābekli. Tādējādi paātrināti formējās vide, kāda nepieciešama fotosintezējošo organismu (zaļie augi, fotosintezējošās baktērijas) rašanās un evolūcijas procesam.

Kopš zaļo augu parādīšanās tiem ir vadošā loma organisko vielu sintēzē biosfērā. Izmantojot oglekļa dioksīdu, ūdeni un tajā izšķīdušās minerālās vielas, ar hlorofila starpniecību zaļie augi koncentrē Saules enerģiju, pārvēršot to ķīmiskajā enerģijā. Tas ir pirmais priekšnosacījums cilvēka un dzīvnieku eksistencei. Enerģijas avots ir Saules radiācija, kas biosfēru nodrošina ne tikai ar gaismu, bet arī ar siltumu, mitrumu un daudziem citiem ekoloģiskajiem resursiem.

Līdz mūsu planētai nonāk divas miljardās daļas, t. i., $2 \cdot 10^{-9}$ Saules radiācijas enerģijas. Atmosfēras virskārtas katrs kvadrātmetrs ik sekundi saņem $1,373 \cdot 10^3$ J Saules elektromagnētiskā starojuma summārās enerģijas. Šo skaitli sauc par *Saules* jeb *solāro konstanti*, kas laikā nemainās vairāk kā par 0,3%. Dažkārt to izsaka $1,373$ kW/m², $8,238$ J/(cm²·min) vai $1,967$ cal/(cm²·min). Plūstot caur atmosfēru, notiek radiācijas intensitātes pavājināšanās jeb *ekstinkcija* (2.9. att.). Jāpiebilst, ka dažādu autoru atziņas par Saules enerģijas kvantitatīvo sadali atmosfērā atšķiras. Šeit izmantoti vācu klimatologa R. Geigera (1960) dati.

Tikai 67% no Saules radiācijas enerģijas iekļūst atmosfēras dziļākajos slāņos, jo 33% atstarojas un atgriežas kosmiskajā telpā. Sakarā ar atstarošanu no mākoņu virsmas šī daļa vēl palielinās par 9%. Tādējādi kopējais zaudētās enerģijas daudzums ir 42% jeb 0,42. Šo skaitli sauc par *Zemes albedo*. Jāpiezīmē, ka šeit norādīta tā vidējā vērtība. Zemes albedo, kā arī pārējie 2.9. attēlā sniegtie dati katrā konkrētā gadījumā ir atkarīgi no mākoņainības, putekļu un ūdens tvaiku daudzuma atmosfērā. Apmēram 15% radiācijas

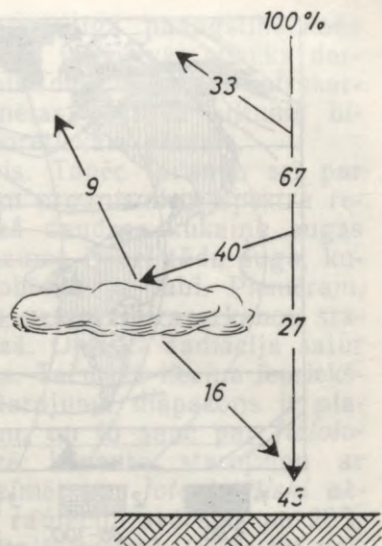
absorbē atmosfēra un transformē siltuma un ķīmiskajā enerģijā, bet 16% pāriet izkliedētajā radiācijā, kas kopā ar tiešo radiāciju (27%) sasniedz Zemes virsmu. Izkliedētās un tiešās radiācijas kopējo daudzumu (43%) sauc par *summāro radiāciju*. Tā realizējas dažādos procesos. Daļu no summārās radiācijas atstaro Zemes virsma, daļa no tās aiziet litosfēras un hidrosfēras virsējā slāņa sasildīšanai, iztvaikošanai, transpirācijai u. c. Un tikai aptuveni 1% tiek izmantots fotosintēzē.

Summārās radiācijas sadalījumu būtiski iespaido Zemes virsmas raksturs. Albedo ir atkarīgs no konkrētās vietas fizikālajām īpašībām: krāsas, mitruma, struktūras. Rūpīgos mērījumos noskaidrots, ka jaunam un tīram sniegam tas ir 0,70...0,90, sniega segai — 0,60, gaišai smiltij — 0,35...0,40, pļavai — 0,20...0,30, mežam — 0,05...0,20, ozolu un priežu audzēm — 0,18, egļu audzēm — 0,14, mitrai augsnei —

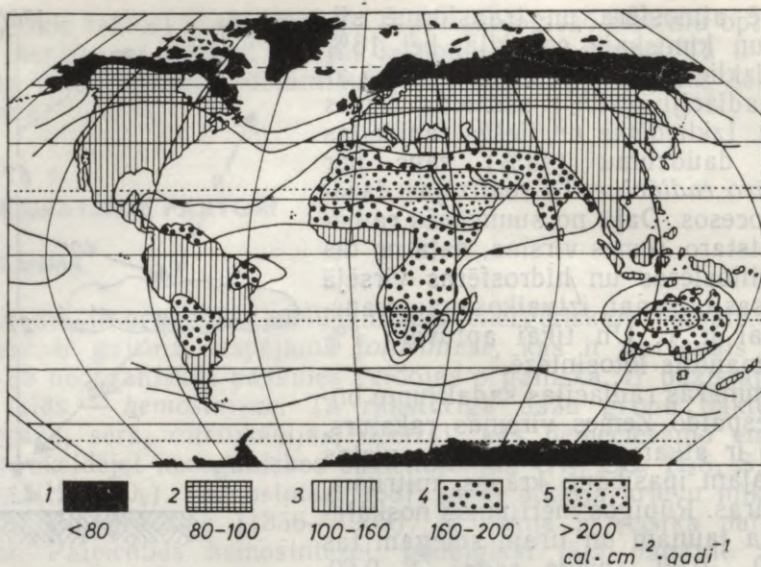
0,05...0,10. Ūdens virsmas albedo nosaka Saules augstums un ūdens viļņošana. Ja Saule atrodas zenītā, gludas ūdens virsmas albedo ir 0,03, bet rīta un vakara stundās tas var sasniegt 0,45. Šis atstarojums ietekmē upju un ezeru stāvkrastu augāju. Noskaidrots, ka vertikāla, rietumu—austrumu virzienā orientēta siena vasaras dienā mūsu platuma grādos ūdens atstarotās radiācijas ietekmē saņem par 15...30% enerģijas vairāk nekā bez tās.

Ne mazāk svarīga kā radiācijas intensitāte ir *starojuma kvalitāte* jeb *spektrs*. Biosfēra saņem Saules radiāciju elektromagnētisko viļņu garuma diapazonā $0,29 \leq \lambda \leq 4,0 \mu\text{m}$ jeb $290 \leq \lambda \leq 4000 \text{ nm}$ [$1 \text{ mm (milimetrs)} = 10^3 \mu\text{m}$ (mikrometriem) = 10^6 nm (nanometriem)]. Starojumu, kam viļņa garums $\lambda < 4000 \text{ nm}$, nereti sauc arī par īsviļņu starojumu. Dzīvajiem organismiem iznīcinošs ir starojums, kura $\lambda < 290 \text{ nm}$, tas absorbējas atmosfēras daļā, kura atrodas virs biosfēras. Tā enerģētiskais īpatsvars ir neliels, taču bioloģiski un ķīmiski ļoti aktīvs. Atmosfērā šis starojums tiek izmantots fotoķīmiskajos procesos, piemēram, ozona veidošanai no gaisa skābekļa. Savukārt ozons ir galvenais šī starojuma aizturētājs. Tikai tāpēc, ka 20...25 km augstumā ir ozona slānis, uz Zemes iespējama dzīvība. Dzīvība virs šī slāņa, izņemot cilvēka mākslīgi radītās iekārtas, nav konstatēta. Tāpēc arī ozona slāņa apakšējo līmeni pieņemts uzskatīt par biosfēras augšējo robežu.

Enerģētiskā ziņā nozīmīgākais ir starojums ar viļņu garumu diapazonā $290 \leq \lambda \leq 4000 \text{ nm}$. Tam atbilst 99% kopējās Saules radiācijas enerģijas. Enerģijas daudzums, ko gada laikā saņem



2.9. att. Saules radiācijas ekstinkcija (%) atmosfērā.



2.10. att. Saules radiācijas ($290 < \lambda < 2200\text{ nm}$) sadalījums uz Zemes virsmas, $\text{cal} \cdot \text{cm}^{-2} \cdot \text{gadi}^{-1}$ ($\text{J} \cdot \text{cm}^{-2} \cdot \text{gadi}^{-1}$) (pēc R. Geigera, 1965):
 1 — < 80 (< 335), 2 — 81...100 (335...419), 3 — 101...160 (420...670),
 4 — 161...200 (671...840), 5 — > 200 (> 840).

biosfēras laukuma vienība, ir ļoti atšķirīgs un galvenokārt atkarīgs no ģeogrāfiskā platuma. Enerģijas sadalījums uz Zemes virsmas nosaka apgaismojuma, temperatūras, mitruma un citu ekoloģisko apstākļu planetāro specifiku (2.10. att.). Atkarībā no λ to iedala trīs kvalitatīvi atšķirīgās zonās: ultravioletais ($290 \leq \lambda < 390\text{ nm}$), optiskais ($390 \leq \lambda \leq 740\text{ nm}$) un infrasarkanais ($\lambda > 740\text{ nm}$) starojums.

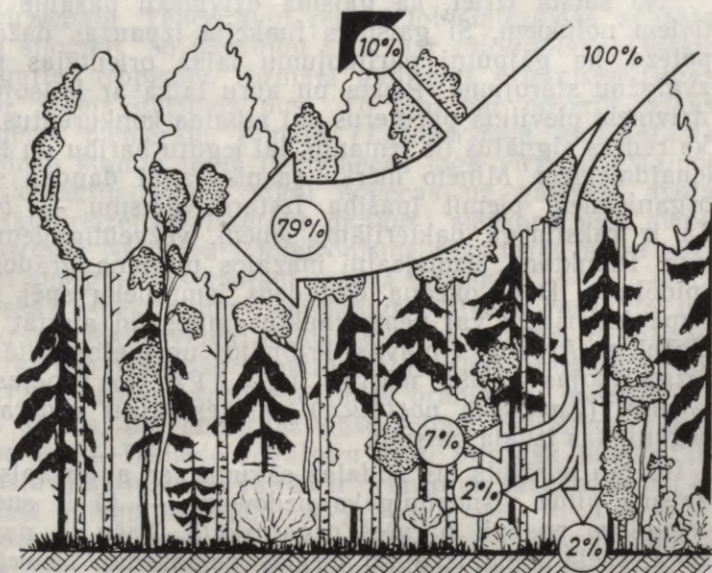
Ultravioletais starojums satur 9% bioloģiski aktīvās enerģijas. Nelielās devās tas stimulē D vitamīna sintēzi cilvēka un dzīvnieku organismā, tonizē to, uzlabo imūnbioloģisko stāvokli. Intensīvs ultravioletais starojums izraisa mutācijas, ādas apdegumus un ādas vēzi, iznīcina mikroorganismus.

Infrasarkano starojumu dzīvie organismi uztver kā siltumu. Tā īpatsvars Saules radiācijas enerģijā ir apmēram 45%. Tam ir izšķiroša nozīme atmosfēras, kā arī litosfēras un hidrosfēras virskārtas termiskā režīma nodrošināšanā. Šo starojumu ļoti intensīvi absorbē un siltuma veidā akumulē ūdens un tā tvaiki. Izklidētajā radiācijā infrasarkanā starojuma īpatsvars ir lielāks. Arī polu virzienā tas palielinās. Infrasarkanā starojumu emitē visi silti ķermeņi, arī dzīvie organismi un Zemes virsma. Daļa izstarotā siltuma cauri atmosfērai aizplūst kosmiskajā telpā. Šo daļu sauc par *efektīvo starojumu*. Pārējā daļa vai nu absorbējas atmosfērā, vai tiek atstarota atpakaļ. Šo procesu veicina ūdens tvaiku, putekļu un CO_2 saturs gaisā. Tāpēc Zemes virsma mazāk atdziest mākoņainā

laikā. Sevišķi satrauc CO₂ daudzuma nemitīga paaugstināšanās atmosfērā, kas pēdējos gadu desmitos noris intensīvas cilvēka darbības rezultātā (sk. 2.5. att.). Šī iemesla dēļ palielinās infrasarkanu staru atgriešanās un pieaug planētas pozitīvā siltuma bilance, kas arī ir «siltumnīcas efekta» teorētiskais pamats.

Optisko starojumu uztver cilvēka acis. Tāpēc to sauc arī par redzamo starojumu jeb gaismu. Dažādiem organismiem spektra redzamā daļa ir atšķirīga. Noskaidrots, ka daudzas kukaiņu sugas redz ultravioleto starojumu. Taču ne mazums ir arī tādu sugu, kurām redzamās gaismas diapazons ir nobidīts pa labi. Piemēram, klaburčūskām pie acīm ir receptori, kas uztver infrasarkanos starus un padara iespējamās medības tumsā. Optiskā radiācija satur aptuveni 50% Saules starojuma enerģijas. Taču, kā liecina iepriekšsacītais, dzīvo organismu izmantotais starojuma diapazons ir plašāks. Pieņem, ka tas ir $300 \leq \lambda \leq 800$ nm, un to sauc par *fizioloģisko radiāciju*. Zaļie augi fotosintēzē izmanto starojumu ar $380 \leq \lambda \leq 710$ nm. Tāpēc to pieņemts apzīmēt par *fotosintētiski aktīvo radiāciju*. Tās īpatsvars summārajā radiācijā svārstās no 28% līdz 43%. Relatīvi vairāk tas ir izkliedētajā gaismā (60% un vairāk). Minētie skaitļi attiecas uz atklātu vietu. Mežā turpinās radiācijas pavājināšanās (2.11. att.). No kopējās fotosintētiski aktīvās radiācijas, kas nonāk līdz meža virsmai, 10% atstarojas atmosfērā, 79% absorbē audzes vainagu klājs, 7% — krūmu stāvs, 2% — lakstaugu stāvs un tikai 2% nokļūst līdz augsnei. Biezās egļu tīraudzēs šī daļa ir ievērojami mazāka.

Organismu redzes spēju nosaka sugas evolucionārā attīstība, vides apstākļi un dzīves veids. Primitīvākais līmenis ir viensūņiem.



2.11. att. Fotosintētiski aktīvās radiācijas sadalījums lapu koku mistraudzē (pēc V. Larhēra, 1976).

Tiem gaismu uztver šūnas atsevišķa daļa, kas spēj reaģēt vienīgi uz apgaismojuma intensitātes maiņu. Daļai daudzšūņu bezmugurkaulnieku šo funkciju veic atsevišķas gaismjutīgas šūnas vai to sakopojumi uz ķermeņa vai galvas virsmas. Piemēram, dēlēm parādās spēja atšķirt arī gaismas virzienu. Relatīvi labi attīstīta redze ir kukaiņiem, vēžveidīgajiem un citiem bezmugurkaulniekiem, kuriem attīstījušās fasetacis. Tās sastāv no daudziem receptoriem. Dažām spārēm ir pat 28 tūkstoši receptoru. Katrs receptors uztver atsevišķu punktu, bet visi kopā veido mozaīku, kas ļauj noteikt priekšmetu atsevišķas krāsas, kustību un daļēji arī formu. Fasetacis ir piemērojušās arī spektra ultravioletās daļas uztveršanai. Sevišķi laba redze ir daudzām zivju, putnu un zīdītāju sugām, Sajā gadījumā ir runa ne tikai par formas un krāsu atšķiršanu, bet arī par binokulāro redzi, kas dod iespēju noteikt priekšmetu telpisko izvietojumu.

Konkrētie vides apstākļi modificē attīstības kopējās likumsakarības, arī attieksmi pret gaismu. Šī iemesla dēļ alu un augsnes faunai, kā arī endoparazītiem redzes orgāni ir gandrīz pilnīgi reducēti. Turpretī dienas putni plēsoņas no liela augstuma spēj saskatīt pelveidīgos grauzējus pat biežā lakstaugu segā. Nakts dzīvnieku redzes orgāni piemēroti vājas izkliedētas gaismas uztverei. No spilgta apgaismojuma šie dzīvnieki izvairās. Vides modificējošo nozīmi labi raksturo četracu anableps (*Anableps tetraphthalmus*), kas mīt Centrālamerikas saldūdens baseinos. Šī zivs peld pa ūdens virsmu, un tāpēc ir radusies nepieciešamība vienlaikus saskatīt priekšmetus, kas atrodas ūdenī un gaisā. Sajās vidēs gaismas staru laušana ir atšķirīga. Atbilstoši tai piemērojušās zivs acis, kas ar horizontālu epitēlija slāni sadalītas divās daļās, no kurām augšējā seko notikumiem gaisā, apakšējā — ūdenī.

No sacītā izriet, ka gaisma dzīvnieku pasaulē kalpo informatīviem nolūkiem. Šī gaismas funkcija izpaužas dažādi. Pastāv hipotēze, ka gājputni pārlidojumu laikā orientējas pēc Saules un zvaigžņu starojuma. Riesta un auru laikā ar krāsojumu un pozām dzīvnieki pieviltina partnerus vai atbaida konkurentus. Neapšaubāmi, ka redzes signālus tie izmanto, lai iegūtu barību un lai paslēptos no ienaidniekiem. Minēto mērķu sasniegšanai daudzu sugu dzīvājiem organismiem piemīt īpašība izstarot gaismu — *bioluminiscence*. Tā ir raksturīga baktērijām, sēnēm, vēžveidīgajiem, vabolēm, zivīm. Planktona bruņvīcaiņi mazajos platuma grādos izraisa jūras spīdēšanu. Daļa okeāna dziļūdens iemītnieku spēj mainīt izstarojuma intensitāti vai nepārtrauktu emitēšanu aizstāt ar atsevišķiem zibšņiem. Arī mūsu pļāvās, krūmājos un mežos siltās jūnija naktis «izgaismojas rūķišu mājiņu logi». Par to rūpējas parastā jāņtārpiņa (*Lampyris noctiluca*) mātītes, kuru vēdera apakšpusē ir orgāni, kas izdala gaismu.

Kā jau norādīts šīs nodaļas sākumā, ar augu valsts starpniecību gaisma pilda visnozīmīgāko uzdevumu — tā ir enerģija, kas neorganisko pasauli pārvērš organiskajā. Taču tā nav vienīgā funkcija. Liela loma ir augu formas veidošanai. Nepietiekošā apgaismo-

mojumā norisinās *etioloģija* — augi izstīdz, tie ir ar vāji attīstītiem mehāniskajiem audiem un lapām, nesatur hlorofilu. Labu priekšstatu par šo procesu gūstam, vērojot kartupeļu (*Solanum tuberosum*) bumbuļus, kas pavasarī, atstāti tumšā un siltā pagrabā, ļoti intensīvi dzen garus un baltus asnus. Etioloģijas pozitīvā nozīme ir tā, ka augsne dīgsti pastiprināti stiepgas garumā un ātrāk sasniedz augsnes virspusi, kur gaismā sazaļo un veido vasas orgānus. Gaisma ir viens no cēloņiem, kāpēc biežā mežā aug koki ar slaidiem, augstiem un mazzarainiem stumbriem, bet atklātās vietās gluži pretēji — ar zemu, rauktu un spēcīgi sazarotu vasu.

Gaismas enerģiju augi uzņem ar zaļajām daļām, kas satur hlorofilu. Mūsu apstākļos galvenokārt tās ir lapas un skujuas. Noskaidrots, ka, piemēram, parastās apses (*Populus tremula*) stumbra un zaru miza satur nedaudz hlorofila, kas dod iespēju fotosintēzei notikt arī bezlapu stāvoklī. Jo lielāka ir fotosintezējošā virsma, jo pilnīgāka ir gaismas enerģijas izmantošana. Šis atziņas kvantitatīvai raksturošanai lieto lapu virsmas indeksu I_{LV} .

$$I_{LV} = \frac{S_L}{L}, \quad (2.5)$$

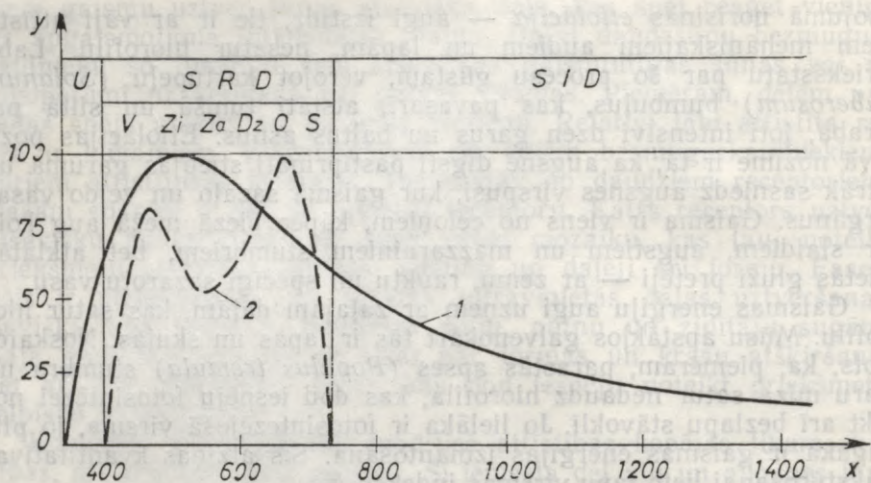
kur S_L — lapu kopējā virsma, m^2 ; L — laukums, kuru aizņem dots augs vai augi, m^2 .

Lapu virsmas indekss ir atkarīgs no augu sugas. Noskaidrots, ka meža dižskābarža (*Fagus sylvatica*) audzēm $I_{LV}=6 \dots 7$, parastās priedes $I_{LV}=7 \dots 10$, Eiropas (parastās) egles (*Picea abies*) $I_{LV}=11 \dots 12$, dažādu lauksaimniecības kultūru sējumos tā optimālā vērtība ir $40 \dots 60$.

Bez lapu kopējās virsmas ļoti nozīmīga ir to orientācija telpā. Efektīvāk darbojas tās virsmas, kas perpendikulārāk novietotas Saules staru virzienam. Tāpēc augi regulē fotosintezējošā aparāta un citu orgānu stāvokli. Šo parādību sauc par *fototropismu*. Izšķir pozitīvo un negatīvo tropismu. Pirmajā gadījumā organismi tiecas uz kairinājumu, šoreiz gaismas pusi. To ļoti var novērot telpās ievietotiem augiem, piemēram, tomāta (*Lycopersicon esculentum*) sējeņiem. Jau dažu stundu laikā tie noliecas loga virzienā. Mainot novietojuma orientāciju, sējeņi atkal noliecas uz gaismas avota pusi. Vasaras saulgriezei (*Helianthus annuus*) ziedkopa visu dienu seko Saules kustībai. Negatīvais fototropisms raksturīgs augu saknēm, tās parasti aug gaismas avotam pretējā virzienā.

Saules optiskais spektrs nav viendabīgs. Cilvēka redze to uztver dažādu krāsu joslu veidā: violetas, zilās, zaļās, dzeltenas, oranžas un sarkanas. Dažādās spektra daļās augi izmanto atšķirīgi (2.12. att.). Vislabāk fotosintēze noris oranžajos, nedaudz lēnāk — zilajos staros, bet enerģijas absorbcijas minimums sakrīt ar zaļās krāsas joslu. Izklaidēto gaismu augi pilnīgāk uzņem arī tāpēc, ka tās sastāvā salīdzinoši vairāk ir oranžo un sarkano staru — $50 \dots 60\%$, tiešajā gaismā to ir $30 \dots 35\%$.

Gaismas nozīme un ietekme ir mainīga arī laikā. Daudzām sugām prasība pēc intensīvāka apgaismojuma palielinās līdz ar



2.12. att. Saules radiācijas enerģijas sadalījums uz Zemes virsmas un atbilstošā fotosintēzes intensitāte dažādās spektra daļās (pēc I. Kuļtiasova, 1982):

Y — relatīvā nozīmība, %; X — viļņa garums, nm;
 spektra dažādas daļas: U — ultravioletā, SRD — redzamā, V — violetā, Zi — zilā, Za — zaļā, Dz — dzeltenā, O — oranžā, S — sarkanā, SID — infrasarkanā;
 1 — radiācijas kopējā enerģija, 2 — fotosintēzes relatīvā intensitāte.

vecumu, piemēram, parastā egļu jaunībā var augt zem bērzu vai apšu vainagu klāja. Tas sekmē egles dabisko atjaunošanos un sugu maiņu. Vēlāk, līdz ar egles gaismas prasīguma pieaugumu, mātes audze izretinās, kas veicina egles pastiprinātu augšanu un iespēšanos audzes vainagu klājā. Tādējādi pēc 50...60 gadiem izveidojas lapu koku—egļu mistraudzes, bet vēl pēc dažiem gadu desmitiem, lapu kokiem atmirstot, — produktīvās egļu tīraudzes. Mežsaimniecībā dabisko sugu maiņu regulē, lapu kokus savlaicīgi izcērtot.

Izšķiroša nozīme augu un dzīvnieku dzīvē ir *fotoperiodismam* — gaismas un tumsas periodu attiecībai diennaktī. Šī attiecība gada laikā ir stingri determinēta. Tāpēc evolūcijas gaitā dzīvnieku organismi piemērojušies to izmantot par signālu dažādu dzīvības norišu savlaicīgai regulēšanai. Pēc ziedaugu reakcijas rakstura tos iedala garas un īsas dienas, kā arī neitrālos augos. Garas dienas augiem, piemēram, vasaras labībām, ģeneratīvie orgāni normāli veidojas tikai tad, ja gaismas perioda ilgums diennaktī pārsniedz 12...14 stundas. Ja tas ir īsāks, pastiprinās vegetatīvo daļu augšana un pasliktinās augu rezistence pret citiem ekoloģiskajiem faktoriem. Savukārt īsās dienas augiem, piemēram, krizantēmām, ir nepieciešams 12 stundu ilgs tumsas periods. Neveiksmes dienvīdu sugu introdukcijā ziemeļu rajonos dažkārt izskaidrojamas ar nelabvēlīgu fotoperiodu, kura dēļ augi nespēj savlaicīgi nobriest un ziemā nosalst. Neitrālo augu, piemēram, sējas griķa (*Fagopyrum esculen-*

lai sastādītu teorētiski pamatotas sugu gaismprasības skalas. Piemēram, kokaugi to gaismprasības samazināšanās virzienā sakārtoti šādā secībā (skaitlis izsaka I_A vērtību procentos):

- Sibīrijas lapegle (*Larix sibirica*) — 20,0;
- parastais osis (*Fraxinus excelsior*) — 16,7;
- parastā apse — 12,5;
- āra bērzs (*Betula pendula*) — 12,5;
- parastā priede — 10,0;
- parastais ozols (*Quercus robur*) — 5,0;
- Eiropas (parastā) egle — 3,1;
- lauku kļava (*Acer campestre*) — 1,8;
- meža dižskābardis — 1,7;
- parastā īve (*Taxus baccata*) — 1,1;
- buksis jeb mūžzaļā suņmirte (*Buxus sempervirens*) — 1,0.

2.4.2. TEMPERATŪRA

Temperatūras ekoloģiskā nozīme ir daudzveidīga. Tās iedarbība izpaužas gan tieši, gan netieši, transformējot citu vides faktoru (gaismas, mitruma) ietekmi. Organismu lielākajai daļai temperatūras ekoloģiskā valence ir intervālā no 0 līdz 50 °C. Tomēr ir ne mazums sugu, kurām šis intervāls ir nobīdīts vienā vai otrā virzienā, kā arī stipri sašaurināts vai paplašināts. Piemēram, konstatētas baktēriju un sēņu sporas, kas dzīvotspēju saglabā pat tad, ja tās ilgāku laiku turētas absolūtajai nullei tuvā temperatūrā. Turpretī daudzi patogēnie mikroorganismi iet bojā tikai 100...160 °C temperatūrā. Tas jāņem vērā, izdarot dažādu materiālu termisko sterilizēšanu (apdedzinot, vārot, apstrādājot ar tvaiku, sausu un karstu gaisu). Ja nav iespējama autoklāvu izmantošana, vārīšana jāturpina vismaz 45 minūtes. Ļoti izturīgi ir ķērpji, sūnas un papardes. Šo taksonu augu sporas dīdzību saglabā pat -196...+100 °C temperatūrā. Ziedaugu un dzīvnieku tolerances iespējas ir mazākas. Taču arī tiem ir jāiztur lielas svārstības, kas starp vasaras un ziemas ekstrēmiem var pārsniegt 100 °C. Minētie piemēri attiecas uz eiribiontiem. Stenotermi, piemēram, endoparazīti, dziļūdens iemītņiekiem u. c., ekoloģiskā valence var sašaurināties līdz 10 °C un mazāk. Šīs sugas iedala termofilās un kriofilās. **Termofilajiem organismiem** jeb **termofiliem** ir nepieciešama paaugstināta, **kriofiliem** — pazemināta vides temperatūra. Termofilajiem organismiem pieskaitāmas to zilaļģu sugas, kas dzīvo karstajos avotos, kur temperatūra sasniedz pat 80 °C un vairāk (Islandē, Kamčatkā). Karstajos avotos sastopams vēzis (*Thermosbaena mirabilis*), kuram temperatūras optimums ir 45...48 °C, bet minimālais kardinālais punkts — jau ap 30 °C. No kriofilajiem stenotermi var minēt sniega aļģi (*Chlamydomonas nivalis*), kas vislabāk aug, ja temperatūra ir nedaudz virs 0 °C. Tad tā vairojas ļoti intensīvi un īsā laikā sniega virsmu nokrāso sarkanu. Temperatūrai pazeminoties, kā

arī stiprā vējā aļģes tiek paceltas gaisā un kļūst par «asinslietu» cēloni, kas viduslaikos iedzīvotājos izraisīja neapraķstāmas šausmas. Sai organismu grupai pieder lielais vairums tundras un augstkalnu augu un dzīvnieku sugu.

Atkarībā no ķermeņa temperatūras režīma izšķir poikiloter-miskos (ekotermiskos) un homotermiskos (endotermiskos) organismus. **Poikilotermiem** ir nepastāvīga ķermeņa temperatūra, tā mainās atbilstoši vides temperatūrai. Pie šīs grupas pieder mikroorganismi, augi, bezmugurkaulnieki, zivis, abinieki un rāpuļi. Šīs grupas dzīvnieku valsts pārstāvjus sauc arī par aukstasiņu dzīvniekiem. Tādējādi tiek uzsvērtā to kardinālā atšķirība no siltasiņu dzīvnieku kategorijas, kurā ietilpst putni un zīdītāji. **Homotermiem** ķermeņa temperatūra ir pastāvīga jebkuros vides apstākļos. To nodrošina efektīva termoregulācijas sistēma. Par speciālu homotermijas veidu uzskata *heterotermiju*. Tā raksturīga **heterotermiem** — tiem siltasiņu dzīvniekiem, kas nelabvēlīgus apstākļus pavada mazaktīvā stāvoklī — anabiozē, ziemas vai vasaras guļā, dienas vai nakts snaudā. Šajā laikā krasi palēninās vielmaiņa, elpošana, asinsrite un pazeminās temperatūra. Raksturīgs heterotermis ar izteiktu ziemas guļu mūsu republikā ir parastais ezis (*Erinaceus europaeus*). Sikspārņiem arī dienas guļas laikā ievērojami krītas ķermeņa temperatūra.

● Izšķir ķīmisko, fizikālo un etoloģisko ķermeņa termoregulāciju.

○ Vislabāk visi šie veidi attīstījušies siltasiņu dzīvniekiem.

Ķīmiskā regulācija izpaužas intensīvākā vielmaiņā un tādā arī siltuma ģenerēšanā, vides temperatūrai krītoties. Turpretī, ja vides temperatūra pārsniedz optimuma zonu, notiek pretējais. Palielinātu enerģijas izdalīšanu organismi kompensē ar pastiprinātu barošanu vai rezerves vielu, galvenokārt tauku, patēriņu. Piemēram, mazā ciršļa (*Sorex minutus*) diennaktī patērētais barības daudzums ziemā 2...4 reizes pārsniedz paša masu. Arī putniem ziemā klājas grūti. Ne tik daudz bīstams ir sals, kā barības trūkums. Tā egļu krustknābis (*Loxia curvirostra*), būdams tipisks klejotājs, labos egļu sēkļu ražas gados februārī sekmīgi izperē mazuļus. Ķīmiskā termoregulācija nav izdevīga tur, kur ir ierobežoti barības krājumi. Tāpēc tā vājāk attīstīta sugām, kas dzīvo aiz polārā loka: polārlapsai (*Alopex lagopus*), baltajam lācim (*Ursus maritimus*), ziemeļbriedim (*Rangifer tarandus*) u. c. Arī mazo platuma grādu dzīvniekiem ķīmiskā termoregulācija nav raksturīga. Šajā gadījumā tas izskaidrojams tādējādi, ka tur nav nepieciešamības pēc siltuma papildu ģenerēšanas.

Fizikālā termoregulācija veicina siltuma racionālu izmantošanu, saglabāšanu vai pārpalikuma izkliedi. Konkrētais siltuma regulēšanas mehānisms dažādām sugām un dažādās vidēs ir atšķirīgs. To nodrošina ķermeņa uzbūves morfoloģiskās un anatomiskās īpatnības. Siltuma saglabāšanai kalpo ķermeņa apspalvojums vai apmatojums. Piemēram, polārlapsai tas ir tik efektīvs, ka pilnībā aizstāj ķīmisko termoregulāciju. Noskaidrots, ka šis dzīvnieks ziemā patērē

mazāk barības nekā vasarā, kaut gan nereti gaisa un ķermeņa temperatūras starpība pārsniedz 70°C un vairāk. Apmatojuma un apspalvojuma termoizolējošās īpašības iespējams regulēt pēc vajadzības. Par to var katrs pārlicināties, pavērojot mājas zvirbuli (*Passer domesticus*), kas aukstā laikā uzbužinās, tādējādi neļaujot siltumam aizplūst un uzturot ap sevi sasiluša gaisa slāni. Termoregulatīva nozīme ir vilnas un spalvu mešanai pavasarī un rudenī.

Siltuma saglabāšanas funkcija ir zemādas tauku kārtai. Baltajam lācim tā sasniedz 40%, bet dažām Ziemeļu Ledus okeāna roņu sugām — pat 40...50% no ķermeņa masas. Šis līdz 10 cm biezās tauku kārtas termoizolācijas īpašības ir tik izcilas, ka, dzīvniekiem stundām ilgi guļot uz sniega, tas nekūst.

Pastiprinātu siltuma izdalīšanu veicina svīšana. No ķermeņa virsmas ūdenim intensīvi iztvaikojot, tiek izkļiedēts ievērojams siltuma daudzums. Dzīvnieki, kuriem svīšana nav raksturīga, piemēram, suņi, to aizstāj, paātrināti elpojot ar atvērtu muti un izkārtu mēli. Zaudētā ūdens daudzums jākompensē ar pastiprinātu dzeršanu. Universāls termoregulācijas līdzeklis ir ādas asinsvadu sašaurināšanās vai paplašināšanās, tādējādi mainot tās siltummaiņas spējas.

Termoregulācijas efektivitāte ir atkarīga no ķermeņa masas un virsmas attiecības. Masīvs ķermenis var saražot vairāk siltuma, taču lielāka virsma to ātrāk atdod videi. Šo aspektu jau XIX gs. vidū ir norādījis vācu embriologs K. Bergmanis (1814—1865). Viņš rakstīja, ka tad, ja divām siltasiņu sugām ir dažāda ķermeņa masa un līdzīga termoregulācija, suga ar lielāko masu dzīvo aukstākā, bet suga ar mazāko masu — siltākā klimatā. K. Bergmaņa likumsakarību apstiprina franču ekologa F. Drijo (1974) dati par siltuma daudzumu, ko patērē dažādi dzīvnieki, atrazdamies miera stāvoklī un optimālā temperatūrā. Savukārt amerikāņu zoologs D. Allens (1838—1921) ir konstatējis likumsakarību, ka daudzu ziemeļu puslodes zīdītāju ausis, purni, astes un citi orgāni ir lielāki, jo tuvāk ekvatoram dzīvo dzīvnieks. Šie orgāni bagātīgi satur asinsvadus, turklāt to virsma ir salīdzinoši liela. Tāpēc, piemēram, Āfrikas zilonim (*Loxodonta africana*) ausis kļuvušas par savdabīgiem termoregulatoriem.

Etoloģiskā termoregulācija ir saistīta ar organismu darbošanos, lai radītu vai saglabātu labvēlīgus temperatūras apstākļus, bet gadījumos, kad tas nav pietiekoši efektīvi, dzīvnieki pārvietojas uz citu dzīves vietu. Vienkāršākā forma ir tādu ķermeņa pozu ieņemšana, kas vislabāk nodrošina tā sakaršanu vai atdzišanu. To var novērot jebkurā ganāmpulkā. Aukstā, lietainā un vējainā laikā dzīvnieki nostājas ar galvu vēja virzienā. Turpretī vēsajās rīta stundās tie pret Sauli pavērs sānus. Šī termoregulācijas forma labi attīstījusies pustuksnešu un tuksnešu iemitniekiem.

Sevišķi aukstā vai karstā laikā dzīvnieki par patvērumu izmanto vides īpatnības. Tā skaidrās ziemas naktīs putni pulcējas baros, paslēpjās aizvējā biežākos pameža krūmos un paaugā vai

ēku pažobelēs un bēniņos. Imperatorpingvīni (*Aptenodytes forsteri*) pret Antarktīdas bargumu aizsargājas kolektīvi. Tie sanāk ciešā barā un laiku pa laikam apmainās vietām. Noskaidrots, ka šāda bara vidū temperatūra ir pozitīva pat lielā salā un vējā. Līdzīgi rikojas vienkupra kamielis (*Camelus dromedarius*) un divkupru kamielis (*Camelus bactrianus*). Pat karstākajās stundās bara vidū temperatūra nepārsniedz 40 °C, kamēr malējo dzīvnieku muguras un sānu vilna sakarst līdz 70 °C. Ļoti labu patvērumu dod alas. Tās izmanto daudzu sugu dzīvnieki, evolūcijas agrīnajā fāzē — arī cilvēks.

Ievērojami sarežģītāka izturēšanās forma ir mākslīga patvēruma veidošana — alu rakšana, ligzdu vīšana, midzeņu iekārtošana, aizsprostu, pūžņu, mitekļu veidošana utt. Pie labākajiem alu racējiem un izmantotajiem mūsu apstākļos pieskaitāms kurmis (*Talpa europaea*), pelveidīgie grauzēji, āpsis (*Meles meles*), lapsa (*Vulpes vulpes*), bebrs, krastu čurkste jeb alene (*Riparia riparia*) u. c. Jo sarežģītāks ir alas labirints un jo dziļāk tā iesniedzas zemē, jo vienmērīgāks ir tās termiskais režīms kā ziemā, tā vasarā. Ligzdu vīšanas labākie lietpratēji ir putni. Piemēram, pēc termiskajām un hidroizolācijas īpašībām somzīlītes (*Remiz pendulinus*) ligzdu var uzskatīt par ideālu. Arī vāveres (*Sciurus vulgaris*) un vairāku sugu pelu midzeņi savus saimniekus labi pasargā no aukstuma un mitruma. Tomēr vidi savām vajadzībām vislabāk piemēro bebrs. Tas ne tikai rok alas un ceļ mājas, bet arī aizdambē strautus un mazas upītes, tādējādi noturot paša izveidoto ūdenskrātuvi ūdensspoguļi vajadzīgajā līmenī. Apbrīnas vērts ir bebru aizsprostu izturība. Autoram 1984. g. pavasarī Daugavpils rajonā bija izdevība redzēt palu ūdeņu pārrautu šosejas uzbērumu un izskalotu dzelzsbetona caurteku, kuras diametrs bija vairāk nekā 2 m un garums — 5 m. Taču apmēram 200 m zemāk esošais bebru aizsprosts darbojās nevainojami.

Pie etoloģiskās termoregulācijas pieder arī dzīvnieku migrācija. Sevišķi spilgti tā izteikta putniem. Mērenās joslas ornitofaunas lielākā daļa ir gājputni. Katru rudeni ar zināmu smeldzi mēs pavadām tos uz tālajām ziemošanas vietām un katru pavasari priecīgi sagaidām gājputnu atgriešanos mājās. Sezonalā migrācija raksturīga arī daudziem zidītājiem, piemēram, vaļiem, pārnadžiem, sikspārņiem.

○ Aukstasiņu dzīvniekiem vērojamas tās pašas termoregulācijas formas. Atšķirīgs ir tikai to īpatsvara sadalījums. Šīs grupas dzīvniekiem ir izteiktāka fizikālā un etoloģiskā piemērošanās. Katrs būs redzējis kukaiņus, abiniekus un rāpuļus sildāmies piesaulē. Poikilotermu dzīves norišu intensitāte ir tieši atkarīga no vides temperatūras. To bioķīmiskās reakcijas noris atbilstoši Nīderlandes stereokīmika un pirmā A. Nobela (1833—1896) dibinātās prēmijas laureāta ķīmijā (1901) J. van't Hofa (1852—1911) likumam: ja temperatūra paaugstinās par 10 °C, ķīmisko reakciju ātrums palielinās 2...4 reizes. Protams, attiecībā uz dzīvajām būtnēm šis likums

darbojas intervālā līdz optimuma zonai. Reakcijas paātrinājumu izsaka ar šādu formulu:

$$\ln Q_{10} = \frac{10}{T_2 - T_1} \ln \frac{k_2}{k_1}, \quad (2.6)$$

kur Q_{10} — paātrinājuma koeficients;
 $T_2 - T_1$ — temperatūras intervāls;
 k_2, k_1 — atbilstošie reakcijas ātrumi.

Nelielā temperatūras diapazonā fermentatīvo reakciju vairumam $Q_{10} = 1,4 \dots 2,0$, bet fizikālajiem procesiem $Q_{10} = 1,0 \dots 1,3$. Neapšaubāmi, ka nozīmi saglabā arī ķīmiskā forma. Piemēram, daudzas kukaiņu un zivju sugas nepieciešamo temperatūras minimumu sasniedz ar muskuļu paātrinātu darbību. Tomēr izplatītākā ir etoloģiskā termoregulācijas forma. Arī aukstasiņu dzīvnieki izmanto dažādas pozas (daudzas kukaiņu un rāpuļu sugas atsevišķas ķermeņa daļas tur iespējami atstātāk no sakarsētās tuksneša smilts), rok alas (kukaiņi), pārziemo grupās (čūskas), bet mākslīgo mitekļu veidošanā bieži neatpaliek no homotermiem. Lapseņu un skudru pūžņi ir sarežģīti veidojumi, bet termīti ceļ izturīgas, ūdeni necaurīdīgas torņveida būves, kuru augstums sasniedz 6 m.

Arī aukstasiņu dzīvnieki ir izteikti migranti ar diennakts un sezonālo ciklu. Katru rītu ūdens virsējā slānī uzpeld zooplanktons, sasilst un intensīvi uzņem barību — fitoplanktonu. Katru gadu Golfa straume no Sargasa jūras nes Eiropas zuša (*Anguilla anguilla*) kāpurus, kas 2...3 gadu laikā sasniedz Eiropas piekrasti, ieceļo upēs un ezeros, tur sasniedz 9...12 gadu vecumu un tad atkal dodas atpakaļ uz Sargasa jūru, kur pēc nārsta iet bojā. Arī uz sauszemes norisinās masveida poikiloterma migrācija. Katru pavasari pēc ziemas guļas vārdes un krupji dodas uz sauszemes ūdenskrātuvēm, kur notiek to vairošanās.

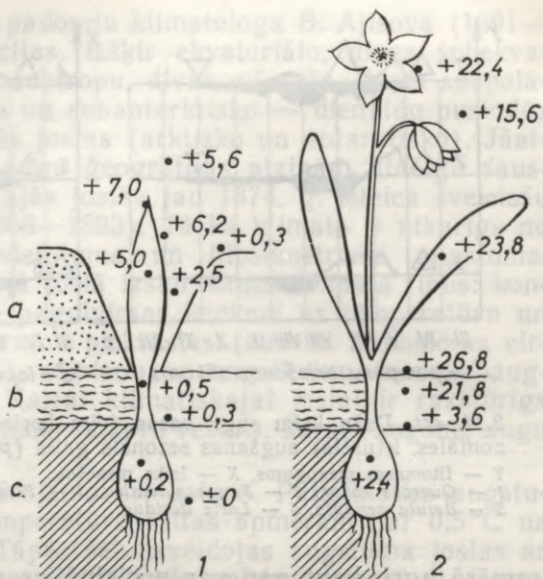
Aukstasiņu dzīvniekiem ir raksturīgas *diapauzes* — attīstības pārtraukumi —, kuru laikā krasi palēninās vielmaiņa un paaugstinās to izturība pret nelabvēlīgiem vides apstākļiem, arī pret zemu temperatūru, sausumu un pesticīdiem. Tāpēc augu kaitēkļu ķīmiskās apkarošanas laiks jāizvēlas tāds, lai tas nesakristu ar šo kukaiņu kāpuru vai kūniņu diapauzēm, bet, gluži pretēji, lai sakristu ar derīgo kukaiņu relatīvā miera periodu.

Poikilotermi ir arī augi. Tie nevar mainīt dzīves vietu. Tāpēc šo augu izvēle ir visai ierobežota — vai nu piemērošanās konkrētajiem vides apstākļiem, vai bojāeja. Aukstumizturību un karstumizturību galvenokārt nosaka biokīmiskās īpatnības — šūnas satura un koncentrācijas izmaiņas. Tā, iestājoties aukstam laikam, ciete transformējas cukurā. Šī iemesla dēļ, piemēram, kartupeļu bumbuļi, kas pārcietuši nelielu aukstumu, kļūst saldi. Fizikālā termoregulācija izpaužas dažādu augu orgānu morfoloģiskās un anatomiskās uzbūves, kā arī fizioloģiskajā specifiskā. Seit jāmin lapu apmatojums (dzeltenā kaķpēdiņa — *Helichrysum arenarium*), gluda un spīdīga virsma (melnalksnis — *Alnus glutinosa*), kreve (āra bērzs), reducētas lapas (melns saksauls — *Haloxylon aphyllum*) utt. Ievēro-

jama nozīme ir atvēr-
snīšu skaitam un funkcionē-
šanas intensitātei. Karstā
laikā pietiekoša aug-
snes mitruma apstākļos
augi pastiprina transpirā-
ciju un tādējādi pasargā
lapas no pārkaršanas. Pus-
tuksnešu un tuksnešu efe-
meri (viengadīgi lakst-
augi) un efemeroidi
(daudzgadīgi lakstaugi),
kuru dzīves cikls noris pa-
vasarī dažu nedēļu laikā,
gada karstāko un sausāko
daļu pavada relatīvā miera
stāvoklī.

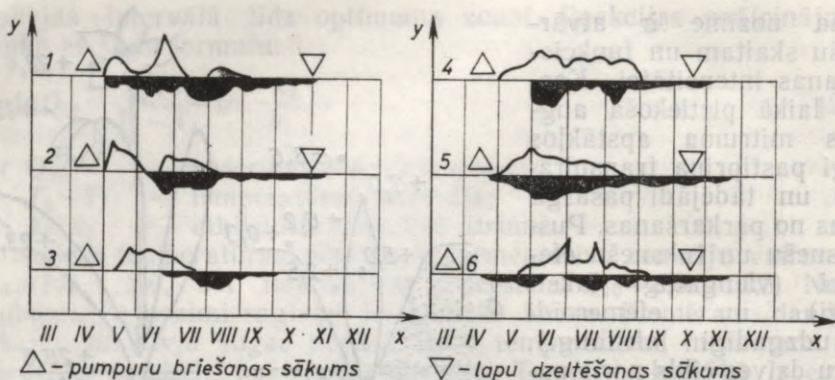
Temperatūras svārstī-
bām augu dzīvē ir arī liela
pozitīva nozīme. Par pie-
mēru var minēt stratifikā-
ciju. Tā ir grūti digstošu
sēkļu pirmssējas apstrāde,
kas paredz sēkļu turēšanu
pazeminātā temperatūrā
(1...10°C), mitrā un labi
aerētā vidē (kūdrā, smiltīs). Ar šo paņēmieni panāk ātrāku un
labāku sēkļu dīgšanu. Savukārt ziemāju kultūru normālai ziedēša-
nai nepieciešams, lai ziemā augi zināmu laiku atrastos pazeminātā
temperatūrā (-3...-13°C).

Augiem ļoti nozīmīgs ir siltā un aukstā laika temporālais sada-
lījums jeb *thermoperiodisms*. Jo tālāk no ekvatora, jo spilgtāk
izpaužas augu prasība pēc temperatūras sezonālajām svārstībām.
Noskaidrots, ka diennakts ciklā optimālā starpība mūsu apstākļos ir
5...8°C, tropos — 3...6°C, tuksnesī — 10...20°C. Jāatzīmē, ka
vairums augu sugu ir piemērojušās videi ar negatīvu temperatūras
gradientu, t. i., videi, kur temperatūra augsnē ir zemāka nekā
gaisā. Izņēmums ir augi, kas aug uz klintīm, akmeņainās un smil-
šainās tuksneša augsnēs (ķērpji, kaktusi). Taču visos gadījumos
atsevišķu augu sugām termiskais režīms ir dažāds. Par to uzskā-
tāmi liecina padomju botāniķes T. Gorišinas pētījumu dati (2.13. att.).
Mērījumu objekts ir ozolu mežu zemsegas raksturīgākais efeme-
roīds — Sibīrijas zilsniedzīte (*Scilla sibirica*). Temperatūras atšķi-
rīgais sadalījums daļēji izskaidro dažādu orgānu augšanas asin-
hronismu. Vācu dendrologs G. Hofmanis (1972) atkarībā no tā, kā
laikā nobūdīta kokaugu vasas un sakņu augšanas sezonālā gaita,
izdalījis ozolu un apšu tipus (2.14. att.). Pirmajam tipam (paras-
tais ozols, meža dižskābardis, Eiropas (parastā) egle, parastā priede,
baltā baltegle — *Abies alba*) vasas pieaugums garumā beidzas



2.13. att. Temperatūras (°C) sadalījums augā *Scilla sibirica* (pēc T. Gorišinas, 1969):

1 — agrā pavasarī, 2 — ziedēšanas fāzē;
a — sniegs, b — nedzīvā zemsega, c — augsne.



2.14. att. Dažu koku sugu vasas (virs horizontāles) un sakņu (zem horizontāles, ietušēts) augšanas sezonālā gaita (pēc G. Hojmana, 1972):

Y — fitomasas pieaugums, X — laiks mēnešos;

1 — *Quercus robur*, 2 — *Fagus sylvatica*, 3 — *Picea abies*, 4 — *Populus trichocarpa*, 5 — *Betula pendula*, 6 — *Larix decidua*.

samērā agri, kaut gan var norisināties vairākos atkārtojumos. Turpretī sakņu augšana vēl turpinās līdz novembrim. Otrajam tipam (spilvaugļu papele — *Populus trichocarpa*, āra bērzs, Eiropas lapegle — *Larix decidua*, parastā (ziemas) liepa — *Tilia cordata*, baltā robinija — *Robinia pseudoacacia*) vasas aug ilgāk un bez pārtraukumiem, taču arī šeit vērojams augšanas asinhronisms.

Īpašai augu grupai jāpieskaita koku sugas, kuru dabisko atjaunošanas veicina skrejuguns. Tās laikā mātesaudze, pateicoties koku biežajai un izturīgajai krovei, necieš, bet izdeg dzīvā zemsega, krūmi un citu sugu paauga. Tādējādi samazinās konkurence, kurai dīgstu un sējeņu fāzē ir izšķirošā loma. Turklāt skrejuguns sekmē arī čiekuru atvēršanos un sēkļu izkaisīšanos. Tāpēc pēc šādiem meža ugunsgrēkiem vērojama pastiprināta audžu dabiskā atjaunošanās. Šīs grupas redzamākais pārstāvis ir mūžzaļā sekvoja (*Sequoia sempervirens*), kas sastopama šaurā joslā Klusā okeāna piekrastes kalnos (600...900 m v. j. l.), Dienvidoregonā un Kalifornijā (ASV), kur sasniedz 110...120 m augstumu, 6...11 m caurmēru un 3000 gadu vecumu.

Temperatūras sadalījums uz mūsu planētas virsmas ir ļoti nevienmērīgs. Saņemtais siltuma daudzums galvenokārt ir atkarīgs no vietas ģeogrāfiskā platuma un augstuma virs jūras līmeņa (hipsometriskā augstuma). Uz ekvatora temperatūra ir visaugstākā, bet virzienā uz poliem samazinās (apmēram par 0,5 °C uz katru platuma grādu). Vienlaikus izteiktāks kļūst temperatūras sezonālais raksturs, t. i., palielinās temperatūras starpība starp ziemas un vasaras mēnešiem. Piemēram, uz ekvatora tā ir 3...5 °C, bet Verhojanskas apkaimē sasniedz 80 °C un vairāk. Arī diennakts temperatūras gaita dažādās zemeslodes vietās ir atšķirīga.

Atkarībā no temperatūras režīma mūsu planēta sadalīta vairākās klimatiskās joslās, kas ir klimata klasifikācijas augstākā ranga tak-

sons. Pēc visplašāk atzītās padomju klimatologa B. Aļisova (1891—1972) ģenētiskās klasifikācijas, izšķir ekvatoriālo, divas subekvatoriālās, divas tropu, divas subtropu, divas mērenās, divas subpolārās (subarktisko — ziemeļu un subantarktisko — dienvidu puslodē) un divas polārās klimatiskās joslas (arktisko un antarktisko). Jāatzīmē, ka, pamatojoties uz augu ģeogrāfijas atziņām, līdzīgu sauszemes iedalījumu klimatiskajās joslās jau 1874. g. ieteica šveiciešu botāniķis A. Dekandols (1806—1893). Tā kā klimats ir atkarīgs no kontinentu un okeānu izvietojuma un hipsometriskā augstuma, B. Aļisovs katrā klimatiskajā joslā izšķir šādus klimata tipus: kontinentālo un jūras (nosaka pagulvirsas ietekme uz temperatūru un mitrumu), rietumu un austrumu piekrastes (nosaka atmosfēras cirkulācija un jūras straumes), zemieņu un augstkalnu (nosaka augstums virs jūras līmeņa). Katrai klimatiskajai joslai ir raksturīgs temperatūras un citu klimatisko faktoru režīms, kā arī augsne, augu un dzīvnieku valsts.

Klimatiskā zonalitāte vērojama arī kalnos. Palielinoties augstumam virs jūras līmeņa, temperatūra kritas apmēram par $0,5^{\circ}\text{C}$ uz katriem 100 m augstuma. Tāpēc šeit izveidojas augstuma joslas ar katrai raksturīgu klimatisko apstākļu kompleksu, floru un faunu. Augstuma joslu skaits un specifika ir atkarīga no vietas ģeogrāfiskā platuma un augstuma. Visos gadījumos kalnu pakāje atbilst attiecīgajai klimatiskajai joslai. Visbagātākais augstuma joslu spektrs ir ekvatora tuvumā. Polu virzienā joslu robežas pazeminās un apakšējās joslas pakāpeniski izzūd.

Lai kompleksi raksturotu augu piemērošanās līmeni klimatisko faktoru kompleksam, 1903. gadā dāņu ģeobotāniķis K. Raunkiērs (1860—1938) izstrādāja augu dzīvības formu (ekobiomorfu) klasifikāciju, kuras pamatā ir vairošanās vienību (diasporu) vai jauno dzinumumu atrašanās stāvoklis attiecībā pret augsnes virskārtu vai ūdens virsmu gada nelabvēlīgākajā laikā (ziemā vai sausuma periodā). Viņš izšķir šādas ekobiomorfas.

○ **Epifīti** — augi, kuri aug uz citu augu stumbriem un kuriem nav tiešas saskares ar augsni (baltais āmulis — *Viscum album*).

○ **Fanerofīti** — augi, kuru diasporas ziemā atrodas virs sniega segas (koki, krūmi, liānas: parastais apinis — *Humulus lupulus*).

○ **Hamefīti** — augi, kuru diasporas pārziemo sniega segā (puskrūmi: mellene — *Vaccinium myrtillus*).

○ **Hemikriptofīti** — augi, kuru diasporas ziemu pavada detrīta slānī (daudzgadīgie lakstaugi: ārstniecības pienene — *Taraxacum officinale*).

○ **Kriptofīti** — augi, kuru diasporas pārziemo augsnē vai ūdenstilpes dibenā (daudzgadīgie lakstaugi). Nereti iedala trīs apakšgrupās: *ģeofītos*, *helofītos* un *hidrofītos*. Ģeofītu diasporas ziemā atrodas augsnē (baltā sniegpulkstenīte — *Galanthus nivalis*), helofītu — ūdenstilpes piekrastes augsnē zem ūdenslīmeņa (čemurainais puķumeldrs — *Butomus umbellatus*) un hidrofītu — ūdenstilpju dibenā (baltā ūdensroze — *Nymphaea alba*).

○ **Terofiti** — augi, kas pārziemo sporu vai sēklu veidā (viengadīgie lakstaugi: pērkone — *Raphanus raphanistrum*).

Augu secība K. Raunkiēra klasifikācijā norāda augu nodrošinātību pret nelabvēlīgiem pārziemošanas apstākļiem. Augu sugu skaita procentuālo sadalījumu K. Raunkiēra ekobiomorfās sauc par dotās vietas *bioloģisko spektru*. Tas labi raksturo reģiona klimatu. Tā, piemēram, arktiskajā un subarktiskajā joslā praktiski nav fanerofītu, jo aukstajās un garajās ziemās tie izsalst. Turpreti to ir ļoti daudz ekvatoriālajā joslā. Angļu ekologs P. Ričardss (1952) Centrālās Eiropas bioloģisko spektru iedala šādi: epifīti — 0%, farenofīti — 27%, hamefīti — 6%, hemikriptofīti — 39%, kriptofīti — 23% un terofīti — 5%.

Dzīvnieku pasaulē pazīstamas vairākas dzīvības formu klasifikācijas. Taču pagaidām tām ir vienpusīgs vai pretrunīgs raksturs un tās neietver visu esošo daudzveidību. Tāpēc šīs klasifikācijas šeit nav apskatītas.

2.4.3. MITRUMS

Pat optimālā temperatūrā dzīvība ir iespējama tikai tur, kur ir pietiekams mitrums. Dzīvība ir radusies un evolūcijas ilgāko posmu attīstījusies ūdenī. Arī šobrīd ievērojams skaits sugu vai nu dzīvo ūdenī, vai vismaz to gametu saplūšana notiek ūdenī. Dzīvības norisēm svarīgākie bioķīmiskie procesi nav iedomājami bez ūdens līdzdalības. Visi dzīvie organismi satur noteiktu ūdens daudzumu, vairumā gadījumu — 70...90%. Taču dažām medūzu sugām ūdens saturs sasniedz pat 98% no ķermeņa kopējās masas. Jebkurā vidē ūdens var būt limitējošais faktors. Sauszemes ekosistēmās tā limitējošo ietekmi izraisa mitruma trūkums vai pārmērība, ūdens ekosistēmās — liels sāļums, kas izsauc osmozi, kuras dēļ šūnas zaudē ūdeni un iestājas fizioloģiskais sausums.

Biosfēras mitruma avots ir *nokrišņi, augsnes un atmosfēras ūdens*. Nokrišņu raksturošanai izmanto dažādus rādītājus. Nozīmīgākais no tiem ir *nokrišņu daudzums gadā*, kuru nosaka milimetros. Ūdens daudzuma 1 mm atbilst tādām ūdens slāņa biezumam, kādu iegūst, ja 1 l ūdens izlej uz 1 m² laukuma. Tāpēc, zinot kādas teritorijas platību un nokrišņu slāņa biezumu, viegli pāriet uz tilpuma un masas mērvienībām. Nokrišņu daudzuma teritoriālais sadalījums biosfērā ir ļoti nevienmērīgs. Planētas mitrākajās vietās (Čerapundži ciemats Indijas ziemeļaustrumos, Havaju salas) vidēji ikgadējā nokrišņu summa pārsniedz 12 000 mm, turpretī sausākajos reģionos (Atakamas tuksnesis) bieži iestājas periodi, kad gadiem ilgi vispār nav lietus. Šādu nevienmērīgumu izskaidro ar kontinentu un kalnu grēdu izvietojumu, valdošo vēju un jūras straujumu virzienu, vietas atrašanās attālumu no okeāna, augstumu virs jūras līmeņa un citiem faktoriem.

Latvija atrodas ziemēļu puslodes ciklonu un anticiklonu joslā, kurā raksturīgi nepastāvīgi laika apstākļi. Vidēji līst vai snieg

175...185 dienas gadā, kā rezultātā nokrišņu summa sasniedz 600...650 mm, bet atsevišķās vietās (Vidzemes Centrālā augstiene un Kurzemes augstiene) pat 800...850 mm. Vismazāk nokrišņu ir Zemgales un Lubānas līdzenumos, kā arī Rīgas liča piekrastē, kur to summa ir 550 mm gadā.

Ļoti nozīmīgs ir nokrišņu sadalījums laikā. Ir svarīgi, lai tie pietiekošā daudzumā būtu veģetācijas periodā. Arī lietus raksturam ir liela nozīme. Vēlamākais ir smidzinošais lietus, kad ūdens lielākā daļa iesūcas augsnē, to vienmērīgi samitrinot un papildinot augsnes ūdens resursus. Turpretī gāziennokrišņi galvenokārt pāriet virszemes notecē, kas izsauc intensīvu augsnes eroziju. Tādējādi aizskalojas augsnes auglīgākā daļa, veidojas gravas, izskalojumi, ceļu un dabju pārrāvumi, meliorācijas sistēmu, strautu, upju un kanālu aizsērējumi. Sevišķi izteikti minētie procesi norisinās vietās, kur ir rets augājs vai tā vispār nav, piemēram, aramzemēs pēc to pavasara vai rudens apstrādes. Šajā ziņā noturīgākās ir pļavu un mežu ekosistēmas. Mežā ar izveidojušos detrita slāni, spēcīgu dzīvo zemesgu, pamežu un paaugu pat ļoti intensīva lietus ūdens tiek akumulēts, pāriet gruntsūdenī un pazemes ūdenī, kas pēc tam papildina strautus, upes, ezerus un citas ūdenstilpes. Tādējādi realizējas mežu ūdensregulējošā funkcija. Jāatzīmē, ka stiprs lietus izraisa labības sējumu saveldrēšanos un citus mehāniskus bojājumus.

Neapšaubāmi, ka bioloģiska nozīme ir rasai un miglai. R a s a rodas, gaisa mitrumam kondensējoties uz augsnes, augiem un dažādiem priekšmetiem, ja tie atdziest līdz rāsas punkta temperatūrai. Parasti tas notiek skaidrās naktīs. Mūsu apstākļos rāsa naktī var veidot 0,1...0,5 mm, bet mazajos platuma grādos — līdz 3 mm nokrišņu. Eksperimentāli konstatēts, ka bezrasas vidē daudzas augstāko augu sugas aug ievērojami sliktāk. Litofītiskajiem un epifītiskajiem zemākajiem augiem (aļģēm, ķerpiem) rāsa ir neaizstājams mitruma avots. Sacītais attiecas arī uz augsnes virskārtā un augājā dzīvojošajiem mikroorganismiem un dzīvniekiem.

Ir pazīstami organismi, kas iztiek tikai ar to mitrumu, ko atnes m i g l a. Piemēram, Āfrikas dienvidrietumos Namībijas tuksnesī aug brīnumainā velvičija (*Welwitschia mirabilis*), kuras atsevišķi eksemplāri sasniedz 2000 un vairāk gadu vecumu, 1,0...1,2 m stumbra diametru un ne vairāk kā 0,5 m augstumu. Šie koki atgādina celmus, kas pārsegti ar cietām lentveidīgām, pat līdz 8 m garām un 1,8 m plātām lapām, kam abās pusēs ir ļoti daudz atvārsnīšu (vairāk nekā 22000 cm²). Šīs milzu lapas bagātīgi kondensē rasu, kas daļēji uzsūcas pa atvārsnītēm un daļēji pa lapu virsmu noplūst uz augsni, kur to nekavējoties uztver augu saknes, kuras izvietojušās smilšu pašā virsējā slānī. Rāsa un migla samazina transpirāciju un iztvaikošanu, bet veicina parazitisko sēņu sporu, piemēram, kartupeļu lakstu puves (*Phytophthora infestans*) izplatīšanos.

Cietos nokrišņus (sniegu, sarmu, krusu, apledzumu) augi tieši uzņemt nevar. Tāpēc ziema augiem ir ne tikai aukstākais, bet arī sausākais gadalaiks. Sniegs veido ūdens rezervi. Sniega segai ir aizsargfunkcija gan pret zemām temperatūrām, gan mitruma

trūkumu. Tāpēc subpolārajās joslās vai augstu kalnos nav sastopami tie augi, kuri vai kuru daļas ziemā atrastos virs sniega segas (epifīti un fanerofīti). Pēc augāja augstuma šeit var secināt par sniega segas biezumu. Sniega segas aizsardzība ir nepieciešama arī dzīvniekiem. Taču vienlaikus tā traucē barības iegūvi. Tāpēc ziemā savvaļas dzīvnieki jāpiebaro. Sevišķi jutīgi ir putni. No zīdītājiem jāmin stirna (*Capreolus capreolus*). Sniega sega kavē dzīvnieku pārvietošanos, it īpaši sērsnas laikā, kad nereti tiek savainotas dzīvnieku kājas. Jāatzīmē arī sniega segas demaskējošā nozīme (pelēkais zaķis — *Lepus europaeus*).

Sarma aizsargā augu vasas, it sevišķi pumpurus un mazāk nobriedušos pēdējā gada dzinumus no sasalšanas un izžūšanas.

Krusai un apledojumam ir negatīva nozīme. Tie mehāniski bojā vai pat iznīcina augus. Dažkārt vērojamas arī *snieglieces* un *snieglauzas*. Taču to nodarītie bojājumi ir nelieli un viegli novēršami, ja mežu pareizi apsaimnieko.

Pēdējos divdesmit gados ļoti aktuāls kļuvis nokrišņu kvalitatīvais sastāvs. Gaisa industriālā piesārņojuma rezultātā veidojas skābie nokrišņi, kas izraisa skujkoku audžu degradēšanos, zivju un citu ūdensmītņnieku bojāeju un tamlīdzīgas masveida parādības. Baltijas jūras baseina ziemeļu un austrumu daļa ir viens no reģioniem, kur lietus skābums sasniedz $\text{pH} \leq 4$. Konstatēti arī ļoti bīstamie radioaktīvie nokrišņi.

Dzīvie organismi nevar izmantot visu nokrišņu daudzumu. Daļa no tiem iesūcas augsnē, pāriet gruntsūdenī un pazemes ūdenī, daļa virszemes noteces veidā aizplūst uz ūdenskrātuvēm, un daļa iztvaiko, tādējādi papildinot atmosfēras ūdeni un radot sākumu jauniem nokrišņiem. Protams, iztvaiko arī ūdenstilpes. Aprēķināts, ka Zemes ūdens bilancē no Pasaules okeāna iztvaiko apmēram 880 mm (86,3%) un no sauszemes — 140 mm (13,7%) ūdens, kas sastāda kopējo nokrišņu summu — 1020 mm gadā. Atmosfēra satur vairāk nekā 13 mljrd. t ūdens, kas atbilst 25 mm biežam nokrišņu slānim uz Zemes virsmas. Šis daudzums ir ļoti noturīgs, jo ar nokrišņiem zaudēto ūdeni kompensē iztvaikošanas process. Tas nozīmē, ka atmosfēras ūdens krājumi atjaunojas aptuveni 40 reizes gadā jeb vidēji ūdens molekula atmosfērā uzturas 9 dienas. Ūdens daudzumu atmosfērā un tā ekoloģisko nozīmi labi raksturo *relatīvais gaisa mitrums*, kas ir procentos izteikta gaisā esošu un piesātinātu ūdens tvaiku spiediena attiecība. Baltijas jūras piekrastē vidējais relatīvais gaisa mitrums ir 75%, Latvijas vidienē — 70%. Vislielākais tas ir decembrī, vismazākais — maijā. Dienu skaits ar paaugstinātu relatīvo mitrumu (80% un vairāk) ir no 150 dienām vidienē līdz 190 dienām piekrastē.

Bioloģiski ļoti svarīga ir *nokrišņu daudzuma un iztvaikošanas attiecība*. Teritorijas, kurās iztvaikošana pārsniedz nokrišņu daudzumu gadā, sauc par *arīdām*, pārējās — par *humīdām*. Apmēram trešdaļā sauszemes ir arīdi apstākļi, pie tam pusē no šīs teritorijas valda īpaši liels sausums (gada nokrišņu summa ir mazāka par 250 mm, bet iztvaikošana pārsniedz 1000 mm). Turklāt pēdējā laikā

pastāv stabila arīdo teritoriju paplašināšanās tendence. Produktīva augkopība šeit iespējama, lietojot mākslīgo apūdeņošanu. Taču tā saistīta ar pastiprinātu augsnes sasāļošanu. Nokrišņu daudzuma un iztvaikošanas attiecība ir atkarīga no temperatūras. To raksturo ar franču ģeogrāfa E. de Martona (1873—1955) ieteikto ariditātes indeksu I :

$$I = P / (T + 10), \quad (2.7.)$$

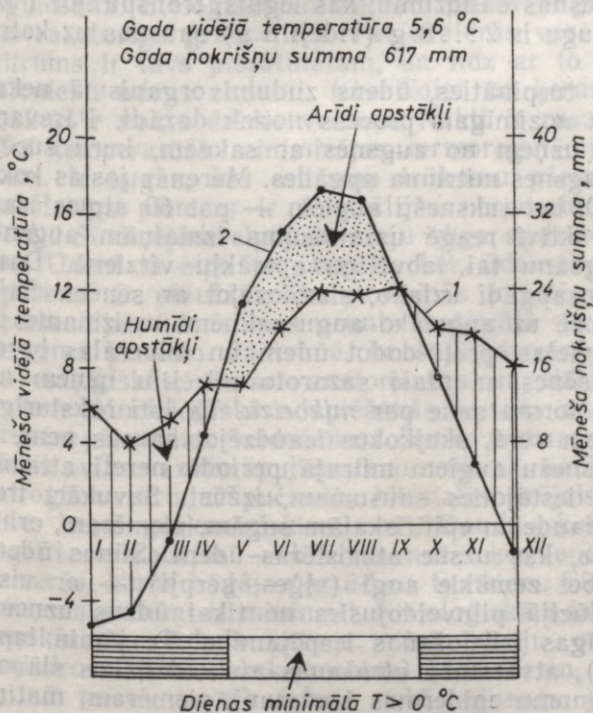
kur P — gada nokrišņu summa, mm;
 T — gada vidējā temperatūra, °C.

Jo mazākas ir I vērtības, jo sausāks ir klimats. Rīgā $I = 617 / (5,6 + 10) = 39,6$ (aprēķināts no LPE, Nr. 52:54 datiem). Katra j -tā mēneša indeksu izsaka šādi:

$$I = 12 P_j / (T_j + 10). \quad (2.8.)$$

Formulā (2.8) koeficients 12, kas ir vienāds ar mēnešu skaitu gadā, ieviests, lai visas indeksa vērtības būtu savstarpēji salīdzināmas. Līdzīgi var aprēķināt jebkuru laika posma ariditātes indeksu.

Uzskatāmu un informatīvu priekšstatu par dotās vietas termorežīmu un mitruma režīmu sniedz klimatogramma jeb ombrotermiskā diagramma (2.15. att.), kuru ieteicis vācu ekoloģis H. Valters. Šajā diagrammā uz horizontālās ass atliek mēnešus. Vertikālās ass ir divas — mēneša vidējās temperatūras un mēneša nokrišņu



2.15. att. Rīgas ombrotermiskā diagramma:

1 — nokrišņu līkne, 2 — temperatūras līkne.

summas atainošanai, pie tam šo asu mērogu attiecība ir 1:2. Humīdos laika apstākļos nokrišņu likne grafikā atrodas virs temperatūras liknes (vertikāls iesvītrojums); sk. 2.15. att. Šo likņu pretējs izvietojums liecina par arīdiem apstākļiem (punktējums). Parasti ombrotermiskajā diagrammā atzīmē dažādu papildu informāciju, piemēram, norāda laika posmu, kurā dienas vidējā temperatūra ir negatīva, sniedz gada vidējo temperatūru, nokrišņu summu utt.

Dzīvie organismi ūdeni zaudē transpirējot (augi) vai elpojot un izvadot reizē ar metabolisma produktiem (dzīvnieki). Transpirācija ir ūdens iztvaikošana no augiem, tā notiek pa atvārsnītēm (90...95%) vai arī caur kutikulu. Aprēķināts, ka ik gadus atmosfēra saņem 600...700 triljonus ($6 \cdot 10^{12}$... $7 \cdot 10^{12}$) tonnu transpirētā ūdens, kas ir 10...15% no kopējā iztvaikotā ūdens daudzuma biosfērā (1020 mm jeb $5,2 \cdot 10^{15}$ t). Ja aplūko iztvaikošanu tikai no sauszemes (140 mm jeb $7,14 \cdot 10^{14}$ t), tad transpirācija sastāda 85...95% no kopējā iztvaikotā ūdens. Mežu ekosistēmām transpirācija ir tik liela, ka pēc audžu nociršanas platības pārpurvojas. Tas īpaši izpaužas mērenās joslas mežos, kur praktizē koncentrētās kailcirtes. Transpirācija kopā ar sakņu spiedienu rada ūdens un augu minerālās barošanās vielu plūsmu no saknēm uz vasu. Iztvaikotā ūdens un augu saražotās sausnas masas attiecību sauc par *transpirācijas koeficientu*. Daudzām savvaļas un kultūragu sugām tas ir 100...800 (vidēji 300). Izmanto arī *transpirācijas produktivitātes rādītāju* — transpirācijas koeficienta apgrieztu vērtību. Tas izsaka sausnas daudzumu, kas iegūts, transpirējot 1 kg ūdens, un vairumam sugu ir 2...8 g (vidēji 3 g) sausnas uz katru kilogramu ūdens.

Lai dzīvība varētu turpināties, ūdens zudumi organismā nekavējoties jāatjauno. Šis nozīmīgais process notiek dažādi. Pārsvarā augstākie augi ūdeni uzņem no augsnes ar saknēm, kuru sūcējspēks ir atkarīgs no augsnes mitruma apgādes. Mērenās joslas koku sugām tas sasniedz 30, bet tuksnešu augiem — pat 60 atmosfēras. Augu sakņu sistēma aktīvi reaģē uz mitruma izmaiņām augsnē, pastiprinot sakņu augšanu tai labvēlīgo apstākļu virzienā. Daudzas augu sugas ūdensapgādi uzlabo, simbiozējot ar sēnēm. Sajā gadījumā sēnes simbiozē uz augstāko augu saknēm un izmanto to saražotās organiskās vielas, pretī dodot ūdeni un minerālās barošanās elementus, ko sēnes ar plaši sazaroto micēliju uzņem no augsnes. Šo simbiozes formu sauc par *mikorizu*. Tā ļoti raksturīga skujkokiem, tāpēc jāņem vērā, skujkokus ieaudzējot sausās nemeža zemēs. Stepju un tuksnešu augiem mitrajā periodā nereti attīstās efemērās saknes, kas, iestājoties sausumam, izzūst. Savukārt tropiskajos lietus mežos daudzām epifītiskajām sugām, piemēram, orhidejām, ir gaisa saknes, kas uzsūc atmosfēras ūdeni. Sūnas ūdeni uzņem ar rizoidiem, bet zemākie augi (aļģes, ķērpji) — ar visu ķermeņa virsmu. Evolūcijā pilnveidojusies ne tikai ūdens uzņemšana, bet arī tā taupīgas izlietošanas iespējamība. Te jāmin lapu reducēšanās (saksauli), atvārsnišu atrašanās audu dziļākos slāņos (kaktusi), lapu un dzinumumu epidermas izaugumi, piemēram, matiņi

(dzeltenā kaķpēdiņa), stumbru un zaru ūdeni necaur laidīga miza (bērzi), ūdens rezervju uzkrāšanās speciālos audos (laimiņi), transpirācijas intensitātes regulēšana ar atvārsnītēm utt.

Sauszemes dzīvnieki ūdeni uzņem ar ķermeņa virsmu, dzerot vai reizē ar barību, kā arī izmantojot metabolisko ūdeni, kas rodas, oksidējoties uzkrātajiem taukiem. Caur ķermeņa virsmu ūdeni var uzņemt dzīvnieki, kuru āda ir ūdenscaurlaidīga (abinieki, ērces, daļa kukaiņu sugu, it īpaši kāpuru stadijā). Šī īpašība reizē arī ierobežo to izplatību, jo šādu sugu eksistence iespējama tiešā ūdens tuvumā vai arī vietās, kur relatīvais gaisa mitrums ir tuvs 100%. Dzīvnieki, kas ūdeni uzņem dzerot (putni, zīdītāji), ir ļoti atkarīgi no ūdenstilpju izvietojuma. Sausās aridās teritorijās šie dzīvnieki spiesti uzturēties ūdens tuvumā, bet, tam izsīkstot, veic tālas migrācijas, līdz atrod jaunu ūdens baseinu vai iet bojā. Arī mērenajā joslā ūdenstilpju tuvumā sastopams lielāks sugu un īpatņu skaits. Pateicīgs novērošanas objekts šajā ziņā ir bebru uzpludinājumi artikulētā reljefā. Pēc to izveidošanās krasi bagātinās un aktivizējas apkārtējo ekosistēmu dzīve. Daļa tuksnešu dzīvnieku pilnīgi vai daļēji iztiek ar to ūdeni, ko satur barība, vai ar to, kas rodas tauku oksidēšanās rezultātā (kamieļi). Dzīvokļos nereti sastopamā tauriņa — drēbju kodes (*Tineola biselliella*) kāpuri iztiek tikai ar metabolisko ūdeni.

Sauszemes dzīvnieku ūdens satura regulēšanas veidus iedala etoloģiskajā, morfoloģiskajā, anatomiskajā un fizioloģiskajā ūdens regulēšanā. Etoloģiskajam veidam pieder migrācija un alu rakšana, kas raksturīga grauzējiem. Pat skaidrās vasaras dienās alās gaisa mitrums ir tuvs piesātinātam, un līdz ar to ievērojami samazinās dzīvnieku ūdens zudumi, iztvaikojot no ķermeņa virsmas. Līdzīga nozīme ir nakts dzīves veidam. Naktī ir rasa un bez tam pazeminātā temperatūrā minimizējas termoregulācijas radītie ūdens zudumi. Ir sugas, kas mitruma trūkumu pārvar anabiozes stāvoklī. Raksturīgs piemērs ir Austrālijas neoceratods (*Neoceratodus forsteri*). Šī divējādi elpojošo zivju suga apdzīvo Austrālijas saldūdeņus. Ūdenī tā elpo ar žaunām, bet, ūdenstilpei izzūstot, pāriet uz elpošanu ar plaušām, kas norisinās ļoti lēni, jo parasti šīs zivis iecementējas ūdenstilpes grunts materiālā un šādā stāvoklī pavada sausuma periodu. Jāatzīmē, ka šajā piemērā vienlaikus vērojamas kā etoloģiskās, tā arī anatomiskās un fizioloģiskās adaptēšanās iezīmes. Morfoloģiskā adaptēšanās saistīta ar dažādu epidermas un skeleta pārveidņu veidošanos: čaula (sauszemes gliemežiem), ragvielas zvīņas (zvīņrāpuļiem, zvīņnešiem), kaula bruņas ar ragvielas vairogiem (bruņurupučiem), hitinizēts ārējais skelets (posmkājiem u. c. bezmugurkaulniekiem) utt. Daudzu kukaiņu sugu elpošanas orgāni — trahejas — beidzas nevis ķermeņa virspusē, bet īpašās kamerās, kuras bagātas ar ūdens tvaikiem. Tāpēc elpošanas procesā mitruma zudumi ir minimāli. Fizioloģiskā adaptācija ir saistīta galvenokārt ar ūdens satura minimizāciju organisma izdalījumos (sviedros, urīnā, ekskrementos). Piemēram, kamieļu mēsli satur 5...7 reizes mazāk ūdens nekā mērenās joslas zālēdāju mēsli.

Jāuzsver, ka organismu adaptācija vides apstākļiem notiek kompleksi. Piemēram, anabioze vai epidermas pārveidnes ir vienlīdz efektīvi līdzekļi gan pret temperatūras, gan mitruma nelabvēlīgu ietekmi. Tāpēc bieži vien ir grūti noteikt kāda ekoloģiskā faktora prioritāti konkrētajā adaptācijas gadījumā.

Atkarībā no dzīvnieku ūdenssprasīguma R. Dažo (1972) tos klasificē šādi.

○ **Hidrofili** jeb **ūdensdzīvnieki** — visu dzīves laiku pavada ūdensvidē.

○ **Higrofili** — mitinās mitrās vietās, kur relatīvais gaisa mitrums ir tuvs piesātinātam. Grupā ietilpst abinieki, gliemeži, augsnes un alu fauna.

○ **Mezofili** — taksonomiski bagātākā kategorija, kam raksturīgas mērenas prasības pēc mitruma. Tie sekmīgi panes mitruma svārstības, arī sausuma un lietus periodus. Mezofili ir izteikti eiribionti.

○ **Kserofili** — dzīvo sausā vidē. Tiem pieder arī do teritoriju iemītnieki. Vienlaikus tie ir arī termofili. Mērenajā joslā sastopami kāpās, smiltajos, kalnu un pauguru dienvidu nogāzēs.

Ir pazīstamas vairākas augu hidroekoloģiskās klasifikācijas. Jau 1895. g. daņu botāniķis J. Vārmings (1841—1924) izdala **higrofitus**, **mezofitus** un **kserofitus**. Trīsdesmito gadu sākumā H. Valters, ņemot vērā augu anatomiskās īpatnības, tos grupēja poikilohidrajos un homohidrajos augos.

Poikilohidriem līdz ar ūdens satura izmaiņām vidē mainās arī to iekšējais ūdens saturs. Sausumā tie izžūst un sarūk, kā arī būtiski samazinās to fotosintēzes un elpošanas intensitāte. Taču neatgriezeniskas izmaiņas šūnās nenotiek. Lietus laikā šie augi ātri uzsūc ūdeni lielā vairumā, uzbriest un aktivizē fizioloģiskās funkcijas. Grupai pieskaita sēnes, aļģes un citus organismus, kuru šūnās nav centrālās vakuolas, kas kalpo par savdabīgu ūdens rezervuāru.

Šāda vakuola ir homohidro augu — **homohidru** — šūnām. Tāpēc to protoplazma ir mazāk atkarīga no vides mitruma izmaiņām. Protams, centrālās vakuolas iespējas šūnas hidroloģiskā režīma stabilizēšanā ir ierobežotas. Turklāt, šīm šūnām izžūstot, tajās iestājas neatgriezeniskas izmaiņas. Tāpēc, pārsniedzot kritisko robežu, augi virst un iet bojā. Lai no tā pasargātos, šīs grupas augiem ir labi attīstīta kutikula, kas novērš iztvaikošanu, transpirāciju regulē atvārsnītes, spēcīga sakņu sistēma nodrošina ūdens piegādi. Šai kategorijai pieder vairums recento sugu. Tāpēc nav šaubu, ka tā ir ļoti heterogēna. Pastāv vairāki veidi šīs kategorijas augu detalizētai iedalīšanai. PSRS lieto modificētu botāniķa A. Šeņņikova (1888—1962) shēmu (1950).

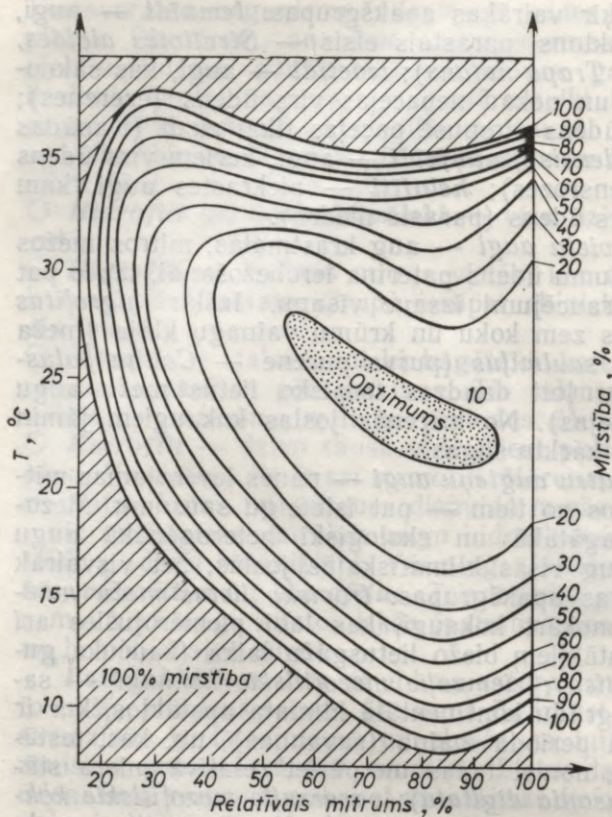
○ **Hidrofīti** jeb **ūdensaugi** aug ūdenī. Šis apstāklis nosaka to morfoloģiskās, anatomiskās un fizioloģiskās īpatnības. Tiem ir vāji attīstīti balstaudi un daļēji vai pilnīgi reducētas saknes, bet labi izveidota aerenhīma. Augi vairojas galvenokārt veģetatīvi, bieži sastopama **heterofīlija** — viena auga lapu formas dažādība. Piemēram, parastajai bultenei (*Sagittaria sagittifolia*) zemūdens lapas ir lineāras, peldošas — iegareni lacentiskas vai olveida, bet virsūdens

lapas — bultveida. Izšķir vairākas apakšgrupas: **lemnīdi** — augi, kas brīvi peld (fitoplanktons, parastais elsis — *Stratiotes aloides*, peldošais ezerrieksts — *Trapa natans*); **izoetīdi** — augi, kas sakņojas ūdenstilpes dibenā un nekad nepaceļas virs ūdens (ezerenes); **elodeīdi** — augi, kam ūdens virspusē paceļas tikai ziedi (Kanādas elodeja — *Elodea canadensis*); **nimfeīdi** — augi, kuriem virs ūdens atrodas arī lapas (ūdensrozes); **helofīti** — piekrastes augi, kam augšējā daļa paceļas virs ūdens (parastā niedra).

○ **Higrofīti** jeb *mitru vietu augi* — aug krastmalās, mitros mežos un pļavās. Nav pielāgojumu ūdens patēriņa ierobežošanai, tāpēc pat īslaicīgi ūdensrežīma traucējumi izsauc višanu. Izšķir *higrofītus ēnciešus*, kas aug mežos zem koku un krūmu vainagu klāja (meža sprigane) un *higrofītus saulmīšus* (purva purene — *Caltha palustris*). Sai grupai pieder ļoti daudzas tropisko lietus mežu augu sugas (papardes, orhidejas). No mērenās joslas kokaugiem jāmin melnalksnis un dažādas kārklu sugas.

○ **Mezofīti** jeb *vidēji mitru augteņu augi* — panes ievērojamas mitruma svārstības, vairums no tiem — pat īslaicīgu sausumu. Mezofīti ir taksonomiski bagātākā un ekoloģiski heterogēnākā augu grupa. Tās pārstāvji aug visās klimatiskajās joslās, bet visvairāk mērenajā. Izšķir vairākas apakšgrupas: *tropisko lietus mežu mūžzaļie mezofīti* — galvenokārt kokaugi, kas labi piemērojušies arī īslaicīgi pārmitriem apstākļiem biežo lietusgāžu laikā (kaučuka gumijkoks — *Fictus elastica*); *ziemzaļie mezofītiskie kokaugi* — sastopami mazo platuma grādu kontinentālā klimata apstākļos, kur ir izteikta lietus un sausā perioda maiņa (savannas), un, kas, iestājoties sausajam laikam, nomet lapas un pāriet relatīvā miera stāvoklī (baobabs — *Adansonia digitata*); *vasarzaļie mezofītiskie kokaugi* — kas izplatīti galvenokārt mērenajā joslā, ziemu tie pavada miera stāvoklī (parastais ozols); *vasarzaļie mezofītiskie lakstaugi* — izplatīti mērenās joslas mežos (parastā kreimene — *Convallaria majalis*) un pļavās (pļavas (sarkanais) āboliņš — *Trifolium pratense*), šai grupai pieder arī kultūraugi (vasaras kviesis — *Triticum aestivum*) un nezāles (nesmaržīgā suņkumelīte — *Tripleurospermum inodorum*).

○ **Kserofīti** jeb *sausu augteņu augi* — aktīvi veģetē arī ilgstošā augsnes un atmosfēras sausumā. Tie ir tipiski aridās teritorijās (stepē, tuksnesī). Pie mums sastopami pauguru dienvidu nogāzēs, smiltājos, grants karjeros un citās vietās, kas nepietiekošā mitruma dēļ nav piemērotas mezofītiem. Kserofītiem izveidojušies specifiski ūdens uzņemšanas, saglabāšanas un taupīgas izlietošanas pielāgojumi, kuru veids nosaka kserofītu iedalījumu *sukulentos* un *sklerofītos*. **Sukulenti** ūdens rezerves saglabā sulīgās, biežās lapās (lapu sukulenti: agaves, alvejas) vai stumbros — sugām, kurām lapas pārvērtušās par ērkšķiem (stumbru sukulenti: kaktusi). Sukulenti ir izplatīti galvenokārt Amerikas, retāk Austrālijas un Āfrikas tuksnešos un pustuksnešos, kuros raksturīgi īslaicīgi lietus periodi un nav bargas ziemas. Sakņu sistēma ir virspusēja, lietus laikā saknes ātri sazarojas un intensīvi uzsūc ūdeni, bet, iestājoties



2.16. att. Ābolu tinēja kūniņu mirstības termo-hidrogramma (pēc V. Seljorda, 1927).

sausumam, daļēji atmirst. Ūdens uzkrājas īpašā parenhīmā, un tā saturs var sasniegt 95% no kopējās auga masas. Konstatēts, ka viens 10 m augsts kokveidīgo kaktusu (*ģ. Cereus*) eksemplārs var saturēt līdz 3 t ūdens. Turklāt apbrīnojama ir ūdens saglabāšanas spēja. I. Kuļtiasovs (1982) apraksta eksperimentu, kura laikā pilnīgā sausumā divos gados kaktusi zaudējuši tikai 13% sākotnējās masas, bet pēc trīs gadiem — 36%. Sukulentiem ir relatīvi maz atvārsnišu, turklāt tās atrodas virsmas padziļinājumos. Tas samazina transpirāciju, bet aizkavē oglekļa dioksīda asimilāciju. Tāpēc sukulentī aug lēni. Raksturīgākie Latvijā augošie savvaļas sukulentī ir laimiņi un saulrieteņi.

Sklerofīti pēc savām īpašībām ir sukulentu pretstats. To vasa ir koksnaina, lapas mazas, cietas, ar daudzām atvārsnītēm, blīvu dzīslojumu, biezu kutikulu vai matiņiem, nereti reducētas. Sakņu sistēma sazarota, dziļa (piemēram, melnajam saksaulam — līdz 15 m), sasniedz gruntsūdeni, sakņu masa 8...10 reizes pārsniedz vasas masu. Sklerofītiem ir raksturīgs liels osmotiskais spiediens un sakņu sūcējspēks. Mērenās joslas izteikts sklerofīts ir divmāju kaķpēdiņa (*Antennaria dioica*).

○ **Efemeri un efemeroidi** — raksturīgs ļoti īss aktīvās dzīves cikls (30...50 dienas). Efemeri (viengadīgi lakstaugi) nelabvēlīgos laika apstākļus pārcieš sēklu, efemeroidi (daudzgadīgi lakstaugi) — bumbuļu, gumu, sīpolu veidā. Tie ir galvenokārt stepju, pustuksnešu un tuksnešu augi, kas, iestājoties mitram laikam, ātri sazeļ un intensīvi uzkrāj asimilātus. Pēc sēklu nogatavošanās virszemes daļas atmirst. Augi ir sagatavojušies 10...11 mēnešus ilgam miera periodam. Jāatzīmē, ka ne vienmēr šis fizioloģiskās adaptācijas pamatā ir mitrums. Piemēram, mūsu mežos noteicošā ir gaisma. Pēc lapu saplaukšanas tie pāriet miera stāvoklī (zilā vizbulīte — *Hepatica nobilis*).

Nedrīkst aizmirst, ka dabiskajos apstākļos kāda viena ekoloģiskā faktora ietekmi var pastiprināt vai pavājināt pārējie vides komponenti. Sacīto uzskatāmi apliecina V. Selforda (1927) pētījumi par ābolu tinēja (*Carpocapsa pomonella*) kūniņu mirstību atkarībā no temperatūras un mitruma vienlaicīgas iedarbības (2.16. att.). Vislabvēlīgākie apstākļi (mirstība tikai 10%) termohidroogrammā attēloti ar neregulāras formas kontūru. Ekoloģiskais optimums saglabājas 22...28 °C temperatūrā, ja relatīvais gaisa mitrums pieaug no 55 līdz 95%. Jo tālāk no optimuma, jo straujāk palielinās mirstība. Grafiski to norāda atstarpes samazināšanās starp izolīnijām. Temperatūras un mitruma kompleksā ietekme augu ekoloģijā nosaka, piemēram, kriofilo sugu iedalījumu *psihrofītos* un *kriofītos*. **Psihofīti** aug aukstos un mitros apstākļos. Tā tas ir tundrā, kur gada lielāko daļu ilgst barga, vējaina, ar sniegu ne visai bagāta ziema, kam seko auksts pavasaris un īsa, vēsa vasara. Nepietiekamā siltuma dēļ te izveidojies nepārtraukts mūžīgais sasalums un pārmitras, minerālās barošanās elementiem nabadzīgas augsnes. Savukārt **kriofīti** aug aukstās un sausās vietās, visbiežāk tie sastopami augstkalnēs, kur mitruma trūkumu vēl saasina pastiprinātā Saules radiācija un spēcīgie vēji.

2.4.4. ŪDENSVIDE

Biosfērā izšķir četras ekoloģiskās vides: sauszemi (virszemi), ūdeni, augsni un organismu. Ekoloģisko faktoru komplekss ir ļoti specifisks, un tas arī nosaka katras vides iemītnieku eksistences apstākļus, uzbūves un funkcionālās īpatnības. Visās ekoloģiskajās vidēs būtiska loma ir ūdenim. Taču atšķirībā no pārējām vidēm ūdensvidē organismi dzīvo tieši ūdenī. Ūdensvide bija pirmā, kurā dzīvība radās un attīstījās tiktāl, ka vēlāk tā varēja pāriet uz sauszemi un augsni. Acīmredzot arī senie ūdensiemītnieki bija mājoklis un barības bāze dažādiem parazītiem. Tāpēc izcelšanās ziņā nākošā ekoloģiskā vide ir organisms.

Ūdens iemītnieku sauc par **hidrobiontiem**. Tie apdzīvo Pasaules okeānu, kontinentālos un pazemes ūdensbaseinus. Katrā ūdenstilpē izšķir dažādas ekoloģiskās zonas.

Pasaules okeāns.

Pasaules okeāns aizņem 94% hidrosfēras resursu. Tajā ir vis-sarežģītākais zonējums. Pēc PSRS pieņemtās klasifikācijas izšķir divas ekoloģisko zonu kategorijas — *bentāli* un *pelagiāli*. Pirmā ir ūdenstilpes dibens, bet otrā — ūdens slānis virs bentāles.

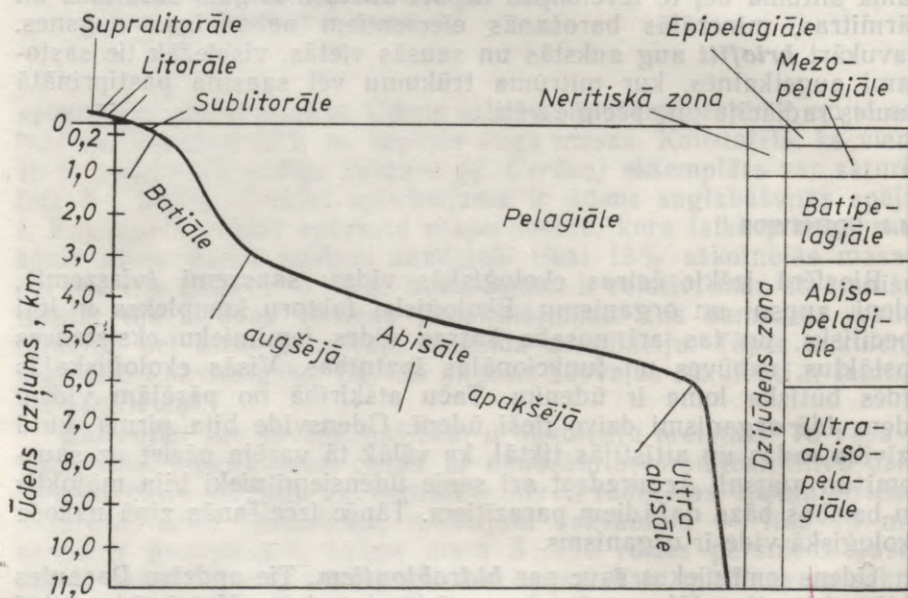
Bentāles biotu sauc par **bentosu**. Bentāles augi veido **fitobentosu**, dzīvnieki — **zoobentosu**.

○ Pēc organismu lieluma izšķir *makrobentosu* (>2,0 mm), *mezbentosu* (0,1...2,0 mm) un *mikrobentosu* (<0,1 mm).

○ Atkarībā no tā, kā bentosa organismi saistīti ar pamatni, tos klasificē četrās grupās: organismi, kas *piestiprinājušies grūntij* (aļģes, jūraslilijas); *urbējdzīvnieki*, kas izalo klintis, celtnu, laivu un kuģu zemūdens koka daļas (Baltijas jūras dienviddaļas iemīt-niece urbējgliemene — *Teredo navalis*); *racējdzīvnieki* jeb *infauna*, kas ierokas mīkstā grūntī (tārpi, gliemji); *onfauna*, kuras pārstāvji brīvi pārvietojas pa grūnts virsmu (tārpi, jūraszvaigznes, krabji, zivis, piemēram, Baltijas plekste — *Pleuronectes flesus trachurus*).

Atkarībā no ūdens dziļuma Pasaules okeānā bentāli (2.17. att.) iedala *supralitorālē*, *litorālē*, *sublitorālē*, *batiālē*, *abisālē* un *ultra-abisālē*.

Supralitorāle ir piekrastes zona, kas atrodas virs maksimālā paisuma līmeņa. Tā ir labi izteikta mērenajā joslā. Jūras ūdens šo zonu sasniedz šlakatu veidā un pārplūdina vējuzplūdu laikā. Tāpēc te sastopamas jūras un virszemes flora un fauna: ziedaugi,



2.17. att. Pasaules okeāna ekoloģiskais zonējums.

ķerpji, aļģes, tārpi, vēžveidīgie, kukaiņi. Šajā zonā uzturas jūras bruņurupuči un zidītāji, piemēram, Baltijas jūras piekrastē — pelēkais ronis (*Halichoerus grypus*), plankumainais ronis (*Phoca vitulina*), pogainais sikronis (*Pusa hispida*).

Litorāle aizņem piekrastes daļu starp paisuma augstāko un bēguma zemāko ūdenslīmeni. Šī zona divas reizes diennaktī pakļauta plūdmaiņām. Tas ir pamatfaktors, kas nosaka organismu dzīves apstākļus. Augus pārstāv sārtalģes, brūnalģes, zaļalģes, mazajos platuma grādos dominē mangroves augājs. No dzīvniekiem jāmin bezmugurkaulnieki (sūkļi, zarndobumaiņi, tārpi, vēžveidīgie, gliemji, adataiņi) un zivis.

Sublitorāle ir bentāles zona šelfa daļā līdz 200 m dziļumam. Dziļāk par šo robežu gaismas pieplūdums ir tik niecīgs, ka nespēj nodrošināt fotosintēzi. Sublitorālē aug daudz aļģu sugu. Mērenās joslas un arktisko jūru sublitorālē tās sastopamas bagātīgās cenozēs. Visplašāk izplatīta cukura laminārija (*Laminaria saccharina*). Šo brūnalģu lentveidīgie laponi sasniedz 5...7 (20) m garumu un veido patvērumu un barības bāzi adatādaiņiem, gliemjiem, tārpiem, vēžveidīgajiem, zivīm. Sublitorāle ir produktīvākā bentāles zona. Vispilgtāk tas izpaužas tropisko jūru koraļļu rifu un salu piekrastēs. Zoobentosa biomasa vien te sasniedz vairākus kg/m² (Baltijas jūrā 1...40 g/m²). Sekojot vācu ekologa E. Hekela (1834—1919) ierosinājumam (1890), Pasaules okeāna seklūdēns daļu līdz 200 m dziļumam sauc par *nerītisko apgabalu*. Šis jēdziens ietver kā bentāles, tā pelagiāles attiecīgās daļas.

Batiāle ir zona, kurā ūdens dziļums ir no 200 līdz 3000 m. Ģeomorfoloģiski tā atbilst kontinenta nogāzei un aizņem ap 15% Pasaules okeāna dibena. Šai zonai raksturīgs izteikti artikulēts reljefs, krass dziļuma un hidrostatiskā spiediena pieaugums. Savukārt līdz ar dziļumu pakāpeniski pazeminās temperatūra, noslīdot līdz +5 °C (polārajās jūrās pat līdz +1 °C). Praktiski te valda pilnīga tumsa. Tāpēc fotosintezējošo augu vairs nav. Ir sastopamas baktērijas, sēnes un dzīvnieki (tārpi, adatādaiņi, gliemji, zivis), kas šeit un dziļākajās zonās eksistē, barojoties ar organiskajām vielām, ko iegūst no okeāna virsējiem slāņiem. Batiālās faunas biomasa ir neliela, tikai labvēlīgākos apstākļos sasniedz dažus desmitus g/m². Izņēmums ir *dziļūdēns oāzes*. Tās atklāja 1979. g. 2500...3000 m dziļumā vietās, kur izplūst geotermiskais ūdens un siltums. Temperatūra un dažādu minerālvielu koncentrācija oāzēs ir ļoti augsta. Tas ir barības un enerģijas avots autotrofām hemosintezējošām baktērijām. Šīs baktērijas ir barības bāze ļoti bagātīgajai un savdabīgajai dziļūdēns oāžu faunai. Piemēram, šeit konstatētas pogonoforu sugas, kuru īpatņu tārpvēidīgo ķermeņu garums pārsniedz 3 m un caurmērs — 5 cm. Turklāt daudzām sugām raksturīgs spilgts ķermeņa krāsojums. Produktivitātes ziņā dziļūdēns oāzes neatpaliek no koraļļu sublitorālajām cenozēm. Dziļūdēns oāžu ekoloģiskie apstākļi un biota ir tik savdabīgi un tā atšķiras no apkārtējās ūdensvides, ka izteikti priekšlikumi šīs oāzes uzskatīt par biosfēras piekto ekoloģisko vidi.

Abisāle aizņem 75% Pasaules okeāna dibena un atrodas 3000...6000 m dziļumā. Vides apstākļi abisālē ir skopi un praktiski nemainīgi: pilnīga tumsa, temperatūra 1...2 °C un ūdens sāļums (35‰ jeb 35 g/kg). Izņēmums ir hidrostatiskais spiediens, kas atkarībā no dziļuma sasniedz milzu vērtības (30...60 mPa jeb 300...600 atm.). Abisāles iemītnieku vairums ir izteikti steno-bionti, kas, spiedienam samazinoties, iet bojā. Abisālā biota taksonomiski ir nabadzīga (1,5...3% no jūras faunas sugu skaita), arī tās produktivitāte ir zema (0,01...1,0 g/m²). Šajā zonā izplatītas heterotrofās un hemosintezējošās baktērijas, kā arī zemākās sēnes. Dzīvnieku pasauli te pārstāv sūkļi, pogonofori, jūrasgurķi, jūraszvaigznes, kātainās jūraslilijas, gliemji, tārpi, vēžveidīgie, zivis. Daudzām dzīvnieku sugām ir gaismas orgāni, ļoti lielas vai reducētas acis.

Ultraabisāle ir Pasaules okeāna dibena tā daļa, kura atrodas dziļāk par 6000 metriem. Teritoriāli tā nav lielāka par 1,5%. Hidrostatiskais spiediens sasniedz 110 mPa. Pārējie apstākļi līdzīgi kā abisālē. Šobrīd ultraabisāles biotā konstatētas barofilās baktērijas un 700...800 dzīvnieku sugu (sūkļi, zarndobumaiņi, gliemji, daudzšarņi, zivis), no kurām vairāk nekā 60% ir endēmiskas un sastopamas tikai konkrētajā okeāna dziļvagā. Ar dziļumu sugu skaits samazinās, piemēram, dziļāk par 10 km atrastas ap 20 sugām.

Pelagiāles vertikāli ekoloģiskajā zonējumā izšķir *epipelagiāli* (līdz 200 m dziļumam), *mezopelagiāli* (200...1000 m) un *dziļūdens zonu*, kurā daļa autoru vēl izdala *batipelagiāli*, *abisopelagiāli* un *ultraabisopelagiāli* (sk. 2.17. att.). Hidrobiontu lielākais vairums apdzīvo augšējo zonu. Šeit gaismas pietiek fotosintezējošo aļģu eksistencei. Pārējie hidrobionti barojas ar aļģu saražotajām organiskajām vielām.

● Aļģes kopā ar baktērijām un daļu zoohidrobiontu pasīvi pārvietojas ūdens masā. Šādu organismu kopu pēc vācu hidrobiologa V. Henzena (1835—1924) ierosinājuma (1887) sauc par **planktonu**.
○ Pēc taksonomiskās piederības to iedala *bakterioplanktonā*, *fitoplanktonā* un *zooplanktonā*.

Bakterioplanktons sastāv no brīvi peldošām baktērijām.

Fitoplanktona biomasa ir atkarīga no biogēno elementu satura ūdenī, apgaismojuma un temperatūras. Klimatiskie faktori nosaka fitoplanktona sezonālo cikliskumu. Fitoplanktona attīstība (ūdens ziedēšana) sevišķi strauji pasliktina ūdens krāsu, dzidrumu un izmaina tā fizikālās un ķīmiskās īpašības, kas dažkārt izraisa pelagiālo dzīvnieku bojāeju.

Zooplanktonā ietilpst viensūņi, virpotāji, tārpu un gliemju kāpuri, zivju ikri, garneles, medūzas un citi pasīvi peldošie dzīvnieki. Zooplanktonam piemīt vertikālās migrācijas diennakts cikliskums, kas sekmē ūdens dziļāko slāņu hidrobiontu apgādi ar barību.

○ Pēc organismu lieluma izšķir *nanoplanktonu* (<0,05 mm; baktērijas, aļģes, viensūņi), *mikroplanktonu* (0,051...1,0 mm; aļģes, viensūņi, tārpu un gliemju kāpuri), *mezoplanktonu* (1,1...10,0 mm;

peldkājvēži), makroplanktonu (1,11...100,0 cm; garneles, medūzas) un megaplanktonu (>1,0 m; medūzas).

Pasīvi peldošajiem hidrobiontiem pieskaita *neistonu* un *pleistonu*. **Neistona** sastāvā ietilpst organismi, kas pārvietojas pa ūdens virsmas plēvīti (virpuļotājvaboles) vai uzturas zem tās (baktērijas, aļģes, viensūņņi, odu kāpuri). Sai grupai pieskaita arī tos hidrobiontus, kas dzīvo ūdens virsējā (5 cm) slānī. **Pleistons** ir ūdenī daļēji iegrimušu un pasīvi peldošu organismu kopa. Tiem ir dažādi pielāgojumi, kas tos notur šādā stāvoklī, piemēram, sargasu ģints brūnaļģu laponēm ir gaisa pūšļi, pleistona dzīvniekiem — gaisa vai tauku ieslēgumi ķermenī u. c. Izteikti pleistona dzīvnieki ir daudzi zarndobumaiņņi, piemēram, Baltijas jūrā mitošā rožainā aurelija (*Aurelia aurita*). Neistons un pleistons pārvietojas pasīvi, t. i., jūras straumju un vēja ietekmē.

● Hidrobiontu kopu, kura spēj pretoties jūras straumēm un var tālu pārvietoties, sauc par **nektonu**.

Nektonā ietilpst zivis, vaļi, delfīni, kā arī dzīvnieki, kas vairojas uz sauszemes, bet barojas ūdenī (bruņurupuči, roņi). Nektoniskajiem dzīvniekiem ir izteikta ķermeņa plūdlīnijas forma un labi attīstīti kustību orgāni. Atšķirībā no pārējām ekoloģiskajām grupām tie sastopami visās pelagiālās zonās.

Daļa hidrobiontu pelagiālē uzturas visu dzīves laiku — *holopelagiālie organismi*, daļa tikai kādu ontogēnēzes etapu — *meropelagiālie organismi*, kas visbiežāk ir bentosa iemītnieki kāpuru stadijā (jūraslilijas) vai pieaugušie indivīdi vairošanās laikā (palo).

Sauszemes saldūdens tilpes.

● Sauszemes stāvoša saldūdens tilpes (ezeri, diķi, mākslīgās ūdenskrātuves).

To **pelagiāli** iedala *epilimnionā*, *metalimnionā* un *hipolimnionā*. Epilimnions ir virsējais ūdens slānis (5...8 m), kas pakļauts viļņu darbībai un klimatisko faktoru izmaiņām. Vasarās te ūdens sasilst līdz 20 °C (mērenajā joslā) un labais apgaismojums veicina fitoplanktona (kramaļģu, zaļaļģu, zilaļģu) un zooplanktona (viensūņņi, virpotāju, vēžveidīgo) intensīvu savairošanos. Pavasarī un rudenī notiek ūdens vertikālā sajaukšanās Metalimnionu raksturo krasas temperatūras maiņas, un tas uzskatāms par pārejas zonu uz hipolimnionu. Hipolimnionā (dziļāk par 14...20 m) ūdens temperatūra ir relatīvi noturīga un nepārsniedz 5...10 °C. Ūdens satur maz skābekļa, un apgaismojums ir tik vājš, ka fotosintēze nav iespējama. Tāpēc hipolimnionā autotrofo organismu nav. Arī heterotrofo iemītnieku ir ievērojami mazāk nekā augšējās zonās.

Slēgto ūdenstilpju **bentālē** izšķir divas zonas — *litorāli* un *profundāli*. Litorāle sniedzas līdz dziļumam, kurā izbeidzas makrofiti (5...7 m). Šajā zonā tiek izdalītas vairākas joslas, kuras teritoriāli var pārsegties. *Amfībisko augu joslu* izdala purvaino ūdensbaseinu krastos. Mainīgo mitruma apstākļu dēļ te sastopami augi, kas var augt kā uz sauszemes, tā ūdenī (purva vārnkāja — *Comarum palustre*). *Helofītu joslā* aug augi, kuri sakņojas ūdenstilpes

gruntī, bet to vasas paceļas augstu virs ūdens (platlapu vilkvā-
līte — *Typha latifolia*). *Nimfeīdu joslai* pieder augi, kuru saknes
atrodas gruntī, bet lapas un ziedi peld virs ūdens (sniegbaltā ūdens-
roze — *Nymphaea candida*). *Elodeīdu joslās* augi ir iegrimuši ūdenī,
un tikai ziedēšanas laikā to ziedi peld virs ūdens (Kanādas elo-
deja). *Izoetīdu joslu* veido augi, kas aug uz ūdenstilpes pamatnes
un pilnīgi visu ontogēnēzi pavada ūdenī (gludsporu ezerene —
Isōtes lacustris).

Profundāli neskar ūdens viļņošanās. Šajā zonā temperatūra
mainās nelielās robežās. Necīgā apgaismojuma dēļ tajā nav bio-
sintezējošo augu.

● Upes. To ekoloģiskā zonējuma pamatā ir ūdens pārvietošanās
raksturs. Izdalītas divas zonas. Piekrastes daļu, kurā ūdens tecē-
jums ir ierobežots, sauc par r i p ā l i. Šajā zonā ir bagātīgs augājs
un piemēroti barības un patvēruma apstākļi hidrobiontiem. Straumēi
pakļauto upes daļu sauc par m e d i ā l i. Lielajās, dziļajās un strau-
jajās upēs mediālē uzturas galvenokārt nektoniskie organismi.

Hidrobiontu izplatību konkrētajās ekoloģiskajās zonās nosaka
ūdensvides būtiskās atšķirības tajās. Tās ir atkarīgas no ūdens hid-
rostatiskā spiediena un ķīmiskā sastāva, kā arī no temperatūras un
apgaismojuma izmaiņām. Destilēta ūdens blīvums 4°C temperatūrā
ir 1 g/cm³. Jūras ūdenim tas var sasniegt 1,35 g/cm³. Lielāko blī-
vumu ūdens sasniedz 4°C temperatūrā. Tāpēc ūdenstilpes neaiz-
salst līdz dibenam, ledus pārklāj tikai to virsmu. Ūdens blīvums
ietekmē hidrobiontu pārvietošanās apstākļus un izraisa spiediena pa-
lielināšanos proporcionāli dziļumam (vidēji par 0,1 mPa jeb 1 atm
uz katriem 10 m). Salīdzinājumā ar sauszemes organismiem vai-
rums ūdensvides iemītnieku ir stenobionti. Tas īpaši attiecas uz
seklūdens un dziļūdens hidrobiontiem. Tomēr ir ne mazums tādu
sugu, kas piemērojušās visdažādākajiem apstākļiem — no pilna ap-
gaismojuma un atmosfēras spiediena litorālē līdz absolūtai tumsai
un superlielam spiedienam ultraabisālē (snuķgalvju tārps — *Pria-
pulus caudatus*). Ūdensvidi raksturo ierobežota redzamība. Tāpēc
dzīvnieku redzei te ir mazāka loma nekā uz sauszemes. Dzīvnieku
orientācijā to kompensē dzirde, kā arī spēja uztvert un raidīt elek-
triskus, ķīmiskus u. c. signālus. Pierādīts, ka medūzas reaģē uz
infraskaņām, kas rodas, mainoties viļņošanās ritmam pirms vētras,
un savlaicīgi iegremdējas dziļākos ūdens slāņos. Daudzi vēžveidīgie,
gliemji, zivis un zīdītāji paši izdod skaņas, ar kurām pievilina
upurus vai pretējā dzimuma pārstāvjus. Vaļveidīgie orientējas at-
bilstoši hidrolokācijas principam. Zināmas vairāk nekā 300 zivju
sugas, kuru aizsardzībai vai uzbrukumam kalpo elektriskie impulsi.
Elektriskais zutis (*Electrophorus electricus*) tos ģenerē līdz 300
reižu sekundē, sasniedzot līdz 650 V spriegumu. Eksperimentāli kon-
statēts, ka laša (*Salmo salar*) īpatņi, kuriem bojāti ožas orgāni,
nārstošanai neatrod dzimto upju ietekas. Turpretī veselie īpatņi
nekad nekļūdās. Fantastiskas šķiet Eiropas zuša (*Anguilla anguilla*)
spējas. Tas reaģē uz etilspirtu ūdenī pat visniecīgākajā koncentra-
cijā.

Ūdenī ir apmēram 20 reižu mazāk skābekļa nekā atmosfērā. Turklāt tā saturs samazinās proporcionāli dziļumam. Dziļūdens bentosa apstākļi ir tuvi anaerobiem. Daudzi hidrobionti uzrāda izcilas piemērošanās spējas (saldūdens stobriņtārps — *Tubifex tubifex*, līnis — *Tinca tinca*), citi ļoti jutīgi reaģē uz skābekļa trūkumu (strauta forele). Augi pamazinātu skābekļa saturu kompensē, palielinot uzsūcošo virsmu, veidojot plūksnaines, dalītas vai plānas zemūdens lapas (Kanādas elodeja). Šis adaptācijas veids pazīstams arī dzīvnieku pasaulē, piemēram, saldūdens stobriņtārps vāji aerētā ūdenī izstiepjas garāks, hidras un aktīnijas izpleš taustekļus, tādējādi sekmējot arī garām plūstošās barības satveršanu. Sevišķi slikta aerācija izveidojas slēgtās ūdenstilpēs ziemā zem ledus un sniega segas. Skābekļa resursi tajās praktiski neatjaunojas, bet tiek patērēti elpojot hidrobiontiem un sadaloties detritam. Turklāt sadalīšanās procesā rodas toksiskas vielas (sērūdeņradis, metāns, oglekļa dioksīds), kas radušās grūtības vēl pastiprina. Tāpēc bieži hidrobionti masveidā iet bojā (zivju slāpšana). Ūdenstilpju *eitrofikācija* jeb piesārņošana ar biogēnajiem elementiem un organiskajām vielām, kas veicina to aizzelšanu un tādat detrita krājuma bagātināšanu, ļoti postoši ietekmē hidrobiontu ziemošanu. Vasarā piesārņojums, īpaši ar organiskajām vielām, izsauc mikroorganismu, arī cilvēkam bīstamu sīkbūtņu masveida savairošanos. Attīrīšanas iekārtu trūkuma dēļ Rīgas līcis ir fekalizējies tādā mērā, ka tālu pārsniedz sanitārās normas. Tāpēc jau 1988. g. te aizliegta peldēšanās.

Atkarībā no izšķīdušo sāļu daudzuma ūdenī jeb ūdens sāļuma izšķir *saldūdeņus* (<0,5‰ jeb 0,5 g/kg), *iesālūdeņus* jeb *miksohalīnos* (0,5...30‰), *jūras* (31...40‰) un *pārsālīnātos* jeb *hiperhalīnos* (>40‰) ūdeņus. Pasaules okeāna vidējais sāļums ir 35‰ (Baltijas jūrā — 2...16‰). Visaugstākā sāļu koncentrācija ir sāļezeros, piemēram, Nāves jūrā tā ir 260...310‰. Ūdenī dominē nātrijs, kālijs, magnijs, kalcija hlorīdi, sulfāti un karbonāti.

Lai sāļā vidē pasargātos no ūdens osmotiskās zaudēšanas ķermenī, *homoosmotiskajiem dzīvniekiem* (zīdītājiem, zivīm) attīstījusies ūdensnecaurlaidīga āda. *Poikiloosmotiskie dzīvnieki*, vides sāļumam palielinoties, ūdeni zaudē tik ilgi, kamēr iestājas kritiskā robeža, pēc kuras tie pāriet anabiozē. Tas ir raksturīgi jūras litorāles iemītniekiem (vicaiņi, virpotāji, infuzorijas, vēzveidīgie), kuri bēguma laikā, ūdenim atkāpjoties, paliek mikroreljefa padziļinājumos. Seit, ūdenim iztvaikojot, sāļums litorālajās pelņēs pieaug.

Saldūdens dzīvnieku ķermeņos sāļu koncentrācija ir augstāka nekā apkārtējā ūdenī. Lai nodrošinātos pret nevajadzīgu ūdens pieplūdi organismā, saldūdens viensūņiem izveidojusies izdalītājvakuola. Daudzšūņiem liekā ūdens izvadīšanu veic īpaša izdalītājsistēma vai augstāk attīstītajiem organismiem ūdens pieplūdi novērš āda. Dažādi sāļi ir nepieciešami organismu normālai funkcionēšanai. Nereti tie lielā daudzumā koncentrējas organismos. Piemēram, daudzas jūras planktona, gliemju un vēzveidīgo sugas kalcija sāļus

izmanto čaulu veidošanai, kas pēc organisma bojāejas nogulsņējas ūdenstilpju dibenā. Šādi veidojies organiskais nogulumiezis krīts.

Pēc ūdens fizikāli ķīmiskajām īpašībām izdala trīs saldūdens ezeru bioloģiskos tipus. *Oligotrofie ezeri* satur maz biogēno elementu. Tāpēc tajos ir nabadzīga biota. Tiem raksturīgs dzidrš ūdens, kurā redzamība sniedzas līdz 20 m. Šis ezeru tips izplatīts kalnainos apvidos. Latvijā ūdeņu eitrofikācijas dēļ šādu ezeru vairs nav. *Eitrofajos ezeros* ir augsts barības vielu saturs. Līdz ar to te bagātīgi attīstījies planktons, kā arī citi augi un dzīvnieki. Eitrofie ezeri ir sekli, to krasti lēzeni un aizauguši, redzamība ūdenī nepārsniedz 0,5...3 m. Šajos ezeros bieži iestājas skābekļa bads. Lielākā daļa Latvijas ezeru pieskaitāmi šim tipam. *Distrofie ezeri* raksturīgi purvainām vietām. Ūdens tajos satur maz minerālās barošanās elementu, bet daudz humusvielu. Tāpēc tā krāsa ir dzeltenīgi brūna. Biota šajos ezeros ir nabadzīga.

Izteikti savdabīgi apstākļi valda periodiski izžūstošajās ūdenstilpēs. Būtībā tajās notiek atkārtota sauszemes un ūdensvides maiņa. Taču, neskatoties uz tik krāsām atšķirībām, arī šeit sastopama daudzveidīga hidrobiontu kopa. Tās kopējā iezīme ir spēja īsā laikā radīt bagātīgu pēcnācēju paaudzi un pārciest ilgstošu sausumu. Daudzas sugas šajā laikā atrodas anabiozē. To pārstāvji savlaicīgi ierokas pamatnes dūņās un pēc ūdenstilpes izžūšanas tur iecementējas. Te jāmin airkāju vēži, planārijas, mazzsārpi, gliemji un pat zivis (Austrālijas neoceradots jeb ragzobe). Daļa organismu, īpaši zemāk attīstītie, iecistējas (infuzorijas, nematodes). Ir ne mazums sugu, kas grūto periodu pavada sausumizturīgu olu stadijā. Pēc lietus vai plūdiem visi izdzīvojušie organismi ātri aktivizējas, attīstās, barojas un vairojas, lai pagūtu sagatavoties kārtējam pārbau-dījumu posmam.

2.4.5. GAISS

Gaiss ir gāzu maisījums, kas veido Zemes atmosfēru. Atmosfēru iedala vairākos slāņos. Divi no tiem — troposfēra un daļēji stratosfēra — ietilpst biosfērā. *Troposfēra* ir Zemes virsmai piegulošais slānis. Tāpēc tās ietekme ir vislielākā. Polārajos platuma grādos troposfēra sniedzas līdz 8...10 km, mērenajos — 10...12 km un tropiskajos — 16...18 km augstumam. Troposfēra sastāda vairāk nekā 80% atmosfēras kopējās masas un ietver gandrīz visus dzīvos organismus (baktērijas, sporas). Šeit noris galvenie procesi, kas veido laika apstākļus. Virs troposfēras līdz apmēram 50 km augstumam atrodas *stratosfēra*. Troposfērā ir raksturīga temperatūras pazemināšanās līdz ar augstuma palielināšanos virs jūras līmeņa (vidēji par 6°C uz katru kilometru), stratosfērā temperatūra paugstinās pakāpeniski, robežjoslā sasniedzot 0°C. Bioloģiski ļoti nozīmīga stratosfēras sastāvdaļa ir ozona slānis (20...25 km augstumā), kas aiztur nāvējošo ultravioleto starojumu. Šī ļoti plānā stratosfēras josla kalpo par dzīvības vairogu. Dabiskos apstākļos

dzīvība virs ozona slāņa nav konstatēta, tāpēc ozona slāni uzskata par biosfēras augšējo robežu. Izšķir gaisa ķīmisko un fizikāli mehānisko ietekmi.

● Gaisa ķīmiskā ietekme ir saistīta ar tā sastāvu. Biosfēras gaiss satur (pēc tilpuma) 78,08% slāpekļa, 20,95% skābekļa, 0,94% cēlgāzu, 0,032% oglekļa dioksīda, kā arī ūdens tvaikus un dažādus piemaisījumus (putekļus, mikroorganismus, industriālā piesārņojuma produktus).

Gaisa skābeklis O_2 ir nepieciešams vairuma dzīvo organismu elpošanai. Šos organismus sauc par aerobiem organismiem. Vienšūņi un vienkāršie daudzšūņi O_2 uzņem caur ķermeņa virsmu, kukaiņi — ar trahejām, zivis — ar žaunām, abinieki, rūpuļi, putni un zīdītāji elpo ar plaušām. Daļēji šo funkciju veic arī āda. Skābekļa patēriņš palielinās, pieaugot ķermeņa fiziskajai slodzei. Gaisa O_2 satura samazināšanās krasi pasliktina eksistences apstākļus. Daudziem zīdītājiem kritiskā robeža ir 14...15% O_2 satura gaisā. Augiem nav specializētu orgānu O_2 uzņemšanai, to saista katra dzīvā šūna. Visintensīvāk tas notiek digstošās sēklās, plaukstošās lapās un ziedos. Pēc ziedēšanas augu prasības pēc O_2 samazinās. Tās ir mazākas arī augu saknēm, tomēr saglabājas, kamēr vien augi dzīvo. Tāpēc ilgstoši augsnes aerācijas traucējumi (appludināšana, apbēšana) izraisa augu nokalšanu. Uzņemtais O_2 organismā iesaistās dažādu vielu oksidēšanās reakcijās, atbrīvojot enerģiju, kas nepieciešama dzīvības procesu norisēm.

Organismi, kas spēj dzīvot bez brīva O_2 (*anaerobi* organismi), enerģiju iegūst, sadalot neorganiskās vielas (nitrītus, sulfātus) vai organiskās vielas (rūgšana, pūšana). Šajā grupā ietilpst daudzi patogēni mikroorganismi, piemēram, baktērija *Clostridium botulinum*, kas izraisa botulismu, vai *C. perfringens* un *C. histolyticum*, kas izraisa gāzu gangrēnu.

Galvenais gaisa O_2 avots ir fotosintēze. Relatīvi nelielu daļu sastāda neorganiskas izcelsmes O_2 , kas rodas, ūdens tvaika molekulām ultravioleto staru ietekmē sadaloties skābeklī un ūdeņradī. Savukārt O_2 ir izejviela fotoķīmiskajām reakcijām, kurās veidojas ozons O_3 . Pēdējo divdesmit gadu laikā notiek globāla O_2 un O_3 resursu samazināšanās. To izraisījusi skābekļa pastiprinātā industriālā izmantošana un tā atjaunošanās pamatnosacījumu neievērošana — mežu un Pasaules okeāna fitoplanktona pakāpeniska iznīcināšana.

Oglekļa dioksīds CO_2 ir neiztrūkstoša fotosintēzes izejviela. Dabiskā ceļā atmosfēras CO_2 saturs atjaunojas, dzīvajiem organismiem elpojot, sadaloties detritam, vulkānu izvirdumos. Sevišķi liela nozīme ir organisko atlieku destrūkcijas procesam. Tāpēc augu segas līmenī CO_2 koncentrācija gaisā ir lielāka. To sekmē arī tas, ka augu segā ir lēnāka gaisa apmaiņa. Oglekļa dioksīda saturam šeit raksturīgs sezonālais un diennakts cikliskums. Piemēram, veģetācijas periodā mežā no rīta līdz pusdienai ir zemāka CO_2 koncentrācija, jo šajā laikā to bagātīgi asimilē fotosintezējošie augi. Pēcpusdienā, paaugstinoties gaisa temperatūrai, intensificējas elpošana. Naktī, kad foto-

sintēze nenotiek, bet elpošana turpinās, CO₂ saturs virs augsnes var sasniegt pat 0,4%. Palielinātā CO₂ koncentrācijā fotosintēze ir produktīvāka. Šis apstāklis kompensē vājo apgaismojumu meža apakšējos stāvos. Oglekļa dioksīda daudzuma antropogēnu palielināšanos gaisā izsauc dažāda materiāla (koksnes, kūdras, akmeņogļu, naftas, gāzes) sadedzināšana, piemēram, termoelektrocentrāļu un apkures katlumaņu krāsnīs, darbinot iekšdedzes dzinējus, ķīmiskajā rūpniecībā un citos cilvēka saimnieciskās darbības veidos. Tieši tas izraisa nemitīgu CO₂ satura pieaugumu atmosfērā (sk. 2.5. att.), kas planētas klimatu padara siltāku. Jāatzīmē, ka lielā koncentrācijā CO₂ dzīvājiem organismiem ir kaitīgs. Kritiskais līmenis atkarīgs no organisma sugas un konkrētās vides īpatnībām.

Slāpeklis ir nozīmīgs biogēns elements, kas dzīvājiem organismiem nepieciešams olbaltumvielu, nukleīnskābju, vitamīnu un citu organisko savienojumu sintēzei. Brīvā veidā slāpeklis ietilpst gaisa sastāvā (tilpuma daļa ≈78%). Tas veido ļoti noturīgu divatomu molekulu N₂. Tāpēc gaisa slāpeklis parastajos apstākļos ir ķīmiski neaktīvs un līdz ar to ekoloģiski neitrāls attiecībā uz vairākumu dzīvo organismu. Slāpekļa saistītās baktērijas augsnē brīvo N₂ pārveido augiem uzņemamos savienojumos. Šajā grupā izšķir augsnē brīvi dzīvojošās saprofitiskās baktērijas (ģ. *Azotobacter*) un simbiotiskās baktērijas (ģ. *Rhizobium*). Noskaidrots, ka mērenajā joslā saprofitiskās baktērijas paaugstina slāpekļa saturu par 15...30 kg/ha. Simbiotiskās baktērijas ir aerobas, galvenokārt dzīvo uz tauriņziežu saknēm, veidojot savdabīgus gumiņus. Tāpēc tās sauc par gumiņbaktēriju. Simbiotiskās baktērijas slāpekļa saturu augsnē paaugstina par 200...300 kg/ha, radot augiem labi uzņemamus slāpekļa savienojumus. Arī uz baltalkšņa (*Alnus incana*) saknēm bagātīgi atrodas gumiņbaktērijas. Minētie augi būtiski uzlabo augsnes auglību. Gaisa slāpekļa krājumi atjaunojas denitrifikācijas procesā, kurā notiek nitrātu noārdīšanās, izdaloties brīvam N₂. To veic anaerobās un fakultatīvi anaerobās baktērijas (ģ. *Pseudomonas*, *Alcaligenes*, *Bacillus*, *Paracoccus*). Šo procesu veicina pastiprināts augsnes mitrums un vāja aerācija. Kaut arī denitrifikācija samazina augsnes auglību, tās ekoloģiskā nozīme ir liela — biosfērā tiek nodrošināta slāpekļa aprīte.

Atmosfēras piemaisījumi izraisa spēcīgu ķīmisku ietekmi. Nozīmīgākie ir aerosoli — gaisā suspendētu cietu vai šķidru vielu ļoti sīku daļiņu kopums. Aerosolu lietošanas rezultātā sāk noārdīties ozona slānis. Savukārt industriālie gāzveida polutanti (SO₂, NO₂, HF, hlorīdi u. c.), iekļūdami augu atvārsnītēs, izsauc ķīmiskas reakcijas, kuru dēļ tiek traucēta fotosintēze, elpošana, pasliktinās vispārīgais fizioloģiskais stāvoklis, lapas vai skuju dzeltē un nobirst, nokalst koku zari un galotnes, līdz beidzot aiziet bojā viss augs. Tādējādi industriālo centru tuvumā veidojas rūpnieciskie tuksneši (Mončegorska). Gaisa piesārņojums ir iznīcinošs arī dzīvniekiem, mikroorganismiem un cilvēkam. Lielu ļaunumu nodara skābie nokrišņi. Tie rodas, SO₂, NO₂ un citiem polutantiem transformējoties attiecīgajās skābēs, kas reizē ar lietu un sniegu nokļūst uz dzīva-

jiem organismiem, ūdenī un augsnē. Ipašu bīstamību izraisa skābo nokrišņu globālais raksturs. Sakarā ar gaisa masu planetāro cirkulāciju un ciklonisko pārvietošanos skābie nokrišņi izkrīt simtiem kilometru attālumā no polutantū emisijas vietām. Tādējādi sevišķas apdraudētības reģioni veidojas neatkarīgi no to līdzdalības gaisa piesārņošanā. Baltijas jūras baseina valstīs skābo nokrišņu pamatcēlonis ir Rietumeiropas rūpniecība, kuras radīto efektu būtiski pastiprina pašmāju industrija.

● Gaisa fizikāli mehāniskā ietekme visbiežāk un spēcīgāk realizējas ar vēja starpniecību. Vējš ir gaisa masu kustība attiecībā pret Zemes virsmu, ko izraisa nevienmērīgs atmosfēras spiediena sadalījums. Izšķir horizontālo un vertikālo gaisa kustību. Ekoloģiski nozīmīgāka ir horizontālā. Vēja pozitīvā loma izpaužas *anemofilijas* un *anemohorijas* nodrošināšanā. Ar anemofiliju saprot augu apputeksnēšanu, ar anemohoriju — sporu, sēklu un augļu izplatīšanos ar vēju. Sajā nolūkā augiem izveidojušies dažādi pielāgojumi (spārniņi, lidmatiņi u. c.), kas veicina iespējami tālāku lidojumu. Pasīva pārvietošanās ar vēju sastopama arī dzīvnieku pasaulē (vienšūņu cistas, sīkie kukaiņi, zirnekļi u. c.). Organismi, kas pasīvi pārvietojas kopā ar gaisa plūsmu, veido *aeroplanktonu*. Protams, vējš ietekmē arī dzīvnieku aktīvo pārvietošanos un izturēšanos vispār. Stiprā vējā, ko nereti pavada temperatūras un mitruma svārstības, tie meklē patvērumu alās, ligzdās, krūmājos un citās mierīgākās vietās. Vējš nosaka dažādu kukaiņu sugu migrācijas virzienu. Labs piemērs te ir parastais klejotājsisenis (*Locusta migratoria*), kas masveida pārlidojumu laikā Eirāzijā un Āfrikā iznīcina visu augāju. Vējainajās dienvidjūru salās ir ļoti daudz bezspārnoto kukaiņu sugu, savukārt spārnotie kukaiņi ir izcili lidoņi. Uzskata, ka vēja ietekmē evolūcija tur gājusi divos pretējos virzienos.

Parasti vējainās vietās, kurām raksturīgs izteikts mitruma deficīts, ir traucēta daudzu parazitisko un saprofitisko sēņu — augu un dzīvnieku slimību izraisītāju vai dažādu materiālu bojātāju — attīstība. Šis apstāklis jāņem vērā lauksaimniecībā, pārtikas rūpniecībā un pat celtniecībā. Piemēram, ļoti bīstamā ēku slapjā klājpieve (*Merulius lacrymans*), kas dažos mēnešos spēj padarīt nelietošanas lielas celtnes un kuru tautā ne velti dēvē par ēku brantu, iemētas tikai tur, kur ir sastāvējies un mitrs gaiss. Tāpēc labākais profilakses paņēmieni pret šo nelaimi ir telpu un īpaši zemgrīdas ventilācija.

Vējš ievērojami pastiprina transpirāciju. Tāpēc organismiem, kas dzīvo atklātās un vējainās vietās, raksturīgi dažādi pielāgojumi cīņai pret ūdens zaudēšanu. Bieži vien arī tas ir nepietiekoši. Izvairīšanās ir tik intensīva, ka sakņu sistēma nespēj piegādāt ūdeni. Tāpēc augi vīst un nereti nokalst. Arīdajās teritorijās sausvējš būtiski pastiprina sausuma iznīcinošo efektu, izsaucot augu un dzīvnieku masveida bojāeju. Vējainās vietās kokiem veidojas vienpusīgi vainagi. Kalnos un jūru piekrastēs bieži sastopami koki, kam pretvēja pusē zaru vispār nav (karogveida vainags). Pastiprinātā transpirācija ierobežo kokaugu augstumu, veidojot pundurformas.

Piemēram, tundrai raksturīgais pundurbērzs (*Betula nana*) nepārsniedz sniega segas dziļumu. Vēja iespaidā veidojas raukti, liki, izlocīti, ložņājoši kokaugu stumbri (likmežs jeb ķeburmežs). Tīrumos negaisa laikā vējš saveldrē labības sējumus. Veldre ik gadus lauksaimniecībai nodara ievērojamus zaudējumus. Mežos lielu postu izraisa *vējgāzes* (kokus izgāž ar saknēm) un *vējlauzas* (kokus nolauž). Pret vējgāzēm neizturīgu koku sugu (parastā egle) audzes it sevišķi stipri cieš pārmitrās augsnes, kas veicina virspusējas sakņu sistēmas veidošanos. Sugām, kurām ir dziļa un spēcīga sakņu sistēma (parastā priede), kokus nolauž lielākā vai mazākā augstumā virs augsnes. Parasti vējgāze un vējlauza ir nešķirami pavadoņi. Latvijas mežam ļoti lielu postu nodarīja 1967. un 1969. g. viesuļvētras. Tie bija ekstremāli gadījumi, taču izgāzti un nolūzuši koki mežā nav retums arī šodien. Tie ļoti pārliecinoši raksturo mežsaimnieciskās kultūras līmeni. Te nav runa tikai par meža pielūzņojuma — kaitēkļu un slimību perēkļu sakopšanu, bet arī par attieksmi, ar kādu tiek realizēti mežsaimnieciskie pasākumi, kas izsenis pazīstami kā pretvēja profilakses paņēmieni.

Vēja netiešā ietekme uz dzīvajiem organismiem izpaužas, izmaiņot abiotisko vidi. Globāla ekoloģiska nozīme ir gaisa masu planetārajai cirkulācijai un vēja izraisītajām jūras straumēm (Golfā straume), kas kardināli izmaina klimatisko faktoru sadalījumu biosfērā, kā arī *deflācijai* — irdenā litosfēriskā materiāla aizpūšanai. Augāja trūkuma dēļ visintensīvāk deflācija notiek tuksnešos, kur veidojas eolais reljefs (smilšu grēdas, pauguri, līdzenumi, barhāni, cieto iežu populētas virsmas). Pēdējā laikā iezīmējusies intensīva tuksnešu ekspansija. Tās neiztrūkstošs pavadoņs ir ceļojošās smiltis, kas pakāpeniski apber pietuksnešu teritorijas. Apbēršana ar smiltīm var notikt arī citās ģeogrāfiskajās zonās, ja rodas tam piemēroti apstākļi. Parasti to izraisa dabiskā augāja iznīcināšana. Piemēram, Ventspils rajonā nepārdomātas nosusināšanas un liellauku izveidošanas dēļ ceļojošās smiltis kļuvušas par nepatīkamu problēmu.

Vējš aizpūš ne tikai smiltis, bet arī augsnes auglīgo virskārtu. Šo procesu sauc par *augšnes vējeroziju*. Tās apjomi ir milzīgi. Padomju Savienībā vien vējerozijai pakļauti apmēram 100 milj. ha (Ziemeļkazahija, Dienvidukraina, Dienvidsibīrija, Pievolga). Arīdajās teritorijās parasti vējeroziju izraisa *sausvējš* (relatīvais gaisa mitrums mazāks par 30%, temperatūra virs 25 °C, ātrums lielāks par 5 m/s), kas ilgst no dažām stundām līdz vairākām nedēļām un izžāvē augsni, izkaltē augus, izsauc dzīvnieku bojāeju. Ipaši nepatīkamas ir vētras (vēja ātrums pārsniedz 20 m/s), kad miljoniem tonnu putekļu tiek pārnesti lielos attālumos no erozijas vietām. Putekļu vētru iespējamību un to postīgumu palielina lielu vienlaidu plātību aparšana stepēs (prērijās, pampās). ASV tās sauc par melnajām vētrām. PSRS tādas izceļas jaunapgūto zemju apvidos. Arābijas un Mazāzijas pussalās, Ziemeļamerikas tuksnešos un Vidusjūras dienvidu piekrastē bieži plosās *samums* — putekļu vētra, ko izsauc sauss un karsts vējš. Tā ilgst līdz 20 minūtēm, temperatūra

paaugstinās līdz 50°C, relatīvais gaisa mitrums pazeminās līdz nullei, krasi mainās atmosfēras spiediens, kļūst grūti elpot. Dažādiem Zemes reģioniem raksturīgi atšķirīgi vēji. Taču visur to ekoloģiskā ietekme ir liela un nozīmīga.

○ Lai samazinātu vēja postošās sekas, stāda meža joslas. Tās uzlabo arī temperatūras un mitruma režīmu starpjoslū zonās, paaugstina agrotehnisko pasākumu efektivitāti, kas summāri palielina lauksaimniecības kultūru ražu.

Gaisa fizikāli mehānisko ietekmi daudzi autori saista ar *gaisa spiediena svārstībām, jonizēšanos un elektrizēšanos*. To kopējo efektu var labi izjust pirms un pēc negaisa. Ir cilvēki, kas atmosfēras spiedienu maiņu pārdzīvo tik jutīgi, ka naktis neguļ, kļūst apātiski, izklaidīgi vai uzbudināti un pat zaudē darba spējas. Arī katrā ganāmpulkā uzmanīgs vērotājs saskatīs atšķirības dažādu īpatņu pirmsnegaisa noskaņojumā. Zems gaisa spiediens, kā arī palielināta pozitīvo jonu koncentrācija paaugstina kukaiņu aktivitāti. Piemēram, pirms lietus kukaiņi lido nelielā augstumā. Par to uzskatāmi liecina kukaiņēdāju putnu (bezdelīgas — *Hirundo rustica*) zemais lidojums, pēc kura lauku iedzīvotāji sekmīgi nosaka lietus tuvošanos.

Elektrizējoties atmosfērai, pieaug elektriskā lauka intensitāte. Kad tā sasniedz kritisko līmeni (25...50 kV/m), potenciālu starpība izlīdzinās dzirksts izlādē. Tas ir *zibens*. Ir vairāki zibens veidi. Vistipiskākais un ekoloģiski nozīmīgākais ir līnijveida zibens. Tā izlāde ilgst dažas sekundes desmitdaļas, zibens garums var būt no vairākiem simtiem metru līdz 20 km (vidēji 2...3 km). Izlāde iespējama gan starp mākoņiem, gan arī starp mākoņiem un zemi, kad nereti zibens trāpa priekšmetus, kuri apvidū krasi izceļas (celtnes, koki). Tāpēc negaisa laikā nedrīkst meklēt patvērumu zem atsevišķi augošiem kokiem. Trāpījuma varbūtība ir atkarīga no koku sugas. Tā ir lielāka sugām ar dziļu sakņu sistēmu. Lapu koki cieš biežāk nekā skujkoki. Novērojumi liecina, ka mūsu apstākļos zibens visvairāk iesper ozolos. Pēc zibens trāpījuma augošu koku stumbrs esošais ūdens momentāni pārvēršas tvaikos, kā rezultātā stumbrs tiek saārdīts, veidojot dziļas garplaisas, vai dažkārt tiek sašķepelēts sīkās skaidās. Reizēm no zibens cieš arī dzīvnieki un cilvēki. Tomēr galvenokārt zibens veicina ķīmiskās reakcijas atmosfērā un izraisa ugunsgrēkus.

2.4.6. UGUNIS

Ugunij vienmēr ir bijusi izcila nozīme dzīvās dabas attīstībā. Akmeņogļu slāņos konstatētas seno ugunsgrēku pēdas pat no devona perioda (apmēram pirms 400 milj. gadu). Cilvēks uguns lomu ir palielinājis vai samazinājis atkarībā no savām konkrētajām interesēm, taču nekad nav spējis to izslēgt pavisam. Arī šodien ne. Par to liecina daudzie un plašie ugunsgrēki, kas katru gadu plosās mežos, krūmājos, stepēs, savannās utt. Tāpēc, stingri ņemot, uguns jāapskata ne tikai kā klimatisks, bet arī kā antropogēns vides

faktors. Piemēram, pēc 1981. gada datiem, Krievijas Federācijā 70,5% mežu ugunsgrēku cēlonis ir iedzīvotāju rīcība un tikai 15% — zibens. Zibens nozīme šajā jomā palielinās retāk apdzīvotos reģionos, kā arī tur, kur raksturīgi sausie negaisi. Sauso negaisu laikā nelīst, tāpēc izkaltušais augājs aizdegas pie mazākās iespējas. Kazahijā, piemēram, vairāk nekā 50% gadījumu ugunsgrēku cēlonis ir zibens. Taču, ievērojot, ka ugunsgrēku raksturs, intensitāte un postījumi nav atkarīgi no to izcelšanās cēloņiem, šis jautājums iztirzāts šeit.

Lielāko postu nodara meža ugunsgrēki. Arī pēc uguns aptvertās platības nereti tie ir milzīgi. Piemēram, Krievijā 1915. gadā mežs dega no maija līdz septembrim, nopostot 1,6 milj. km². Austrālijā 1976. gadā meža ugunsgrēkos cieta 1,1 milj. km² jeb viena septītā daļa teritorijas. ASV 1988. gada vasara bija neparasti karsta un sausa. Pēc ziņām, ko 27. jūlijā pārraidīja PŠRS Centrālā televīzija, šajā laikā ugunsgrēki trakoja vairāk nekā 0,5 milj. ha platībā. Liels posts tika nodarīts arī aizsargājamām teritorijām. Piemēram, Jeloustonas nacionālajā parkā vien minētajā laikā jau bija izdeguši apmēram 16 tūkst. ha, bet ugunsgrēki vēl turpinājās 10 tūkst. ha meža platībā. Tā ir lielākā ugunsnelaime kopš pasaules pirmā nacionālā parka dibināšanas (1872).

Pēc meža ugunsgrēku rakstura izšķir *skrejuguni*, *vainaguguni* un *zemdegu*.

Skrejuguns ir tāds meža ugunsgrēks, kura laikā deg meža nedzīvā un dzīvā zemsega, pamežs un paauga, ugunij neskarot koku vainagus. Pavasarī, kad ir daudz sausas kūlas un vietvietām izžuvusi plāna nedzīvās zemsegas virsējā kārtiņa, bet tās lielākā masa ir piesātināta ar ūdeni, skrejuguns ir mazāk postīga. Tā ātri virzās uz priekšu (3...5 m/min), sadedzinot sauso materiālu, skujkoku paaugu un atstājot aiz sevis neizdegušus laukumus. Tāpēc to sauc par *virsejo skrejuguni*. Bieži vien lapu koku vai priežu vecākās audzēs, kur kokiem ir bieza stumbru miza, kokaudzei nodarītais ļaunums ir minimāls. Turpretī *noturīgā skrejuguns*, kas raksturīga vasaras otrajā pusē, kad nedzīvā zemsega ir izžuvusi un izdeg līdz minerālaugsnei, apdedzina arī koku virsējās saknes. Tā kā degmateriāla ir vairāk, uguns turas ilgāk, arī izplatības ātrums ir mazāks (1...3 m/min). Pēc noturīgās skrejuguns eglju audzes nokalst pilnīgi. Priežu audzēs atkarībā no koku vecuma un zemsegas biežuma var nokalst lielākā daļa koku, bet palikušajiem kokiem samazinās pieaugums. Tā kā šo koku fizioloģiskais stāvoklis ir pasliktināts, tie kļūst par pastiprināta kaitēkļu un slimību uzbrukuma objektiem, kas nereti noved pie koku nokalšanas.

Vainaguguns ir tāds meža ugunsgrēks, kurā deg arī kokaudzes vainagu klājs. Tās nedalāma pavadone ir skrejuguns. Tātad mežā deg viss, kas vien var degt. Sakarā ar to, ka sadeg daudz degmateriāla, šādā ugunsgrēkā izdalās ļoti liels siltuma daudzums, kas virs uguns skartās platības rada vertikālu gaisa plūsmu. Tā izsauc sānvilkmi, kura izraisa ar skābekli bagātu gaisa masu pieplūdi no blakusplatībām. Tas pastiprina degšanu. Uguns ir tik

intensīva, ka gaisā lido pārņojušies koku zari, kas nokrišanas vietās izraisa jaunus ugunsgrēka perēkļus. Tāpēc vainaguguns virzās uz priekšu ātri pat bezvēja laikā. Dažkārt vainaguguns virzīšanās ātrums sasniedz 300 m/min (18 km/h) un vairāk. Vainaguguns ceļas no skrejuguns. Visbiežāk tas notiek vējinātā laikā skujkoku jaunaudzēs vai audzēs ar izteiktu paaugu un otro stāvu. Vainaguguni ir grūti ierobežot. Tajā aiziet bojā kokaugi, dzīvā zemsega, mikroorganismi un aizmukt nespējīgie dzīvnieki. Vainaguguns nodarītais posts izpaužas arī netieši — krasi pasliktinot abiotisko vidi, galvenokārt edafiskos apstākļus. Ne velti šādu degumu apmežošanās un pat apmežošana ir ilga un grūta.

Zemdega ir ugunsgrēks, kurā uguns izplatās detrita slānī. Arī zemdega ceļas no skrejuguns, ja detrita slānis ir pietiekoši sauss. Tā kā šī slāņa mitrums ir ļoti dažāds, zemdegai vismaz sākuma stadijā raksturīga nevienmērība, t. i., vairāk un mazāk izdegušas vietas. Vēlāk šī heterogenitāte samazinās, jo degšanas laikā detrita slānis pakāpeniski sakarst un izzūst, izdegot līdz minerālaugsnei vai gruntsūdens līmenim. Šī iemesla dēļ netraucēta zemdega var turpināties mēnešiem ilgi. Arī nodzēst to ir grūti. Uz priekšu zemdega virzās lēni (dažus metrus diennaktī). Tāpēc koki krīt ar galotnēm uguns pienākšanas virzienā. Tā kā tas ir dažāds, kopējais sakrītošo koku izvietojums ir haotisks. Un tikai sausākās platībās, kur detrits deg vienmērīgi, koku galotnes vērstas uz ugunsgrēka centru. Padomju Savienībā meža ugunsgrēkos zemdega sastāda 1,0%, vainaguguns — 1,5% un skrejuguns — 97,5% no kopējā ugunsgrēku skaita. Neatkarīgi no meža ugunsgrēka veida nedrīkst pieļaut tā patvaļīgu izcelšanos un neregulētu norisi.

Mežsaimniecībā ir pazīstama *regulētā skrejuguns*. To izmanto ārzemēs (ASV, Kanādā), lai novērstu vainaguguns izcelšanās iespējas vai arī lai veicinātu pirogēno sugu (dzeltenā priede — *Pinus scopularum*, mūžzaļā sekvoja) audžu atjaunošanos. Pirogēnajām sugām čiekuri vai sēklapvalki ir tik blīvi, ka atveras tikai pēc skrejuguns. Turklāt degumā ir novērsta dzīvās zemsegas, pameža un citu koku sugu paaugas konkurence, bet no pelniem veidojas augiem viegli uzņemamas minerālvielas. Līdzīgi atjaunošanās norisinās arī dabiskos apstākļos. Tikai šajā gadījumā tā ir atkarīga no nejaušības (zibens). Šādā veidā atjaunojas, piemēram, čaporāle jeb sklerofitiskie krūmāji, kas plaši izplatīti Vidusjūras reģionā, Kalifornijā u. c. Vairums ekologu uzskata, ka stepju (prērijas, pampas) un savannu ugunsgrēki pasargā tās no aizaugšanas ar krūmiem, bet dienvidu pierobežā — no pustuksnešu augu sugu invāzijas. Minētajos piemēros izpaužas uguns nozīme ekoloģiskā līdzsvara saglabāšanā.

Jāatzīmē, ka ugunsgrēki ir gaisa piesārņojuma avots. Pēc V. Smita (1981) datiem, kas pauž ASV Vides aizsardzības aģentūras 1970.—1976. gada pētījumu rezultātus, meža ugunsgrēki šīs valsts kopējā gaisa piesārņojumā deva 5,0 milj. t (3%) cietās frakcijas, 1,3 milj. t (0,6%) slāpekļa oksīdus, 1,9 milj. t (2%) oglekļa dioksīdu un 3,1 milj. t (4%) oglekļa oksīdu.

2.5. EDAFISKIE FAKTORI

2.5.1. AUGSNE

Edafiskie faktori izsaka to ekoloģiskās ietekmes daudzveidību, kas saistīta ar augsni. Pēc krievu zinātnieka V. Dokučajeva (1846—1903) uzskata, augsne ir litosfēras virsējo iežu horizonti, kas dabiski pārveidojušies ūdens, gaisa un dzīvo organismu kopīgā iedarbībā. Litofēras virsējās kārtas dēdēšanas un denudācijas rezultātā rodas iežu iirdne jeb cilmiezis, kas ir izejmateriāls, no kura bioloģiskos procesos veidojas augsne. Augsnei izšķir šādus komponentus: *minerālo, organisko, bioloģisko, hidroloģisko un gāzveida*. Cilmiezis veido augsnes minerālo daļu. Tāpēc tā mineraloģiskās, mehāniskās, ķīmiskās un fizikālās īpašības pārmanto arī augsne, un līdz ar to no cilmieža ir atkarīgi augu barības vielu resursi, ūdens, gaisa un siltuma režīms augsnē. Vispār cilmieži var veidoties no magmatiskajiem, metamorfiem un noguluma iežiem. Padomju Savienībā un Latvijā izplatītākie ir leduslaikmeta (pleistocēna) morēnas materiāli. *Morēna* ir ledāja veidoti nešķiroti nogulumi. Pēc ģenēzes izšķir alūvija (upju saneši), delūvija (lietus un sniega kušanas ūdeņu saneši), elūvija (nepārvietots materiāls), glaciālos (ledāja un tā kušanas ūdeņu saneši), eolos (vēja saneši) un citus cilmiežus.

Pēc tam kad cilmiezī ieviešas dzīvie organismi, līdz ar tā bioloģisko pārveidošanos sākas augsnes attīstība. Dzīvajiem organismiem izdalot metabolisma produktus, kā arī aizejot bojā vai atmiršot augu atsevišķām daļām, rodas detrits, kuram sadaloties notiek organisko atlieku mineralizēšanās un humificēšanās.

Mineralizēšanās gaitā komplicētāki savienojumi transformējas vienkāršākos (autolīze jeb šūnu noārdīšanās, iedarbojoties to lizosomās esošajiem fermentiem; hidrolīze jeb ķīmisko savienojumu sašķelšanās reakcijā ar ūdeni; baktēriju un sēņu bioloģiskā darbība). Organisko atlieku mineralizēšanās rezultātā rodas ūdens, oglekļa dioksīds un dažādas augu barības vielas. Daļa no tām labi šķīst ūdenī un kļūst augiem uzņemamas, tādējādi no jauna iesaistīdamās vielu bioloģiskajā apritē. Augu neuzņemtās un *rizosfērā* (bioloģiski aktīvajā augsnes kārtā, kas apņem augu saknes) nesaistītās augu barības vielas reizē ar ūdeni ieskalojas augsnes dziļākajos slāņos un kļūst augiem nepieejamas. Tāpēc pārāk strauja detrita mineralizēšanās ir nevēlama parādība.

Humifikācija nodrošina augsnes humusa jeb trūda veidošanos. Tas ir specifisks process, kurā daļa sadalīšanās starpproduktu (aminoskābes, fenoli) mikroorganismu ietekmē savstarpēji reaģē, oksidējas un polimerizējas, tādējādi sintezējoties augstmolekulāriem organiskajiem savienojumiem, kādu nav detritā. Intensīva humifikācija notiek vasarā, kad augsnē pietiekošā daudzumā ir gaiss, maz mitruma un mineralizācija norisinās lēni. Humifikācija ir aerobs process. Anaerobā vidē humuss veidojas bituminizācijas ceļā.

Mitruma pārpilnībā un zemā temperatūrā, kas ir raksturīga ziemēļu platuma grādos, šis process notiek lēni. Rodas zemmolekulāras trūdskābes un reducētas gāzes (metāns), kas mikroorganismiem ir kaitīgas. Tāpēc trūda veidošanās palēninās vēl vairāk. Līdz ar to virs augsnes uzkrājas daļēji sadalītās augu atliekas — *kūdra*. Humuss satur humusvielas (humīnskābi, fulvoskābi, humīnu, ulmīnu) un visus augu barības elementus (N, P, K, S u. c.). Mikroorganismu ietekmē humuss mineralizējas, pakāpeniski atbrīvojot augu barības elementus, kas tālāk veido augiem uzņemamus savienojumus. Tāpēc humusa uzkrāšanās augsnē ir nozīmīga, pret izskalošanos noturīga augu barības vielu krātuve. Bez tam humusa klātbūtne augsnē radikāli uzlabo augsnes fizikālās un ķīmiskās īpašības, gaisa siltuma un ūdens režīmu, kā arī sekmē augsnes floras un faunas darbību. Integratīvi tas izpaužas augsnes pamatīpašībā — auglībā jeb trofiskumā. Augsnes auglība ir tās spēja nodrošināt augiem nepieciešamos augšanas apstākļus. Jāuzsver, ka, tieši pētot augsnes auglību, J. Lībigs atklāja minimuma likumu. Minimumā var atrasties jebkurš edafiskais faktors. Katrā atsevišķā gadījumā to nosaka konkrētie apstākļi. Ja visi faktori ir optimuma zonā (sk. 3.1. att.), augsnei piemīt maksimālā auglība. Parasti šādu stāvokli ir ļoti grūti sasniegt. Reāli vienmēr daļa edafisko faktoru ir ārpus ekoloģiskā optimuma. Lai izzinātu augsnes auglības celšanas stratēģiskos aspektus, ir jānoskaidro šie faktori un to atrašanās vieta V. Seliforda diagrammā. Diemžēl jāatzīst, ka nezināšanas vai nevarēšanas pēc cilvēks ar savu saimniecisko darbību bieži vien samazina augsnes auglību (augsnes sablīvēšana, lietojot smagos apstrādes agregātus, platību pārpurvošanās vai pārtuksnešošanās mežu izciršanas rezultātā, nepareiza agrotehnika).

Atbilstoši augsnes veidošanās procesam pakāpeniski mainās augsnes morfoloģiskās pazīmes, t. i., tās pazīmes, kas vizuāli konstatējamas lauka apstākļos. Vissspilgtāk tās atsedzas augsnes vertikālajā griezumā, kuru sauc par *augšnes profilu*. Katrai konkrētai augsnei ir tai raksturīgs profils. Profilā izdalās augšņu horizonti, kuru izveidošanos tās attīstības gaitā nosaka vielu vertikālā pārvietošanās. To nodrošina gravitārā grimšana (ūdens un tajā izšķīdušo vielu infiltrēšanās), gruntsūdens svārstības, kapilārā pacelšanās un augu sakņu darbība. Izšķir vairākus pamathorizontus.

● Virsējais horizonts ir *degrāta slānis*. To apzīmē ar A_0 (*nedzīvā zemsega*) vai T (*kūdras kārtā*). Nedzīvā zemsega uzkrājas normālā mitrumā aerobos apstākļos. Atkarībā no sadalīšanās pakāpes to iedala trīs kategorijās. Pēc dāņu mežkopja P. Millera (1887) ieteikuma mežkopības literatūrā ieviesta savdabīga terminoloģija, pēc kuras vāji sadalījušos A_0 sauc par rupjo jeb jēlhumusu (*mor* tipa humusu). Tajā var labi atšķirt augu atliekas un bez grūtībām noteikt to taksonomisko piederību. Rupjais humuss sastopams zemsegas virsējā kārtā vai arī veido visu zemsegas masu tur, kur aizkavēta humifikācija. Organisko atlieku krāsa praktiski nav mainījusies. Vidēji sadalījusies nedzīvā zemsega (parupjais jeb *moder* tipa

humuss) ir brūngana vai pelēka, tajā var saskatīt pussadalījušās augu atliekas, kas daļēji sajauktas ar minerālzemi. Labi sadalījusies zemsega (mikstais humuss jeb *mull* tipa humuss) ir tumšpelēka viendabīga masa, kurā nav redzamas augu atliekas. Jāatzīmē, ka terminu «trūds» un «humuss» attiecināšana uz nedzīvo zemsegu var izraisīt pārpratumus, jo šajā gadījumā tie neizsaka mūsdienīgo interpretāciju par trūdu jeb humusu kā humifikācijas produktu.

Anaerobos un purvainos apstākļos A_0 vietā veidojas kūdras horizonts T . Ja T ir biezāks par 50 cm, zem šī līmeņa esošo slāni uzskata par organisko cilmiezi. Pēc botāniskā sastāva izšķir zaļu jeb zemu purvu, sfagni jeb augsto purvu un pārejas purvu kūdru. Zaļu kūdra sastāv galvenokārt no grīšļu, kosu, parastās niedres, melnalkšņa, purva (pūkainā) bērza — *Betula pubescens*, parastās priedes, Eiropas (parastās) egles, kārkļu atliekām. Augstā purva kūdrai raksturīgi sfagni, purva vaivariņš (*Ledum palustre*), spilvas, parastā priede. Pārejas purva kūdru pārstāv abas augu grupas. Kūdras sadalīšanos lauka apstākļos vērtē pēc piecu pakāpju skalas. Iekavās norādīts, cik procentu detrīta ir sadalījies.

Pirmā pakāpe — nesadalījusies (līdz 10%) kūdra. Gandrīz visu kūdras masu veido nesadalījušās dzeltenīgas vai brūnganas augu atliekas. Tās nenotraipa rokas, no kūdras parauga var labi izspiest praktiski bezkrāsainu ūdeni. Kūdras triepums uz papīra ir bezkrāsains vai viegli iedzeltens.

Otrā pakāpe — vāji sadalījusies (11...20%) kūdra — augu atliekas daļēji sadalījušās, taču labi nosakāmas, to krāsa dzeltenīgi brūna vai pelēkbrūna. Saspiežot saujā, viegli izdalās gaiši brūngans ūdens, bet kūdra starp pirkstiem neizspiežas. Smērējums uz papīra ir dzeltenā vai viegli pelēkā krāsā.

Trešā pakāpe — viegli sadalījusies (21...35%) kūdra. Augu atliekas grūti saskatāmas. Kūdra ir brūna vai tumši brūna, smērē rokas, saspiežot saujā, starp pirkstiem parādās kūdra un nedaudz duļķains, brūngans ūdens. Smērējums uz papīra ir pelēkbrūns vai brūns.

Ceturtā pakāpe — labi sadalījusies (36...50%) kūdra. Kopējā tumši brūnajā masā saskatāmas tikai atsevišķas augu atliekas, labi smērē rokas, starp pirkstiem bagātīgi izspiežas kūdra, bet ļoti maz tumši brūna ūdens. Smērējuma krāsa uz papīra ir no pelēcīgi līdz melni brūnai.

Piektā pakāpe — ļoti labi sadalījusies (>50%) kūdra. Augu atliekas nav saskatāmas, kūdras masa ir dubļaina, tumši brūna vai melna, tā stipri smērē rokas un reizē ar ūdeni gandrīz visa izspiežas starp pirkstiem. Smērējums uz papīra ir tumši brūns vai melnbrūns. Jāatzīmē, ka nereti lieto triju ballu skalu, apvienojot pirmo un otro, kā arī trešo un ceturto pakāpi.

● Detrīta slānim seko *horizonts A*. Tajā uzkrājas humifikācijas produkti. Šī horizonta biezums var būt no dažiem centimetriem (mazizveidotās augsnēs) līdz vairākiem metriem (melnzemēs). Atbil-

stoši humusa daudzumam tā krāsa svārstās no gaiši līdz tumši pelēkai. Sakarā ar dažādu organisko un minerālo vielu izskalošanos A horizonts diferencējas. Tieši zem detrita slāņa saglabājas trūdvielas vairāk vai mazāk saturošs horizonts. To sauc par *trūda horizontu* jeb *humusa horizontu* un apzīmē ar A_1 . Zem A_1 izveidojas *izskalojuma* jeb *eluviālais*, jeb *podzolētais horizonts* A_2 — bālgani pelēkā pelnu krāsā, ko nosaka šeit palikušais kvarcs. Tas ir augu barības vielām ļoti nabadzīgs, ar sliktām fizikālajām īpašībām, dažreiz pat satur augiem kaitīgus savienojumus. Tāpēc, jo A_2 horizonts ir biezāks un gaišāks, jo augsne ir neauglīgāka. Nereti mērenās joslas skujkoku mežos augsnes izskalošanās jeb podzolēšanās ir tik intensīva, ka humusa horizonta A_1 vispār nav un tūlīt zem A_0 sākas A_2 .

● Izskalošanās produkti uzkrājas *ieskalojuma* jeb *iluviālajā horizontā* B , kur iesaistās dažādās ķīmiskās reakcijās un kļūst augiem neuzņemami. Atbilstoši augsnes reakcijas raksturam tā krāsa ir no dzeltenas līdz tumši sarkanbrūnai. Šim horizontam raksturīgs palielināts blīvums. Nereti stipri podzolētās augsnēs zemākās vietās B horizontā rodas sarkanbrūns, sacietējis, ūdeni un augu saknes necaurlaidošs slānis. Šo slāni sauc par *rūsakmeni* jeb *ortšteinu*.

● Pārmitrā augsnē, kur gaisa skābekļa trūkuma dēļ var darboties vienīgi anaerobās baktērijas, veidojas *glejs* (terminu 1905. gadā ieviesis krievu augsnes zinātnieks G. Visockis (1865—1940)). Šajā gadījumā trīsvērtīgās dzelzs oksīds reducējas par divvērtīgās dzelzs oksīdu. Līdz ar to augsnes krāsa no dzeltenās (smilti) un sarkanbrūnās (mālā) mainās uz zilpelēku vai zilganzaļu un zilu. Transformējas arī citas augsnes īpašības, samazinās augsnes auglība. Mūsu apstākļos glejs sastopams gan tūlīt pēc humusa horizonta, gan arī dziļāk. Smilts augsnēs vizuāli to ir grūti atšķirt no podzola. Viennozīmīgu atbildi dod *piromorfoloģiskā analīze* jeb augsnes parauga karsēšana līdz 500 °C. Šajā temperatūrā divvērtīgās dzelzs oksīds oksidējas par trīsvērtīgu un augsne iegūst dzeltenīgu vai brūnu krāsu. Podzola krāsa karsējot nemainās. Gleja izteiktības pakāpe augsnē var būt dažāda. Ja tas veido nepārtrauktu kārtu, to sauc par *gleja horizontu* un apzīmē ar G . Ja glejs kādā horizontā ir pārstāvēts tikai plankumu veidā, šī horizonta apzīmējumam pieraksta burtu g , piem., A_2g , Bg , bet pašu horizontu sauc par glejotu.

● *Cilmiezis* atrodas zem ieskalošanās vai arī zem gleja horizonta. Augsnes aprakstos to apzīmē ar C . Augsnes veidošanās process praktiski to neietekmē. Tāpēc tas nesatur humusu un izskalošanās produktus. Cilmiezi identificē pēc tā krāsas, kas parasti ir dzeltena (smilti) vai sarkanbrūna (mālā).

○ Augsnei ir izcila ekoloģiskā nozīme. Augu vairumam tā ir ūdens un minerālās barošanās elementu avots, organiskās pasaules sintēzes priekšnosacījums. Daudziem mikroorganismiem, augiem (aļģēm) un dzīvniekiem tā ir dzīves vide. Cilvēkam augsne ir saimniekošanas objekts un eksistences pamats.

2.5.2. AUGSNES MEHĀNISKAIS SASTĀVS UN STRUKTŪRA

Augsnes minerālais komponents jeb minerālzeme sastāv no dažāda izmēra daļiņām — augsnes mehāniskajiem elementiem. Daļiņas radušās, iežu irdnei fizikāli, ķīmiski un bioloģiski sadēdot. Atkarībā no daļiņu izmēra tās grupē augsnes frakcijās. Katrai augsnei piemīt noteikts šo frakciju sadalījums, kuru sauc par dotās augsnes mehānisko sastāvu jeb granulometrisko sastāvu. Ieteiktas ļoti daudzas augsnes mehānisko elementu klasifikācijas. Padomju Savienībā izmanto galvenokārt N. Kačinska izstrādāto shēmu (2.1. tabula).

Atkarībā no daļiņu diametra d izšķir šādas frakciju grupas: *smalkzeme* ($d \leq 1,0$ mm), *augšnes skelets* ($d > 1,0$ mm), *fiziskā smiltis* ($d > 0,01$ mm) un *fiziskais māls* ($d \leq 0,01$ mm). Daļa autoru akmeņu frakciju iedala apakšgrupās: sīki oļi ($11 \leq d \leq 50$ mm), rupji oļi ($51 \leq d \leq 100$ mm) un akmeņi ($d > 100,0$ mm). Dabiskā stāvoklī augsne ir minēto frakciju maisījums. Pēc granulometriskā sastāva augsnes klasificē, izmantojot dažādu frakciju vai to grupu saturu augsnē. Mūsu apstākļiem piemērotākā ir N. Kačinska shēma, kuras pamatā ir fiziskā māla (vai fiziskās smiltis) saturs (2.2. tab.).

Dabiskos apstākļos 2.2. tabulā dotās augsnes kategorijas var noteikt pēc augsnes morfoloģiskajām pazīmēm. Praktiski to izdara šādi: no mitras augsnes starp plaukstām saveļ apmēram 0,5 cm resnu veltnīti vai lodīti, bet sausu augsni ieskrāpē ar nazi.

○ Ja lokot veltnītis nelūst un neplaisā, tas nozīmē, ka dotā augsne atbilst *smagam mālam*. No šāda materiāla saveltu lodīti var saspīst neplaisājošā plācenītī. Augsni beržot pirkstos, nejut smilšu graudiņus. Sausas augsnes gabaliņus ar pirkstiem grūti saspīst, bet, ieskrāpējot ar nazi, rodas sekla, šaura un spīdīga svītra.

○ Ja, augsnes veltnīti lokot, tas plaisā, augsnes paraugs sastāv no *viegla* vai *vidēja māla*.

○ Ja veltnītis ne tikai plaisā, bet lūst, augsne atbilst *smagam smilšmālam*. Saveltu lodīti var saspīst plakānu, taču malās tā plaisā. Augsni beržot starp pirkstiem, var jau sajūst smilšu graudiņus. Sausu augsni ieskrāpējot ar nazi, rodas matēta svītra.

2.1. tabula

Augsnes mehānisko elementu klasifikācija

Frakcijas	Daļiņu diametrs, mm	Frakcijas	Daļiņu diametrs, mm
Akmeņi	>10,0	Putekļi:	0,04 ... 0,001
Grants:	10,0 ... 3,0	rupji	0,04 ... 0,01
rupja	10,0 ... 5,0	vidēji	0,009 ... 0,005
smalka	4,9 ... 3,0	smalki	0,004 ... 0,001
Smiltis:	2,9 ... 0,05	Duļķes	0,0009 ... 0,0001
rupja	2,9 ... 1,0	Koloīdi	<0,0001
vidēja	0,9 ... 0,25		
smalka	0,24 ... 0,05		

Augšņu klasifikācija pēc mehāniskā sastāva

Augsnes nosaukums	Augsnes apzīmējums*	Fiziskā māla saturs, %	Fiziskās smilts saturs, %
Irdena smilts	S	0...5	100...95
Saistīga smilts	SS	6...10	94...90
Mālsmilts	mS	11...20	89...80
Viegla smilšmāla	sM.vg	21...30	79...70
Vidēja smilšmāla	sM.vd	31...40	69...60
Smaga smilšmāla	sM.sg	41...50	59...50
Viegla māla	M.vg	51...65	49...35
Vidēja māla	M.vd	66...80	34...20
Smaga māla	M.sg	>80	<20

* Augsnes apzīmējums pēc K. Ramana un O. Nikodemusa (1982).

○ Ja veltnītis neveidojas un iespējams vienīgi savelt lodīti ar gludu virsmu, tad tas liecina par *vidēju* vai *viegļu smilšmālu*.

○ Ja augsnes gabaliņš rokā viegli sadrūp un, no mitras augsnes saveltai lodītei nedaudz uzspiežot, tā sabrūk, augsne sastāv no *mālsmilts*.

○ Ja lodīti nevar izveidot vispār, tā ir smilts augsne. Bez tam, ja, mitru smilti saspiēžot saujā, tā turas kopā vai arī, sausu sabēržot rokā un aizmetot, uz delnas paliek mālains daļiņas, to sauc par *saistīgu*. Ja šādu daļiņu nav vai mitra saspiesta smilts kopā neturas, tā ir *nesaistīgas* jeb *irdenas smilts* augsne. Smilts augsnes ir neauglīgas. Turklāt augšanas apstākļus pasliktina smilšu pārvietošanās, kas apber augus vai atkailina to saknes. Tāpēc augiem (psamofītiem), kas piemērojušies šādai videi (smilts tuksneši, kāpas), izveidojušies attiecīgi pielāgojumi: adventīvie pumpuri uz atkailinātajām saknēm (amodendri jeb smiltāju akācijas), piesaknes (baltais saksauls — *Haloxylon persicum*), gari sakneņi (smiltāju grīslis — *Carex arenaria*), kseromorfa uzbūve. Daudzām sugām ap fizioloģiski aktivajām saknēm izveidojusies sacementētas smilts kārtiņa, kas tās pasargā no izžūšanas un mehāniskiem bojājumiem. Smiltāju specifikai atbilstoši adaptējušies arī dzīvnieki (tuksnešu un psammona fauna). Vēl grūtāki apstākļi ir akmeņaiņu un klinšu augiem (litofītiem un hasmofītiem), kā arī dzīvnieku pasaules iemītniekiem, kas apdzīvo šīs vietas.

Jau sen bija zināms, ka mehāniskais sastāvs cieši korelē ar pārējām augsnes īpašībām un kopumā raksturo auglību. Praksē to izmantoja, augsnes grupējot «viegļās» (smilts, mālsmilts) un «smagās» (smilšmāls un māls), «rudzu zemēs» un «miežu zemēs» utt. Arī pirmās zinātniskās augšņu klasifikācijas balstījās uz granulometriskajiem datiem. Pat šodien šāds risinājums saglabājis savu nozīmi — pilnā augsnes nosaukumā ir jāuzrāda atbilstošā mehāniskā sastāva kategorija.

Humusa ietekmē minerālzesmes daļiņas saķep dažāda lieluma, formas un noturības piciņās — *augsnes agregātos* (struktūras elementos). Bieži vien tie ir caurausti sēņu hifām un augu smalkajām saknēm. Šie agregāti veido augšnes struktūru. Agregātu lielumam un noturībai palielinoties, augšnes struktūra uzlabojas. Labas struktūras galvenais priekšnosacījums ir augšnes organiskā daļa. Augsne ar izteiktu struktūru ir auglīga, jo porās starp agregātiem veidojas labvēlīgs hidroloģiskais, termiskais un gaisa režīms. Bez tam piciņu virsma piesaista augu barošanās vielas un aizkavē to izskalošanos. Rodas ideāli apstākļi mikroorganismu, slieku, kollebolu un citu augšnes faunas pārstāvju darbībai. Tas viss ļoti sekmē detrīta sadalīšanos, humusa veidošanos un mineralizāciju. Tāpēc visiem līdzekļiem jāveicina augšnes struktūras veidošanās. Par galēju bezjēdzību jāatzīst struktūras mehāniska iznīcināšana, augšnes piciņas sadrupinot ar smagajām apstrādes mašīnām. Iznīcinātu struktūru nespēj kompensēt nekādi agrotehniski pasākumi. Ekoloģiski pareizi un tālredzīgi saimniekojot, smago agregātu lietošana nav pieļaujama. Augšnes struktūru raksturo pēc tās izteiktības pakāpes.

○ Augsnei ir *laba struktūra*, ja rokot visa augšne sabirst struktūras elementos.

○ *Vidēja struktūra* ir augsnei, kas sadalās kā struktūras, tā mehāniskajos elementos.

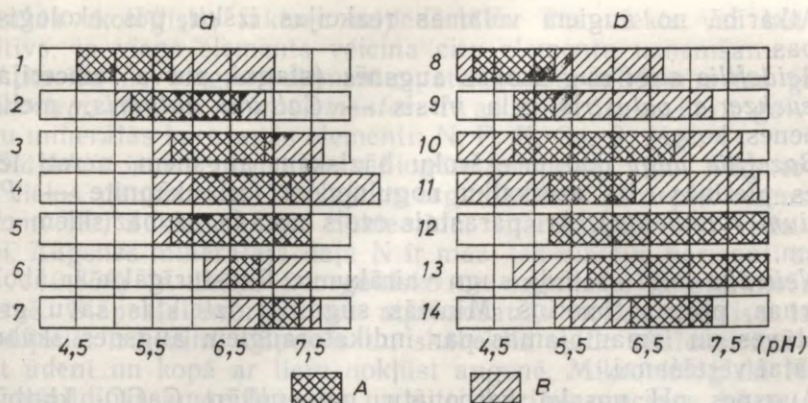
○ *Bezstruktūras* augšnei minerālzesmes daļiņas ir vai nu pilnīgi atsevišķi, vai veido kopā sacementētu masu.

2.5.3. AUGSNES ĶĪMISKĀS ĪPAŠĪBAS

No augšnes ķīmiskajām īpašībām nozīmīgākās ir augšnes skābums un bāziskums, augu barības elementu saturs augsnē un augšnes sāļums.

Augsnes skābums un bāziskums.

Augsnes šķidrā fāze jeb augšnes šķīdums satur ūdenī izšķīdušas vielas. Ūdens molekulas ir disociētas ūdeņraža jonus H^+ un hidroksīdjonos OH^- . Ja abu šo jonu koncentrācija ir vienāda, augšnei ir neitrāla reakcija. Līdz ar H^+ koncentrācijas paaugstināšanos (attiecīgi OH^- koncentrācijas samazināšanos) palielinās arī augšnes skābums. Augšnes skābumu nosaka dažādu organisko skābju (humīnskābes, fulvoskābes, ogļskābes, etiķskābes, skābeņskābes u. c.) rašanās augšnes veidošanās procesā, kā arī pēdējā laikā — skābie nokrišņi. Kvantitatīvi augšnes skābumu raksturo pH — H^+ jonu koncentrācijas negatīvais logaritms. Piemēram, ja vienā litrā augšnes šķīduma ir 10^{-7} moli H^+ jonu, tad $pH=7$. Ja šo jonu daudzums ir lielāks (augšne skābāka), piemēram, 10^{-5} mol/l, tad $pH=5$ utt. Šķīduma reakcija ir neitrāla, ja $pH=7$; skāba —, ja $pH<7$, un bāziska —, ja $pH>7$. Dažkārt lieto detalizētāku skalu, pēc kuras augšni iedala ļoti skābā ($pH<4$), skābā ($4\leq pH<5,5$),



2.18. att. Dažu kokaugu (a) un lakstaugu (b) augsnes skābuma optimuma zonas (A) un ekoloģiskās valences (B) (pēc T. Gorišinas, 1979):

1 — Sibīrijas baltegle (*Abies sibirica*), 2 — Eiropas (parastā) egle, 3 — parastā (ziemas) liepa (*Tilia cordata*), 4 — parastais ozols, 5 — parastā vīksna (*Ulmus laevis*), 6 — platānu (parastā) kļava (*Acer platanoides*), 7 — pelēkais valrieksts (*Juglans cinerea*), 8 — stāvē vilkakūla (*Nardus stricta*), 9 — bālganais grisliis (*Carex pallescens*), 10 — lielā smilga (*Agrostis gigantea*), 11 — parastā ciņusmilga (*Deschampsia caespitosa*), 12 — pļavas timotiņš (*Phleum pratense*), 13 — pļavas (sarkanais) āboliņš, 14 — Dānijas tragantzirnis (*Astragalus danicus*).

vāji skābā ($5,5 \leq \text{pH} < 6,5$), neitrālā ($6,5 \leq \text{pH} \leq 7$), bāziskā ($7 < \text{pH} \leq 8$) un ļoti bāziskā ($\text{pH} > 8$).

Augsnes pH nosaka ar elektrometriskām un kolorimetriskām metodēm augsnē, augsnes uzduļķojumā, ūdens izvilkumā vai KCl šķīdumā.

Aktīvo skābumu jeb H^+ jonu koncentrāciju nosaka augsnē, augsnes uzduļķojumā vai augsnes ūdens izvilkumā. Augsni skalojot ar 1n KCl šķīdumu, iegūst augsnes izvilkumu KCl šķīdumā, kurā nosaka **apmaiņas skābumu** jeb to H^+ jonu koncentrāciju, kas adsorbēti uz koloidālo daļiņu virsmas. Abu augsnes skābuma veidu vērtējumi ir atšķirīgi. Tāpēc vienmēr jānorāda, ar kādu metodi pH noteikts. Parasti lieto apzīmējumus $\text{pH}_{\text{H}_2\text{O}}$ un pH_{KCl} .

Augsnes buferspēja.

Augsnei ir raksturīga īpašība pretoties reakcijas maiņai. Šo īpašību sauc par augsnes buferspēju. To galvenokārt nosaka CaCO_3 , CO_2 , humusvielas un mikroorganismi. Ja augsnei piemīt izteikta buferspēja, samazinās ķīmiskās iedarbības (minerālmēslošana, piesārņošana) negatīvais efekts un tādējādi palielinās organismu izdzīvošanas iespējas. Augsnes skābums paātrina podzolešanos, kā arī palēnina humifikāciju un pasliktina augu minerālo barošanos. Arī bāziska reakcija vairākumam augu nav vēlama. Turklāt uz bāziskuma paaugstināšanos augi reaģē jutīgāk nekā uz skābuma paaugstināšanos augsnē. Katra suga ir adaptējusies noteiktā pH tolerances intervālā (sk. 2.1. att.). Par to uzskatāmi liecina T. Gorišinas (1979) dati (2.18. att.).

Atkarībā no augiem vēlamās reakcijas izšķir trīs ekoloģiskās grupas.

○ *Acidofilie augi* aug skābās augsnēs (sfagni, purva šeihcerija — *Scheuchzeria palustris*, sila virsis — *Calluna vulgaris*, mellene, skābenes, kosas).

○ *Bazofilie augi* dod priekšroku bāziskām augsnēm, nereti ieviešoties platībās virs ezerkaļķu nogulumiem (zilā kāpnīte — *Polemonium coeruleum*). Arī parastais ozols norāda uz bāziskiem cilmiežiem.

○ *Neitrālie augi* sastāda sugu vairākumu. Raksturīgākie ir āboliņi, lucernas, pļavas timotiņš. Minētās sugas ir izteiktas savu grupu pārstāves un izmantojamas par indikatoraugiem augsnes skābuma vizuālai vērtēšanai.

Augsnes pH nosaka karbonātu, galvenokārt CaCO_3 klātbūtne augsnē. Uz karbonātiem bagātiem cilmiežiem veidojas auglīgas augsnes, kurās podzolēšanās (augu barības vielu izskalošanās) ir aizkavēta. Tāpēc lauksaimniecībā, lai samazinātu augsnes skābumu, to kaļķo. Līdz ar to uzlabojas arī augsnes auglība. Savukārt, lai samazinātu bāziskumu, augsnē iestrādā gīpsi.

Augu barības elementu saturs augsnē.

Gandrīz visi ķīmiskie elementi, kas atrodami augsnē, ir konstatēti augos. Ar barības starpniecību šie elementi nonāk dzīvniekos. Katrs ķīmiskais elements pilda noteiktu funkciju organismu dzīvē. Tāpēc tos sauc par biogēnajiem elementiem. Pat viena biogēnā elementa trūkums organismā vai tā pārsātinātība izsauc vielmaiņas traucējumus, kas, stāvoklim turpinoties, pāriet attiecīgā slimībā (biogeoķīmiskās endēmijas). Piemēram, viens no vairogdziedzera funkciju pavājināšanās (hipotireozes) cēloņiem ir nepietiekams joda saturs pārtikā un dzeramajā ūdenī. Slimības pazīmes: miegainība, gausums, aizcietējumi, palēnināts pulss, pazemināts arteriālais spiediens, sejas tūska, atmiņas traucējumi. Slimiem bērniem var būt traucēta fiziskā un garīgā attīstība. Cilvēkam un dzīvniekiem biogeoķīmiskās endēmijas var novērst ar medikamentiem, kas satur attiecīgo ķīmisko elementu, augiem — ar pareizu mēslošanu. Ģeogrāfiskiem reģioniem var būt raksturīga kāda atsevišķa vai pat vairāku elementu nepietiekamība. Piemēram, podzolētās augsnēs sastopams N, P, K, Ca, S, Mg, I, Co, Cu, Mo, B pazemināts saturs. Skābā reakcija, kas raksturīga podzolētajām augsnēm, aizkavē nitrifikāciju, kurā dažādu ģinšu baktērijas (*Nitrosomonas*, *Nitrosococcus*, *Nitrospirina*, *Nitrobacter*, *Nitrospina*, *Nitrococcus*) piedalās amonija savienojumu veidošanā un oksidēšanā par augiem viegli uzņemamiem slāpekļskābes sāļiem (nitrātiem). Augsnes skābums nomāc arī citas mikrobioloģiskas norises, augsnes faunas un floras darbību, kam ir izšķiroša loma augu apgādē ar barības vielām. Tajā pašā laikā skābā vidē palielinās Al un Mn aktīvo formu daudzums, kas traucē slāpekļa un fosfora uzņemšanu. Piemēram, alumīnija savienojumu klātbūtne augsnes šķīdumā veicina ūdenī nešķīstošo fosfātu veidošanos, kurus augi nevar uzņemt. Tāpēc augiem ir novērojams fosfora bads, kaut arī augsnē tā ir pietiekoši. Seit

izpaužas ekoloģisko faktoru mijiedarbība. Tās efekts var būt arī pozitīvs, ja viens elements veicina citu elementu uzņemšanu.

Atkarībā no biogēno elementu patērēšanas daudzuma tos grupē *makroelementos* un *mikroelementos*. Makroelementi ir galvenie augu minerālās barošanās elementi: N, P, K, Ca, S, Mg.

Slāpekļis ieņem pirmo vietu biogēno elementu vidū. Augi to patērē lielos daudzumos. Dzīvajiem organismiem N nepieciešams olbaltumvielā, nukleīnskābju, nukleotīdu, vitamīnu un citu vielu sintēzei. Augsnes minerālajā daļā N ir maz, tās virsējie horizonti satur 0,05...0,85% N. Izšķir neorganisko un organisko N atjaunošanos augsnē. Slāpekļa neorganiskā atjaunošanās notiek negaisa laikā. Izlādējoties zibenim, slāpekļis un skābekļis veido oksīdus, kas labi šķīst ūdenī un kopā ar lietu nokļūst augsnē. Mikrobioloģiski N saturs papildinās amonifikācijas un nitrifikācijas procesos, kā arī slāpekļsaistītajām baktērijām saistot molekulāro gaisa slāpekli. Amonifikācijas procesus izraisa baktēriju ģintis — *Bacillus*, *Clostridium*, *Pseudomonas*, *Micrococcus*, *Proteus* —, kā arī aktinomicētes un mikroskopiskās sēnes. Gaisa slāpekli spēj saistīt baktērijas no ģintīm *Clostridium*, *Rhizobium*, *Frankia*, *Beijerinckia*, *Dersia*, *Azospirillum*. Augi no augsnes N uzņem galvenokārt amonija sāļu un nitrātu veidā. Cilvēks un dzīvnieki to uzņem ar olbaltumvielas saturošu barību. Mūsu augsnēs N krājumi ir nepietiekami, tāpēc tie jāpapildina ar slāpekļa minerālmēsliem. Taču pārliecīga N koncentrācija augsnē izraisa labības veldrēšanos, sakņaugu garšas pasliktināšanos. Lietojot slāpekļvielām (amīniem) bagātu barību, organismā veidojas kancerogēni savienojumi. Par mēslošanas līdzekli nedrīkst lietot amonjakūdeni, jo tas iznīcina augsnes faunu. Par bagātu N saturu augsnē liecina nitrofilie augi. Parasti tās ir sinantropās sugas, ruderālās nezāles, fermu tuvumā vai savvaļas dzīvnieku pulcēšanās vietās (putnu tirgi) augošie lakstaugi (lielā nātre) un sūnas. Mežos par intensīvu nitrifikāciju liecina meža avene (*Rubus idaeus*), ziemas kaņepene (*Mercurialis perennis*) un parastais apinis. No lauksaimniecības kultūrām jāmin vasaras kviesis un sējas lins (*Linum usitatissimum*).

Fosfors palielina augu izturību pret sausumu un veldrēšanos, veicina to nobriešanu, sekmē citu barības elementu izmantošanu. Fosfors ir nozīmīga neorganisko un organisko savienojumu (nukleoproteīdu, nukleīnskābju, fermentu) sastāvdaļa. Īpaši daudz fosfora satur dzīvnieku, arī cilvēka kauli un smadzenes (attiecīgi 5% un 4%). Augsnē P atrodas grūti šķīstošu Fe, Ca un Al fosfātu veidā. Fosfāti, kas satur vienvērtīgos katjonus (K^+ un Na^+), ir viegli šķīstoši un augiem uzņemami, bet to augsnē ir maz. Podzolētās augsnēs P saturs nepārsniedz 0,1%. Zemāks tas ir smilts nekā māla augsnēs. Lai augsni bagātinātu ar fosforu, tā jāmēslo ar fosfora minerālmēsliem.

Kālijs veicina cukuru un cietes sintēzi, olbaltumvielu uzkrāšanos, intensificē graudzāļu cerošanu un sakņaugu sakņu augšanu, palielina augu izturību pret salu, slimībām, veldrēšanos, uztur šūnu turģoru, pastiprina fotosintēzi. Dzīvniekiem un cilvēkam K ietekmē

sirdsdarbību, osmotisko spiedienu, olbaltumvielu sintēzi. Augsnē augiem uzņemamais K atrodas slāpekļskābes, fosforskābes un ogļskābes sāļu veidā. To daudzums palielinās līdz ar fiziskā māla satura paaugstināšanos. Kālija krājumu papildināšanai augsnē iestrādā kālija minerālmēslus.

Kalcijam ir īpaši liela loma.

Līdzīgi pārējiem biogēniem elementiem Ca ir nozīmīga augu barošanās un dzīvo organismu uzbūves sastāvdaļa. Ca^{2+} joni regulē šūnu membrānu caurlaidību, sirdsdarbību un asins recēšanu, to trūkums organismā izraisa rahītu, osteomalāciju un citas slimības. Ir sūgams, kurām Ca saturs sasniedz 38% no ķermeņa masas. Dzīvniekiem Ca galvenokārt koncentrējas skeletā karbonātu veidā (bezmugurkaulniekiem) vai fosfātu veidā (mugurkaulniekiem). Dzīvniekiem un augiem aizejot bojā, Ca uzkrājas biosfērā biogēno iežu veidā, piemēram, gliemju, koraļļu un aļģu kaļķakmeņi un krīts. Latvijā šādi nogulumu ieži ir Saulkalnes gliemeždolomīts, kas radies Devona periodā pirms 405...350 milj. gadu.

Ca klātbūtne augsnē būtiski uzlabo tās ķīmiskās un fizikālās īpašības, struktūru un auglību. Kalcija joni Ca^{2+} neitralizē ūdeņraža jonus H^+ . Tāpēc augsnes, kas satur Ca, ir vāji skābas, neitrālas vai bāziskas. Līdz ar to kalcifilie augi reizē ir acidofobi un kalcifobie — acidofili. Augsnē Ca sastopams galvenokārt $CaCO_3$ veidā. Lauka apstākļos karbonātus konstatē ar 10% HCl šķīdumu, tam reaģējot ar $CaCO_3$, izdalās CO_2 (parādās burbuli un putas). Atzīmē putošanās dziļumu un intensitāti, ko izsaka trīs ballēs: ļoti vāja — parādās atsevišķi burbulīši; vidēja — smalkzeme puto («vārās») visā aplējumā; ļoti stipra — pēc HCl šķīduma uzliešanas, izdalot čukstošu skaņu, strauji paceļas putas, kas tikpat ātri saplok, un putošana izbeidzas. Kalcija daudzumu augsnē palielina, to kaļķojot. Kalciji kopā ar magniju rada *ūdens cietību*. To izsaka milimolos litrā (mmol/l) vai kilogramā (mmol/kg) ūdens. Izšķir mīkstu (<2 mmol/l), vidēji cietu (2...10 mmol/l) un cietu (>10 mmol/l) ūdeni. Boreālo mežu (mērenās joslas skujkoku un jaukto mežu) upju un ezeru ūdens ir ļoti mīksts (<0,1...0,2 mmol/l), turpretī jūras un pazemes ūdeņiem raksturīga liela cietība (80...100 mmol/l). Dzeramo ūdeni uzskata par normālu, ja cietība nepārsniedz 7 mmol/l.

Sērs ietilpst olbaltumvielu, aminoskābju, vitamīnu, fermentu sastāvā. Tas piedalās vielmaiņas regulēšanā. S uzkrājas dzīvnieku un cilvēku nervu šūnās, kaulos, augu lapās un sēklās. Mūsu augsnē S saturs svārstās 0,01...0,8% no kopējā elementu satura augsnē un atrodas sulfātu, sulfīdu un dažādu organisko savienojumu veidā. S nepietiekamība samazina sējumu ražību. Augsnes gīpšošana uzlabo arī tās apgādi ar S.

Mikroelementi dzīvajos organismos atrodas niecīgos daudzumos (<10⁻³%), taču tie ir obligāti nepieciešami fizioloģisko procesu normālai norisei. Makroelementus un mikroelementus nevar krasi nodalīt, jo dažādām sugām ir atšķirīgas prasības pēc viena

vai otra elementa. Turklāt šīs prasības mainās ontogēnēzes laikā. Arī dotā elementa koncentrācija organismā nav absolūts kritērijs. Daudzas sugas dažādus elementus uzņem un koncentrē sevī selektīvi. Par mikroelementiem pieņemts uzskatīt Fe, Mn, Cu, Zn, Mo, Co, Ni, Cr, V, W, I, Cl, Br, B u. c. Mikroelementi ietekmē praktiski visas dzīvības norises. Piemēram, Fe, Cu, Zn, Mn, Co sekmē dzīvo organismu elpošanu, Mn, Fe, Cu — fotosintēzi; Mn, Co, Cu, Ni, Cr — olbaltumvielu sintēzi; Co, Cu, Mn, Ni, Zn — asinsriti utt. Daudzi mikroelementi darbojas par bioloģiski aktīvo vielu (hormonu, fermentu) un augsnes humusa katalizatoriem. Augsnē mikroelementi parasti atrodas grūti šķīstošu savienojumu veidā. To pieejamība augiem ir atkarīga no augsnes mehāniskā sastāva, humusa satura, cilmieža ķīmiskajām īpašībām un it īpaši no augsnes reakcijas. Skābās augsnēs vieglāk uzņemami ir Mn, Cu, Zn, Co, bāziskās — Mo. Konstatēts, ka I, B un F uzņemšanu augsnes reakcija neietekmē. Jāatzīmē, ka tieši mikroelementu trūkums organismā ir galvenais biogeoķīmisko endēmiju cēlonis. Augsnes mikroelementu krājumus var papildināt, dodot organisko un mikroelementu mēslojumu. Universāls līdzeklis ir kūtmēsli, kas satur visus makroelementus un mikroelementus, papildina humusu, uzlabo augsnes struktūru un fizikālās īpašības, bagātina tās faunu un floru, aktivizē mikrobioloģiskos procesus.

Augsnes sāļainums.

Humīdā klimata apstākļos ūdenī viegli šķīstošie sāļi ātri ieskaļojas iluviālajā horizontā. Turpretī arīdajās teritorijās, kur iztvaikošana pārsniedz nokrišņu daudzumu, sāļi uzkrājas augsnes virsējā kārtā. Minerālvielas vai nu izgulsnējas, sāļainajiem gruntsūdeņiem kapilāri paceļoties un iztvaikojot, vai arī akumulējas, augu saknēm tās uzsūcot no dziļākajiem slāņiem. Ja ūdenī šķīstošo sāļu daudzums pārsniedz 0,25% no augsnes masas, augsni uzskata par *sasālotu*. Reljefa zemākajās vietās sāļu koncentrācija veidojas sevišķi augsta. To izraisa lietus un sniega kušanas ūdeņi, kas, plūstot pa zemes virsmu, ātri bagātinās ar dažādiem izšķīdušiem sāļiem, kuri pēc ūdens iztvaikošanas izgulsnējas, ieplakās radot pat vairākus centimetrus biezu un blīvu sāls kārtu. Šādas platības (takīri) no tālienes izskatās kā ezeri. Praktiski tās ir bez veģetācijas. Arī dzīvnieku valsts pārstāvjus tajās sastop ļoti reti. Sasālotās augsnes aizņem apmēram 25% no kopējiem planētas augšņu resursiem. Tās ir izplatītas galvenokārt tuksnešu, pustuksnešu un stepju zonās. Sasālotās augsnes klasificē pēc sāļu ķīmiskā sastāva un sasālotības pakāpes. Visbiežāk sastopamie sāļi ir NaCl, MgCl₂, CaCl₂, Na₂SO₄, MgSO₄, Na₂CO₃, NaCO₃. Atkarībā no anjonu dominances izšķir hlorīdās, sulfātās vai sodiskās augsnes, kā arī šo pamatkategoriju kombināciju augsnes. Sāds iedalījums augsnes īpašības raksturo kompleksi. Augiem un dzīvniekiem kaitīgākie ir hlora anjoni Cl⁻. I. Kuļtiasovs (1982) uzskata, ka vāji hlorīdās augsnes ir līdzvērtīgas stipri sasālotām sulfātiskajām augsnēm. Šo kategoriju augsnēm raksturīga neitrāla vai vāji bāziska reakcija. Turpretī sodiskajās augsnēs tā var sasniegt pH 9...11. Jāpiebilst,

ka arī nātrija katjons Na^+ aktīvi kavē dažādu fizioloģisku procesu norisi.

Pēc sasālotības pakāpes augsnes iedala *solončakos*, *soloncos* un *solodos*. Solončaki ir vissasālotākās augsnes, tajās viegli šķīstošo un augiem kaitīgo sāļu saturs pārsniedz 1% no sausas augsnes masas. Reljefa pazeminājumos sāļu daudzums var sasniegt pat 10...15%. Solončakiem visstiprāk sasāloti ir tieši augsnes virsējie horizonti, bet līdz ar dziļumu sāļu koncentrācija pakāpeniski samazinās. Solončaki izplatīti pasaules arīdajās teritorijās, Padomju Savienībā — Piekaspijas zemiēnē, Kazahijā un Vidusāzijā. Arīdās platības nepareizi apūdeņojot, paaugstinās sāļā gruntsūdens līmenis un veidojas sekundārie solončaki. Kā primārie, tā sekundārie solončaki ir neauglīgi. To iekultivēšanas pamatnosacījums ir augsnes atsāļošana, ģipšošana, organiskā un minerālā mēslošana.

Ja gruntsūdens līmenis pazeminās tādā mērā, ka tiek pārtraukta kapilārā sasāļošanās, augsnes virskārta sāk atsāļoties. Tas ir saistīts ar ūdenī viegli šķīstošo sāļu (galvenokārt Na sāļu) ieskalošanos iluviālajā horizontā. Šo procesu sauc par augsnes soloncēšanos, bet radušās augsnes — par solonciem. Soloncu virskārtā sāļu saturs ir mazāks par 1%. Ja šajā procesā piedalās arī lietus un sniega kušanas ūdeņi, tie augsnes augšējos horizontus atsāļo, līdz sāļu saturs augsnē kļūst mazāks par 0,25% — veidojas solodi. Solodos nav vai gandrīz nav augiem kaitīgo Na^+ jonu, bet ir sastopami H^+ joni. Tāpēc solodētā horizonta reakcija ir vāji skāba, bet dziļākos slāņos pāriet neitrālā vai viegli bāziskā. Solodiem ir labi diferencēts, podzolētām augsnēm līdzīgs morfoloģiskais profils. Augi solodos neizjūt kaitīgo sāļu ietekmi.

Pēc pašreizējiem uzskatiem, augšņu sāļainuma negatīvā ietekme ir kompleksa. Pirmkārt, kā tas izriet jau no vācu botāniķa A. Simpera (1856—1901) atzinuma 1898. gadā, te iedarbojas fizioloģiskais sausums, ko izraisa augsnes šķīduma sāļu augstā koncentrācija un osmotiskais spiediens. Otrkārt, to nosaka dažādu jonu (Na^+ , Cl^-) toksiskums. Summāri tas

- pasliktina ūdensrežīmu, sakņu augšanu, sausuma toleranci;
- samazina hlorofila saturu, fotosintēzes un elpošanas intensitāti;
- izraisa cietes un olbaltumvielu paātrinātu noārdīšanos;
- paaugstina organisko skābju koncentrāciju audos utt.

Kopumā tas izsauc augu produktivitātes un vitalitātes būtisku krišanos, kas noslēdzas ar augu nokalšanu.

Augus, kas spēj augt sasālotās augsnēs, sauc par *halofītiem*. Šo spēju nodrošina to sukulentā (hlorīdā sasāļojumā) vai kseromorfā (sulfātā sasāļojumā) uzbūve un specifiskā fizioloģija. Padomju botāniķis S. Nikitins (1966) min šādus halofītu piemērus (iekavās norādīts maksimālais sāls saturs augsnē): pabērzu smiltsērķšķis — *Hippophaë rhamnoides* (1%), zemā goba — *Ulmus pumila* (3%), baltais saksauls (5...6%), melnā sālszāle — *Salsola arbusculaeformis* (10...15%), Rihtera sālszāle — *S. richteri* (30%), austrumu sālszāle — *S. Orientalis* (40%). Pēc augu piemērotības sasālotajām augsnēm izšķir vairākas halofītu apakšgrupas.

○ *Kumulatīvo halofītu* citoplazma ir tik sālsizturīga, ka sāļu koncentrācija šūnsulā var sasniegt pat 45...50% no pelnu masas, kas vairākkārtīgi pārsniedz to saturu augsnē (kālija sālszāle — *Sal-sola kali*).

○ *Sekretīvie halofīti* (krinohalofīti) no liekā sāls daudzuma atbrīvojas, to izgulsnējot uz lapām (tamariski).

○ *Regulatīvie halofīti* osmotisko spiedienu regulē nevis ar minerāl-sāļu, bet ar dažādu organisko vielu koncentrāciju šūnsulā. Tāpēc šo augu šūnas ir sāļu neuzņēmīgas. Šai grupai pieder daudzas vībotņu, balandu un eleagnu sugas.

○ Ipašu halofītu kategoriju veido mangroves flora. Mangrove ir veģetācijas tips, kas sastopams lēni pārplūstošos, dūņainos tropu jūru krastos un estuāros. Periodiskās plūdmaiņas te rada specifiskus ekoloģiskos apstākļus, kuriem piemērojušās apmēram 50, galvenokārt kokaugu, sugas. Audzes veido mūžzaļi, 5...10 m augsti koki ar spēcīgām balstsaknēm, kas bēguma laikā ir atsegtas, bet paistema uzplūdos atrodas ūdenī. Kokaugiem (rizoforām, avicenijām) ir raksturīga vivipārija — sēklu dīgšana jau mātesaugā vēl negatavajos un nenobriedušajos augļos. Pēc tam kad dīgsti izauguši 50...70 cm garumā, tie nokrīt un dažās stundās iesakņojas sāļajā, mitrajā, dūņām klātajā smiltis vai māla augsnē. Neskatoties uz īpatnējiem apstākļiem, mangroves apdzīvo daudzas zivju, krabju, austeru un citu jūras iemītņieku sugas.

Arī humīdā klimata apstākļos var norisināties intensīva augsnes sasāļošanās. Šim procesam ir antropogēns cēlonis. Sasāļošanās galvenokārt notiek pilsētās un gar autoceļiem, kurus ziemā kaisa ar smiltis un NaCl maisījumu, lai novērstu ceļu virsmas apledošanu. Šāda kustības drošības palielināšana ir ekoloģiski nevēlama un šobrīd uzskatāma par piespiedu līdzekli, kamēr nav izstrādāti iedarbīgāki, lētāki un nekaitīgāki paņēmieni.

2.5.4. AUGSNES FIZIKĀLĀS ĪPAŠĪBAS

Augsnes ķīmiskās īpašības var pilnīgi realizēties augsnes auglībā tikai labvēlīgos fizikālos apstākļos. Augsnei piemīt dažādas fizikālās īpašības. Izšķir: *vispārīgās* (tilpummasa, īpatnējā masa, porainība), *fizikāli mehāniskās* (plastiskums, lipīgums, briešana, sēšana, saistīgums, īpatnējā pretestība), *hidrofizikālās* (ūdensietilpība, ūdensiztvaikotspēja), *aerofizikālās* (gaisietilpība, gaiscaurlaidība), *termofizikālās* (siltumietilpība, siltumvadītspēja) un citas fizikālās īpašības.

Vispārīgās īpašības.

Augsnes tilpummasa d_1 ir absolūti sausas un dabiski porainas augsnes tilpuma vienības masa. Parasti d_1 izsaka g/cm^3 vai g/ml . Tilpummasa ir atkarīga no augsnes mehāniskā sastāva, humusa daudzuma un struktūras. Paaugstīnoties fiziskās smiltis un humusa saturam, kā arī struktūrai sairstot, d_1 palielinās. Vismazākā d_1 vērtība ir nedzīvās zemsegas vai kūdras horizontā (0,2...

0,4 g/cm³), vislielākā — iluviālajā (1,5...1,6 g/cm³) un gleja (1,7...2,0 g/cm³) horizontā, bet visdažādākā — humusa horizontā (0,8...1,5 g/cm³). Tilpummasu izmanto, lai aprēķinātu noteikta lie-luma augsnes slāņa kopējo un tā atsevišķu komponentu (augu barī-bas vielu) masu.

Piemēram, ja ir jānosaka augiem uzņemamā fosfora daudzums 1 ha aram-kārtas (20 cm biezumā) un ir zināms, ka augsnes tilpummasa ir 1,4 g/cm³, bet fosfora saturs tajā — 0,01%, tad aramkārtas 1 ha masa ir

$$100 \text{ (m)} \cdot 100 \text{ (m)} \cdot 0,2 \text{ (m)} \cdot 1,4 \text{ (g/cm}^3\text{)} = 2800 \text{ (t)}$$

un augiem pieejamā fosfora masa: $\frac{2800 \cdot 0,01}{100} = 280 \text{ (kg/ha)}$.

Augsnes īpatnējā masa d_2 ir absolūti sausas un blīvas augsnes tilpuma vienības masa. To var izteikt arī kā absolūti sau-sas augsnes un ūdens (4 °C) tilpuma vienības masu attiecību. Īpat-nējo masu ietekmē augsnes mehāniskais sastāvs un humusa saturs. Vairumā gadījumu d_2 vidējā vērtība minerālajās augsnēs ir 2,5...2,7 (S — 2,4...2,5; sM — 2,5...2,6; M — 2,6...2,7), humusa hori-zontā tā samazinās līdz 2,4...2,6, bet nedzīvajā zemsegā un kūdrā — pat līdz 1,4...1,8. (Augsnes apzīm. sk. 2.2. tab.)

Augsnes porainība d_3 ir poru un plaisu summārais ap-joms dabiskas sakārtas augsnē, kas izteikts procentos no kopējā augsnes tilpuma. Šo rādītāju aprēķina, izmantojot d_1 un d_2 vēr-tības:

$$d_3 = \left(1 - \frac{d_1}{d_2}\right) 100, \quad (2.9.)$$

kur d_1 un d_2 attiecība raksturo augsnes cietās daļas apjomu.

Piemēram, ja $d_1 = 1,4 \text{ g/cm}^3$ un $d_2 = 2,6 \text{ g/cm}^3$, tad augsnes cietā fāze aizņem 0,54 jeb 54% un $d_3 = 46\%$.

Porainība sadalās *kapilārajā* un *nekapilārajā*. Parasti sīkajās porās atrodas ūdens, kas pa augsnes kapilāriem paceļas no tās dzi-ļākajiem slāņiem. Arī struktūras agregātos ir kapilārās poras. Savu-kārt nekapilārās poras veido telpu starp šiem agregātiem un ir pil-dītas ar gaisu. Nekapilārā porainība palielinās līdz ar fiziskās smilts daudzumu augsnē un struktūras izteiktību. Augsne ar optimālu po-rainību nodrošina vislabāko ūdens, gaisa, temperatūras un barības vielu režīmu, kā arī optimālu mikrobioloģisko procesus norisi, ne-kapilārā daļa šādā augsnē sastāda vairāk nekā pusi augsnes porai-nības (0,5 d_3). Mūsu apstākļos raksturīgi šādi d_3 lielumi: S — 39...42%, mS — 45%, sM — 47...50%, M — 52...54%, kūd-rai — 78...95%.

Fizikāli mehāniskās īpašības.

Augsnes plastiskums ir augsnes spēja mitrā stāvoklī veidot un saglabāt noteiktu formu. Šī spēja izpaužas tikai zināmās augsnes mitruma robežās. Slapjai un sausiai, kā arī smilts augsnei plastiskuma nav. Augsni uzskata par slapju, ja tā izplūst (ar sēr-kociņu ievilkta vadziņa aizpildās 30 sekundēs). Savukārt sausu

augšņi nevar savelt veltnītī. Mitruma starpība starp šiem diviem līmeņiem raksturo augšņes plastiskumu. Plastiskums pieaug līdz ar fiziskā māla satura palielināšanos augšņē un samazinās, paaugstīnoties humusa daudzumam tajā.

Augšņes lipīgums ir tās spēja pielipt gludai virsmai. To raksturo spēks, kas nepieciešams 1 cm² metāla plāksnītes atrašanāsī no augšņes virsmas. Augšņes lipīgums īpaši liels ir smagās māla augšņēs. Lipīgu augšņņu apstrādāšanai jāpatērē lielāks spēks. Turklāt samazinās darba kvalitāte. Augšņes mitruma palielināšanās, kamēr augšņe nesasniedz izplūšanas robežu, palielina lipīgumu. Lipīgumu var samazināt, uzlabojot augšņes struktūru.

Augšņes briešana ir augšņes tilpuma palielināšanās, pieaugot tās mitrumam. Šī īpašība labi izpaužas mālainās un kūdraīnās augšņēs, to tilpums var palielināties pat par 40%. Izžūstot uzbriedušu augšņņu tilpums samazinās. Šo parādību sauc par augšņes sēšanos. Augšņes briešanu un sēšanos pavada augšņes plaisāšana. Šie procesi pasliktina augšņes struktūru un aerāciju, pastiprina ūdens iztvaikošanu un izraisa augu sakņu bojāšanu.

Hidrofizikālās īpašības.

Tās raksturo augšņes ūdensrežīmu. Augšņes ūdensietilpība (ūdenskapacitāte) ir augšņes spēja uzņemt un saturēt ūdeni. Šo spēju izsaka masas vai tilpuma vienībās. Kopējo ūdens daudzumu augšņē padomju augšņes zinātnieks D. Viljenskis iedala ķīmiski saistītajā, tvaikveida, higroskopiskajā, plēvīšu, kapilārajā, gravitācijas ūdenī un gruntsūdenī. *Ķīmiski saistītais ūdens* ir minerālu sastāvdaļa, tas augšņes fizikālajos procesos neiesaistās un augiem nav uzņemams. *Tvaikveida ūdens* atrodas augšņes porās. Temperatūrai pazeminoties, ūdens tvaiki kondensējas. Tādējādi šis augšņes ūdens veids papildina augiem pieejamā ūdens krājumus un nodrošina lielāku un noturīgāku augšņes gaisa mitrumu nekā atmosfērā. *Higroskopiskais* un *plēvīšu ūdens* apņem augšņes daļiņas, to saista šo daļiņu virsmas molekulu pievilksanas spēks. Plēvīšu ūdens no higroskopiskā atšķiras ar to, ka spēks, ar kādu ūdeni aiztur augšņes daļiņas, ir daudzkārt mazāks. Tāpēc tas pārvietojas virzienā uz sausāku vietu neatkarīgi no tās telpiskā novietojuma un augiem ir daļēji izmantojams. *Kapilārais ūdens* atrodas augšņes kapilārajās porās, kur pārvietojas meniska spēka un smaguma spēka ietekmē. Kapilārais ūdens var pārvietoties visos virzienos. Ja meniska spēks ir lielāks par smaguma spēku, šī veida ūdens paceļas uz augšu, ja mazāks —, tas plūst uz leju. Ūdens, ko augšņe nespēj saistīt ķīmiski vai ar molekulāro un meniska spēku, ir *gravitācijas ūdens*. Tas gravitācijas spēka ietekmē plūst vertikāli lejup, veidojot augšņei raksturīgo profilu. Gravitācijas ūdens uzkrājas virs necaurīdīgā ieža slāņa. Šos ūdens uzkrājumus sauc par gruntsūdeni.

○ *Kopējo ūdens daudzumu* augšņē sauc par *augšņes mitrumu* un izsaka procentos no absolūti sausas augšņes masas.

Augiem ļoti nozīmīgs ir *vīšanas* jeb *kritiskais mitrums* (vīšanas koeficients, vīšanas punkts). Tas ir ūdens, kas augšņē saistījies ar spēku, kas lielāks par sakņu sūcējspēku un tāpēc augiem nav

izmantojams. Tas sastāv no higroskopiskā, kā arī daļēji no plēvīšu un kapilārā ūdens. Višanas mitrums ir atkarīgs no augsnes īpašībām, augu sugas un vecuma. Višanas punktā augi pārtrauc fotosintēzi un, šim stāvoklim ieilgstot, nokalst. Svarīgi, lai augsnē vienmēr būtu pietiekama *produktīvā mitruma rezerve*. Tā sastāv no ūdens daudzuma, kas pārsniedz višanas mitrumu. Pēc augsnes zinātnieka V. Francesona, višanas punkts atbilst: S — 1...3%, mS — 3...6% un sM — 6...12% no absolūti sausas augsnes masas. Parasti to raksturo ar ūdens slāņa biezumu un aprēķina šādi:

$$\omega = 0,1 \cdot h \cdot d_1 (m - m_v), \quad (2.10.)$$

kur ω — produktīvais mitrums, mm;

h — augsnes horizonta biezums, cm;

d_1 — tilpummasa, g/cm³;

m — augsnes mitrums, %;

m_v — višanas mitrums, %.

Piemēram, ja $h=20$; $d_1=1,4$; $m=70$ un $m_v=10$, tad $\omega=0,1 \cdot 20 \cdot 1,4(70-10) = 168$ (mm). Tā kā katrs mm 1 ha platībā atbilst 10 t ūdens, tad šajā piemērā produktīvais mitrums ir 1680 t/ha.

Pēc augsnes pētnieka A. Šulģina datiem (1967), produktīvā mitruma daudzums ir optimāls, ja 1 m biežā augsnes slānī tas ir 100...200 mm; nepietiekošs —, ja mazāks par 50 mm, un lieks —, ja lielāks par 250 mm. Autoru vairākums par optimālu atzīst augsnes mitrumu, kas ir 50...60% no ūdensietilpības.

Kvantitatīvi augsnes mitruma režīmu noteiktā periodā raksturo *augšnes ūdens bilance*. Tās aprēķināšanai A. Rode (1955) iesaka vienādojumu:

$$U_b = U_s + (N + K + G + P + J) - (T + I + V + F), \quad (2.11.)$$

kur U_b — ūdens daudzums augsnē pētāmā perioda beigās;

U_s — ūdens daudzums augsnē pētāmā perioda sākumā.

Pirmās iekavas apraksta ūdens satura papildinājumu, otrās — tā zudumus.

N — nokrišņu summa visā periodā;

K — kondensācijas ūdens;

G — pieplūstošais gruntsūdens;

P — pieplūstošais virszemes noteces ūdens;

J — pieplūstošais augsnes iekšējais ūdens;

T — transpirācijas ūdens visā periodā;

I — iztvaikošanas ūdens;

V — virszemes noteces ūdens;

F — augsnes iekšējās noteces ūdens.

Aerofizikālās īpašības.

Tās izsaka augsnes gaisa režīmu. Augšnes gaiss pēc tā galvenajiem komponentiem (N_2 , O_2 , CO_2) būtiski atšķiras no atmosfēras (2.3. tab.). Lielākās atšķirības augsnes gaisā ir O_2 un CO_2 saturā. Jāatzīmē, ka to izmaiņām ir pretējs raksturs, jo, intensificē-

Atmosfēras un augsnes gaisa sastāvs
(pēc N. Remezova)

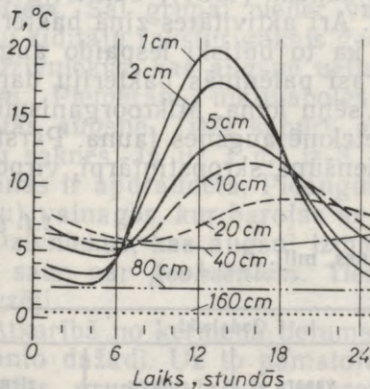
Gaisa	Gaisa sastāvs, tilpuma %		
	N ₂	O ₂	CO ₂
Atmosfēras	78,1	20,9	0,03
Augsnes	78,1 ... 80,0	5,0 ... 20,0	0,1 ... 15,0

joties bioloģiskajiem procesiem, vairāk tiek patērēts O₂, attiecīgi palielinoties CO₂ saturam.

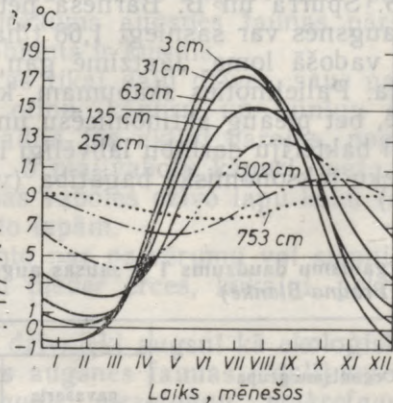
Noskaidrots, ka, CO₂ saturam augsnē pieaugot līdz 2%, augi aug labāk. Ja šo robežu pārsniedz, sākas pretējs process. Samazinoties O₂ daudzumam, tiek traucēti aerobie procesi un pastiprinās anaerobo baktēriju darbība, tā rezultātā veidojas augiem kaitīgi savienojumi (amonjaks, metāns, sērūdeņradis). No sacītā izriet, ka ir nepieciešama augsnes un atmosfēras gaisa apmaiņšanās jeb aerācija. Tā ir atkarīga no augsnes mehāniskā sastāva, porainības, struktūras, humusa satura, hidroloģiskā režīma, gaisietilpības un gaiscaurlaidības.

Termofizikālās īpašības.

Tās raksturo augsnes siltuma režīmu, kas salīdzinājumā ar atmosfēru ir stipri atšķirīgs. Te jāmin *diennakts* (2.19. att.) un *sezonālā* (2.20. att.) *temperatūras dinamika*. Abos gadījumos līdz ar augsnes slāņa biezumu samazinās temperatūras svārstību amplitūda, bet temperatūras maksimuma iestāšanās aizkavējas. Piemēram, smilš-



2.19. att. Augsnes temperatūras diennakts dinamika dažādos augsnes dziļuma slāņos (pēc R. Geigera, 1960).



2.20. att. Augsnes temperatūras sezonālā dinamika (pēc R. Geigera, 1960).

māla augsnē 1 cm dziļumā (2.19. att.) temperatūra ir 20 °C, bet 20 cm dziļumā tikai 3 °C. So likņu maksimumi atbilst attiecīgi plkst. 13 un 18. Eksperimentāli konstatēts, ka tie vidēji aizkavējas par 2,5...3,5 stundām uz katriem 10 cm. Šī iemesla dēļ 40 cm dziļumā vērojama pretēja aina ar augsnes temperatūras minimumu pusdienas laikā. Temperatūras diennakts izmaiņas nesniedzas dziļāk par 80 cm. Sezonālās svārstības izplatās dziļāk, arī to amplitūda ir lielāka, aizkavēšanās notiek par 20...30 diennaktīm uz katru dziļuma metru. Tāpēc temperatūras pretējā gaita (ieži kļūst siltāki ziemā) iestājas 5...7 m dziļumā. Pastāvīga temperatūra augsnē mērenajā joslā sākas 20...30 m dziļumā, mazajos platuma grādos — 8...10 m dziļumā. Augsnes siltuma režīmu iespaido mehāniskais sastāvs, mitrums, struktūra, humusa saturs, porainība, krāsa un citas īpašības. Sevišķi liela nozīme ir augu segai, kas izlīdzina un stabilizē temperatūras gaitu visos augsnes horizontos.

2.5.5. AUGSNESVIDE

Augsni tās īpašību dažādības un savdabības pēc uzskata par patstāvīgu ekoloģisko vidi, ko raksturo ļoti liela dzīves apstākļu daudzveidība un, kas bagātīgi apdzīvota ar tikai šai videi raksturīgiem organismiem. Augu valstī te pārstāv baktērijas, aktinomicētes, zemākās un augstākās sēnes, aļģes, augu saknes un rizoidi. Ieskatu par mikroorganismu daudzumu, kā arī to sezonālo dinamiku platlapju meža augsnē sniedz 2.4. tabulas dati. Visvairāk ir baktēriju. Sevišķi daudz to ir rizosfērā, kur spurgaliņu izdalījumi rada tām labvēlīgus apstākļus. Savukārt mikroorganismu skaita palielināšanos pavasarī un ziemā var saistīt ar labvēlīgu mitrumu un pēc lapkrites atjauninātu detrita daudzumu. Pēc amerikāņu ekologu S. Spurra un B. Barnesas pētījumiem (1984), baktēriju masa meža augsnēs var sasniegt 1,68 t/ha. Arī aktivitātes ziņā baktērijām pieder vadošā loma. Jāatzīmē gan, ka to būtiski iespaido augsnes reakcija. Palielinoties skābumam, krasi palēninās baktēriju darbība augsnē, bet pieaug aktinomicēšu un sēņu loma. Mikroorganismu un it īpaši baktēriju darbību labvēlīgi ietekmē augsnes fauna. Pārsteidz dzīvnieku taksonomiskā bagātība (vienšūņi, skropstiņtārpi, virpotāji,

2.4. tabula

Mikroorganismu daudzums 1 g sausas augsnes, milj.
(pēc J. Brauna-Blankē)

Organismu grupa	Gadalaiki			
	pavasaris	vasara	rudens	ziema
Baktērijas	58,4	40,5	23,5	55,1
Aktinomicētes	4,8	2,8	2,2	2,7
Sēnes	0,45	0,28	0,25	0,43

Dzīvnieku skaits 1 m² augsnes (pēc P. Djuviņo un M. Tanga)

Biotops	Dzīvnieku grupas					
	kukaiņi	sliekas	sīksliekas	kolembolas	ērces	nematodes
Mežs	3000	78	3500	40 000	80 000	6·10 ⁶
Pļava	4500	97	10 500	20 000	40 000	5·10 ⁶
Tirums	1000	41	2000	10 000	10 000	4,5·10 ⁶

nematodes, mazzartārpi, ērces, zirnekļi, kukaiņi, zīditāji) un to daudzums augsnē (2.5. tab.).

Augsnes dzīvnieki aktīvi piedalās detrita sadalīšanā, augsnes mikrobioloģisko procesu, struktūras, porainības, aerācijas, hidroloģiskā un termiskā režīma uzlabošanā. Slieku būtisko nozīmi augsnes auglības uzlabošanā atzīmēja jau Č. Darvins (1837). Pārstrādājot organiskās atliekas, sliekas vienlaikus irdina augsni līdz 1,2 m (melnzemēs līdz 6,0 m) dziļi. G. Visockis konstatējis, ka melnzemē slieku eju skaits sniedzas līdz 5,25 milj./ha. Mūsu apstākļos tas ir vidēji 300 tūkst./ha. Turklāt augsnes virspusē sliekas uznes ap 120 t/ha materiāla gadā. Nereti uznestais un pārstrādātais materiāls satur Ca (samazina augsnes skābumu) un citus augu barības elementus paaugstinātās koncentrācijās, piemēram, K, P un N. Ne velti dažās valstīs (ASV) sliekas speciāli audzē un iegūtos kokonus izsēj augsnē. Relatīvi mazāk slieku ir skābās (egļu audzēs) un sablīvētās augsnēs. Amonjakūdens lietošana nomāc un pat iznīcina augsnes faunu. Jāatzīmē, ka starp augsnes iemītņiem sastopami arī augu kaitēkļi (nematodes, maijvaboles, sprakšķi).

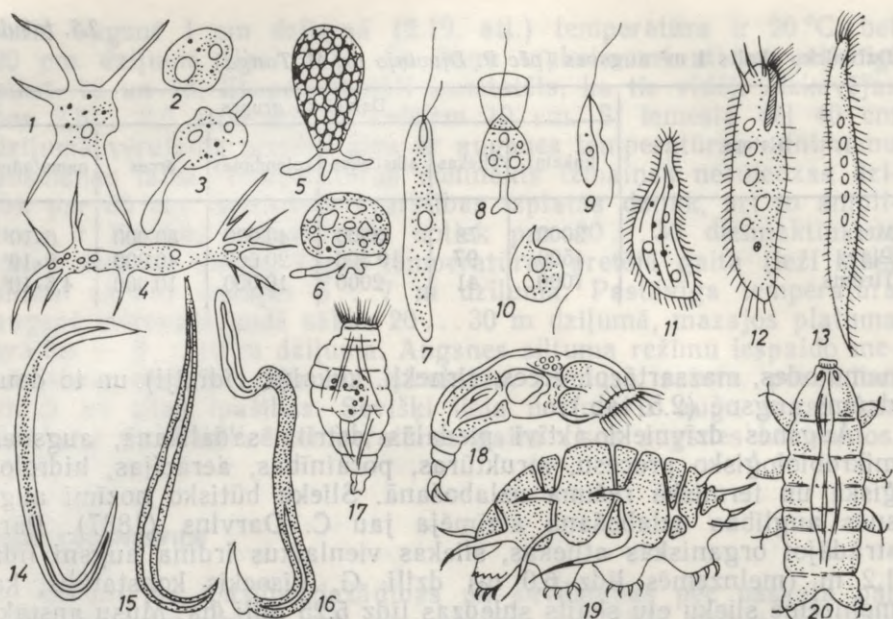
○ Dzīvniekus, kas visu dzīves laiku pavada augsnē, sauc par **ģeobiontiem**. Šai grupai pieder vairākums augsnes faunas pārstāvju. Mūsu zīditāju raksturīgākais ģeobionts ir kurmis.

○ Dzīvniekus, kas augsnē uzturas tikai daļu dzīves, sauc par **ģeofiliem**. Piemēram, maijvaboles oliņu, kāpuru un kūniņu stadijā attīstās augsnē. Tieši kāpuru stadijā tās aktīvi barojas, nograuzot augu saknes. Ja uz 1 m² ir 3...5 maijvaboļu kāpuri, meža atjaunošanās ir apdraudēta. Pieaugušās vaboles dzīvo lapu koku (sevišķi ozolu) vainagos, kur barojas ar to lapām.

○ Dzīvniekus, kas augsni izmanto par patvērumu vai slēpni medībās, sauc par **ģeoksēniem**. Tiem pieder ērces, kukaiņi, pelveidīgie grauzēji.

Atkarībā no ķermeņa lieluma dzīvnieki augsni kā ekoloģisko vidi izmanto dažādi. Uz to pamatojas augsnes faunas iedalījums ekoloģiskajās grupās. Izšķir *mikrofaunu*, *mezofaunu*, *makrofaunu* un *mega-faunu*.

Augsnes mikrofaunas (2.21. att.) īpatņu ķermeņu izmēri nepārsniedz 0,1 mm, visbiežāk tie svārstās mikrometru diapazonā. Attiecībā pret šiem dzīvniekiem augsne darbojas līdzīgi mikro-



2.21. att. Augsnes mikrofauna (pēc V. Dungere, 1974):

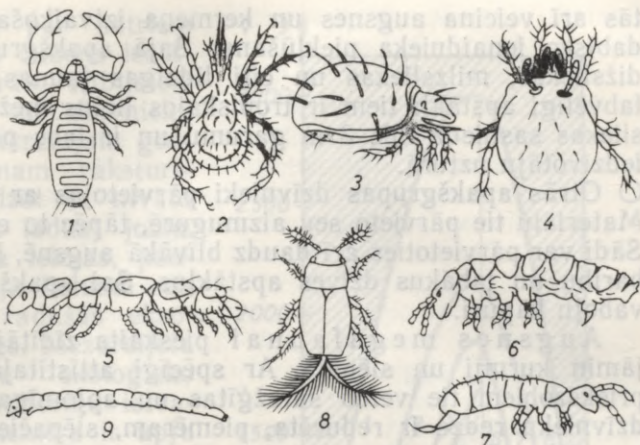
1...13 — viēšūņi (1...4 — kailamēbas, 5...6 — čaulamēbas, 7...10 — vicaiņi, 11...13 — infuzorijas), 14...20 — daudzšūņi (14...16 — nematodes, 17, 18 — virpotāji, 19, 20 — tardigradi).

ūdensbaseinu sistēmai. Daļa mikrofaunas pārstāvju brīvi dzīvo kapilārajā un gravitācijas ūdenī, kas aizpilda augsnes poras, vai gluži kā mikroorganismi ir adsorbēti uz augsnes daļiņu virsmas un atrodas plēvišu ūdenī. Skābekli elpošanai tie uzņem no ūdens ar ķermeņa virsmu. Tādējādi augsnes mikrofaunas un ūdensdzīvnieku dzīves apstākļi ir līdzīgi. Būtiskas atšķirības iestājas, kad augsne izžūst. Augsnes mikrofaunai, piemēram, amēbām un infuzorijām, piemīt izcila spēja pāriet anabiozes stāvoklī. Šūnām iecīstējoties, tās pārklājas ar biezu apvalku un kļūst noturīgas pret sausumu un pazeminātu vai paaugstinātu temperatūru.

Augsnes mezofaunas (2.22. att.) īpatņu ķermeņu izmēri svārstās no 0,1 līdz 3,0 mm. Augsnes poras šiem organismiem ir kā alu labirints, tie elpo gaisa O_2 , uzņemot to ar ķermeņa virsmu vai primitīvām trahejām. Šīs grupas dzīvniekiem nav īpašu pielāgojumu augsnes irdināšanai, tāpēc pa porām tie pārvietojas brīvi. Laiku, kad poras ir piepildītas ar ūdeni, mezofaunas pārstāvji pavada gaisa burbulī, kas atņem to ķermeņus. Skābekļa saturs tajā papildinās no ūdenī izšķīdušā O_2 . Mezofauna ir ļoti jutīga pret augsnes izžušanu. Sīkākie organismi to cenšas pārvarēt, pārvietojoties uz dziļākiem un mitrākiem augsnes slāņiem, lielākie — ar speciālu pielāgojumu (sariņu, ūdensnecaurlaidīgu hitīna apvalku) palīdzību. Taksonomiski šo grupu sastāda galvenokārt posmkāji.

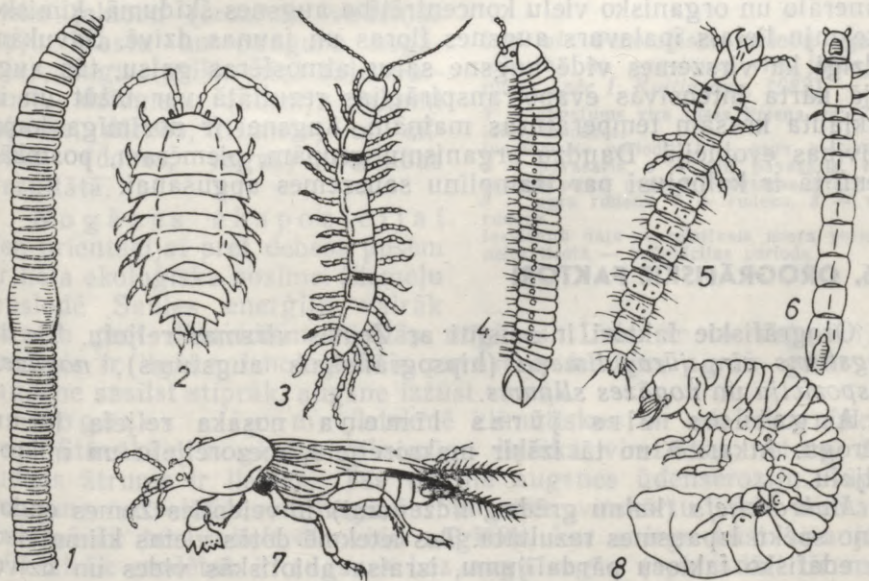
2.22. att. Augsnes mezo-fauna (pēc V. Dungere, 1974):

1 — mānšskorpions, 2 — gamasoidērcē, 3, 4 — bruņpērces, 5 — meža paurops, 6, 7 — kolembolas, 8 — vabole no *Ptiliidae* dzimtas, 9 — odu hironomīdu kāpurs.



Augsnes makrofaunai (2.23. att.) pieder daudzas posmtārpu, vēžu, daudzkāju un kukaiņu sugas. Īpatņu ķermeņu izmēri pārsniedz 3 mm. Tāpēc pārvietojoties tie sastop augsnes pretestību. Atkarībā no tās pārvarēšanas veida izšķir divas apakšgrupas.

○ Pirmās apakšgrupas pārstāvji paplašina augsnes poras, ar savu ķermeni pārvietojot un sablīvējot augsnes daļiņas. Pa šīm ejām brīvi ieplūst un izplūst gaiss, uzlabojot augsnes aerāciju. Vienlaikus



2.23. att. Augsnes makrofauna (pēc V. Dungere, 1974):

1 — slika, 2 — mitrene, 3 — simtkājis, 4 — tūkstoškājis, 5 — skrejvaboļu kāpurs, 6 — sprakšķu kāpurs (drātstārps), 7 — racējircenis jeb zemesvēzis, 8 — maiļvaboļu kāpurs.

tās arī veicina augsnes un ķermeņa iztvaikošanu, kā arī atvieglo dabisko ienaidnieka piekļūšanu. Šajā apakšgrupā ietilpst slietas, dižslietas, milzslietas un citi līdzīgas faunas organismi. Sevišķi labvēlīgi apstākļi tiem ir tropiskajos lietus mežos, piemēram, milzslietas sasniedz līdz 3 m garumu un ir labs papildinājums vietējo iedzīvotāju uzturā.

○ Otrās apakšgrupas dzīvnieki pārvietojas ar rakšanas palīdzību. Materiālu tie pārvieto sev aizmugurē, tāpēc to ejas ir vāji izteiktas. Šādi var pārvietoties arī daudz blīvākā augsnē, kā arī vieglāk atrast barību un labākus dzīves apstākļus. Šai apakšgrupai pieder maijvaboļu kāpuri.

Augsnes megafaunai pieskaita zīdītājus. No ģeobiontiem jāmin kurmji un slēpači. Ar spēcīgi attīstītajām priekškājām un priekszobiem tie veido sarežģītas un apjomīgas alu sistēmas. Šo dzīvnieku redze ir reducēta, piemēram, slēpačiem acis atrodas pat zem ādas. Toties to apmatojums ir īss un blīvs. Arī ģeofili (susliki, truši, āpši) rok alas, kurās audzina jauno paaudzi. To ķermeņi piemērojušies rakšanai un īslaicīgai dzīvei alās. Piemēram, mūsu mežu iemītņiekam āpsim ir spēcīga priekškāju muskulatūra un nagi, kā arī šaura galva ar mazām ausīm. Atšķirībā no zaķiem, kas alas nerok, trušiem ir ievērojami īsakas ausis un pakaklējais, bet spēcīgāk attīstīts galvaskauss, priekškāju kauli un muskulatūra.

Augsnesvidei ir daudz līdzību ar virszemi (sauszemi) un ūdeni. Ūdensvidei to tuvina relatīvi izlīdzinātais temperatūras režīms, trūcīgais O₂ daudzums augsnes gaisā, dažādu ūdens veidu klātbūtne, minerālo un organisko vielu koncentrētība augsnes šķīdumā, ķīmisko ietekmju lielais īpatsvars augsnes floras un faunas dzīvē. Savukārt līdzīgi kā virszemes vidē augsne satur atmosfēras gaisu, tās augšējā kārtā intensīvās evapotranspirācijas rezultātā var izžūt un ir pakļauta krāsām temperatūras maiņām. Augsnei ir nozīmīga loma dzīvības evolūcijā. Daudzu organismu grupām, piemēram, posmkājiem, tā ir kalpojusi par tramplīnu sauszemes apgūšanai.

2.6. OROGRĀFISKIE FAKTORI

Orogrāfiskie faktori ir saistīti ar Zemes virsmas reljefu. Tie ir *augstums virs jūras līmeņa* (hipsogrāfiskais augstums), *nogāzes ekspozīcija* un *nogāzes slīpums*.

Augstums virs jūras līmeņa nosaka reljefa formu mērogu. Atkarībā no tā izšķir makroreljefu, mezoreljefu un mikroreljefu.

Makroreljefs (kalnu grēdas, līdzenumi) ir veidojies Zemes endogēno spēku izpausmes rezultātā. Tas ietekmē dotās vietas klimatisko un edafisko faktoru pārdalījumu, izraisa abiotiskās vides un dzīvo organismu izplatības augstumjosojumu. Palielinoties hipsogrāfiskajam augstumam, pazeminās temperatūra un gaisa spiediens, pieaug Saules radiācija, mainās nokrišņu daudzums. Tas viss integrējas fenoloģisko periodu sadalījumā (2.24. att.). Piemēram, Alpos,

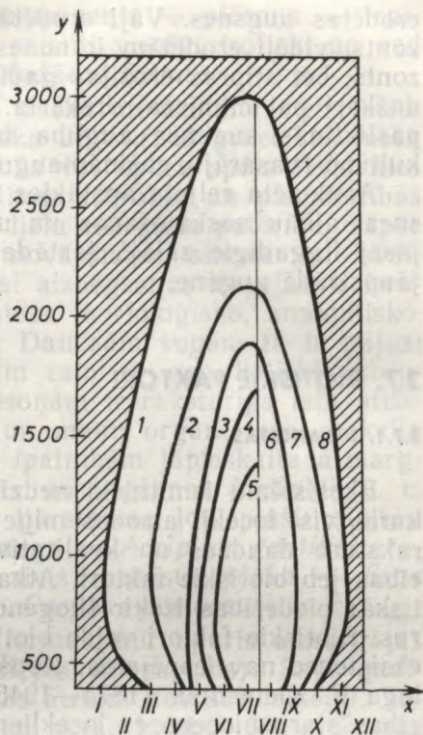
paceloties vertikāli par katriem 50 m, fenoloģiskais rudens iestājas par dienu agrāk. Atbilstoši mainās arī augu un dzīvnieku valsts, sākot no konkrētajam ģeogrāfiskajam platumam raksturīgās biotas un beidzot ar nivālo (mūžīgā sniega un ledus) joslu.

Mezoreljefs (upju ielejas, pauguri) raksturo vidēja lieluma reljefa formas. Tās radušās eksogēno procesu norisēs. Mezoreljefa ietekme pastiprina ekoloģisko faktoru dažādību lielformu ietvaros. Latvijā labs piemērs ir upju senlejas (Daugavas, Gaujas, Abavas, Amulas). Senlejas veidojušās ledāja kušanas ūdeņu erozīvās darbības rezultātā. Senleja sastāv no upes gultnes, palienes un nogāzes, katrā no tām ir krasi atšķirīgi vides apstākļi un biota.

Mikroreljefu veido vietēja rakstura mezoreljefa formu nelieli nelīdzenumi. Tie radušies abiotisko faktoru (erozīvās vadziņas upju krastu un pauguru nogāzēs), augu (grīšļu ciņi zāļu purvos), dzīvnieku (kurmju rakumi plāvās, dārzos, tīrumos) un cilvēka (dobes, vagas) darbības rezultātā.

Nogāzes ekspozīcijai jeb orientācijai pret debess pusēm ir liela ekoloģiska nozīme. Ziemeļu puslodē Saules enerģiju vairāk saņem pret dienvidiem vērstās nogāzes. Līdz ar to veģetācijas periods ir ilgāks, fenoloģiskais pavasaris iestājas agrāk, gaiss un augsne sasilst stiprāk, augsne izžūst vairāk.

Nogāzes slīpums ietekmē klimatiskos un edafiskos faktorus. Stāvākām nogāzēm raksturīga lielāka virszemes notece. Arī ūdens ātrums ir lielāks. Tas veicina augsnes ūdenseroziju. Tāpēc pauguru virsotnēm un nogāzēm augsnes virskārtu bieži noskalo. Intensīvāk tas notiek dienvidu nogāzēs, kur sniegs kūst straujāk. Visvairāk erodētas ir augsnes bez augu segas (apstrādāti tīrumi), vismazāk — mežu augsnes. Mežā detrits, koku, krūmu un lakstaugu saknes, kā arī augsnes fizikālās īpašības pat stāvās nogāzēs kavē virszemes noteci, un līdz ar to arī augsnes noskalošanās ir minimāla. Atkarībā no erozijas intensitātes izšķir vāji, vidēji un stipri



2.24. att. Fenoloģisko periodu ilgums atkarībā no augstuma virs jūras līmeņa (pēc I. Kuļtasova, 1982):

Y — augstums virs jūras līmeņa, m; X — laiks, mēnešos;
fenoloģiskie periodi: 1 — agrs pavasaris, 2 — pavasaris, 3 — vēls pavasaris, 4 — vasaras pirmā puse, 5 — vasaras otrā puse; 6 — agrs rudens, 7 — rudens, 8 — vēls rudens.
Iesvītrotā daļa — relatīvais miera periods, neiesvītrotā — veģetācijas periods.

erodētas augsnes. Vāji erodētām augsnēm daļēji nonests A_1 horizonts, vidēji erodētām ir nonests viss A_1 un daļēji A_2 vai B horizonts, bet stipras erozijas gadījumā — visi ģenētiskie horizonti un dažkārt pat cilmieža virskārta. Palielinoties erozijas pakāpei, krasi pasliktinās augsnes auglība un tās piemērotība lauksaimniecības kultūru (vasarāju, rušināmaugu) audzēšanai.

Artikulēta reljefa apstākļos jāveic pasākumi, lai pārtrauktu augsnes tālāku noskalošanos un uzlabotu erodēto augšņu īpašības. Ir jāasē ilggadīgie zālāji, jāstāda koki un krūmi, jāmēslo un pareizi jāapstrādā augsne.

2.7. BIOTISKIE FAKTORI

2.7.1. KOAKCIJAS

Ekosistēmu iemītnieki nedzīvo izolēti. Tie vienmēr veido kopas, kurās visi locekļi atrodas mijiedarbībā. Tapēc arī jebkuru biocenozi raksturo daudzas un kvalitatīvi ļoti sarežģītas savstarpējās attiecības jeb biotiskie faktori. Atkarībā no ietekmējošā aģenta sistemātiskās piederības izšķir fitogēnos, zoogēnos un mikrobogēnos faktorus. Biotiskie faktori veido biotisko vidi, bez kuras dzīvo organismu eksistence nav iespējama. Kopš 1939. gada, sekojot amerikāņu ekologa F. Klementsā (1874—1945) un V. Šelforda ieteikumam, attiecības starp biocenozes locekļiem sauc par koakcijām.

○ Pēc R. Dažo tās iedala *heterotipiskajās* un *homotipiskajās* koakcijās. Heterotipiskās koakcijas ir attiecības starp dažādu sugu pārstāvjiem, homotipiskās — starp vienas sugas īpatņiem. Šis iedalījums ir nosacīts, jo nereti organisma limenī būtisku atšķirību nav. Izklāsta vienkāršības dēļ koakcijas aplūko kā attiecības starp diviem komponentiem.

○ Atsevišķas koakcijas realizējas cīņā par barību (*trofiskās* koakcijas), mitekli un iespējam paslēpties vai uzbrukt (*topiskās* koakcijas), kā arī pretēja dzimuma pārstāvi un pēcnācēju saglabāšanu vai audzināšanu (*reproduktīvās* koakcijas). Evolūcijas gaitā izveidojušās ļoti atšķirīgas koakcijas.

○ Pēc ietekmes rakstura tās var būt *labvēlīgas* (apzīmē ar +), *nomācošas* (−) un *neitrālas* (0). So triju iespēju kombinācijas veido sešus koakciju tipus. Atbilstoši tiem attiecības starp komponentiem var būt *nomācošas* jeb *eksploatīvas* (+ −), *abpusēji labvēlīgas* (++)), *labvēlīgi neitrālas* (+0), *nomācoši neitrālas* (−0), *abpusēji nomācošas* (−−) un *neitrālas* (00). Katrs tips var diferencēties koakciju veidos. Robežas starp minētajām kategorijām ne vienmēr ir skaidri izteiktas. Dabas daudzveidībā arī šajā jomā sastopamas visdažādākās pārejas formas, un bieži vien ir grūti izšķirties par viennozīmīgu traktējumu.

Nomācošas jeb eksploatīvās attiecības vienam komponentam ir izdevīgas, otram — kaitīgas. Šī tipa koakciju veidi ir *plēsonība*, *parazitisms*, *pusparazitisms*, *fitofāģija*.

Plēsonības gadījumā viens komponents — plēsoņa — iznīcina otru — upuri. Abi komponenti saistīti vienīgi trofiski un ved patstāvīgu dzīvesveidu. Plēsonībai ir dažādas formas.

○ Parasti plēsoņa un upuris aktīvi izseko un uzmana viens otru. Šīs formas uzskatāms piemērs ir vilka un stirnas attiecības meža ekosistēmās. Plēsoņas veiksmē medībās vai upura spēja izvairīties no nāves ir atkarīga no viņa veselības stāvokļa un piemērotības šādam dzīvesveidam. Medības prasa lielu enerģijas patēriņu. Tāpēc normālos apstākļos plēsoņa izvēlas novājinātus, slimus vai ievainotus dzīvniekus, kuru pretošanās vai aizbēgšanas iespējas ir ierobežotas. Šīs attiecības veicina atbilstošu morfoloģisko, anatomisko, etoloģisko un citu īpašību evolūciju. Daudzām sugām tā ir gājusi abos virzienos, piemēram, parastajam ezim ir gan lieliski uzbrukuma, gan aizsardzības līdzekļi. Plēsoņām ir raksturīgs labi attīstīts ķermenis, satveršanas, kustību un maņu orgāni, asa reakcija un augsts intelekts. Savukārt upuru īpatnībām jāpieskaita aizsargkrāsa, saasināta uzmanība, slēpšanās un bēgšanas instinkts u. c. Taksonomiski šī plēsoņu kategorija pārstāvēta ļoti plaši: zīdītāji (lauva — *Leo leo*), putni (vistu vanags — *Accipiter gentilis*), rāpuļi (meža odze — *Vipera berus*), zivis (parastā līdaka — *Esox lucius*), kukaiņi (lielā skrejvabole — *Carabus coriaceus*) u. c.

○ Dabā sastopamas arī plēsonības formas, kur upuris aizsargājas pasīvi (aizsargkrāsa, aizsargpoza, slēpts dzīvesveids). Šajā gadījumā plēsoņas un upura pārvietošanās ātrumi nav salīdzināmi. Tāpēc plēsoņa savu teritoriju pārlūko un savāc barību. Šīs attiecības var labi novērot starp putniem un kukaiņiem, piemēram, dižraibais dzenis (*Dendrocopos major*) veiksmīgi atrod un izkaļas līdz koku stumbros esošajiem meža kaitēkļu kāpuriem.

○ Pazīstama arī tāda plēsonības forma, kur pasīvā lomā ir plēsoņa, kas nomaskējies slēpnī vai pat stacionāri piestiprinājies kādam substrātam, piemēram, ūdensbaseina dibenam, un medī tikai tos dzīvniekus, kuri iekļuvuši tā tiešās ietekmes zonā. Šī tipa plēsoņas ir zirnekļi, kukaiņi, jūraslilijas. Tiem pieskaitāmi arī augi — plēsoņas. Piemēram, mūsu platumu grādu augstajos jeb sūnu purvos aug kukaiņēdāji augi — rasenes. Lai nodrošinātu normālas dzīves norises, rasenēm nepieciešama papildu barošana ar gatavām organiskām vielām, kuras tās uzņem, saķerot un izšķīdinot kukaiņus. Rasēņu lapām ir attīstījušies dziedzermaitiņi, kas pēc kukaiņa nosēšanās uz lapas sakļaujas un sagūsta to.

Parasti plēsoņa un upuris pieder dažādām sugām. Taču plēsonība sastopama arī starp vienas sugas pārstāvjiem. Šajā gadījumā to sauc par *kanibālismu*. Kanibālisms var būt likumsakarīga parādība. Piemēram, ir zivju sugas (Atlantijas menca — *Gadus morhua*, parastā vēdzele — *Lota lota*), kuru pieaugušie īpatņi neatšķiras no saviem mazuliem. Daudzu zirnekļu un kukaiņu sugu mātītes apēd tēviņus tūlīt pēc kopulācijas, tādējādi uzņemot barību pirms ilgstošas badošanās, kas varētu rasties olu dēšanas un apsargāšanas laikā. Tomēr visbiežāk kanibālisms ir uzspiesta parādība, kuru

izsauc nepilnvērtīga barība vai tās trūkums, kā arī dažādas slimības. To var novērot vistām, trušiem, vilkiem.

Parazītisma gadījumā viens komponents — parazīts izmanto otru — saimniekorganismu gan trofiski, gan topiski. Turklāt saimniekorganisms netiek iznīcināts, bet kalpo par parazīta dzīves vidi. Tas sīkāk aprakstīts nodaļā par organismu kā ekoloģisko vidi (2.7.2.).

Pusparazītisms izplatīts augu valstī. Pusparazīti satur nedaudz hlorofila, un tāpēc tie sintezē arī organiskās vielas, taču tik maz, ka nepietiek pusparazītu augšanai. Tāpēc tie izmanto saimniekauga sulas. Tipisks piemērs ir baltais āmulis, kas parazitē uz lapu kokiem. Arī mūsu mežos plaši izplatītais birztaļu nārbulis (*Melampyrum nemorosum*) pieder šai kategorijai. Starp kukaiņiem pazīstams *parazitoidisms*. Ar to saprot tādas ekspluatatīvas attiecības, kur parazītisms pāriet plēsonībā. Piemēram, jātnieciņu kāpuri attīstības sākumstadijās parazitē tauriņu, plēvspārņu un vaboļu kāpuros. Vēlāk tie sāk baroties ar saimniekkāpuru audiem, līdz tos apēd.

Fitofāģiju jeb augu izmantošanu uzturā vairāki autori uzskata par plēsonības paveidu. Taču te ir nopietni iebildumi. Vairumā gadījumu noganišana neveicina augu iznīkšanu, jo apēstas tiek tikai to atsevišķas daļas. Izņēmums ir sakņu iznīcināšana, kā arī viengadīgo lakstaugu virszemes daļu nograušana, pēc kuras augi iet bojā. Šie gadījumi atbilst plēsonībai. Par piemēru var minēt pie mums izplatītos sakņu kaitēkļus maijvaboles (meža maijvabole — *Melolontha hipocastani*, lauku maijvabole — *M. melolontha*). Āzijas un Āfrikas pustuksnešu un tuksnešu zonā (Irāna, Saūda Arābija, Ēģipte) milzīgu postu nodara parastais klejotājsisenis, kas, masveidīgi savairojoties, veido daudzmiljonu īpatņu barus. Sādi bari, aizņemdami tūkstošiem hektāru lielas platības, nemitīgi pārvietojas, savā ceļā iznīcinādami praktiski visu augāju. Ir konstatēts, ka daudzi lakstaugi noturīgas un produktīvas cenozes veido tikai tad, ja periodiski tiek noganīti. Sacītais attiecas arī uz pļavām. Ja pārtrauc ikgadēju pļaušanu, pļavas aizņē ar konkurētspējīgākām, bet saimnieciski mazvērtīgām sugām, līdz beidzot pļava pārvēršas par krūmāju vai mežu. Kaut gan noganišanas rezultātā augi neiet bojā, bet tiek atkārtoti izmantoti barībā, fitofāģiju nevar uzskatīt arī par parazītismu, jo šajā gadījumā izmantojamie augi nekalpo par augēdāju ekoloģisko vidi. Augēdāji te pārstāv sauszemi, augšnesvidi vai ūdensvidi.

Abpusēji labvēlīgās attiecībās abi komponenti gūst labumu. Koākciju veidi ir *simbioze*, *mutuālisms*, *protokooperācija*.

Simbiozei raksturīgi parazītisma elementi, jo vismaz viens no komponentiem izmanto otra saražotās organiskās vielas.

Klasisks simbiozes piemērs ir ķērpji. Tos veido sēnes (asku vai bazīdiju) un aļģes (šobrīd konstatētas 28 zilāļģu, zaļāļģu un dzeltenzaļo aļģu ģintis). Ķērpjos pārsvarā ir sēņu parazītisms. Abu komponentu *partnerība* ir tik cieša, ka ķērpjus izdala kā atsevišķu zemāko augu nodalījumu ar vairāk nekā 20 tūkst. sugām. Daudzas

no ķērpjus veidojošajām sēņu un aļģu sugām patstāvīgi eksistēt nevar, pat to izolēta kultivēšana mākslīgā vidē nav iespējama.

Cits simbiozes piemērs augu valstī ir mikoriza, kur viens komponents ir augstākie augi (priedes, egles), otrs — sēnes. Sēņu micēlijs aug uz koku un lakstaugu saknēm, ar hifām tas iespiežas sakņu šūnās, un tādējādi sēne barībā daļēji izmanto zaļā simbionta fotosintēzes produktus. Savukārt micēlijs atvieglo ūdens un tajā izšķīdušo minerālvielu uzsūkšanu. Aprakstīti gadījumi, kur šādā veidā sakņu uzsūcošā virsma palielinās 5...15 reizes. Sevišķi liela nozīme tam ir kseromorfos augsnes apstākļos. Vēl jo vairāk, ir konstatēts, ka augstākie augi, piemēram, daļa orhideju sugu, daļēji šķīdina sakņu šūnās iekļuvušās hifas un izmanto asimilātu veidošanai. Šajā gadījumā *vērojami* pat *abpusēji parazitisma elementi*. Bieži vien simbiotiskā atkarība ir tik cieša, ka bez tās augstākie augi nikuļo vai pat aiziet bojā.

Augstāko augu un mikroorganismu kooperāciju raksturo atmosfēras slāpekļa saistītāju baktēriju un vairāk nekā 200 kailsēkļu un segsēkļu sugu attiecības. Baktērijas, kas simbiozē uz augu saknēm un barojas ar to sulām, augus apgādā ar slāpekli, piemēram, 2 m augsts baltalksnis fiksē 0,25...0,5 kg slāpekļa gadā. Sevišķi labi šis simbiozes veids izpaužas gumiņbaktēriju un tauriņziežu partnerībā.

Arī dzīvnieku pasaulē simbioze nav retums. Piemēram, tā pastāv starp atgremotājdzīvniekiem un vienšūņiem (vicaiņiem, skropstaiņiem). Vicaiņi ir nepieciešami simbionti arī daudzu kukaiņu (termīti) gremošanas procesam, jo pārstrādā to zarnās nokļuvušo celulozi viegli uzņemamos ogļhidrātos. Daudziem dziļūdens iemītņiem (kalmāriem, zivīm) ir gaismas orgāni — fotofori —, kas satur gaismu izstarojošas baktērijas.

Mutuālismam *nepiemīt parazitisma elementi*. Dabā mutuālisma izpausmju ir daudz. Piemēram, entomofīlija, kur kukaiņi, barodamies ar ziedu nektāru, augiem nodrošina svešapputi. Tropiskajos lietus mežos šo funkciju veic arī putni (ornitofīlija). Pazīstamas vairāk nekā 2000 šo putnu sugas (kolibri dzimta). Daudz publikāciju veltīts mutuālismam starp skudrām un sēnēm. Tropiskajos lietus mežos ir tādas skudru sugas, kas savos pūžņos iekārto un aprūpē «sēņu dārzus». Šajā nolūkā skudras savāc nokritušās augu lapas un sasmalcina, reizē inficējot tās ar sēņu sporām un micēliju, kā arī mēslojot ar saviem izdalījumiem. Tādos apstākļos detrits sadalās ļoti strauji, kas veicina ātru micēlija augšanu, kuru skudras izmanto barībā.

Mutuālismu starp hidrobiontiem raksturo aktīnijas *Adamsia polliata* un vientuļniekvēža *Eupagurus prideauxii* kopdzīve. Aktīnija piestiprinās uz vēža apdzīvotās gliemeža čaulas, barībā izmantojot vēža barības paliekas. Turklāt vēzis tai kalpo arī par pārvietošanās līdzekli. Parādību, kur viens organisms izmanto otru pārvietošanās vajadzībām, sauc par *forēziju*. Savukārt aktīnija vēzi pasargā no plēsoņām. Ir aprakstītas pat tādas hidrobiontu sugas, kur, vēžiem

pieaugot un pārejot uz lielākām gliemežnicām, tie ar savām spīlēm aktīnijas pārceļ uz jauno mājvietu.

Jāpiebilst, ka rinda autoru simbiozi un mutuālismu apvieno vienā kategorijā, saucot to par mutuālismu. Ar simbiozi šie autori saprot šo organismu partnerību vispār, neņemot vērā to savstarpējās ietekmes raksturu.

Protokooperācija atšķirībā no simbiozes un mutuālisma nav obligāts attiecību veids. Abi komponenti var dzīvot arī atsevišķi. Taču kopdzīves gadījumā attiecības ir abpusēji labvēlīgas. Te jāmin *zoohorija* jeb augļu un sēkļu izplatīšanās ar dzīvnieku palīdzību. Piemēram, mūsu mežu iemitnieks sīlis (*Garrulus glandarius*) labprāt mielojas ar ozolu zilēm. Turklāt šim putnam ir raksturīga tieksme zīles uzkrāt nebaltām dienām. Parasti tas zīles noglabā meža nedzīvajā zemsegā, bet vēlāk ne visas šīs slēptuves atrod. Tādējādi tiek sekmēta ozolu izplatība. Lidzīgas attiecības izveidojušās starp riekstrozi (*Nucifraga caryocatactes*) no vienas un parasto lazdu (*Corylus avellana*) un Sibīrijas ciedrupriedi (*Pinus sibirica*) no otras puses. Protokooperācija raksturīga putnu sugām (pīles un kaijas), kas iespēju robežās ligzdo kopējās kolonijās un tādējādi olas un mazuļus zināmā mērā nodrošina pret plēsoņām.

Labvēlīgi neitrālās attiecībās jeb komensālismā tikai viens komponents gūst labumu, bet otra komponenta attieksme ir pilnīgi neitrāla. Komensālisms ir ļoti plaši izplatīts koakciju veids. Izšķir *trofisko* un *topisko* komensālismu.

Trofiskā komensālisma gadījumā viens organisms (komensālis) izmanto otra organisma barības atliekas. Par piemēru var minēt lauvas un hiēnu attiecības.

Topiskā komensālisma gadījumā komensālis gūst patvērumu un pārvietošanās iespējas. Piemēram, jūras bruņurupučus, haizivis un vaļveidīgos parasti pavada raibā pielipējzivis (*Eche-neis naucrates*) un haizivju remora (*Remora remora*). Šo sugu pieaugušo zivju muguras pirmā spura pārveidojusies par piesūcekni, ar kuru tās piestiprinās saimniekorganismam. Minētie komensāļi pārtiek galvenokārt no planktona. Tāpēc var teikt, ka tas ir tipisks forēzijas īstenojums. Parastās stavridas (*Trachurus trachurus*) mazuļi briesmu gadījumā slēpjas medūzu ķermeņu kupolā. Topiskie komensāļi bieži sastopami putnu ligzdās, rāpuļu un grauzēju alās, gliemežu čaulās un citur, kur tos piesaista mikroklimats un barošanās papildu iespējas. Mūsu mežos žagata (*Pica pica*) ir komensālās attiecībās ar daudzām sugām vienlaikus. Tās uztrauktā žadzinašana brīdina par iespējamo briesmu tuvošanos. Augu valstī izplatītākie komensāļi ir epifīti un liānas. Epifīti (ķērpji, sūnas) aug uz citu augu stumbriem, kur izvietojas atbilstoši savām gaismas un mitruma prasībām. Tie barojas galvenokārt ar vielām, kas radušās, sadaloties saimniekauga atmirušajām daļām, izšķīdušas lietūsūdenī un notecējušās pa stumbru. Liānu saknes atrodas augsnē. Saimniekaugus tās izmanto, lai savas lapas un ģeneratīvos orgānus paceltu izdevīgākā apgaismojumā. Mūsu apstākļos raksturīga liāna ir parastais apinis.

○ Komensālisms ir ļoti elastīgas attiecības. Pastiprinoties komensāļu noderīgumam, tās var pāriet simbiozē, un gluži pretēji — padziļinoties saimniekorganisma ekspluatācijai, rodas parazītisms. Jāatzīmē, ka daļa autoru komensālismu šķir no *sinoikijas*, uzskatot, ka komensālisms ir obligātas, bet sinoikija — fakultatīvas attiecības.

Nomācoši neitrālās attiecības jeb amensālisms izpaužas viena komponenta nomākšanā. Otru komponentu šāda kooperācija praktiski neietekmē. Amensālisms plaši izplatīts augu valstī. Parasti ietekme īstenojas ķīmiski ar metabolisma produktu starpniecību (alelopātija). Ir noskaidrots, ka baltalksnis nomāc egļu sakņu piepes (*Heterobasidion annosum*) izplatību. Sīpoli, ķiploki, priedes un citi augstākie augi izdala fitoncīdus — bioloģiski aktīvas gaistošas vielas, kas iznīcina vai aizkavē baktēriju, sēņu un viēšņu attīstību. Ar fitoncīdiem parastā ieva (*Padus avium*) atbaida daudzus kukaiņus un ērces. Kopš mūsu gadsimta četrdesmitajiem gadiem medicīnā ļoti plaši lieto antibiotikas — mikroorganismu, augu un dzīvnieku vielmaiņas produktus, kas selektīvi nomāc mikroorganismus dažādu infekciju slimību ierosinātājus. Piemēram, mikroskopiskā sēne *Penicillium chrysogenum* producē penicilīnu, aktinomicēte *Streptomyces griseus* — streptomicīnu utt. Amensālisms izplatīts arī ūdensvidē. Masveidā savairojoties fitoplanktona aļģēm *Aphonizomenon flos-aquae*, kas izsauc «ūdens ziedēšanu», ūdenī palielinās to izdalījumu produktu koncentrācija. Šīs ektokrīnās vielas pat mazās devās ne tikai stipri aizkavē ūdens faunas attīstību, bet mēdz būt cēlonis daudzu hidrobiontu bojāejai.

○ Amensālismu dažkārt pieskaita ekspluatatīvajām koakcijām.

Abpusēji nomācošās attiecības jeb konkurence abus komponentus ietekmē negatīvi. Konkurence iestājas tad, ja organismiem ir līdzīgas ekoloģiskās prasības. Turklāt, jo tuvākas tās ir, jo asāka ir savstarpējā cīņa par eksistenci. Jau Č. Darvins (1859) atzīmēja, ka visintensīvāk tā norisinās starp vienas sugas īpatņiem un it īpaši, ja resursi (barība, topiskie apstākļi, pretējā dzimuma pārstāvji), par kuriem sāncenši konkurē, ir ierobežoti vai samazinās. Kamēr resursi ir pietiekošā daudzumā, konkurence izpaužas pasīvi, kā sāncensība, kur katrs komponents cenšas, viens otru neierobežojot, iespējami labāk ekspluatēt esošos resursus. Šādu konkurences formu angļu ekoloģs Č. Eltons (1954) nosauca par *ekspluatatīvu*. Resursiem iznīkstot, sāncenši viens otru sāk ierobežot aktīvi, to panākot ar dažādiem brīdinājuma signāliem, teritorijas iezīmēšanu, agresivitāti, toksisku vielu izdalīšanu utt. Pēc Č. Eltona šo formu sauc par *interferenci* (literatūrā — arī *antagonisms*). Padomju zinātnieks G. Gauze (1910—1986) eksperimentāli pamatoja (1932) konkurentās izslēgšanas principu (pazīstams arī kā Gauzes princips). Atbilstoši tam divas sugas, kurām ir vienādas ekoloģiskās prasības un to apmierināšanas veids līdzīgs, viena otru eliminē no ieņemtās teritorijas. Minēto atziņu apstiprina amerikāņu ekoloģa T. Pārka (1954) pētījumi par miltu kaitēkļiem *Tribolium castaneum* un *T. confusum* (2.6. tab.). Šo sugu vaboles turēja noslēgtā traukā

Konkurentā izslēgšana starp divām sugām

Ekoloģiskie apstākļi	Temperatūra, °C	Relatīvais mitrums, %	Izdzīvotība, %	
			<i>T. castaneum</i>	<i>T. confusum</i>
Karsts un mitrs	34	70	100	0
Karsts un sauss	34	30	10	90
Silts un mitrs	29	70	86	14
Silts un sauss	29	30	13	87
Vēss un mitrs	24	70	31	69
Vēss un sauss	24	30	0	100

ar kviešu miltiem, kuru saturu periodiski atjaunoja. Eksperimenti tika veikti 20...30 atkārtojumos un atšķirīgos temperatūras un relatīvā mitruma līmeņos. Turot katru sugu atsevišķi, tās visa ilgā eksperimenta gaitā un jebkurā temperatūras un mitruma kombinācijā izrādīja noturīgu dzīvotspēju. Turpretī jauktās cenožēs vienas sugas pārstāvji vienmēr aizgāja bojā. Tiklāt iegūtie dati apstiprina G. Gauzes principu. Taču *T. Pārka* eksperiments liecina par vides apstākļu būtisku ietekmi uz šī principa īstenošanos. Konkrēti: karstumā un mitrumā izturīgāka izrādās *T. castaneum*, vēsumā un sausumā — *T. confusum*. Seit izpaužas sugas specifikas nozīme vides izmantošanā. *T. Pārka* pētījumi izskaidro, kāpēc pretēji Gauzes principam dabiskajās cenožēs var novērot radniecīgu sugu bagātību. Taču, pētot rūpīgāk, noskaidrojas, ka visos šajos gadījumos katrai sugai ir kāda atšķirība, piemēram, tās izmanto atšķirīgu barību: dižraibais dzenis specializējies koku stumbru, vidējais dzenis (*Dendrocopos medius*) — resno zaru un mazais dzenis (*D. minor*) — tievo zaru apsekošanā. Sugu specifika — pielāgotība dažādiem abiotiskās vides faktoriem, attieksme pret dabiskajiem ienaidniekiem, atšķirīgie slēpšanās un uzbrukuma apstākļi, nozīmīgāko dzīves norišu (ligzdošana, riests, mazuļu aprūpe) no-bīde laikā utt. — pieļauj, ka tās aizņem kopēju teritoriju. Piemēru no augu valsts raksturo 2.2. att. Sacītais liecina, ka konkurence veicina sugu ekoloģisko specializēšanos. Asā starpsugu konkurencē katra suga uzturas apstākļos, kas tuvi tās ekoloģiskā optimuma zonai (sk. 2.1. att.). Diagrammā redzams, ka, konkurencei pavājinoties, sugas aizņemtā zona paplašinās līdz pat ekoloģiskās valences lielumam. Pretēji darbojas iekšsugas konkurence. Tai pieaugot, sugas areāls paplašinās, samazinoties — sašaurinās.

Abpusēji neitrālās attiecībās jeb neitrālismā abi komponenti neatkarīgi dzīvo vienā teritorijā. Tie savstarpēji viens otru neietekmē, bet ir atkarīgi no ekosistēmas kopējā stāvokļa. Piemēram, vāvere un staltbriedis (*Cervus elaphus*) dzīvo pilnīgi patstāvīgi, taču pēc meža nodegšanas nevienai no šīm sugām te vairs nav vietas.

Atšķirībā no pārējām ekoloģiskām vidēm organisms ir dzīva vide (biovide). Praktiski katrs daudzšūnu organisms ir apdzīvots. Izšķir **endobiontus** un **ekobiontus**. Endobionti visu savu dzīvi vai arī kādu tās daļu pavada saimniekorganismā, ektobionti — uz tā vīrsas. Pēc koakciju rakstura vieni un otri var būt gan simbionti, gan arī parazīti. Ir kopēja likumsakarība, ka simbionti un parazīti pārstāv zemāk attīstītos heterotrofos organismus, bet biovides taksonomiskā bagātība pieaug līdz ar to evolūcijas līmeni. Sevišķi daudzveidīga apdzīvota biovide ir mugurkaulnieki. Organismu simbiotiskās attiecības jau aplūkotas iepriekšējā nodaļā, tāpēc šeit vairāk akcentēti parazītiskie aspekti.

Endoparazīti ir sastopami jau bezšūnu dzīvības attīstības līmenī. To tipiskie pārstāvji — vīrusi — ir šūnu parazīti, kas vienlīdz sekmīgi parazitē visu taksonomisko grupu organismos, sākot no baktērijas (bakteriofāgi) līdz cilvēkam (patogēnie vīrusi). Vīrusi izraisa bīstamas augu (kartupeļu parastā mozaīka, ierosina X vīruss), dzīvnieku (mutes un nagu sērga, ierosina rinovīrusi) un cilvēku (bakas, ierosina vīruss *Poxvirus variolae*, iegūtais imūndeficīta sindroms — AIDS) slimības. Ne mazāk bīstami šūnu parazīti ir baktērijas. Kartupeļu gredzenpuvi ierosina *Corynebacterium sepedonicum*, zirgu ļaunos ienāšus — *Actinobacillus mallei*. Simtiem miljonu cilvēku krituši par upuri mēra baktērijas (*Pasteurella pestis*) izsauktajām pandēmijām. Ļoti daudz slimību izraisa parazītiskās sēnes. Piemēram, sējas rudzu (*Secale cereale*) melnie graudi attīstās tāpēc, ka vāleņstromu rindas sēne *Claviceps purpurea* parazitē šīs labības ziedos. Cilvēkam nepatīkšanas sagādā dermatomikozes — ādas slimības, kuras izraisa dažādu sugu sēnes. Nozīmīgākie zoonoparazītārie viensūņi ir dizentērijas amēba (*Entamoeba histolytica*), zarnu lamblija (*lamblia intestinalis*), trīsdienu malārijas plazmodijs (*Plasmodium vivax*) u. c. Starp daudzšūņiem īpaši daudz bīstamu parazītu ir plakantārpu un velteņtārpu tipos. Kaitīgākie plakantārpi ir lenteņi, kas ierosina cestodozes. Piemēram, cilvēka un gaļēdāju dzīvnieku tievajā zarnā parazitē platais lenteņis (*Diphyllobothrium latum*). Pieaudzis tārps var parazitēt vairākus gadu desmitus un sasniegt vairāk nekā 10 m garumu, šajā laikā jūtami pasliktinot saimniekorganisma veselību. Cita lenteņa — ehinokoka (*Echinococcus granulosus*) pieaugušie īpatņi parazitē suņū, kaķu un citu plēsēju tievajā zarnā. Cilvēkam bīstami ir to kāpuri, kuru pušļveida stadija — finnas — attīstās cilvēka aknās, plaušās, smadzenēs un citos orgānos. To diametrs var sasniegt 15 cm. Ehinokoka invāzija dažkārt beidzas ar slimnieka nāvi. No velteņtārpiem jāatzīmē nematodes, piemēram, cilvēka cērme (*Ascaris lumbricoides*) un viens no bīstamākajiem cilvēka helmintiem — trihinella (*Trichinella spiralis*).

Ektoparazītus pārstāv galvenokārt posmkāji (ērces, kukaiņi), tie pārnēsā ērcu encefalīta, atguļas, izsitumu tīfa un vēdertīfa ierosinātājus endoparazītus (vīrusus, baktērijas, viensūņus). Latvijā

ērču encefalītu izplata ganībērces (suņu ērce — *Ixodes ricinus*; taigas ērce — *I. persulcatus*). Ganībērces parazitē vairākās savās attīstības stadijās. Pieaugušie īpatņi piestiprinās pie lakstaugiem vai krūmiem, no kurienes uzbrūk garāmežošiem cilvēkiem un lielākiem zīdītājiem (pārnadžiem, plēsējiem). Barošanās laikā ērču masa un tilpums palielinās desmitiem reižu. Piesūkušās ērču mātītes atlaižas no saimniekorganismiem un nokrīt zemsegā, kur dēj olas. No olām attīstās kāpuri, kuri pieziņas rāpuļiem, putniem, peļveidīgajiem grauzējiem un citiem mazākiem dzīvniekiem. Paēdušie kāpuri kļūst par nimfām, kas nekavējoties uzbrūk vidēja lieluma zīdītājiem (zaķiem, vāverēm). Šīs nimfas pārvēršas par pieaugušām ērcēm, un viss sākas no jauna. No kukaiņiem endoparazīti ir odi, dūrējutis, blusas un citi asinssūcēji, kā arī augu kaitēkļi laputis un bruņutis. Kukaiņi veido ļoti plašu fitoendoparazītu grupu. Te jāmin mizgrauži (astonzobainais egļu mizgrauzis — *Ips typographus*), kokšnes (priēžu lielais ūsainis — *Monochamus galloprovincialis*), labības (auzu melnā stiebrmuša — *Oscinella frit*) un citu lauksaimniecības kultūru kaitēkļi.

Biovidei raksturīgas vairākas kopējas īpašības.

○ Tā pilnībā nodrošina savu biotu ar barību. Parazīti un simbionti pārtiek no saimniekorganisma ķermeņa audiem, sulām vai šūnu satura. Neierobežotie barības resursi veicina parazītu ātru augšanu un tur, kur to netraucē telpas trūkums, arī ļoti lielu izmēru sasniegšanu. Piemēram, platais lenteņis ir milzenis starp plakan-tārpiem, bet cilvēka cērme — starp velteņtārpiem. Daudzi zooendoparazīti (lenteņi) barību uzsūc osmotiski ar visu ķermeņa virsmu. Tāpēc to gremošanas orgāni ir reducējušies. Toties spēcīgi attīstījušies orgāni, kas nodrošina to noturēšanos biovidē (piesūcekņi, snuķi). Šajā ziņā labi pielāgojušies arī ektoaparazīti.

○ Biovides iemītnieki ir pasargāti no ārējo apstākļu tiešas ietekmes. Parasti tiem nedraud izžūšanās, būtiska ķīmisko (pH, sāļums) un fizikālo (spiediens) faktoru maiņa. Sevišķi noturīgā vidē atrodas homotermu biota. Tāpēc endobiontiem reducējušies maņu orgānu un nervu sistēma. Sacītais neattiecas uz ektoaparazītiem, kas ir spiesti pielāgoties vides (sauszemes, augsnes, ūdens) faktoru svārstībām. Laba piemērošanās nelabvēlīgiem apstākļiem raksturīga arī tām endoparazītu metamorfozes stadijām, kuras parazīts pavada ārējā vidē (cērmju, lenteņu olas).

○ Vairumā gadījumu simbiontu vai parazītu biovide izbeidzas ar saimniekorganisma bojāeju. Ektoaparazīti sugas eksistenci galvenokārt nodrošina, pārceļojot no viena saimniekorganisma pie otra. Endoparazītiem praktiski ir tikai viena iespēja — vairošanās. To reproduktīvās spējas ir pārsteidzoši augstas. Piemēram, cilvēka cērmes mātīte diennaktī producē vidēji 250 tūkst., bet visā dzīves laikā ap 50 milj. olu, kas apmēram 900 reižu pārsniedz tās masu. Auglību paaugstina *metaģenēze* jeb bezdzimumpaaudzes un dzimumpaaudzes maiņa (viensūņiem, velteņtārpiem, posmkājiem), *poliembrija* jeb vairāku dīglu veidošanās no vienas apauglotas šūnas (kukaiņiem), *partenoģenēze* jeb īpatņa attīstība no neapauglotas

olšūnas (kukaiņiem) un citi vairošanās veidi. Arī sarežģītā parazitā attīstība, kas saistīta ar *metamorfozi* (olas, kāpura, kūniņas stadiju pilnīga vai daļēja secība) un saimniekorganismu maiņu, sekmē sugas izdzīvošanu.

Bez arvides nelabvēlīgās ietekmes, kuras rezultātā pilnu dzīves ciklu iziet ļoti nēcīgs īpatņu skaits, parazītiem jāpārvar arī biovides pretestība. Tā saimniekorganisms izdala dažādas antivielas un uztur attiecīgus simbiotus, kas veido tā aizsargsistēmu, līdz ar to nomāc un iznīcina parazītus. Saimniekorganismā rodas iegūtā imunitāte pret atkārtotu invadēšanos ar tiem pašiem parazītiem, piemēram, pēc Botkina slimības izveidojas noturīga imunitāte pret šīs slimības izraisītāju vīrusu. Lauksaimniecības augu un dzīvnieku neuzņēmību pret parazītiem var paaugstināt ar selekcijas metodēm, izaudzējot rezistentas šķirnes. Novājinātu organismu imunitāte ir zemāka. Tāpēc ļoti svarīgi uzturēt labu vispārējo veselības stāvokli.

Aktīvu aizsardzības sistēmu veido arī saimniekaugi. Piemēram, skujkoki izdala sveķus, kas daudziem kaitēkļiem ir vai nu toksiski, vai arī tos applūšina. Meža entomoloģijā izšķir primāros un sekundāros kaitēkļus. Primārie kaitēkļi uzbrūk veselīgiem augiem, sekundārie kaitēkļi — nespējami pārvarēt to aizsargsistēmu, tikai novājinātiem eksemplāriem. Taču parazīti pielāgojas arī saimniekorganismu aizsargfunkcijām. Raksturīgs piemērs ir panglapsene, kas ierosina pangu veidošanos uz kokaugu lapām. Pangās kāpurī ir apgādāti ar barību, kā arī daļēji pasargāti no ienaidniekiem un meteoroloģisko faktoru krasām svārstībām.

Dzīvnieku pasaulē ir sastopams arī iekšsugas parazitisms. Parasti tas izpaužas mātišu un tēviņu attiecībās. Piemēram, *iekšsugas ektoparazitisms* raksturīgs daudzām dziļūdens zivju sugām. Pasaules okeāna plašumos ir maza varbūtība sastapt pretēja dzimuma pārstāvi. Tāpēc, lai nodrošinātu ikru apaugļošanu, šo sugu jaunās mātītes jau savlaicīgi, kamēr visi mazuļi vēl uzturas barā, piesaista tēviņus. Tēviņš piezīžas mātītes ķermenim (atkarībā no sugas — pierēi, mugurai, vēderam). Sajā vietā abu komponentu āda saaug, savienojas arī asinsrites sistēmas, un tēviņš kļūst par mātītes neatņemamu sastāvdaļu, kas barojas un pārvietojas tikai uz mātītes rēķina. Tēviņa organisms attiecīgi pārveidojas (5...10 reizes mazāks ķermenis, reducēta gremošanas sistēma, labi attīstītas žaunas, sirds un generatīvie orgāni).

Vidusjūrā dzīvo ļaļais posmtārps *Bonellia viridis*, kas ir tipisks *iekšsugas endoparazitisma* piemērs. Tam dzimumdimorfisms ir attīstījies pārsteidzoši tālu — pieaugusi mātīte ir 10...15 cm gara, tēviņš — tikai 1...3 mm garš. Tas dzīvo mātītes nefrīdijās, kur apaugļo nobriedušās olas. Trofiski un topiski tas ir izteikts parazīts. Vienlaikus šis piemērs liecina, ka bieži dabai raksturīgā koakciju daudzveidība viennozīmīgi neiekļaujas esošajā klasifikācijā. Iekšsugas parazitismu no sugas izdzīvošanas viedokļa var uzskatīt arī par simbiotiskām attiecībām.

3. DEMEKOĻĢIJA

3.1. POPULĀCIJA

Ekoloģijā ar populāciju saprot vienas sugas īpatņu kopu, kas ilgstoši apdzīvo doto ekosistēmu. Šo terminu 1903. g. zinātnē ieviesa daņu ģenētiķis V. Johansens (1857—1927). Tā kā jebkuru ekosistēmu apdzīvo dažādu sugu pārstāvji, var teikt, ka tās visi dzīvie organismi jeb biocenoze ir savstarpēji saistītu populāciju kopa. Savukārt viena suga dažādās ekosistēmās veido dažādas populācijas. Lai akcentētu šo ekoloģisko populācijas izpratni, padomju botāniķis A. Uranovs (1901—1975) ieteica lietot terminu *cenopopulācija*. Katru populāciju raksturo lielums, blīvums, dzimstība, mirstība, izdzīvotība, migrācija, pieaugums un citi rādītāji, kas nosaka tās veselīgumu, konkurētspēju ar citām populācijām, attīstības perspektīvas un attiecības ar vides faktoriem.

Populācijas lielumu raksturo kopējais īpatņu skaits tās apdzīvotajā teritorijā. To ir grūti noteikt. Tikai tad, ja populācija ir neliela vai arī tā teritoriāli ir labi izolēta, izdodas saskaitīt populācijas locekļus. Piemēram, var saskaitīt putnus populācijās, kas ligzdo atsevišķās okeāna salās vai ezeros. Parasti uzskaiti traucē plašā teritorija, nemitīgi īpatņu kontakti ar citām sugas populācijām, kā arī dažādu sugu specifiskā izturēšanās. Ir ieteiktas vairākas netiešas uzskaites metodes, piemēram, medijamo dzīvnieku uzskaitē, tomēr populācijas lieluma vērtēšana jāuzskata par nosacītu.

Populācijas blīvums ir tās īpatņu skaits laukuma vai tilpuma vienībā. Populācijai palielinoties, pieaug arī blīvums. Tas neattiecas uz tiem gadījumiem, kad notiek areāla paplašināšanās vai arī *emigrācija* — populācijas īpatņu noplūde uz kaimiņu ekosistēmām. Populācijas blīvums lielā mērā nosaka tās lomu ekosistēmā. Tas ietekmē arī vides komponentus. Abiotiskie faktori ir no blīvuma neatkarīgi, bet vairums biotisko faktoru ir atkarīgi no populācijas blīvuma. Piemēram, plēsonība, parazitisms un konkurence saasinās līdz ar populācijas blīvuma palielināšanos. Sasniedzot zināmu eksistences resursu deficītu, tie var izpausties kanibālismā un agresijā vai pastiprinātā amensālismā. Sevišķi jutīgi uz blīvuma izmaiņām reaģē iekšsugas konkurence.

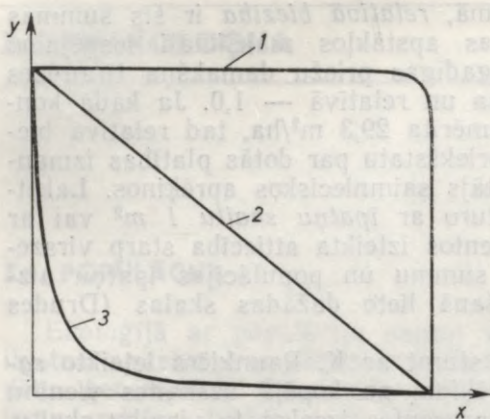
Augu populāciju blīvumu izsaka dažādi. Kokiem un krūmiem to raksturo ar īpatņu skaitu 1 ha, piemēram, priežu populācijas blīvums ir 329 priedes/ha. Meža taksācijā lieto absolūto un relatīvo biezību. *Absolūtā biezība* ir visu populācijas koku stumbru šķērs-

laukumu summa 1,3 m augstumā, *relatīvā biežība* ir šīs summas attiecība pret dotajos augšanas apstākļos maksimāli iespējamo šķērslaukumu summu. Tā simtgadīgas priežu damakšņa tīraudzis maksimālā biežība ir 37,5 m²/ha un relatīvā — 1,0. Ja kādā konkrētā audzē absolūtā biežība izmērīta 29,3 m²/ha, tad relatīvā biežība ir 0,78. Biežība dod labu priekšstatu par dotās platības izmantošanas pakāpi un ir ērts rādītājs saimnieciskos aprēķinos. Lakstaugu populāciju blīvumu raksturo ar *īpatņu skaitu 1 m²* vai ar *projektīvo segumu*. Tas ir procentos izteikta attiecība starp virszemes daļu vertikālo projekciju summu un populācijas īpatņu aizņemto platību. Acumēra vērtēšanā lieto dažādas skalas (Drudes skala).

Populācijas blīvumu var raksturot ar K. Raunkiēra ieteikto *sastopamības koeficientu*. To aprēķina, no kopējā uzskaites vienību (piemēram, laukumiņu) skaita procentos izsakot to vienību skaitu, kurās konstatēti dotās populācijas īpatņi.

Dzimumstība ir populācijas atražošanas pamatprocess. Tā raksturo vairošanās intensitāti. Dzimumstība ir termins, kas aizgūts no demogrāfijas. Tāpēc, vispārināts uz jebkuru organismu populāciju, tas skan neierasti. Un tomēr ekoloģijā ar dzimumstības jēdzienu saprot jaunu īpatņu parādīšanos neatkarīgi no to rašanās veida (dzemdības, izšķīlšanās no olas, dališanās utt.). Gadījumos, kad nav iespējami pārpratumi, lieto arī specializētākus terminus. Piemēram, augu valstī populācijas atražošanu nodrošina sēklu vai sporu dīgšana, kā arī veģetatīvā vairošanās. Dzimumstību izsaka ar jaundzimušo īpatņu skaitu laika vienībā. Lieto arī dažādus relatīvus rādītājus, piemēram, jaundzimušo skaitu daļa ar mātišu skaitu reprodūktīvajā vecumā vai to izsaka uz vienu mātīti paaudzes, gada, sezonas vai kādā citā laika intervālā. Demogrāfijā visbiežāk lieto *vispārīgo dzimumstības koeficientu*. To nosaka, gadā dzīvi dzimušo bērnu skaitu attiecinot uz 1000 iedzīvotājiem. Latvijā šis rādītājs ir satraucoši zems (1980. g. tas bija tikai 14‰), turklāt tam ir tendence samazināties. Izšķir maksimālo jeb fizioloģisko un reālo jeb ekoloģisko dzimumstību. Katrai populācijai *fizioloģiskā dzimumstība* ir nemainīgs lielums, to nosaka dotās sugas bioloģiskās iespējas. Tā ir dzimumstība, kas var realizēties vispārīga optimuma apstākļos. Taču reālajās ekosistēmās šis līmenis netiek sasniegts. Par iemeslu var būt barības un patvēruma vietu (midzeņu, ligzdu, pūžņu) trūkums, kā arī plēsoņas, parazīti un abiotiskās vides nepiemērotība. Realizējas sugas *ekoloģiskā dzimumstība*, kura dažādās populācijās un dažādos laika posmos ir atšķirīga.

Mirstība ir laika vienībā bojā gājušo populācijas īpatņu skaits. Ideālos apstākļos to raksturo *minimālā mirstība*, kad īpatņu bojāejas cēlonis ir dabiskā novecošanās. Šajā gadījumā populācijas locekļi sasniegtu fizioloģisko vecumu un to dzīves ilgums būtu maksimāls. Minimālā mirstība katrai populācijai ir nemainīga. *Reālā* jeb *ekoloģiskā mirstība* vienmēr ir lielāka. To veicina barības trūkums, dabiskie ienaidnieki, slimības, paaugstināts populācijas blīvums un nelabvēlīgas vides izmaiņas. Demogrāfijā lieto *vispārīgo*



3.1. att. Izdzīvotības likņu tipi (pēc R. Dažo, 1972):

Y — izdzīvojušo īpatņu skaits, X — laiks;
1 — izliektais, 2 — diagonālais, 3 — ieliektais.

vdzīvotības likne (3.1. att.). Šai liknei ir trīs tipi: izliektais, diagonālais un ieliektais. Ar izliekto likni raksturo relatīvi niecīgu mirstību visā dzīves laikā un ļoti strauju tās palielināšanos beigu daļā. Šim tipam atbilst vairums zīdītājdzīvnieku sugu. Arī cilvēka mirstība atbilst šādai likumsakarībai. Ar diagonālā tipa likni raksturo mirstību, kas ir vienāda visās vecuma stadijās. Dabā šāda situācija praktiski nerealizējas, un tāpēc var runāt vienīgi par lielāku vai mazāku tuvinātību diagonālajam tipam (hidras, tupelītes). Ar ieliekto likni raksturo paaugstinātu mirstību dzīves sākumposmā (gliemenes). Izdzīvotības liknes raksturo lielā mērā nosaka sugas ekoloģiskās īpatnības. Sugām, kas apsargā olas un aprūpē mazulius, mirstība ir izsakāma ar izliektā tipa likni.

Populācijas pieaugumu raksturo vairāki rādītāji. Starpību starp dzimstību un mirstību sauc par *populācijas dabisko pieaugumu*. Ja tas ir pozitīvs, populācijas lielums pieaug, ja negatīvs, — samazinās. Latvijas iedzīvotāju dabiskais pieaugums ir tuvs nullei — tikai 1,3‰ (1980), kas mūsu apstākļos uzskatāms par ļoti sliktu. Izmirstošas vai citādi novājinātas populācijas teritoriju ieņem imigranti — ieceļotāji no kaimiņu populācijām. Migrācijas piesauktu populācijas palielināšanos sauc par *populācijas mehānisko pieaugumu*, bet dabiskā un mehāniskā pieauguma summu — par *populācijas kopējo pieaugumu*.

Migrāciju dzīvnieku pasaulē izraisa barības trūkums, dažādu vides faktoru pasliktināšanās, pārapsūdzīvotība. Imigrācijas negatīvo ietekmi uz vietējo populāciju sekmē ieceļotāju agresivitāte, vitalitāte un citas īpašības, kas tiem palīdz izdzīvot jaunos apstākļos. Daudzām sugām masveidīga savairošanās vienmēr ir saistīta ar intensīvu pārceļošanu (klejotājsiseņi, lemingi). Augu valstī populācijas skaita papildināšanos uz kaimiņu ekosistēmu rēķina nodro-

mirstības koeficientu, kuru, līdzīgi kā dzimstības koeficientu, izsaka promilēs. Mūsu republikā izveidojusies nelabvēlīga situācija, ko raksturo paaugstināta mirstība (1980. g. tā bija 12,7‰), pie tam pastāv tendence tai palielināties. Pēckara laikā mirstības minimums bija sešdesmito gadu sākumā, kad vispārīgais mirstības koeficients bija 10‰.

Izdzīvotība ir mirstībai pretējais rādītājs. Tātad, ja kādā laika posmā bojā gājušo populācijas daļu apzīmē ar *a*, tad izdzīvotība ir $1 - a$. Katras populācijas mirstību un izdzīvotību raksturo *izdzi-*

šina sēklu un sporu izplatīšanās plašā apkārtnē. Sevišķi izteikta tā ir anemohorajām sugām. Šis parādības labs piemērs ir neopto tīrumu un pļavu aizaugšana ar bērziem un apsēm.

Ikvienu populāciju sastāv no daudziem īpatņiem. Kaut arī tie pieder vienai sugai un tiem ir kopēja teritorija, populācija nav homogēna. Katra populācija sastāv no kvalitatīvi dažādām grupām. Tās var atšķirties pēc dzimuma, vecuma, iztūrēšanās, izvietojšanās, ekoloģiskajām un ģenētiskajām īpašībām.

○ Īpatņu iedalījumu šādās grupās apzīmē par *populācijas struktūru*.

○ Populācijas struktūra, lielums, blīvums un citas īpašības laika gaitā mainās. Šo procesu sauc par *populācijas dinamiku*.

3.2. POPULĀCIJAS STRUKTŪRA

3.2.1. DZIMUMSTRUKTŪRA

Populācijas dzimumstruktūra ir tās sievišķo un vīrišķo īpatņu skaita attiecība. Ņemot vērā to, ka populācijas atražošanu galvenokārt nosaka reprodūktīvā vecuma mātīšu daudzums, dzimumstruktūru var izteikt arī kā šo mātīšu un populācijas kopējā skaita attiecību. Dzimumstruktūra pastāv tikai tām sugām, kuras ir pārstāvētas ar abām kārtām. Šai kategorijai pieder vairums dzīvnieku un augu sugu. Primāri organisma dzimums tiek determinēts dzimumhromosomu savienošanās procesā, kura rezultātā abu kārtu skaita attiecība ir tuva 1:1. Dažādu iedzimtības un vides faktoru ietekmē šī attiecība var tikt izjaukta. Cilvēkam uz katrām 100 meitenēm vidēji dzimst 105...108 zēni. Parastajai vardei (*Rana temporaria*) sākumā visi jaunie pēcnācēji ir mātītes un tikai pēc zināma laika daļa īpatņu pārvēršas tēviņos. Šo hermafroditisma veidu sauc par *proteroginiju*. Dabā sastopama arī pretēja parādība — *proteroandrija*, ja jaunie organismi pilda tēviņa un vecie — mātītes funkcijas (jūras karūsa — *Diplodus sargus*). Vēl plašāk ir izplatīts *funkcionālais hermafroditisms*, ja viens īpatnis vienlaikus veic sievišķā un vīrišķā dzimuma funkcijas (jūras asari, plakantārpi, zarndobumaiņi, aļģes, sēnes). Citas jūras karūsas (*Diplodus annularis*) populācijās konstatēti gan šķirtdzimuma īpatņi, gan funkcionālie un proteroandriskie hermafrodīti. Pazīstamas arī tādas tropisko jūru zivis, kas dzīves laikā vairākkārt maina dzimumu.

Ir ļoti daudz *partenogēnisko* sugu — sugu, kurām pēcteči attīstās no neapaugļotām olšūnām. Partenogēnēze raksturīga aļģēm, sēnēm, papardēm, daudziem ziedaugiem (parastais rasaskrēsliņš — *Alchemilla vulgaris*), bezmugurkaulniekiem. Pastāv arī fakultatīvā partenogēnēze — dīgļis var attīstīties kā no apaugļotas, tā neapaugļotas olšūnas (kukaiņi). Plēvspārņiem no apaugļotām olām veidojas mātītes, no neapaugļotām — tēviņi. Savukārt laputīm no neapaugļotām olām attīstās gan mātītes, gan tēviņi, bet ķirzakām

tikai mātītes. Arī divmāju augiem sievišķie īpatņi veidojas partenogēnētiski. Plakantārpjiem atsevišķās attīstības stadijās dažādos starpsaimniekos partenogēnēze notiek atkārtoti (gliemjos), veidojot atšķirīgas partenogēnētiskās paaudzes.

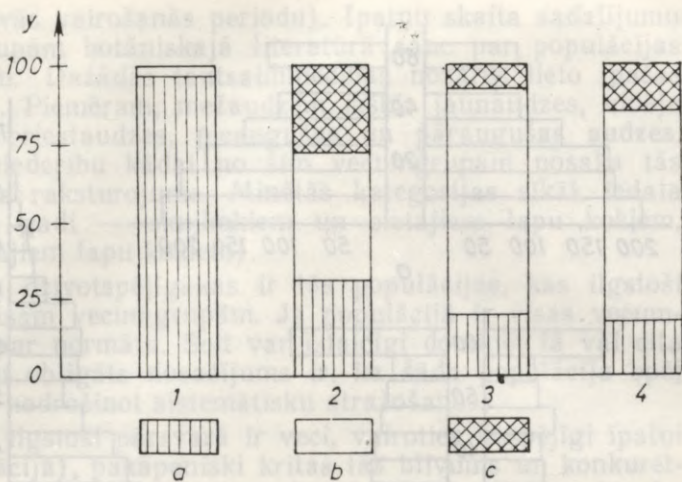
Minētā daudzveidība ļoti sarežģī populācijas dzimumstruktūras skaidrošanu. Vēl jo vairāk, daudzām sugām dzimuma determinēšanā būtiski ir vides apstākļi. Piemēram, rūsganajām mežskudrām (*Formica rufa*) olas attīstās par tēviņiem, ja temperatūra ir zemāka par 20 °C, turpretī siltākā laikā — gandrīz tikai par mātītēm. Dzimuma determinēšanā nozīme ir populācijas blīvumam (skudras, bites, lapsenes). Parasti lielāks blīvums izsauc pastiprinātu tēviņu veidošanos. Šī likumsakarība izpaužas pat lielajiem ziditājdzīvniekiem. Padomju zooloģe L. Koročkina (1968) to novērojusi sumbra (*Bison bonasus*) populācijā Belovežas gāršā. Ekoloģiskie apstākļi izraisa atšķirīgu mātišu un tēviņu izdzīvotību. Tā dažām sikspārņu sugām pēc ziemas guļas mātišu skaits dažkārt ir samazinājies līdz 20%. Savukārt lielajai zilītei (*Parus major*), parastajam fazānam (*Phasianus colchicus*) un daudzām grauzēju sugām lielāka ir tēviņu mirstība. Arvien vairāk izpaužas antropogēno faktoru iedarbība. Bieži vien attiecības starp dzimumiem, kas iedibinājušās ilgstošā evolūcijā, piesārņotā vidē deformējas. Medību faunas (aļņa — *Alces alces*, staltbrieža, stirnas) dzimumstruktūru regulē medību saimniecības selektīvās normas. Iepriekšminētie apstākļi vienas un tās pašas sugas dažādām populācijām izraisa atšķirīgu dzimumstruktūru. Novērojumu spektru vēl paplašina kļūdas, kuru cēlonis ir neadekvāta metodika. Nereti tās rodas, ja neņem vērā mātišu un tēviņu specifisko izturēšanos, piemēram, parastā oda (*Culex pipiens*) pieaugušās mātītes sūc asinis, turpretī tēviņi barojas ar nektāru. Tāpēc novērotāja tuvumā vienmēr ir paaugstināta mātišu koncentrācija. Norādītie piemēri liecina, ka populācijas dzimumstruktūra ir sarežģīts jēdziens, kura skaidrošanai nepieciešamas nopietnas zināšanas par pētāmo organismu grupu.

3.2.2. VECUMSTRUKTŪRA

Ar vecumu būtiski mainās organismu prasības un tolerance pret vides faktoriem. Ir ne mazums sugu, kurām dažādas ontogēnētiskās stadijas attīstās atšķirīgās ekoloģiskajās vidēs (parastajai vardei pieaugušie īpatņi attīstās uz sauszemes, bet kurkuļi — ūdenī). Arī vienā un tajā pašā vidē var mainīties barošanās veids (tauriņu kāpuri grauz koku lapas vai skujas, bet imago īpatņi sūc nektāru), pārvietošanās raksturs (sēdošās jūraslilijas un to planktoniskie kāpuri), izturēšanās (vecie plēsēji vientuļnieki). Nereti dažādās vecumgrupas populācijas dzīvē pilda atšķirīgas funkcijas. Tā daudzām kukaiņu sugām pieaugušie īpatņi pilda vairošanās un populācijas izplatīšanās funkcijas. Tie barību praktiski neuzņem un savu īso dzīvi pavada, izmantojot enerģiju, kas uzkrāta kāpuru stadijā. Kāpuru stadijā tie ir ļoti rijīgi un populācijas masveidīgas savai-

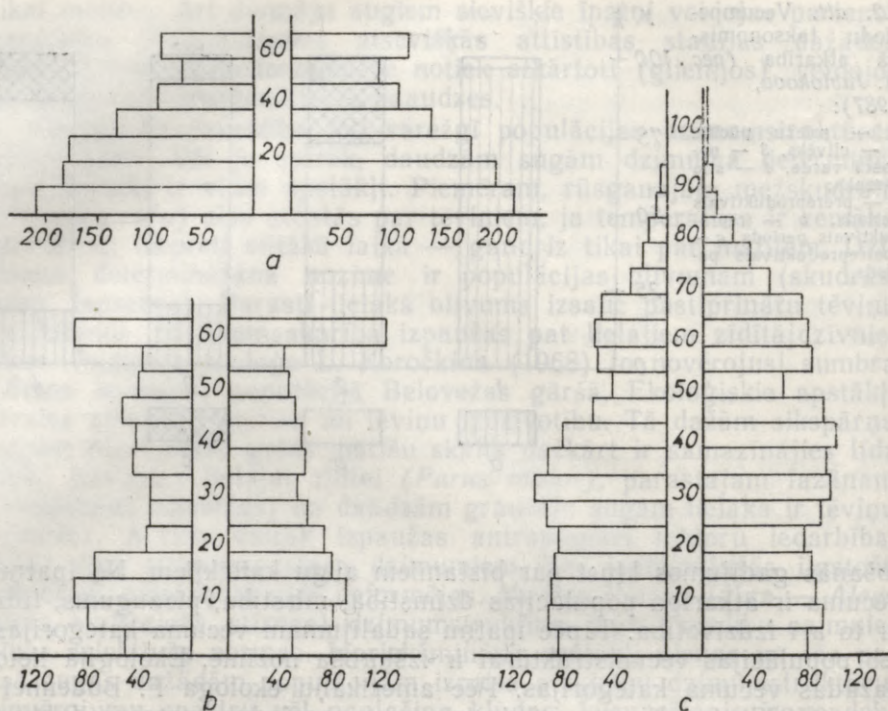
3.2. att. Vecumperiodu taksonomiskā atkarība (pēc A. Jablokova, 1987):

1 — priežu pūcite, 2 — cilvēks, 3 — parastā varde, 4 — sila ķirzakai;
 a — prerreproduktīvais periods, b — reproduktīvais periods, c — postreproduktīvais periods.



rošanās gadījumos kļūst par bīstamiem augu kaitēkļiem. No īpatņu vecuma ir atkarīga populācijas dzimstība, mirstība, pieaugums, līdz ar to arī izdzīvotība. Tāpēc īpatņu sadalījumam vecuma kategorijās jeb populācijas vecumstrukturai ir izšķiroša nozīme. Ekoloģijā lieto dažādas vecuma kategorijas. Pēc amerikāņu ekologa F. Bodenheimera (1937) iedalījuma, izšķir trīs vecumperiodus: *prerreproduktīvo* (ietilpst dzimumgatavību nerasnieguši īpatņi), *reproduktīvo* (auglīgie īpatņi) un *postreproduktīvo* (vecuma dēļ vairoties nespējīgie īpatņi). Šo periodu ilgums katrai populācijai ir atkarīgs no sugas un konkrētajiem vides apstākļiem. Sugas ietekmi atsedz 3.2. attēls. Priežu pūcite (*Panolis flammea*) pārstāv sugas ar relatīvi ļoti garu prerreproduktīvo un izteikti īsu reproduktīvo periodu. Trešā perioda nav, jo tūlīt pēc olu izdēšanas īpatnis iet bojā. Cilvēkam šie periodi ir aptuveni līdzīgi, pastāv tendence auglīgajam vecumam abpusēji paplašināties. Parastajai vardei un sila ķirzakai (*Lacerta agilis*) agri iestājas dzimumgatavība, tad seko salīdzinoši ilgs reproduktīvais vecums un īss pēcauglības posms. Dažkārt šo periodu precīza noteikšana sagādā lielas grūtības. Kā norāda padomju biologs A. Jablovks (1987), sermuļa (*Mustela erminea*) populācijās fiksēta vēl neredzīgo jauno mātišu iesaistīšanās pārošanās procesā. *Neotēnija* jeb vairošanās spēja agrās ontogēnēzes stadijās raksturīga daudzām sugām (tārpiem, posmkājiem, sūnām, staipekņiem, papardēm). Auglīgā vecuma iestāšanos būtiski ietekmē ekoloģiskie apstākļi. Pēc zviedru ekologu datiem, piejūras rajonos dzimumgatavību viena gada laikā sasniedz 50% aļņu mātišu, līdzenuma zonā — 8%, bet ziemeļdaļas kalnos — tikai 1...2%.

Vecumstrukturā raksturošanai bieži lieto dažādas vecumgrupas. To apjoms ir atkarīgs no sugas īpatnībām (vidējā dzīves ilguma) un pētniecības uzdevuma saturā. Demogrāfijā PSRS iedzīvotāju skaita statistika izšķir šādas vecumgrupas: 0 gadi — *zīdaiņi*,



3.3. att. Latvijas iedzīvotāju dzimumvecumstruktūra:

horizontālā ass — iedzīvotāju skaits, tūkstošos; vertikālā ass — vecums, gados;
 diagrammu kreisā pusē attēlots vīriešu, labajā — sieviešu skaita sadalījums;
 a — 1897. g., b — 1920. g. (pēc M. Skujenieka, 1922), c — 1970. g. (pēc LPE; 4, 1983).

0...2 — jaunākā vecuma bērni, 3...6 — pirmsskolas vecuma bērni, 7...15 — skolas vecuma bērni, 16...54 (sievietēm) un 16...59 (vīriešiem) — darbaspēju vecuma iedzīvotāji, 55 (60) un vecāki — pensijas vecuma iedzīvotāji. Populācijas vecumstruktūru attēlo vecumpiramīdas vai dzimumvecumpiramīdas veidā (3.3. att.). Dzimumpiramīdas vecumstruktūru atspoguļo diferencēti pa dzimumiem. Pēc piramīdas formas var spriest par populācijas stāvokli, novecotību un attīstības iespējām. Piemēram, 1920. g. piramīda uzskatāmi atspoguļo Pirmā pasaules kara ietekmi (vīriešu skaits ir ievērojami samazināts vecumgrupā no 20 līdz 40 gadiem, mazs bērnu skaits vecumā līdz 10 gadiem — iemesls zemā dzimstība un palielināta mirstība kara un pēckara gados). Šie aspekti, kā Otrā pasaules kara rezultāti, jaušami vēl pēc 25 gadiem 1970. g. piramīdā.

Padomju ģeobotāniķis T. Robotnovs (1950) augu valstij izšķir šādas vecumgrupas: *latentā* (sēklas, sporas, augļi), *virginālā* (dīgsti, ģeneratīvās vairošanās vecumu nesasnējuši augi), *ģeneratīvā* (augi ģeneratīvās vairošanās vecumā) un *senilā* (augi, kas pār-

snieguši ģeneratīvās vairošanās periodu). Īpatņu skaita sadalījumu pa šīm vecumgrupām botāniskajā literatūrā sauc par populācijas vecumspektru. Dažādās tautsaimniecības nozarēs lieto īpašas vecumkategorijas. Piemēram, mežaudzēm izšķir jaunaudzes, vidēja vecuma audzes, briestaudzes, pieaugušas un pāraugušas audzes. Katras audzes piederību kādai no šīm vecumgrupām nosaka tās mežsaimnieciskais raksturojums. Minētās kategorijas sīkāk iedala vecumklasēs (20 gadi — skujkokiem un cietajiem lapu kokiem, 10 gadi — mīkstajiem lapu kokiem).

○ Stabilākas un dzīvotspējīgākas ir tās populācijas, kas ilgstoši pārstāvētas ar visām vecumgrupām. Ja populācijā ir visas vecumgrupas, to sauc par normālu. Seit var īslaicīgi dominēt tā vai cita vecumgrupa, taču obligāts nosacījums ir, ka šāda populācija spēj ilgstoši pastāvēt, nodrošinot sistemātisku atražošanu.

○ Ja populācijā ilgstoši pārsvarā ir veci, vairoties nespējīgi īpatņi (regresīva populācija), pakāpeniski krītas tās blīvums un konkurētspēja. Šādas populācijas pastāvēšana ir atkarīga no imigrantu pieplūdes un asimilēšanās.

○ Populācijās, kurās ilgstoši dominē jaunākās vecumgrupas, nemitīgi palielinās to blīvums. Šajā attīstības stadijā tās ir noturīgas un pat agresīvas pret jaunpienācējiem. Bet, sasniedzot zināmu blīvumu, sākas un pastiprinās emigrācija, tādējādi paplašinot populācijas areālu. Tāpēc šīs populācijas sauc par invazīvām jeb invāzijas populācijām.

Atkarībā no sugas vairošanās īpatnībām populācija var sastāvēt no vienas vai vairākām paaudzēm. Paaudze jeb *ģenerācija* ir īpatņu kopa, kam ar kopējiem senčiem ir vienādas pakāpes radniecība. Piemēram, vecāki un bērni ir divas atšķirīgas ģenerācijas. Laika intervāls starp vecāku un bērnu dzimšanu ir *paaudzes ilgums*. Tas atbilst reprodūktīvajam vecumam.

Vienpaaudzes populācijas ir raksturīgas kukaiņu sugām ar viengadīgu attīstības ciklu. Piemēram, ozolu zaļā tinēja (*Tortrix viridiana*) populācijas sastāv no apmēram vienāda vecuma īpatņiem, kas vienlaikus iziet kārtējās ontogēnēzes stadijas. Pavasarī no pārziemojušām olām izšķīlušas kāpuri, kas intensīvi barojas. Tie jūnijā iekūņojas, bet pēc 8...12 dienām parādās tauriņi un cikls sākas no jauna. Vienpaaudzes populācijas ir jutīgas pret meteoroloģisko faktoru izmaiņām. Nelabvēlīgos gados ir ļoti augsta mirstība, bet piemērotās vasarās notiek masveida kāpuru savairošanās, un tie kļūst par meža kaitēkļiem.

Vairākpaaudžu populācijas ģenerāciju skaitu nosaka sugas īpatnības. Piemēram, maijvaboles pavasarī drīz pēc olu dēšanas nobeidzas. Kāpuri attīstās augsnē, un pēc 3...5 gadiem atkarībā no temperatūras un mitruma bērzu plaukšanas laikā parādās imago īpatņi. Tāpēc katrā populācijā ir 3...5 paaudzes, kas atrodas atšķirīgās attīstības stadijās. Paaudžu skaita attiecības nosaka laika apstākļi. Vēlajās pavasara salnās jaunās vaboles nosalst. Tāpēc atbilstošā gada ģenerācija ir pārstāvēta mazāk. Sugām ar īsu attīstības ciklu

(peļveidīgie grauzēji) populācijas sastāv no daudzām paudzēm. Tā, lauku strupastei (*Microtus arvalis*) gadā var būt līdz 6 metieni. Jaunās mātītes dzimumgatavību sasniedz 18...20 dienas, tēviņi — 25...30 dienās. Tā kā grūtniecība ilgst tikai 18...20 dienas un mātītes pēc dzemdībām drīz apaugļojas no jauna, nav grūti iedomāties šī lauksaimniecības kaitēkļa un infekcijas slimību izplatītāja sarežģīto vecumstruktūru. Turklāt gada laikā tā ievērojami mainās. Samērā noturīga vecumstruktūra ir sugām, kurām pieaugušie īpatņi dzīvo ilgi un vairojas atkārtoti. Tā Indijas zilonis (*Elephas maximus*) dzimumgatavību sasniedz 8...12 gadu vecumā, tā dzīves ilgums 60...70 gadi. Mātītes dzemdē reizi četros gados. Populācijas vecumstrukturā ir raksturīgi ap 80% dažāda vecuma pieaugušu un 20% jaunu īpatņu. Cilvēka ekspluatēto populāciju (darba un medību dzīvnieku, lauksaimniecības kultūru, mežaudžu) dzimumstruktūra tiek regulēta atbilstoši tautsaimniecības interesēm.

3.2.3. ETOLOĢISKĀ STRUKTŪRA

Ar etoloģisko struktūru saprot dažādas izturēšanās īpatņu sadalījumu populācijā. Populācijas locēkļu izturēšanos raksturo to homotipiskās koakcijas. No etoloģijas viedokļa organismus iedala *vientuļniekos* un *komunāļos*.

● **Vientuļnieki** dzīves lielāko daļu pavada bez tiešas kontaktēšanās ar pārējiem populācijas pārstāvjiem. Šāds dzīves veids samazina konkurenci un veicina racionālu vides resursu izmantošanu. Vientuļnieki parasti ir sugas, kam piemīt bezdzimumvairošanās. Dzimumvairošanās gadījumā ir obligāta kaut īslaicīga šī režīma pārtraukšana. Ļoti neilga tā ir hidrobiontiem ar ārejo apaugļošanos, jo šeit tieša partneru saskare nav nepieciešama (aktīnijas). Arī iekšējās apaugļošanās gadījumā daudzām sugām (māritēm, skrejvabolēm) mātišu un tēviņu tikšanās nav ilgāka par kopulācijas laiku. Vides heterogenitāte var izsaukt vientuļnieku koncentrēšanos. Tā vērojama ziemošanas vietās, kur ir labvēlīgāks mikroklimats. Piemēram, mārites rudenī paslēpjas sausajās lapās pie koku stumbriem un celmiem, līdakas un sami pulcējas ūdenstilpju dibena iedobēs, čūskas — alās, pamestās ēkās un citās patvēruma vietās.

● **Komunāļi** veido dažāda līmeņa agregācijas: ģimenes, barus, ganāmpulkus un kolonijas.

Ģ i m e n i s k s dzīves veids plaši izplatīts mugurkaulnieku vidū. Šeit ir ļoti liela daudzveidība gan ģimeņu sastāva, gan pastāvēšanas ilguma ziņā. Parasti vecāki veido pāri, rada un kopīgi aprūpē mazuļus, līdz tie sasniedz patstāvību. Partneru izvēle ir sarežģīts process. To bioloģiskā jēga ir pēctečiem nodrošināt iespējami pilnvērtīgāku genofondu. Daudzām sugām partneru izvēle ir saistīta ar rieta spēlēm un cīņām. No mūsu meža iemītniekiem īpaši krāšņs riets ir rubenim (*Terro tatrix*). Arī staltradža buļļu baurošana rudenis rītos klausītājos rada dziļu emocionālu pārdzīvojumu. Ar rieta

rituālu (kustībām, skaņām, sekretu izdališanu) tiek stimulēta un sinhronizēta partneru dzimumaktivitāte un atbaidīti vājākie sāncenši. Rituāla efektu pastiprina specifiskais, bieži vien spilgtais apmatojums vai apspalvojums («kāzu tērps»). Parasti aktīvā loma pieder tēviņiem. Taču arī nereti mātītes nepaliek nomaļus (baloži, kaijas). Cik iedarbīgs un informatīvi piesātināts ir riesta rituāls, katrs var pārliecināties, ieklausoties runču «koncertos» un pavērojot sāncensu niānsēto izturēšanos. Ja draudu pozas, skaņas un citāda pārākuma demonstrēšana nelīdz, konkurenti metas fiziskā cīņā. Galvenokārt tas notiek tad, ja satiekas spēkos līdzvērtīgi pretinieki. Parasti spēku samēri un līdz ar to tiesības uz partneri noskaidrojas līdz kautiņam. Zirnekļu tēviņi par savu ierašanos signalizē ar īpatnēju tikla tricīnāšanu. Tas ir brīdinājums, lai mātītes nenoturētu tos par iemaldījušos upuri. Daudzām zirnekļu sugām šīs pūles tēviņus gan pasargā tikai līdz kopulācijas beigām. Pēc tam tie kļūst par mātīšu barību, sagatavojot tās iespējamās badošanās periodam, tādējādi nodrošinot mātīšu reproduktīvās funkcijas pēckopulācijas posmā.

Izšķir monogāmos un poligāmos pārus. *Monogāmijas* gadījumā vismaz vienas vairošanās sezonas laikā kopulācija notiek tikai starp vienu tēviņu un mātīti. Sezonas monogāmija izplatīta putniem (meža zosij — *Anser anser*), retāk zīdītājiem (vilks, lapsa, āpsis). Cilvēkveidīgie pērtiķi pārus veido vairākiem gadiem. Pazīstama arī mūža monogāmija (gulbjiem, stārķiem, ērgļiem, grifiem), kur pāri saglabājas līdz viena partnera bojāejai. Monogāmie vecāki rūpējas par pēcnācējiem. Dažkārt daļa populācijas locekļu dzīvo monogāmi, daļa poligāmi (bebri). Arī nebrīvē novērota pāreja uz poligāmiju (lapsām).

Poligāmija jeb pārošanās vienā vairošanās sezonā ar vairākiem pretēja dzimuma īpatņiem ir biežāk sastopama nekā monogāmija. Izšķir poliginiju un poliandriju.

○ Poliginija (viena tēviņa pārošanās ar vairākām mātītēm) var izpausties dažādi. Nereti viens tēviņš apsargā vairāku mātīšu aizņemtās teritorijas. Mazuļu audzināšanā tas praktiski nepiedalās (daļa zvirbuļveidīgo, sikspārņu, grauzēju sugu). Harēmus veido jūras zīdītāji. Pelēkā roņa harēmā ir 2...5 mātītes, ziemeļu kotīkam (*Callorhinus ursinus*) — pat līdz 50 mātītēm. Harēmi ir arī vairākiem sauszemes zīdītājiem (zebrām) un putniem (vistveidīgajiem). Poliginiskām sugām ir izteikts dzimumdimorfisms. Tēviņš ir vairākkārt lielāks un krāšņāku apspalvojumu nekā mātīte.

○ Poliandrija (vienas mātītes pārošanās ar vairākiem tēviņiem), kaut arī retāk, tomēr bieži sastopama parādība gan bezmugurkaulniekiem (jūraszvaigznēm, vēžveidīgajiem), gan mugurkaulniekiem (zivīm, putniem, zīdītājiem). Daudzu bentosa zivju sugu mātītes nērš ikrus vairāku tēviņu sagatavotās ligzdās. Vēl plašāk poliandrija pārstāvēta putnu vidū. Piemēram, pelēkā šnibīša (*Calidris temminckii*) mātītes secīgi apmeklē un dēj olas 3...4 tēviņu ligzdās. Amerikas strausiem jeb nandu (lielais nandu — *Rhea americana*) viena tēviņa ligzdā dēj 2...7 mātītes. Savukārt katra

mātīte viesojas vairākās ligzdās (*poliginiskā poliandrija*). Udensvis-
tiņai (*Gallinula chloropus*) ir raksturīga *kooperatīvā poliandrija*, kur
ap vienu mātīti un kopējo ligzdu pulcējas vairāki tēviņi. Poliandris-
kajām sugām konkurence par mātīti nepastāv. Vērojama dzimumu
dimorfisma reversija — mātītes ir lielākas un krāšņākas par tēvi-
ņiem. Rūpes par ligzdas būvi, perēšanu un mazuļu barošanu uzņē-
mas tēviņi. Pēcnācēju aprūpēšana parasti izbeidzas pēc tam, kad tie
apguvuši patstāvīgas barošanās iemaņas. Taču tā var turpināties
vairākus gadus, kamēr jaunie īpatņi sasniedz dzimumgatavību (lāči,
tīgeri). Augiem ar poliandriju saprot kā divdzimuma, tā viendzi-
muma ziedu izvietojanos uz viena auga (parastā zirgkastaņa —
Aesculus hippocastanum).

Bars ir daudzām sugām raksturīgs īpatņu grupēšanās veids.
Tā ir īslaicīga populācijas agregācijas forma, kas atvieglo atsevišķu
funkciju īstenošanu: barības ieguvī, aizsardzību pret plēsoņām, mig-
rāciju. Piemēram, vilki ziemā veido barus, lai kolektīvās medībās
vieglāk pieveiktu lielos zīdītājus. Medības, kas saistītas ar upura
izsekošanu, nokausēšanu, pārtveršanu, iedzišanu slēpnī vai bara
vidū, prasa saskaņotu rīcību. Tāpēc te liela loma barvedim un pā-
rējo mednieku pieredzei. Par barvedi parasti kļūst stiprākais, veik-
lākais un pieredzējušākais tēviņš, dažkārt arī mātīte. Bara locekļi
cenšas sekot un atdarināt barveža izturēšanos. Tādējādi tiek atlas-
tas drošākās naktsguļas un atpūtas, kā arī labākās barošanās vie-
tas, izdevīgākie vēja apstākļi pārlidojumos utt. Aprakstīti arī bezlī-
dera bari. Tādi galvenokārt formējas kukaiņiem (klejotājsiseniem)
un zivīm (Atlantijas siļķei — *Clupea harengus*, parastajai raudai —
Rutilus rutilus). Šādam baram ir aizsardzības nozīme, jo tas dez-
orientē plēsoņu mērķtiecīgam uzbrukumam, kā arī ātrāk tiek pama-
nīts plēsoņa. Eksperimentāli noskaidrots, ka viens un tas pats zivju
daudzums tiek izķerts ātrāk tad, ja zivis tiek turētas atsevišķi, nekā
tad, ja tās dzīvo barā. Barā palielinās arī rezistence pret vides
piesārņojumu. Tas izskaidrojams ar zivju izdalījumiem, kas daļēji
neitralizē kaitīgo vielu ietekmi.

Ganāmpulks (permanentais bars) ir ilgstošs vai pastāvīgs
populācijas īpatņu grupējums. Šeit tiek realizētas visas galvenās
populācijas eksistences funkcijas: barošanās, aizsargāšanās, migrē-
šana, vairošanās, rūpes par mazuļiem u. c. Permanentajā barā valda
hierarhiskas attiecības. Atsevišķa īpatņa vietu tajā nosaka individuā-
lās kvalitātes: spēks, veiklība, pieredze un intelektuālās īpašības. At-
tiecību sistēma ir dinamiska. Ganāmpulka locekļi nemitīgi uzrauga
viens otru, un, kādam īpatnim parādoties vājuma pazīmēm, tas tiek
nobidīts uz zemākajiem hierarhijas līmeņiem. Augstāka ranga
priekšrocības izpaužas gan tiesībās uz barību un mātīti, gan ērtāku
vietu atpūtas laikā utt. Šeit jāuzsver, ka eksistē ne tikai stiprākā
tiesības, bet daudzām sugām arī pienākuma stingra ievērošana.
Piemēram, vilku uzbrukuma gadījumā muskusvērša (*Ovibos mos-
chatus*) tēviņi sastājas aplī, lai ar varenajiem ragiem aizsargātu
mātītes un teļus, kas atrodas apla vidū. Briesmu brīdī aizsargājas
paviāni, mustangi u. c. Ganāmpulka hierarhija nereti ir ļoti sarež-

ģīta. Paviāniem bez lineārās hierarhijas tēviņi valda pār mātītēm un mazuļiem, bet mātītes pār mazuļiem. Visi ganāmpulka locekļi bez minstināšanās pakļaujas barvedim. Tas arī piedalās dažādu konfliktu izšķiršanā. Paviānu barveži bieži pielieto fizisko spēku, savukārt gorillas (*Gorilla gorilla*) permanentā bara vadonim parasti pietiek ar skatu vai žestu. Ganāmpulkos var saglabāties atsevišķas ģimenes un formēties dažādi veidojumi, piemēram, jauno tēviņu grupējums.

Kolonija ir grupējums, kas vienlīdz attiecas gan uz populācijas etoloģisko, gan teritoriālo struktūru. Kolonijas locekļu savstarpējo attiecību jomā vērojama vislielākā dažādība. Vienkāršākajā gadījumā kolonija aizņem zināmu teritoriju. Grupējuma jēga izpaužas tās locekļu dzimumnobriešanas sinhronizācijā (jūraszīles). Parasti tas realizējas ar metabolisma produktu starpniecību. Ar to arī izskaidrojams kāpuru grupveida izvietošanās, piestiprinoties jūras dibenam. KomPLICētākas kolonijas ir sējas vārņai jeb kraukim (*Corvus frugilegus*), bezdelīgai, krasta čurkstei un kaijām. So koloniju iemītnieki kopīgiem pūliņiem aizsargājas pret plēsoņām. To sekmē gan savlaicīga plēsoņas pamanīšana, gan kolonijas tieša kopīga darbība. Vasarā bieži var redzēt, kā bezdelīgas ilgstoši aprinķo, piemēram, vistu vanagu, līdz tas aizlido bez guvuma. Ļoti sarežģītas kolonijas veido sabiedriskie kukaiņi (bites, skudras, termīti). Seit pastāv stingra darba dalīšana, tādējādi kolonija vienlaikus pilda vairākus uzdevumus. Piemēram, rūsgano mežskudru tēviņi tūlīt pēc apaugļošanas iet bojā. Daļa mātišu dēj olas, bet citas, kas zaudējušas auglību, kļuvušas par darbaskudrām vai sargskudrām. Darbaskudras gādā par pūžņa tīrību, paplašināšanu un atjaunošanu pēc sapostīšanas, rūpējas par barību un jauno paaudzi. Sargskudras aizsargā pūzni vai pašas dodas sirojamos. Daudzām skudru sugām novērota arī darba dalīšana pēc vecuma. Jaunās darba skudras aprūpē pūžņa iekšieni un tikai vēlāk pāriet uz āra darbiem. Dažādu funkcionālo grupu specifika izpaužas pat īpatņu morfoloģijā un fizioloģijā. Piemēram, aprakstītas sargskudras, kam spēcīgi attīstīti žokļi, tāpēc tās zaudējušas spēju patstāvīgi baroties. Lai šīs skudras varētu eksistēt, darbaskudras tās speciāli baro (trofallakse). Šī parādība novērota arī starp darbaskudrām, tām apmainoties ar kuņģa saturu vai aplaizot ķermeņa izdalījumus, kas satur bioloģiski aktīvas vielas.

Šķiet, augstāko funkcionālās atkarības līmeni sasniegušas sifonoforu kolonijas. Šīs hidrozoju apakšklases dzīvnieku katra kolonija darbojas kā atsevišķs organisms. Kolonija sastāv no kopēja kāta, uz kura novietojušies atšķirīgas uzbūves un fizioloģiskās nozīmes īpatņi (zooīdi). Par kolonijas barošanu rūpējas gastroīdi. Katram no tiem ir attīstījies garš un sazarots tausteklis ar dzelšnām galos. Ar to gastroīdi satver un paralizē upuri, kā arī aizsargā koloniju. Pēc sagremošanas barība aizplūst kolonijas kopējām vajadzībām. Kolonijas sievišķie un vīrišķie gonofori nodrošina sifonoforu vairošanos, bet palponi izvada kolonijas atkritumproduktus.

3.2.4. TERITORIĀLĀ STRUKTŪRA

Teritoriālā struktūra ir atsevišķu īpatņu un to grupu izvietošanās sistēma populācijas areālā. Jebkura teritorija var uzturēt tikai zināmu īpatņu daudzumu. Tas nosaka īpatņu izvietošanas areālā un eksistences resursu racionālu sadali, līdz ar to pieļaujot lielāku populācijas blīvumu. Atkarībā no dzīves telpas izmantošanas rakstura organismus iedala *nometniekos* un *klejotājos*.

● **Nometnieki** visu vai lielāko dzīves daļu pavada noteiktā teritorijā. Tiem pieder mikroorganismi, augi un vairums dzīvnieku. Dzīvniekiem ir izteikta pieķeršanās dzimtajai vietai. So parādību sauc par *houmingu*. Gājputni dzimtajā vietā atgriežas pēc ilgiem un tāliem pārlidojumiem. Neskaidrību novēršanai te jāatzīmē, ka vispārēkoloģiskais termins «nometnieki» neatbilst ornitoloģijā lietotajam. Ornitoloģijā gājputnus neuzskata par nometniekiem. Konstatēts, ka mājas strazds (*Sturnus vulgaris*) pavasaros cenšas aizņemt vienu un to pašu būrīti vai dobumu. Houmingu izmanto praksē, organizējot baložu pastu. Nometniekiem ir vairākas priekšrocības. Tie labi pārzina apdzīvojamo teritoriju, tāpēc ir vieglāk atrast barību un patvērumu uzbrukuma brīdī. Tas būtiski ietekmē populācijas izdzīvotību. Uzturēšanās vienā vietā ļauj savākt barības krājumus ziemai (silis, vāvere, bebrs, pelveidīgie grauzēji). Taču šis dzīves veids ir saistīts ar paātrinātu barības resursu izsīkšanu, paslēpšanās un vairošanās vietu deficītu, īpaši pieaugot populācijas blīvumam. Tāpēc populācijas kopējais areāls ir sadalīts individuālajās (vientuļniekiem) vai ģimeņu teritorijās. Izšķir *vienmērīgo, nejaušo* un *grupveida* (kongregatīvo) populācijas īpatņu teritoriālās izvietošanās tipus.

Vienmērīgais izvietojums sastopams reti. Tas veidojas populācijās ar izteiktu īpatņu sāncensību vai antagonismu, piemēram, parastās niedres un ezera meldra (*Scirpus lacustris*) monocenozēs. Zināmā vecumā arī meža tīraudzēs izveidojas vairāk vai mazāk vienmērīgs koku sadalījums. Tas ir neiztrūkstošs mākslīgi atjaunotās mežaudzēs (meža kultūrās), vēl vairāk — tas ir regulārs, jo sējumi vai stādījumi izvietoti rindās ar noteiktiem attālumiem starp tām.

Nejaušais izvietojums raksturīgs viendabīgai videi. Šeit labs piemērs ir miltu vaboles. Meža ekosistēmās nejaušais sadalījums konstatēts zirnekļiem.

Grupveida sadalījumu sastop visbiežāk. Tā veidošanos nosaka vides heterogenitāte, sugas vairošanās īpatnības un komunālais dzīves veids. Piemēram, sausā laikā kolembolas koncentrējas koku stumbru tuvumā, kur ir labvēlīgāki mitruma apstākļi. Koku sugām ar smagām sēklām (ozoli, ciedri) dīgsti parādās māteskoku tuvumā. Augu veģetatīvā vairošanās ar celmu vai sakņu atvasēm (bērzi, parastā apse, melnalksnis) saistīta ar īpatņu grupējumiem bijušo celmu vietās. Tā ir viena no drošākajām atvasāja un dižmeža atšķiršanas pazīmēm. Dzīvnieku komunālās grupas arī teritoriju izmanto kopīgi. Taču pašu grupu izvietojums var būt vienmē-

rīgs vai asociatīvs, kad pastāv augstāka ranga grupējumi. Izvietojuma tips jāzina, aprēķinot populācijas blīvumu un lielumu. Grupēšanās gadījumā novērojumu skaits jāpalielina.

Ne vienmēr izvietojuma raksturu iespējams noteikt pēc acumēra. Ieteiktas vairākas matemātiskas metodes. Vienkāršākā no tām lie-tojama, ja paredzēts ierīkot n uzskaites vienības (parauglaukumus, transektas, paraugus), kuros saskaita populācijas īpatņus un aprē-ķina vidējo aritmētisko skaitu \bar{x} un dispersiju s^2 :

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_j x_j, \quad j=1, 2, \dots, n, \quad (3.1.)$$

$$s^2 = \frac{\sum_j (x_j - \bar{x})^2}{n-1}. \quad (3.2.)$$

Vienmērīgam īpatņu izvietojumam $s^2=0$, nejaušam — $s^2=\bar{x}$ un grup-veida — $s^2 > \bar{x}$.

Katrs īpatnis vai ģimene aizņem noteiktu teritoriju. Pašreiz nav viennozīmīgas šī jēdziena izpratnes. Padomju biologs N. Timofe-jevs-Resovskis (1900—1981) uzskata, ka to jāsaista ar īpatņu indi-viduālās aktivitātes rādīsu (1939), ar pēdējo saprotot attālumu, kādā no dzimšanas vietas ir izplatījušies dzimumgatavību sasnie-guši īpatņi. A. Jablokovs (1987) šo domu precizē. Viņš uzskata, ka jāņem vērā tikai reprodiktīvais aspekts. Tāpēc jāizmanto lū-lums starp dzimšanas un vairošanās vietām (reprodiktīvās aktivi-tātes rādīss). Kā vienā, tā otrā gadījumā nav ievērota individuālo vai ģimenes teritoriju konfigurācija, kas reālajos apstākļos ir ļoti daudzveidīga un nav pielīdzināma aplim.

Rūpes par teritoriju sākas agri pavasarī (mājas strazds). Tēviņi atgriežas agrāk un izraugās piemērotu ligzdošanas vietu. Ar skaļu dziedāšanu tie brīdina, ka teritorija ir aizņemta. Kad ierodas mātī-tes, robežjautājumi jau ir izšķirti. Tagad dziedāšanas pamatnolūks ir piesaistīt mātītes uzmanību. Aizņemtā teritorija tiek rūpīgi uzmanīta un apsargāta. Tas var īstenoties dažādi, sākot no robežu iezīmēšanas un beidzot ar tiešu uzbrukumu robežpārkāpējam. Dzīv-nieki robežas marķē ar ekskrementiem, urīnu (suņu un kaķu dzīm-tas), īpašu sekrētu (stirna) vai vizuāliem signāliem. Stirnai sekrēti izdalās pie ragu pamatnes. Tāpēc robežu iezīmēšana notiek, berzējot pieri pret pameža krūmiem vai paaugas kociņiem. Brūnais lācis atstāj skrāpējumus koku mizā. Laiku pa laiku robežzīmes tiek atjaunotas, vienlaikus ienācēju atbaida arī saimnieka klātbūtne. No-vērots, ka sarkanriklītes (*Erithacus rubecula*) tēviņš nemitīgi ap-seko savu robežu, dziedādams un laizdamies no koka uz koku. Turklāt tas ilgāk uzkavējas tajās vietās, kur draud iebrukuma bries-mas. Pret ienācēju teritorijas saimnieks ir noskaņots agresīvi un tam uzbrūk nekavējoties. Visbiežāk robežkonflikti beidzas ar ienā-cēja padzišanu, arī tajos gadījumos, kad tas ir fiziski spēcīgāks. Šeit izpaužas savdabīgs psiholoģiskais efekts. Eksperimentos ar mazo susliku (*Citellus pygmaeus*) un melno mušķērāju (*Ficedula*

hypoleuca) novērots, ka ienācējs tiek vajāts līdz robežai. Taču, ja tiek piemirsta piesardzība un šķērsota robeža, lomas mainās, un vajātājs kļūst par vajāto. Šādas izturēšanās bioloģiskā nozīme ir viennozīmīga — lieki netiek tērēts laiks un enerģija, kas tik vajadzīgi sevī un pēcnācēju izdzīvošanai. Protams, ir ne mazums sugu, kurām teritoriālā izturēšanās nav tik strikti determinēta un apsarģāta tiek tikai ligzdas vai midzeņa tuvākā apkārtnē. Šajos gadījumos individuālās vai ģimenes teritorijas pārsedzas (grauzēji, bruņurupuči). Tas atvieglo īpatņu kontaktus populācijas ietvaros. Atsevišķo teritoriju platība ir atkarīga no sugas un vides apstākļiem. Padomju ekoloģes N. Cernova un A. Bilova (1981) apraksta pētījumu par Amūras tīģera (*Leo tigris longipilis*) ģimeni, kura apsaimniekojusi 50 tūkst. ha. Tīģeru barības bāze ir pārnadžu populācija, kuras kopējais blīvums te sasniedzis 14...15 īpatņu uz 1000 ha. Autores norāda, ka minēto teritoriju regulāri apsekojis tēviņš, bet atsevišķo mātišu kontrolētā platība nav pārsniegusi 10 tūkst. ha. Turklāt katram ģimenes loceklim bijušas savas iecienītas uzturēšanās vietas. Jaunie tīģeri ģimenes teritoriju atstājuši pēc 3...5 gadiem. Novērojumi veikti Lazo rezervātā Piejūras novadā.

● **Klejojāji** nemitīgi dodas tālos barības meklējumos. Tie klejo baros un ganāmpulkos (ziemeļbrieži, zebbras, ziloņi, primāti). Priekšrocība ir tā, ka šo grupējumu barības bāze nav atkarīga no kādas teritorijas resursiem. Pēc tam kad barība izsīkusi, klejojāji dodas tālāk. Taču nepārtraukta pārvietošanās prasa daudz enerģijas, arī izvairīšanās no plēsoņām ir grūtāka. Tāpēc klejojāju populācijās mirstība ir lielāka. Klejojumu tālumu un intensitāti nosaka barības daudzums, grupējumu apjoms un sugas īpatnības. Krustknābji, kas barojas ar skujkoku sēklām, labos sēklu gados vispār neklejo. Turpretī neražas gados tie atrodas nepārtrauktā kustībā. Atbilstoši tam mainās pat vairošanās laiks (ligzdas ierīkošana un perēšana notiek pat ziemā). Atlantijas siļķes bari pēc nārstošanas Norvēģijas piekrastē dodas tūkstošiem kilometru tālu ziemeļu un austrumu virzienā, lai meklētu bagātākus planktona rajonus. Visiem klejojājiem ir raksturīga atkārtota atgriešanās iepriekšējās vietās. Aprites laiks ir atkarīgs no tā, cik ātri atjaunojas barības resursi. Tas arī ietekmē grupējuma klejojumu teritoriju, piemēram, Serengeti nacionālajā parkā zebbras klejo 300...600 km² platībā.

Ir sugas, kas maina dzīves veidu. Vairošanās laikā tās ir izteikti nometnieki, bet pēc mazuļu izvešanas — klejojāji. Raksturīgs piemērs ir mājas strazds. Jau jūlijā pie mums ierodas pirmās ziemeļu populācijas un posta augļu dārzus. Savukārt mūsu populācija tajā laikā jau siro ceļā uz ziemošanas vietām Rietumeiropā.

3.2.5. EKOLOĢISKĀ UN ĢENĒTISKĀ STRUKTŪRA

Jebkurā no iepriekšminētajām populācijas struktūras kategorijām vienmēr ir īpatņu grupas, kas atšķiras pēc ekoloģiskajām pazīmēm. Visbiežāk tās izpaužas barošanās, vairošanās un ģenētiskajās īpatnībās.

○ Daudzas kukaiņu sugas (odi), kurām mātišu un tēviņu barība ir krasi atšķirīga, aprakstītas nodaļā par dzimumstruktūru. Bieži vien dažāda rakstura barošanās grupas var izdalīt arī atkarībā no vecuma. Piemēram, parastās vardes kurkuļi dzīvo ūdenī un ir fitofāgi, turpretī pieaugušie īpatņi — sauszemes plēsoņas. Par ēsmas veida niansēto nozīmi dažādās ūdenstilpēs gan sezonas, gan diennakts aspektā var pārliecināties katrs makšķernieks.

○ Par vairošanās īpatnībām liecina tas, ka, piemēram, laputīm dažādās populācijās ir atšķirīga spārnaino un bezspārnaino īpatņu skaita attiecība. Arī ģenerāciju skaits tām vienā sezonā svārstās atkarībā no klimatiskajiem faktoriem. Savukārt maijvabolēm dažādās populācijās var būt atšķirīga — garāka vai īsāka kāpuru stadija. Tas novērots arī vardēm, kas dzīvo dažādās ūdenstilpēs. Padomju ornitologs A. Romanovs (1979) min datus par medņa (*Tetrao urogallus*) cāļu vidējo skaitu ligzdā: Laplandes rezervātā (Kolas pussalā) — 2,9; Pečoras—Iličas rezervātā (Komi APSR) — 4,4; Kirovas apgabālā — 4,4 un Okas rezervātā (Rjazaņas apgabālā) — 1,3. Šie piemēri rāda, ka populācijām ir atšķirīga reproduktīvo grupu struktūra.

○ Katra populācija satur īpatņus, kam dažādi fizioloģiskie procesi iestājas agrāk vai vēlāk nekā pārējiem. Arī šo norišu ilgums variē. Nekad visi populācijas locekļi vienlaicīgi nepamostas no ziemas guļas, nepāriet nākošajā metamorfozes stadijā, reizē nemet spalvu, nemaina čaulu un visas mātītes vienlaicīgi nekļūst grūsnas. Arī augiem ir raksturīga fenoloģisko parādību nobīde laikā. Lapu plaukšana, ziedēšana, augļu ienākšanās un sēkļu izplatīšanās katram augam sākas un beidzas atbilstoši individuālajām īpatnībām. Piemēram, pēc skuju plaukšanas laika izšķir agri plaukstošas un vēlu plaukstošas egles. Starpība ir tik liela, ka daļa agri plaukstošās populācijas bieži apsalst vēlajās pavasara salnās. Liela atšķirība starp populācijas īpatņiem pastāv produktivitātes ziņā, kā arī reakcijā uz dažādu faktoru postošo vai labvēlīgo ietekmi. Sacitais attiecas uz dažādām morfoloģiskām, fizioloģiskām un ontogēnētiskām izpausmēm. Katrā populācijā ir īpatņi ar aizkavētu attīstību, ar paātrinātu novecošanos, dažādu noturību pret slimībām utt. Bieži vien šīm atšķirībām ir iedzimts raksturs un tās pauž genofonda heterogenitāti.

Līdz ar populācijas palielināšanos bagātinās tās genofonds. Vispilgtāk tas izpaužas sugas līmenī, kur nereti populācijas atšķiras ļoti būtiski. Piemēram, parastās priedes Latvijas populācija izceļas ar stumbru slaidumu, bezzarainumu un tilpīgumu, ar reti izcilām koksnes mehāniskajām īpašībām, ātraudzību, izturību un citām tautsaimnieciski augstvērtīgām kvalitātēm. Kopš seniem laikiem jūrnieki savus kuģus centušies apgādāt ar mūsu priedes mastiem. Arī šobrīd koku tirgū tai ir augsta cena, pasaulē tā ir plaši pazīstama un dēvēta par Rīgas priedi.

Populācijas genofonds nav homogēns. Katrā populācijā pastāv radniecīgu īpatņu grupas. Sevišķi plašas un labi izteiktas tās ir populācijās, kurām raksturīga bezdzimumvairošanās. Šeit katrs

īpatnis var veidot atsevišķu *klonu* — pēcnācēju grupu ar viendabīgu ģenētisko materiālu. Kloni var saglabāties daudzu paaudžu ilgumā. Amerikāņu botāniķis V. Grants (1984) sniedz datus par Amerikas apses (*Populus tremuloides*) kādu klonu, kurš sastāv no apmēram 47 tūkst. kokiem. Klona vecumu lēš uz 8000 gadiem. Klons izveidojies, tā īpatņiem veģetatīvi vairojoties un pakāpeniski paplašinot aizņemto teritoriju, kas novērojumu laikā bijusi 40 ha. Ne mazāk vērīnīgi kloni konstatēti arī lakstaugiem. Skotijā aprakstītā sarkanās auzenes (*Festuca rubra*) klona rādiuss sasniedzis 220 m. Domā, ka klons sācis formēties pirms vairākiem gadu simtiem. Kloni novēroti arī skujkokiem. Raksturīgs piemērs ir mūžzaļās sekvojas atvasāji, kur klonālo īpatņu kopskaits var sasniegt 80% no kopējā īpatņu skaita. Ģeneratīvā vairošanās te iespējama galvenokārt klonu perifērijā. Atšķirīgu grupu veidošanos populācijā sekmē autogāmija (pašappute — auzas, zirņi, mieži, virzas; pašapaugļošanās — viensūņņi), partenogēze (ārstniecības pienene, bezmugurkaulnieki), poliploīdija, hromosomu polimorfisms un citas vairošanās un ģenētiskās īpatnības.

3.3. POPULĀCIJAS DINAMIKA

3.3.1. AUGŠANAS TIPI

Laika gaitā populācijas īpašības mainās. Šo procesu sauc par populācijas dinamiku. Dinamika piemīt dzimstībai, mirstībai, populācijas lielumam, blīvumam un dažādu struktūras kategoriju temperālajām izmaiņām. Dinamikas vispārīgās likumsakarības noskaidro, aplūkojot populācijas blīvumu, kas daļēji integrē arī pārējo īpašību iespaidu. Populācijas dinamiku nosaka sugas īpatnības, populācijas struktūra un vides apstākļi. Izšķir divus populācijas augšanas tipus: *eksponenciālo* un *sigmoidālo* (3.4. a att.).

Populācijas lieluma vai blīvuma *eksponenciālā augšana* iespējama tad, ja barības un topiskie resursi ir neierobežoti. Tāpēc šo tipu sauc arī par *neierobežoto* jeb *nelimitēto augšanu*. Tai raksturīgi, ka sākumā blīvums palielinās lēnām un tad, aizvien paātrinādami, tiecas uz bezgalību. Šo procesu apraksta diferenciālvienādojums

$$\frac{dN}{dt} = rN_0, \quad (3.3.)$$

kuru integrējot iegūst eksponentfunkciju (no tās arī augšanas tipa nosaukums)

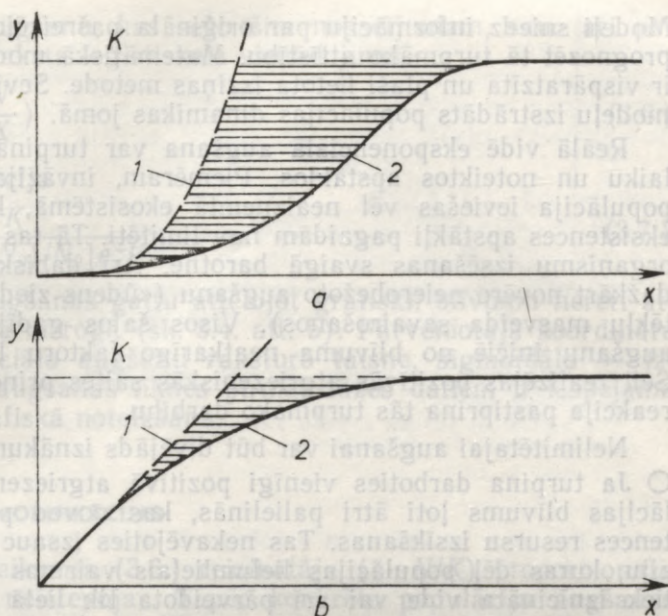
$$N_t = N_0 e^{rt}, \quad (3.4.)$$

kur N — populācijas blīvums;

N_0 — populācijas sākuma blīvums;

3.4. att. Augšanas līknes (pēc R. Vittekerā, 1975):

Y — populācijas blīvums lineārajā (a) un logaritmiskajā (b) mērogā;
 X — laiks, dienās;
 K — ekoloģiskā kapacitāte;
 1 — eksponenciālā, 2 — loģistiskā augšana.



N_t — populācijas blīvums pēc laika intervāla t ;

e — naturālo logaritmu bāze ($e=2,71828$);

r — proporcionalitātes koeficients, kas nosaka blīvuma izmaiņas raksturu un ātrumu.

Ja $r > 0$, blīvums palielinās, ja $r < 0$, tas samazinās. Tāpēc r interpretē kā dzimstības un mirstības starpību, kas attiecināta uz vienu īpatni. No formulas (3.4.) izriet, ka

$$r = \frac{\ln N_t - \ln N_0}{t} \quad (3.5.)$$

Sakarība (3.5.) pamato r empīriskas noteikšanas iespējas, fiksējot populācijas blīvumu intervāla t sākumā un beigās. Koeficienta r modulvērtību iespaido sugas īpatnības, kā arī populācijas vecumstruktūra un dzimumstruktūra. Struktūrai, kas nodrošina straujāko pieaugumu, atbilst koeficienta maksimālā vērtība — r_{\max} , kuru sauc par populācijas *biotisko* jeb *reproduktīvo potenciālu* (terminu 1928. g. ieviesis amerikāņu ekoloģis R. Čepmens).

Izziņas objekta pētīšanu ar matemātikas un skaitļošanas tehnikas līdzekļiem sauc par matemātisko modelēšanu, bet izziņas objekta matemātiskās aproksimācijas — par modeļiem. Matemātiskie modeļi (diferenciālvienādojumi, integrālvienādojumi, algebriskas un varbūtību teorijas u. c. sakarības) apraksta oriģināla pētāmās īpašības.

Modeļi sniedz informāciju par oriģināla pašreizējo stāvokli un ļauj prognozēt tā turpmāko attīstību. Matemātiskā modelēšana ekoloģijā ir vispāratzīta un plaši lietota izziņas metode. Sevišķi daudz dažādu modeļu izstrādāts populācijas dinamikas jomā.

Reālā vidē eksponenciālā augšana var turpināties tikai zināmu laiku un noteiktos apstākļos. Piemēram, invāzijas gadījumā, kad populācija ieviešas vēl neaizņemtā ekosistēmā, kurā dotās sugas eksistences apstākļi pagaidām nav limitēti. Tā tas notiek pēc mikroorganismu izsēšanas svaigā barotnē. Arī dabiskajās ekosistēmās dažkārt novēro neierobežoto augšanu («ūdens ziedēšanu», augu kaitēkļu masveida savairošanos). Visos šajos gadījumos populācijas augšanu iniciē no blīvuma neatkarīgo faktoru labvēlīgā ietekme. Seit realizējas pozitīvās atgriezeniskās saites princips, kur sistēmas reakcija pastiprina tās turpmāko darbību.

Nelimitētajai augšanai var būt divējāds iznākums.

○ Ja turpina darboties vienīgi pozitīvā atgriezeniskā saite, populācijas blīvums ļoti ātri palielinās, kas noved pie pēkšņas eksistences resursu izsīkšanas. Tas nekavējoties izsauc mirstības eksploziju, kuras dēļ populācijas lielumielaiss vairums iet bojā. Dažkārt tiek iznīcināta vide vai arī pārveidota tik lielā mērā, ka iznīkst visa populācija. Piemēram, masveidīgi savairojoties patogēnajiem mikroorganismiem, saimniekorganisms un līdz ar to arī paši endoparazīti iet bojā.

○ Ja savlaicīgi ieslēdzas negatīvā atgriezeniskā saite (sistēmas reakcija nomierina tās turpmāko darbību) un sāk īstenoties vides bremsējošā ietekme. Tā summējas no barības izsīkuma, teritorijas un patvēruma nepietiekamības, parazītu un plēsoņu savairošanās, iekšsugas konkurences, pārāk biežas kontaktēšanās un konflikt-situācijām, kas izsauc stresa veidošanos, un citiem faktoriem. Vides bremsējošā ietekme izpaužas kā pakāpeniska dzimstības samazināšanās un mirstības palielināšanās. Tātad, blīvumam pieaugot, arvien vairāk tiek ierobežota biotiskā potenciāla realizēšanās. Starpību starp biotisko potenciālu un populācijas augšanas ātrumu reālajos apstākļos sauc par *vides pretestības koeficientu*. Pieaugot vides pretestībai, reālā augšanas gaita paātrināti novirzās no eksponentes (sk. 3.4. att.). Šādu līkni sauc par *sigmoidu*.

Sigmoidālajai augšanai izšķir eksponenciālo, limitācijas un stabilizācijas fāzi. Pirmajā fāzē vides pretestība vēl nerealizējas un abas līknes sakrīt. Otrajā fāzē vides pretestība pakāpeniski pieaug. Pēdējā fāzē populācijas blīvums nostabilizējas līmenī, kurā dzimstība un mirstība līdzsvarojas ($r=0$). So līmeni K , kurā populācija var ilgstoši pastāvēt, sauc par maksimāli pieļaujamo jeb *vides ekoloģisko kapacitāti* attiecībā uz doto sugu. Pārsniedzot šo līmeni, sākas pārāpdzīvotības negatīvā ietekme. Kvalitatīvi jaunās attiecības, kas saistītas ar pārāpdzīvotību un populācijas degradāciju tās rezultātā, franču ekologs P. Grasē 1944. g. nosauca par *masas efektu*. Vides pretestību raksturo izteiksme: $1-N/K$. Tā atbilst pieņēmumam, ka proporcionāli blīvumam nekavējoties palēninās populā-

cijas augšana. Augšanu, kas seko šim nosacījumam, sauc arī par loģistisku. To apraksta loģistiskais vienādojums.

$$\frac{dN}{dt} = rn \left(1 - \frac{N}{K}\right) \quad (3.6.)$$

un loģistiskā funkcija

$$N_t = \frac{K}{1 + [(K - N_0)/N_0]e^{-rt}} \quad (3.7.)$$

Populācijas augšanas gaitu attēlojot grafiski, blīvumu nereti atliek logaritmiskajā mērogā (sk. 3.4. att. b). Pārveidotajā koordinātu sistēmā eksponenciālo augšanu raksturo taisne, sigmoidālo — izliekta likne. Pēc augšanas liknes pirmās fāzes datiem ir iespējama ātra un ērta r grafiskā noteikšana.

3.3.2. SIGMOIDĀLĀS MODIFIKĀCIJAS

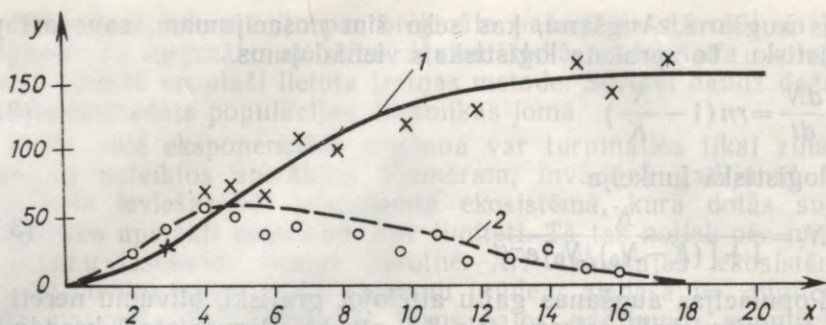
Reālā vidē izteiksmes (3.6.) reizinātāja $(1 - N/K)$ proporcionalitātes nosacījums neistenojas. Tāpēc konkrēto populāciju augšanas liknes atrodas zonā starp eksponenciālo un loģistisko likni (sk. 3.4. att. iesvītrojumu). Pirmā likne atspoguļo ātrāko, otrā — lēnāko augšanu. Nosacījuma neatbilstībai var būt vairāki cēloņi. Bieži vien proporcionalitāti izjauc tas, ka blīvuma pieaugums faktora iedarbībai seko ar zināmu nokavēšanos. Te izpaužas populācijas bioloģiskā inerce. Sajā gadījumā vērojamas ne tikai novirzes no loģistiskās liknes, bet arī notiek ekoloģiskās kapacitātes pārsniegšana. Turklāt tā var realizēties atkārtotu svārstību veidā. Tāpēc blīvuma nostabilizēšanās ieilgst. Bez tam minēto proporcionalitāti būtiski ietekmē koakcijas, kas dabiskajās ekosistēmās veido ļoti sarežģītus attiecību kompleksus. Visa tā rezultātā rodas dažādas sigmoidālās modifikācijas. Matemātiski tās apraksta ar diferenciālvienādojumu sistēmām. Šo paņēmieni neatkarīgi viens no otra mūsu gadsimta divdesmito gadu sākumā ekoloģijā ieviesa amerikāņu biologs A. Lotka (1880—1949) un itāļu matemātiķis V. Volterra (1860—1940). Ar to aizsākās kvantitatīvā ekoloģija, kas šodien sekmīgi attīstās dažādos virzienos.

Konkurences vienādojumus starp divām sugām iegūst, loģistisko atkarību papildinot ar otras sugas ietekmes aprakstu:

$$\frac{dN_1}{dt} = r_1 N_1 \left(\frac{K_1 - N_1 - a_1 N_2}{K_1} \right), \quad (3.8.)$$

$$\frac{dN_2}{dt} = r_2 N_2 \left(\frac{K_2 - N_2 - a_2 N_1}{K_2} \right), \quad (3.9.)$$

kur simboli r , K un N saglabā iepriekšējo nozīmi, bet cipari 1 un 2 apzīmē konkurējošās sugas. Konkurence palēnina abu sugu populāciju augšanu. Šo efektu izsaka reizinājumi $a_1 N_2$ un $a_2 N_1$. No tiem



3.5. att. Divu konkurējošu tupelišu populāciju augšanas līknes (pēc G. Gauzes, 1934):

Y — populācijas blīvums (tilpuma vienībās), X — laiks, dienās;
1 — *P. aurelia*, 2 — *P. caudatum*.

izriet, ka otra konkurenta ietekme ir tieši proporcionāla tā blīvumam. Lielumi a_1 un a_2 ir konkurences koeficienti, pie tam a_1 raksturo otrās populācijas limitējošo ietekmi uz pirmo populāciju un savukārt a_2 izsaka ietekmes pretējo virzību. Pēc vienādojumiem (3.8.) un (3.9.) konkurences iznākums ir atkarīgs no koeficientiem a_1 un a_2 , kā arī ekoloģiskās kapacitātes līmeņiem K_1 un K_2 . Seit iespējami četri varianti:

- ja $a_1 < K_1/K_2$ un $a_2 > K_2/K_1$, — izdzīvo tikai pirmā populācija;
- ja $a_1 > K_1/K_2$ un $a_2 < K_2/K_1$, — izdzīvo tikai otrā populācija;
- ja $a_1 > K_1/K_2$ un $a_2 > K_2/K_1$, — izdzīvo viena vai otra populācija;
- ja $a_1 < K_1/K_2$ un $a_2 < K_2/K_1$, — izdzīvo abas populācijas.

Šos secinājumus apstiprina G. Gauzes pētījumi. Trīsdesmito gadu sākumā laboratorijas eksperimentos ar divām tupelišu sugām — *Paramecium aurelia* un *P. caudatum* homogēnā vidē konkurēt mazākspējīgā *P. caudatum* vienmēr aizgāja bojā. Abu līkņu krustošanās punkta abscisa (3.5. att.) liecina, ka jau pēc 4,5 dienām izpaužas barības limitējošā ietekme. Tāpēc turpmākajās dienās *P. caudatum* populācijas blīvums nepārtraukti samazinās un 18. dienā šī populācija ir iznīkususi.

Dabiskajās ekosistēmās par vieniem un tiem pašiem eksistences resursiem cīnās ne tikai divas populācijas vien. Ļoti nozīmīgi ir tas, ka konkurējošo īpatņu un resoru izkliede telpā un laikā nav vienmērīga. Mainās arī a_1 un a_2 vērtības. Turklāt līdztekus konkurencei pastāv pārējās koakcijas. Tāpēc secinājumi, kas izriet no izteiksmēm (3.8) un (3.9), bieži vien neatbilst īstenībai. Amerikāņu ekoloģs R. Vittekers apraksta divu sprogkājvēžu sugu teritorijas izmantošanu. Katra atsevišķi šīs sugas plašā diapazonā apdzīvo Skotijas klinšaino litorāli. Taču tur, kur tās mitinās vienā vietā, konkurēt mazākspējīgās sugas *Chathalamus stellatus* īpatņi sastopami litorāles augstākajā zonā. Turpretī *Balanus balanoides* pār-

stāvji izvietojušies ar barību labāk nodrošinātājā piesubltorāles daļā. Līdzīgi novērojumi ir pilsētās par žurkām, kaut gan, pateicoties šo grauzēju aktīvajam dzīves veidam, teritoriālais sadalījums ir mazāk redzams. Pelēkā žurka ir konkurētspējīgāka un aizņem ēku pagrabus un zemākos stāvus, melno jeb mājas žurku (*Rattus rattus*) izspiežot uz augšējiem stāviem un bēniņiem.

Plēsonības vienkāršākie modeļi (3.10.) un (3.11.), ko ieteikuši A. Lotka un V. Volterra, sakņojas pieņēmumā, ka plēsoņu apēsto upuru skaits ir lineāri atkarīgs no abu komponentu tikšanās biežuma un ka tie pārvietojas viendabīgā un nemainīgā vidē. Šādos apstākļos upura populācijas pieaugums ir

$$\frac{dN_1}{dt} = r_1 N_1 - P N_1 N_2 \quad (3.10.)$$

un plēsoņas dinamika —

$$\frac{dN_2}{dt} = a P N_1 N_2 - d_2 N_2. \quad (3.11.)$$

Kā izriet no sakarības (3.10.), upura populācijas blīvuma eksponenciālais pieaugums samazinās par apēsto īpatņu skaitu — $P N_1 N_2$. Jo lielāki ir abi komponentu lielumi, jo lielāka ir arī to sastapšanās iespēja. To apraksta reizinājums $N_1 N_2$. Attiecību starp faktiskās kontaktēšanās un apēsto upuru skaitu raksturo *plēsonības koeficients* P . Plēsoņas populācijas blīvuma pieaugums ir $a P N_1 N_2$, kur a izsaka jaundzimušo plēsoņu un apēsto upuru attiecību. So pieaugumu iespaido arī dabiskā mirstība — $d_2 N_2$. Vienādojumi (3.10.) un (3.11.) apraksta divu populāciju ciklisku un stabilu dinamiku. Tas nozīmē, ka plēsoņa kontrolē upura populācijas blīvumu. Tam pieaugot, palielinās arī plēsoņas populācijas blīvums. Taču ar laiku tas kļūst tik liels, ka sāk pietrūkt barības. Līdz ar to plēsoņu skaits samazinās. To sekmē parazīti un slimības. Tāpēc pēc zināma laika, kad plēsoņu jau ir tik maz, ka nespēj vairs regulēt upuru skaitu, atsākas tā palielināšanās. Ar to sākas jauns cikls abu populāciju kvantitatīvajās attiecībās. Ciklu atkārtošānās varētu turpināties bezgalīgi. Taču dabā šie procesi noris sarežģītāk, nekā to postulē minēto modeļu priekšnosacījumi. Te jāmin, ka plēsoņas un upura tikšanās nebūt nav nejaušas. Plēsoņas aktīvi medī, bet upuri cenšas izvairīties. To veicina vides heterogenitāte, kas rada kā slēpņa, tā patvēruma iespējas. Apzīmējot paslēpušos upuru skaitu ar M un izteiksmēs (3.10.) un (3.11.) $N_1 N_2$ nomainot ar $(N_1 - M) N_2$, iegūst

$$\frac{dN_1}{dt} = r_1 N_1 - P (N_1 - M) N_2 \quad (3.12.)$$

un

$$\frac{dN_2}{dt} = a P (N_1 - M) N_2 - d_2 N_2. \quad (3.13.)$$

Jāievēro, ka arī upura populācijas barības resursi, kā arī plēsoņas apetīte ir ierobežoti lielumi. Upura ekoloģiskā kapacitāte respektēta modeli

$$\frac{dN_1}{dt} = r_1 N_1 \left(1 - \frac{N_1}{K_1}\right) - PN_1 N_2, \quad (3.14.)$$

bet plēsoņas sātības efekts — modelos:

$$\frac{dN_1}{dt} = r_1 N_1 \left(1 - \frac{N_1}{K_1}\right) - PN_1 N_2 C \quad (3.15.)$$

un

$$\frac{dN_2}{dt} = aPN_1 N_2 C - d_2 N_2, \quad (3.16.)$$

kur C izsaka sātības efektu, ņemot vērā, ka plēsoņa var ekspluatēt vairākas upuru populācijas.

Mutuālistiskās, komensālistiskās un parazitiskās attiecības apraksta šādi vienādojumi:

$$\frac{dN_1}{dt} = r_1 N_1 \left(\frac{K_1 - N_1 + bN_2}{K_1 + bN_2}\right) \quad (3.17.)$$

un

$$\frac{dN_2}{dt} = r_2 N_2 \left(\frac{K_2 - N_2 + aN_1}{K_2}\right). \quad (3.18.)$$

Modifikācijas (3.17.) un (3.18.) iegūtas, loģistisko vienādojumu papildinot ar bN_2 un aN_1 , kur koeficients b apzīmē papildu resursus, ko pirmajai populācijai rada saimniekorganismi. Tāpēc tās maksimāli pieļaujamais blīvums ir $K_1 + bN_2$. Koeficients a raksturo pirmās populācijas ietekmi uz otro.

Ja $a > 0$, uzlabojas arī otrās populācijas dzīves apstākļi (mutuālisms).

Ja $a = 0$, labumu gūst tikai pirmā populācija (komensālisms).

Ja $a < 0$, pirmā populācija dzīvo uz otrās rēķina (parazitisms).

Ja pirmā populācija nonāk pilnīgā atkarībā, tās maksimāli iespējamais blīvums ir bN_2 un sakarību (3.17) aizstāj (3.19.):

$$\frac{dN_1}{dt} = r_1 N_1 \left(\frac{bN_2 - N_1}{bN_2}\right). \quad (3.19.)$$

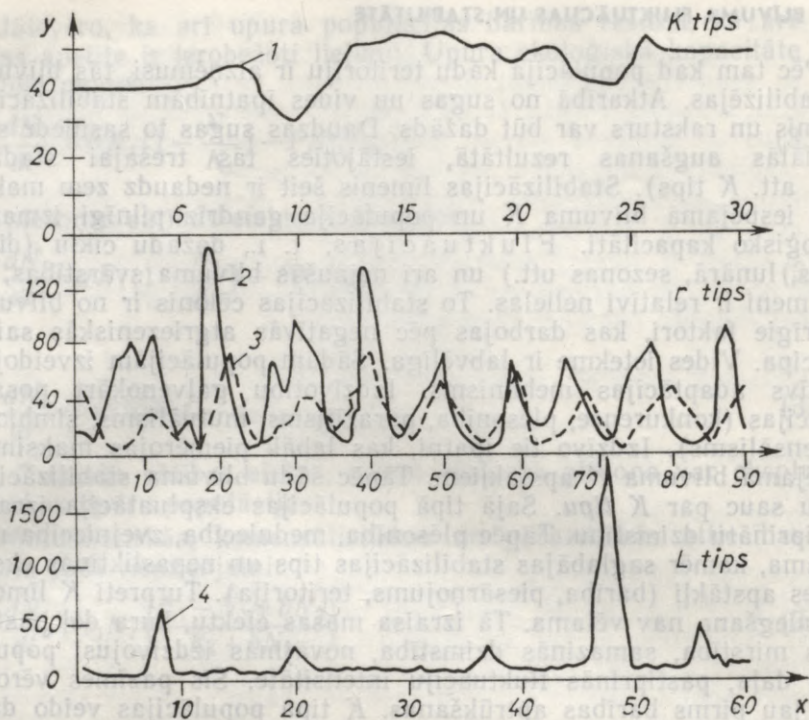
Seit apskatītas tikai dažas vienkāršākās sigmoidālās augšanas modifikācijas. Tās visas pamatojas uz loģistiskā vienādojuma papildināšanu ar attiecīgu izteiksmi. Vienlaikus ievēdot vairākus papildinājumus, kas niansē populāciju un vides daudzveidīgās īpašības, iespējams izstrādāt matemātiskos modeļus, kas adekvāti atsedz populāciju dinamikas likumsakarības.

3.3.3. BLĪVUMA FLUKTUĀCIJAS UN STABILITĀTE

Pēc tam kad populācija kādu teritoriju ir aizņēmusi, tās blīvums nostabilizējas. Atkarībā no sugas un vides īpatnībām stabilizācijas līmenis un raksturs var būt dažāds. Daudzas sugas to sasniedz sigmoidālās augšanas rezultātā, iestājoties tās trešajai stadijai (3.6. att. *K* tips). Stabilizācijas līmenis šeit ir nedaudz zem maksimāli iespējamā blīvuma *K* un populācija gandrīz pilnīgi izmanto ekoloģisko kapacitāti. Fluktuācijas, t. i., dažādu ciklu (dienakts, lunārā, sezonas utt.) un arī nejaušās blīvuma svārstības, ap šo līmeni ir relatīvi nelielas. To stabilizācijas cēlonis ir no blīvuma atkarīgie faktori, kas darbojas pēc negatīvās atgriezeniskās saites principa. Vides ietekme ir labvēlīga. Šādām populācijām izveidojies efektīvs adaptācijas mehānisms. Izdzīvotību galvenokārt nosaka koakcijas (konkurence, plēsonība, parazitisms, mutuālisms, simbioze, komensālisms). Izdzīvo tie īpatņi, kas labāk piemērojas maksimāli iespējamā blīvuma *K* apstākļiem. Tāpēc šādu blīvuma stabilizācijas veidu sauc par *K* tipu. Šajā tipā populācijas ekspluatācija izraisa pastiprinātu dzimstību. Tāpēc plēsonība, medniecība, zvejniecība nav bīstama, kamēr saglabājas stabilizācijas tips un nepasliktinās eksistences apstākļi (barība, piesārņojums, teritorija). Turpretī *K* līmeņa pārsniegšana nav vēlama. Tā izraisa masas efektu, kura dēļ pastiprinās mirstība, samazinās dzimstība, novājinās izdzīvojušī populācijas daļa, pastiprinās fluktuāciju intensitāte. Šīs pazīmes vērojamas jau pirms barības aprūkšanas. *K* tipa populācijas veido daudzas dzīvnieku un augu sugas (3.6. att. parādīta jūrasžagatas — *Haematopus ostralegus* populācijas dinamika stabilizācijas fāzē).

Daļai sugu raksturīgas izteiktas blīvuma svārstības (3.6. att. *r* tips). Par stabilizācijas līmeni te var runāt tikai nosacīti. Fluktuāciju zona atrodas starp maksimāli iespējamo blīvumu un minimāli pieļaujamo jeb letālo blīvumu *L*, sasniedzot tos vienīgi atsevišķos gadījumos. Svārstību cēlonis ir no blīvuma neatkarīgo un atkarīgo faktoru vienlaicīga un aptuveni līdzvērtīga iedarbība. Pirmie paaugstina, otrie pazemina stabilizācijas līmeni un palielina svārstību dziļumu. Noskaidrots, ka blīvuma atjaunošanā izšķiroša nozīme ir augšanas ātrumam *r*. Tāpēc šādu fluktuācijas veidu apzīmē par *r* tipu.

L tipa fluktuācijas ir raksturīgas kukaiņu populācijām (3.6. att. *L* tips). To blīvums stabilizējas nedaudz virs letālā līmeņa *L*. No tā arī tipa nosaukums. Šajā stāvoklī blīvums var noturēties ilgus gadus. Turklāt tekošās fluktuācijas tad ir niecīgas. Destabilizāciju izsauc no blīvuma neatkarīgie klimatiskie faktori. Iestājoties labvēlīgai situācijai, notiek spontāna eksponenciālā augšana. Tā turpinās tik ilgi, kamēr nav izlietoti barības resursi. Šajā laikā populācija kļūst par kaitēkli un nodara lauksaimniecībai un mežsaimniecībai ievērojamus zaudējumus. *L* tipa piemēru sniedz ilggadēji dati par priežu sprīžotāja (*Bupalus piniarius*) dinamiku Vācijā (3.6. att.). Līdzīgs blīvuma dinamikas tips ir egļu mūķenei (*Lymantria monacha*). Tās pēdējo lielāko masveida savairošanos Latvijā 1909.—



3.6. att. Populācijas stabilizācijas tipi (pēc R. Vitteķera, 1975):

Y — populācijas blīvums, X — laiks, gados;

1 — jūrasžagata (perējošo pāru skaits 96 hektāros), 2 — Amerikas baltais zaķis (ādiņu skaits, tūkstošos/gadā), 3 — Kanādas lūsis (ādiņu skaits, tūkstošos/gadā), 4 — priežu sprīžotājs (ziemojošo īpatņu skaits uz 100 m²).

1913. g. aprakstījis (1930) mežkopis K. Melderis (1880—1942). Kad visas skujas nograuztas, iestājas bads un sākas tikpat masveidīga kukaiņu bojāeja. Bada sekas pastiprina parazīti un plēsoņas (putni, skudras), kas šajā laikā arī paguvuši savairoties. Blīvuma krasiem krišanās procesam iespējams trejāds iznākums.

○ Krišanās var nesasniegt stabilizācijas līmeni. Tas notiek tad, ja atjaunojas barības resursi vai daļēji apmirst plēsoņas un parazīti. Šajā gadījumā iestājas atkārtota eksponenciālā augšana, kuras sekas ir postošākas nekā iepriekšējā reizē.

○ Populācijas blīvums sasniedz stabilizācijas līmeni. Tad atkal sākas ilgstošs nozīmīgu fluktuāciju periods.

○ Blīvums nokrīt zem letālā līmeņa. Šeit vairs nedarbojas tās populāciju izdzīvotības sekmējošās īpašības, kas populācijā rodas īpatņu mijiedarbības rezultātā un kuras P. Grasē sauc par *grupas efektu*. Tāpēc populācija izmirst. Uzskata, ka šādu populāciju pastāvēšana, kā arī minimāli pieļaujamā līmeņa atjaunošana iespējama vienīgi ar cilvēka palīdzību. Blīvuma samazināšanās zem letālā līmeņa sevišķi bīstama ir tad, ja suga ir pārstāvēta ar vienu

populāciju, jo ir izslēgta migrācija un, galvenais, reizē ar populāciju izmirst arī suga. P. Grasē konstatējis, ka letālais līmenis ir atkarīgs no sugas, piemēram, ziemeļbriedim tas ir 300, Āfrikas zilonim — 25 īpatņi.

Pēc fluktuāciju atkārtotā rakstura tās var būt izteikti stohastiskas, kā arī vairāk vai mazāk cikliskas. Cikliskuma skaidrošanai izvirzītas meteoroloģiskā, stohastiskā, koaktīvā, trofiskā, ģenētiskā un citas hipotēzes. Neviens no tām nav universāla. Vienmēr vienlaicīgi darbojas dažādi fluktuācijas izraisīši spēki. Kuri no tiem ietekmē vairāk un kuri mazāk, nosaka konkrētās populācijas un vides specifika. Vidē, kur dominē viens limitējošais faktors, piemēram, temperatūra polārajās un mērenajās joslās vai mitrums arīdajos apgabalos, prevalē meteoroloģiskā hipotēze. Šeit blīvuma svārstības seko laika apstākļiem. Vietās, kur izteikta limitējošā faktora nav, arī svārstību cikliskums izpaužas vājāk vai to vispār nevar konstatēt. Te ir spēkā stohastiskais skaidrojums. Jo biežāk ir apdzīvota ekosistēma, jo spēcīgāk izpaužas koakciju nozīme. Koakcijas īpaši pastiprinās tur, kur organismi ir saistīti ar barošanās jeb trofiskajām attiecībām. Klasisks piemērs te ir plēsoņas — Kanādas lūša (*Lynx canadensis*) un tā upura — Amerikas baltā zaķa (*Lepus americanus*) populāciju blīvuma dinamika (3.6. att.). Dati iegūti no Hudzonas liča kompānijas atskaitēm par iepirkto lūšu un zaķu ādiņu skaitu 1845.—1935. g. Plēsoņu populācijas blīvuma svārstībām neapšaubāmi ir trofiska izcelsme. Kā uzsver daudzi pazīstami ekologi (J. Odums, R. Vittekers), to nevar teikt par upuru populācijas fluktuācijām. To cēlonis viennozīmīgi nav noskaidrots. Iespējams, ka galvenā nozīme ir klimatam.

Jāuzsver, ka no blīvuma atkarīgie vides faktori darbojas populāciju dinamikas stabilizācijas, bet neatkarīgie faktori — destabilizācijas virzienā. Pie pēdējiem pieder arī antropogēnā iedarbība (saimnieciskie pasākumi, piesārņojums utt.). Tāpēc tās ietekmes sekas var būt visnegaidītākās. Īpaši tas attiecas uz *L* tipa populācijām. Kā norāda J. Odums, gadījumos, kad nav izzināts ekosistēmas populāciju stāvoklis un to līdzdalība dabiskā līdzsvara kontrolē, labāk atturēties no kādas populācijas iznīcināšanas.

4. SINEKOLOĢIJA

4.1. EKOSISTĒMA

Dabā katru konkrētu teritoriju vienlaicīgi apdzīvo dažādu sugu populācijas. Tās atrodas nepārtrauktā mijiedarbībā, piedalās enerģijas plūsmā un vielu apritē biosfērā. Tādējādi veidojas dzīvo organismu kopa jeb **biocenoze**, kas piemērojusies ilgstošai eksistencei dotajā vidē. Terminu 1877. g. ir ieteicis vācu hidrobiologs K. Mēbiuss (1825—1908). Pēc taksonomiskās piederības biocenozi iedala trīs komponentos: *fitocenoze*, *zoocenoze* un *mikrobocenoze*. Fitocenoze apvieno augus, zoocenoze — dzīvniekus un mikrobocenoze — mikroorganismus. Biocenoze un vide veido **ekosistēmu**. Terminu 1935. g. ir ieviesis angļu botāniķis un ekologs A. Tenslijs (1871—1955). Ekosistēma ir biosfēras funkcionāla vienība, kurā pastāvīgi notiek enerģijas, vielu un informācijas plūsma. Biosfērā ekosistēmu ir ļoti daudz. Katra ekosistēma ir specifiska un no pārējām atšķiras ar biocenozes un vides īpatnībām. Taču pamatvilcienos tām visām ir līdzīga struktūra un funkcijas. Visi biocenozes komponenti ir ekosistēmas obligātas sastāvdaļas. Vadošā loma ir fitocenozei, jo tā nosaka, kā visas ekosistēmas, tā arī pārējo biocenozes komponentu raksturīgās strukturālās un funkcionālās īpašības, kas do to ekosistēmu norobežo no pārējām.

Ekosistēmas vidi sauc arī par biotopu jeb ekotopu. Vide ir apstākļu komplekss, kas ietekmē biocenozes struktūru dinamiku, funkcijas un kas pakāpeniski mainās biocenozes darbības rezultātā. Vide sastāv no abiotiskajiem un biotiskajiem komponentiem. *Abiotiskie komponenti* ir nedzīvās dabas ekoloģiskie faktori — dažādi litosfēras, hidrosfēras un atmosfēras parametri. *Biotiskie komponenti* rodas un pārveidojas biocenozes attīstības gaitā un ir organismu koakciju rezultāts. Piemēram, pļavai aizaugot ar mežu, tai raksturīgie biotiskie apstākļi nomainās ar meža vidi, kas pakāpeniski pārveido ne tikai dzīvo organismu attiecības, bet būtiski izmaina arī abiotisko komponentu un visu ekosistēmu.

Visi ekosistēmas organismi piedalās enerģijas, vielu un informācijas plūsmā. Sajā jomā izšķir ekosistēmas trīs pamatfunkcijas:

- organisko vielu producēšana,
- organisko vielu transformēšana (vienas vielas pārveidošana citā vielā),
- organisko vielu mineralizēšana.

Visas pamatfunkcijas ir savstarpēji saistītas. Tikai tad, ja ekosistēmā vienlaicīgi organiskās vielas tiek radītas, pārveidotas un sadalītas, ekosistēmas darbība ir normāla. Turklāt, ja šie procesi norisinās tādās kvantitatīvās attiecībās, kas pakāpeniski izveidojušās ekosistēmas attīstības gaitā, ekosistēma atrodas dabiskajā līdzsvarā. Katrai ekosistēmai piemīt pašregulēšanās, t. i., līdzsvara atjaunošanas spējas. Šīs spējas ir ierobežotas. Ja novirzes no līdzsvara atkārtoti pārsniedz pieļaujamo robežu vai arī nemitīgi vērstas vienā virzienā, ekosistēma degradējas un pat aiziet bojā. Raksturīgs piemērs ir mūsdienu pilsētas ar augstu industriālo koncentrāciju. Vides piesārņošana izraisa apkārtnes fitocenožu un zoocenožu iznīkšanu, kā rezultātā izveidojas industriālie tuksneši. Un ne tikai. Neatgriezeniskām izmaiņām pakļauts arī šo ekosistēmu biocenožu nozīmīgākais komponents — iedzīvotāji. Tie degradējas fiziski, garīgi un sociāli. Taču visļaunākais ir tas, ka šis process skar genofonu. Tādējādi progresējošai nepilnvērtībai tiek nolemtas vēl nedzimušās paaudzes.

Lai labāk izprastu ekosistēmas pamatfunkciju norisi, aplūkosim vienkāršotu tās vispārīgo shēmu (4.1. att.). Ekosistēma ir atklāta sistēma, jo var funkcionēt tikai tad, ja enerģiju saņem no ārienes. Teorētiski ir izmantojami vairāki enerģijas veidi. Praktiski tā ir Saules radiācijas enerģija. Salīdzinājumā ar to atomenerģijas (ūdensbaseini, kas kalpo atomelektrostaciju reaktoru dzesēšanai), ģeotermiskās enerģijas (karstie avoti) un gravitācijas enerģijas (plūdmaiņu ietekmētās litorālās ekosistēmas) īpatsvars ir niecīgs. Tikai neliela caur ekosistēmu plūstošās enerģijas daļa tiek koncentrēta, pārveidota ķīmiskajā enerģijā un uzkrāta, bet lauvas tiesa siltuma veidā no ekosistēmas izstāro vai arī tiek izmantota vides norisēs. Arī pamatfunkciju īstenošanās vienmēr ir saistīta ar siltuma izdalīšanos. Enerģiju, kas no ekosistēmas aizplūst, atkārtoti izmantot nevar. Attiecībā uz ekosistēmu tā ir zudusi.

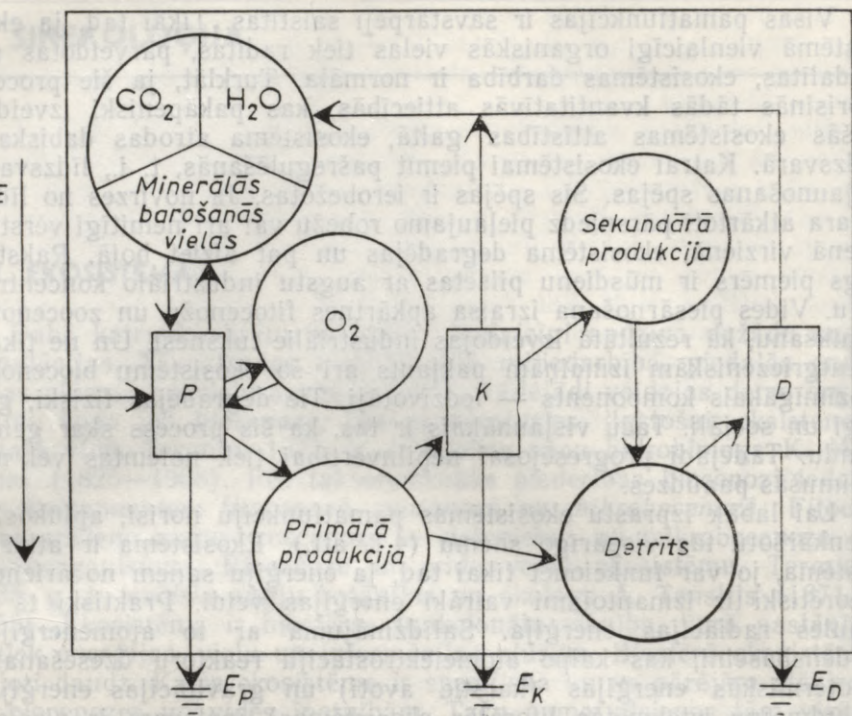
Līdztekus enerģijas plūsmai ekosistēmā notiek dažādu vielu aprīte. Tā sākas ar organisko vielu producēšanu. No neorganiskās pasaules izejvielām — oglekļa dioksīda, ūdens un dažādiem minerālās barošanās elementiem tiek sintezēti organiskie savienojumi.

● Organismus, kas īsteno šo procesu, sauc par **autotrofiem**, ekoloģijā — arī par **producentiem**. Autotrofos iedala **fitotrofos** un **hemotrofos**.

Fototrofi satur hlorofilu (zaļie augi, daļa baktēriju), kas gaismas ietekmē nodrošina fotosintēzi. Fotosintēze ir organiskās pasaules radīšanas galvenais process. Bet ne vienīgais.

Hemotrofi (baktērijas) enerģiju saņem, oksidējot vienkāršas neorganiskas vielas, piemēram, amonjaku, nitritus, nitrātus, sulfīdus, divvērtīgo dzelzi u. c. Ģeotermālajās dziļūdens oāzēs hemosintēze ir vienīgais organisko vielu sintēzes (pirmā pamatfunkcija) veids. Autotrofu radītās vielas sauc par **ekosistēmas primāro produkciju**.

● Pārējie ekosistēmas organismi eksistē uz primārās produkcijas rēķina. Tos sauc par **heterotrofiem**. Starp tiem izšķir **ņagotrofos** un **saprotrofos**.



4.1. att. Vienkāršota ekosistēmas vispārīgā shēma:

P — organisko vielu ražošana, K — organisko vielu transformēšana, D — detrita sadalīšana, E — enerģija, E_P — P procesā izkliedētais siltums, E_K — K procesā izkliedētais siltums, E_D — D procesā izkliedētais siltums.

Ar četrstūri apzīmēti procesi, ar apli — to rezultāti.

○ **Fagotrofi** patērē autotrofu radītos organiskos savienojumus, sintezējot ne mazāk komplicētas vielas. Tāpēc šos organismus sauc arī par patērētājiem jeb **konsumentiem**. Tie ir galvenie organisko vielu transformēšanas (otrā pamatfunkcija) realizētāji. Tā kā fagotrofu barības un enerģijas bāze ir dzīvi organismi, amerikāņu ekologi R. Vigerts un D. Ouens 1971. gadā tos ieteica saukt par **biofāgiem**.

○ **Saprotrofi** barojas ar detritu, tātad ar nedzīvajām organiskām vielām. Tāpēc minētie autori tos apzīmē par **saprotrofāgiem** jeb **detritofāgiem**. Detritofāgi turpina organisko vielu transformēšanas procesu. Piemēram, **nekrofāgi** jeb **maitēži** (raibais kapracis — *Necrophorus vespillo*) vai **koprotfāgi** jeb **mēslēži** (mēslvaboles, daudzi grauzēji), patērējot detritu, ražo ne mazāk sarežģītus organiskos savienojumus kā biofāgi. Tādējādi, darbojoties par vides sanitāriem, tie būtiski veicina ekosistēmas organisko vielu transformēšanu. Tās rezultātā veidojas **sekundārā produkcija**.

Detrita sadalīšanās galaprodukti ir oglekļa dioksīds, ūdens un augu minerālās barošanās elementi, kas no jauna iekļaujas primārās produkcijas ražošanā. Līdz ar to noslēdzas *vielu bioloģiskā aprīte* ekosistēmā.

● Organismus, kas veic organisko vielu mineralizēšanu (ekosistēmas trešo pamatfunkciju), sauc par **destruktoriem** jeb **reducētiem**. Galvenokārt tie ir baktērijas un sēnes. Vienlaicīgi destruktori izdala vielas, kas stimulē vai nomāc producentu un konsumentu darbību. Mineralizācijas procesā aktīva loma ir abiotiskajiem procesiem. Netieši tas izpaužas organismu dzīvības norišu regulēšanā, bet tieši — detrita mehāniskajā un ķīmiskajā sadalīšanās, piemēram, ugunsgrēka laikā. Dažādās ekosistēmās detrita sadalīšanās intensitāte ir dažāda. Tā sausā priežu mežā organiskās atliekas mineralizējas ļoti ātri. Tāpēc šeit detrita slānis ir tikai dažus centimetrus biezs vai tā nemaz nav. Turpretī pārmitrās vietās, kur mineralizēšanās notiek gausi, organiskās atliekas uzkrājas un ilgākā laikā var veidot desmit un vairāk metru biezu slāni, kā tas ir sūnu purvos. Savā laikā no organiskajām atliekām radušās akmeņogles un nafta. Visos šajos gadījumos mineralizēšanās atpaliek no pārējām ekosistēmas pamatfunkcijām un tāpēc rodas detrita un tajā esošās ķīmiskās enerģijas uzkrājumi, citiem vārdiem, kāda zināma vielas daļa vismaz uz laiku tiek izslēgta no aprītes. Tas ir normāls process, kura līdzdalībā evolucionējusi biosfēra. Tāpēc cilvēks savā darbībā, izmantojot gadu miljonos veidojušos uzkrājumus, nevar neizmainīt līdzsvaru biosfērā. Piemēram, naftas, akmeņogļu, koksnes un citu degmateriālu sadedzināšana nemitīgi samazina skābekļa, bet palielina oglekļa dioksīda saturu atmosfērā (sk. 2.5. att.).

Jāuzsver, ka ekosistēmas visas pamatfunkcijas ir cieši saistītas. Tāpēc strikti nodalīt var tikai producentus. Organiskās vielas sintezēt var vienīgi autotrofi. Turpretī to transformēšanā un mineralizēšanā piedalās visi organismi. Piemēram, augos notiek sarežģīti organisko vielu pārveidošanās procesi un elpojot tie izdala oglekļa dioksīdu. To pašu var teikt par konsumentiem. Vēl jo vairāk to metabolismā produkti satur ne mazums minerālvielu. Daļa ekosistēmas darbības produktu aizplūst no tās un iesaistās citu ekosistēmu pamatfunkcijās. Līdz ar to tie iekļaujas *vielu ekoloģiskajā aprītē*, kas biosfēru integrē vienotā sistēmā.

Bez detrita, kas ir ekosistēmas normālas darbības produkts, ekosistēmā uzkrājas nevajadzīgas no ārienes iekļuvušas vielas. Šīs vielas sauc par *piesārņotājiem* jeb *polutantiem*. Mazās koncentrācijās polutanti ekosistēmu neietekmē vai atsevišķos gadījumos pat stimulē tās darbību. Turklāt, apstāties piesārņošanas avotam, ekosistēma pamazām attīrās, polutantiem aizplūstot vai nogulsņējoties tajā. Turpretī lielās devās piesārņojuma iedarbība ir izteikti negatīva. Tā ietekmē ekosistēmas visas pamatfunkcijas un izmaina tās struktūru. Tā rezultātā būtiski pārveidojas biotops, samazinās biocenozes raksturīgo sugu un īpatņu skaits, ieviešas svešas sugas. Pavājinoties pašregulēšanās mehānismam, samazinās ekosistēmas pretošanās spējas jeb tolerance un ekosistēma iet bojā.

Izšķir *dabiskos* (vulkānu darbība, mežu ugunsgrēki, putekļu vētras, litosfēras dēdēšana) un *antropogēnos* jeb cilvēka radītos (rūpnieciskā un lauksaimnieciskā ražošana, transports, komunālie atkritumi) piesārņojuma avotus. Sevišķi bīstams ir antropogēnais piesārņojums, jo ekosistēmas evolūcijas procesā tam nav piemērojušās. Tas ir kvalitatīvi jauns un turklāt ļoti intensīvs piesārņojuma veids. Parasti antropogēnie piesārņotājobjekti darbojas nemitīgi, un pēc noteikta laika pat nelielas polutantu koncentrācijas ir ekosistēmai postošas.

Paralēli ekosistēmas koncepcijai padomju botāniķis V. Sukačovs (1880—1967) attīstīja mācību par *bioģeocenozi* jeb *bioģeocenoloģiju*. Viņa 1942. g. ieteiktā termina «bioģeocenoze» interpretācija ir līdzīga A. Tenslija ekosistēmas jēdzienam. Taču sinonīmi tie nav. A. Tenslija ekosistēma ir plašāks jēdziens, kas apzīmē jebkuru ekoloģisku sistēmu, kurā notiek pastāvīga enerģijas, vielu un informācijas aprīte. Tāpēc nereti A. Tenslija izpratnē ar ekosistēmu apzīmē gan skudru pūzni, gan mežaudzi, gan okeānu vai pat biosfēru kopumā. Līdz ar to A. Tenslija ekosistēma ir bezranga jēdziens, kas apgrūtina tās kā biosfēras elementārās vienības viennozīmīgu interpretāciju. Lai daļēji apietu terminoloģiskās grūtības, nereti izmanto papildu apzīmējumus: mikroekosistēma (skudru pūznis), mezoekosistēma (mežaudze) un makroekosistēma (okeāns). Taču arī šāds risinājums nespēj novērst pārpratumus, jo nevar skaidri definēt atšķirības starp minētajām trim ekosistēmu kategorijām.

○ *Bioģeocenoze* attiecas uz teritoriāli norobežotām sauszemes ekoloģiskajām sistēmām. Bioģeocenozes robežas praktiski sakrīt ar fitocenozes robežām. Jēdziena izpratnes ziņā tā vistuvāk ir mezoekosistēmas interpretācijai.

4.2. EKOSISTĒMAS TROFISKĀ STRUKTŪRA

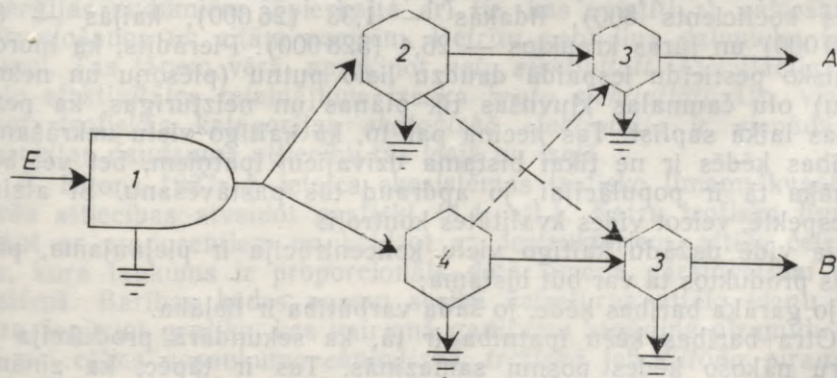
4.2.1. TROFISKAIS TĪKLS

Ekosistēmas trofisko struktūru veido biocenozes locekļu barošanās attiecības. Jau izsenis cilvēku apziņā izveidojies priekšstats, ka dabā cits citu apēd. Mūsdienu ekoloģijas skatījumā tas nozīmē, ka ekosistēmā notiek nepārtraukta vielu, enerģijas un informācijas plūsma. Kā jau atzīmēts iepriekš, tā sākas ar primārās produkcijas ražošanu. Tālāk primārā produkcija transformējas sekundārajā, citiem vārdiem, augu valsts organiskās vielas pārveidojas dzīvnieku organiskajās vielās. Beidzot destruktori detritu noārda līdz sākuma sastāvdaļām — ūdenim, oglekļa dioksīdam, minerālvielām, kuras producenti atkārtoti iekļauj vielu aprītē. Tāda ir vispārīgā shēma. Lai pasvītrotu barošanās attiecību izšķirošo nozīmi tajā, producentus, konsumentus un destruktorus sauc par barošanās jeb trofiskajiem līmeņiem. Konsumentiem izšķir arī apakšlīmeņus. Organismi, kas pārtiek no primārās produkcijas, pieder *pirmās kār-*

tās konsumentiem (parasti tie ir zālēdāji jeb fitofāgi). Savukārt plēsoņas ir otrās kārtas konsumenti (gaļēdāji) un parazīti — trešās kārtas konsumenti. Plēsoņas un parazītus sauc arī par zoofāgiem. Reālajās ekosistēmās vispārīgā shēma iegūst ļoti sarežģītu raksturu, un ir grūti noteikt, kādi konsumenti un kādā secībā piedalās organiskās vielas transformēšanā. Sacītais attiecas arī uz destruktoriem.

Organisko vielu radīšanā un pārveidošanā piedalās visas biocenozes sugas. Katrs organisms izpilda zināmu ekoloģisku funkciju kopējā enerģijas un vielu plūsmā. Ekosistēmā tā sadalās atsevišķos kanālos — barības jeb trofiskajās ķēdēs. Visas trofiskās ķēdes sastāv no vairākiem posmiem — attiecīgām sugām. Piemēram, lakstaugus apēd zaķi, zaķus nomēdī vilki, no vilku organiskajām vielām pārtiek parazīti. Šī trofiskā ķēde sastāv no četriem posmiem: lakstaugiem (producenti), zaķiem, (pirmās kārtas konsumenti), vilkiem (otras kārtas konsumenti) un vilku parazītiem (trešās kārtas konsumenti). Visos trofiskās ķēdes posmos rodas detrīts, ko patērē detritofāgi un destruktori. Pazīstamas arī tādas sugas, kas ķēdes posmus var mainīt vai pat pāriet no viena trofiskā līmeņa otrā — aukstotrofi. Piemēram, Zviedrijas ezeros konstatētas alģes, kas vasarā fotosintezē, bet polārās ziemas aukstumā un zemledus tumsā darbojas kā heterotrofi.

Izšķir ganību un detrīta tipa trofiskās ķēdes. Pirmā sākas ar producentiem, otrā — ar detritofāgiem. Katrā ekosistēmā vienlaicīgi darbojas abu tipu trofiskās ķēdes (4.2. att.), vienīgi to īpatsvars ir atšķirīgs. Ganību tips ir raksturīgs ūdensvides un lakstaugu ekosistēmām ar augstu zālēdāju populāciju blīvumu. Šeit konsumenti 50% primārās produkcijas un vairāk patērē barībā. Turpretī mežā biomasas ikgadējā pieauguma lielākā daļa (pēc dažu autoru datiem — pat vairāk nekā 90%) atmirst un veido detrītu, ar kuru sākas otrā tipa barības ķēdes. Ekosistēmā visas trofiskās ķēdes ir savstarpēji saistītas — tās krustojas. Tas nozīmē, ka vairākām (arī



4.2. Trofisko ķēžu tipi (pēc J. Oduma, 1986):

A — ganību tips, B — detrīta tips, E — Saules gaissma;
1 — autotrofi, 2 — fitofāgi, 3 — plēsoņas, 4 — detritofāgi.

viena tipa) ķēdēm vismaz viens posms ir kopējs. Piemēram, zaķus var nomedit ne tikai vilki, bet arī lapsas, tādējādi turpinot citu trofisko ķēdi: lakstaugi—peles—lapsas—vilki (atkal ķēdes krustojas)—parazīti. Savukārt pūces ķer peles, kas nodrošina vēl kādas citas ķēdes darbošanos. Trofisko ķēžu krustojšanās dēļ ikvienā ekosistēmā funkcionē sarežģīta barošanās attiecību sistēma, ko F. Drio nosaucis par *trofisko tīklu*.

Ja kādas trofiskās ķēdes posms izkrit (kāda suga tiek iznīcināta vai pamet doto ekosistēmu), tiek būtiski izmainīta vielu plūsma ekosistēmā. Sevišķi bīstami tas ir tad, ja tiek traucēta barības ķēžu sākuma posmu darbība, jo tas var draudēt ar visa trofiskā tīkla sabrukumu un līdz ar to arī ekosistēmas bojāeju. Piemēram, nerimīgi pieaugošā okeānu un jūru piesārņošana ar naftas produktiem, ķīmiskās rūpniecības atkritumiem un citām kaitīgām vielām nomāc fitoplanktonu. Šī producenta daļēja iznīcināšana ne tikai traucē gāzu apmaiņu starp hidrosfēru un atmosfēru, kas izraisa neparedzamas klimatiskās izmaiņas, bet ir ekoloģisks cēlonis masveidīgi dzīvības bojāejai okeānos un jūrās.

Vielu plūsmai ekosistēmā piemīt vairākas īpašības.

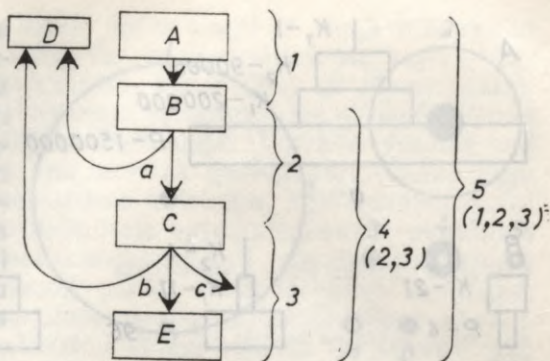
● Viena no tām ir dažādu elementu un noturīgu savienojumu koncentrēšanās barības ķēdēs. Te jāmin pesticīdi, smagie metāli un radioaktīvie izotopi, kas jau nelielās koncentrācijās kaitīgi ietekmē dzīvības norises. Attālinoties no trofiskās ķēdes sākuma, to saturs strauji pieaug. Pirmo reizi šo parādību novēroja ASV. J. Odums apraksta gadījumu, kur Kolumbijas upē piecdesmitajos gados ieplūdināja notekūdeņus, kas tikko konstatējamā daudzumā saturēja radioaktīvo jodu, fosforu, cēziju un stronciju. Fitoplanktona asimilēti, tie pakāpeniski uzkrājās barības ķēdēs, to beigu posmos sasniedzot neiedomājamas koncentrācijas. Tā upes salās ligzdojošo zosu olās radioaktīvā fosfora koncentrācijas koeficients, t. i., attiecība starp tā saturu olās un ūdenī, pārsniedza 2 milj. J. Odums min arī piemēru par DDT uzkrāšanos. Ūdenī DDT koncentrācija bijusi 0,00005 milj. nāšņos daļas jeb ppm (sk. 160. lpp.), planktonā — 0,04 (koncentrācijas koeficients 800), līdakās — 1,33 (26 600), kaijās — 6,0 (120 000) un jūras kraukļos — 26,4 (528 000). Pierādīts, ka hlororganisko pesticīdu iespaidā daudzu lielo putnu (plēsoņu un nekrofāgu) olu čaumalas kļuvas tik plānas un nezturīgas, ka perēšanas laikā saplīst. Tas liecina par to, ka kaitīgo vielu uzkrāšanās barības ķēdēs ir ne tikai bīstama dzīvajiem īpatņiem, bet vēl bīstamāka tā ir populācijai, jo apdraud tās pastāvēšanu. Šī atziņa jārespektē, veicot vides kvalitātes kontroli:

○ ja vidē dažādu kaitīgo vielu koncentrācija ir pieļaujama, pārtikas produktos tā var būt bīstama;

○ jo garāka barības ķēde, jo šāda varbūtība ir lielāka.

● Otra barības ķēžu īpatnība ir tā, ka sekundārā produkcija ar katru nākošo ķēdes posmu samazinās. Tas ir tāpēc, ka zināma daļa asimilēto vielu un enerģijas ir nepieciešama dzīvības procesu uzturēšanai. Noskaidrots, ka uz nākošo ķēdes posmu pāriet ne vairāk kā 20% iepriekšējā posma produkcijas, vairumā gadījumu —

ap 10%. Tātad kā atsevišķi barības ķēžu posmi, tā trofiskie līmeņi darbojas ar atšķirīgu *ekoloģisko efektivitāti*. Kvantitatīvi to raksturo attiecība starp iepriekšējā un dotajā trofiskajā kategorijā (līmenī, ķēdē, ķēdes posmā) uzkrāto enerģiju. Amerikāņu ekoloģis R. Riklefss (1976) izšķir vaiākus trofiskās efektivitātes veidus (4.3. att.).

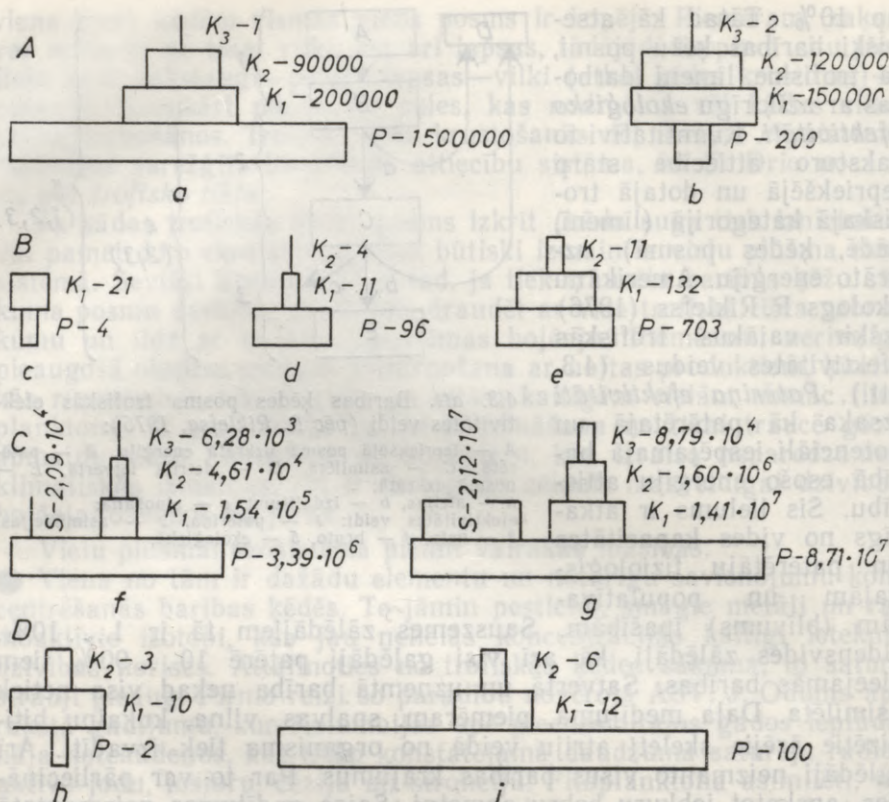


4.3. att. Barības ķēdes posma trofiskās efektivitātes veidi (pēc R. Riklefss, 1976):

A — iepriekšējā posmā uzkrātā enerģija, B — patērētā, C — asimilētā, D — detritā ietvertā, E — posmā uzkrātā;
a — arijas, b — izdalījumi, c — elpošana;
efektivitātes veidi: 1 — patērētāja, 2 — asimilācijas, 3 — neto, 4 — bruto, 5 — ekoloģiskā.

Patērētāja efektivitāti izsaka kā patērētājā un potenciāli iespējamajā barībā esošo enerģiju attiecību. Šis lielums ir atkarīgs no vides kapacitātes un patērētāju fizioloģiskajām un populatīvajām (blīvums) īpašībām. Sauszemes zālēdājiem tā ir 1...10%. Ūdensvides zālēdāji, kā arī visi gaļēdāji patērē 10...90% tiem pieejamās barības. Satvertā un uzņemtā barība nekad visa netiek asimilēta. Daļa medījuma, piemēram, spalvas, vilna, kukaiņu hitinizētie ārējie skeleti atriju veidā no organisma tiek izvadīti. Arī zālēdāji neizmanto visus barības krājumus. Par to var pārliecināties, apskatot jebkuru bebru apmetni. Šajos gadījumos neizmantotā barība pāriet detritā. Minēto apstākli raksturo *asimilācijas efektivitāte*. Savukārt arī visa uzņemtā barība netiek pārvērsta produkcijā. Piemēram, liela daļa autotrofu saražotās kopējās (bruto) produkcijas tiek izlietota elpošanai un tikai pāri palikusī biomasa veido pieaugumu jeb tīro (neto) produkciju. Dzīvnieku pasaulē enerģijas zudumiem jāpieskaita arī tie, kas saistīti ar vairošanos, pārvietošanos un citām norisēm. Detritu papildina dzīvnieku izdalījumi. Tas jāņem vērā, aprēķinot *neto efektivitāti*. Asimilācijas un neto efektivitātes reizinājums izsaka *bruto efektivitāti*. Un, visbeidzot, trofiskās kategorijas *ekoloģiskā efektivitāte* ir vienāda ar enerģijas daudzuma attiecību tās ieejā un izejā.

Č. Eltons 1927. g. ieteica ekosistēmas trofisko līmeņu kvantitatīvās attiecības atveidot grafiski (4.4. att.). Katru trofisko līmeni, sākot ar producentiem un beidzot ar destruktoriem, attēlo četrstūris, kura laukums ir proporcionāls dotā līmeņa pārstāvētībai ekosistēmā. Barības ķēdes posmu secībā četrstūrus attēlo vienu virs otra, iegūstot grafiku, kas vairumā gadījumu atgādina piramīdu. No tā arī cēlies nosaukums *ekoloģiskā, trofiskā* jeb *Eltona* piramīda. Atkarībā no tā, kāda pazīme raksturo trofiskos līmeņus, izšķir trīs ekoloģisko piramīdu tipus — pēc lieluma (blīvuma), biomasas un enerģijas.



4.4. att. Ekoloģiskās piramīdas (pēc J. Oduma, 1975):

A — blīvuma (īpatņu skaits uz 0,1 ha), B — biomasas (sausna, $g \cdot m^{-2}$), C — enerģijas ($J \cdot m^{-2}$ un $J \cdot m^{-2} \cdot gadi^{-1}$), D — biomasas (sausna, $mg \cdot m^{-3}$); P — producenti, K_1 , K_2 , K_3 — pirmās, otrās un trešās kārtas konsumenti, S — destruktori (baktērijas un sēnes); a — stepe vasarā, b — mērenās joslas mežs Oksfordas tuvumā vasarā, c — Lamanšs, d — ezers Viskonsinā, e — koraļļu rifs, f — upe Floridā (biomasā akumulētā enerģija), g — tā pati upe (enerģijas plūsma gada laikā), h — ezers Itālijā ziemā, i — tas pats ezers pavasarī.

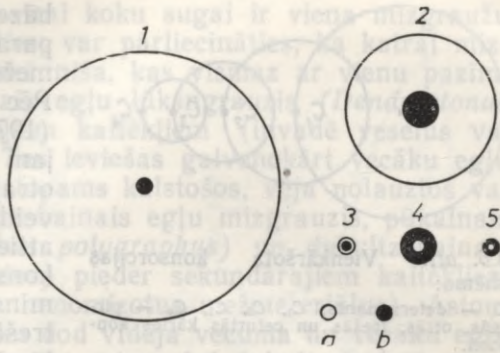
○ *Ekosistēmas lieluma piramīdas* lieto reti, jo nav salīdzināma atsevišķas baktērijas, aļģes vai simtgadīga ozola loma ekosistēmā. Tāpēc šīs piramīdas uzrāda pārspilēti lielu sīko organismu nozīmi ekosistēmas trofiskajā struktūrā.

○ *Biomasas piramīdas* jau reālāk atspoguļo patieso stāvokli. Taču arī šeit izpaužas organismu dimensiju ietekme. Šoreiz gan hipertrofējas lielo organismu īpatsvars. Kā vienā, tā otrā gadījumā iespējamas apvērstās piramīdas, kurām vismaz viens no augšējiem pakāpieniem ir lielāks par pamatčetrstūri (4.4. att. b, c, h). Tas izriet no tā, ka blīvuma un biomasas piramīdas trofisko līmeņu attiecības attēlo statistiski, t. i., datu iegūšanas brīdī. Līdz ar to netiek fiksēta vielu un enerģijas plūsmas intensitāte. Zemākajos līmeņos tā ir lielāka, kas arī nodrošina šādu ekosistēmu iespējamību. Sacīto izsaka

trofisko līmeņu produkcijas un biomasas attiecības. Dažādiem organismiem tās ir ļoti atšķirīgas (4.5. att.). Apvērstās piramīdas raksturīgas ekosistēmām ar sīkiem producentiem, piemēram, fitoplanktonu aļģēm. Blīvuma un biomasas piramīdas labi atspoguļo trofisko līmeņu sezonālās un antropogēnās izmaiņas.

○ Reālo īstenību vispatiesāk atsedz *enerģijas piramīdas*. Tās var izteikt divējādi: gan ar biomasā akumulēto enerģiju (4.4. att. f), gan ar enerģijas plūsmu laika vienībā, piemēram vienā gadā (4.4. att. g). Sevišķi adekvātas ir otrās. Taču, neskatoties uz to, enerģijas piramīdas pagaidām lieto maz. Tas izskaidrojams ar metodiskām un praktiskām grūtībām, kas saistītas ar trofisko līmeņu enerģijas satura noteikšanu.

Tāpēc vēl joprojām populārākās ir biomasas piramīdas. Jāatzīmē, ka modernās izziņas procesā ekoloģisko piramīdu princips realizējas ar matemātiskās modelēšanas metodēm.



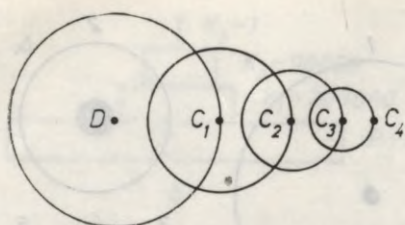
4.5. att. Dažādu organismu grupu produkcijas (a) un biomasas (b) attiecība Barenca jūrā (pēc S. Zernova, 1949):

1 — baktērijas, 2 — fitoplanktons, 3 — zooplanktons, 4 — bentoss, 5 — zivis.

4.2.2. KONSORCIJA. EKOLOĢISKĀ NIŠA

Trofiskā tikla funkcionēšanu ekosistēmā nodrošina koakcijas. Konsorcija ir dažādu sugu īpatņu biogrupa, kuras locekļi ir savstarpēji cieši saistīti (4.6. att.). Tas izpaužas gan trofiski, gan topiski. Katrā konsorcijā ir pārstāvēts plašais un daudzveidīgais koakciju spektrs. Tādējādi konsorcijas locekļiem tiek nodrošināti piemēroti barošanās un mitināšanās apstākļi. Konsorcijas terminoloģiju ieviesa L. Ramenskis. To plaši lieto kopš 1952. gada.

Konsorcijas centrā ir autotrofās sugas. Parasti tām piemīt arī vides pārmainīšanas jeb *edifikatorspējas*. Piemēram, jaukto skuju un lapu koku mežaudzēs tāda suga ir parastā egle. Egļu vainagi būtiski maina gaismas, mitruma un temperatūras režīmu. Egļu skābās nobiras veicina augsnes podzolēšanos. Vienlaicīgi dažādus egļu orgānus (skujas, sēklas, mizu, stumbra koksni, saknes) daudzas konsumentu sugas izmanto barībai. Organismus, kas veido konsorcijas centru, sauc par *determinantiem*, bet organismus, kas tos izmanto, — par *konsortiem*. Parasti atsevišķi konsorti konsorcijā iekļaujas kopā ar tiem raksturīgajiem pavadoņiem. Tā, piemēram, vāvere, kas barībā lieto egles sēklas un tās vainagā taisa mitekli, ir tipisks egles konsorts. Vienlaicīgi tā ir barības



4.6. att. Vienkāršota konsorcijas shēma:

D — determinants; *C*₁, *C*₂, *C*₃, *C*₄ — pirmās, otrās, trešās un ceturtais kārtas konsorti.

bāze un dzīves telpa dažādiem parazitētiem un barības sastāvdaļa meža caunai (*Martes martes*). Pēc igauņu ekologa V. Māzinga (1970), vāvere pieder egles pirmajam koncentram, tās pavadoņi — otrajam koncentram, bet visi kopā veido atsevišķu biogrupu, kas attiecībā pret egli ir otrās kārtas konsorcija, kurā vāverei ir determinanta loma. Savukārt cauna ir trešās kārtas determinants un kopā ar savu svītu veido šīs kārtas konsorciju utt.

Katrā konsorcijā ietilpst vairākas sugas. Ikvienas sugas pārstāvji konsorcijā un līdz ar to visā ekosistēmā veic noteiktas funkcijas — tie ieņem zināmu vietu trofiskajā tīklā un nodrošina citu sugu īpatņu mitināšanās apstākļus. Šī atziņa sastopama jau E. Henkeļa 1866. gada publikācijās. Č. Eltons 1927. gadā katras sugas funkcionālo vietu ekosistēmā ieteica apzīmēt par sugas ekoloģisko nišu. Šis termins ekoloģijā pazīstams jau kopš 1917. gada. Tās autors ir amerikāņu ekologs Dž. Grinnels (1877—1939). Viņš ekoloģiskās nišas jēdzienu nesaistīja ar sugas funkcionālo nozīmi ekosistēmā, bet gan ar vides apstākļu kompleksu, kas nodrošina dotās sugas ilgstošu un normālu eksistenci. Savukārt 1957. gadā amerikāņu ekologs Dž. Hatčinsons ekoloģisko nišu interpretēja kā matemātisku jēdzienu. Nosacīti viņš to saprata kā daudzparametru hipertelpu, kuras atsevišķie parametri izsaka sugas ilgstošai eksistencei nepieciešamo ekoloģisko faktoru kopu. Šodienas ekoloģiskajā literatūrā sastopami visi trīs ekoloģiskās nišas skaidrojumi. Tāpēc katrā konkrētajā gadījumā ir svarīgi izdibināt, par kuru no tiem ir runa. Jāsaka gan, ka šobrīd populārākā ir Č. Eltona interpretācija. To izmantosim arī šeit.

Katrā konsorcijā un vēl jo vairāk ekosistēmā ir daudz ekoloģisku nišu. Turklāt katru nišu var pārstāvēt viena vai vairākas sugas. Piemēram, nišu, kas saistīta ar parastās egles sēklu lietošanu barībā, raksturo liela taksonomiskā bagātība: zīditāji (vāvere), putni (dīzraibais dzenis), tauriņi (egļu čiekuru tinējs — *Laspeyresia strobilella*), vaboles (egļu čiekuru ķirmis — *Ernobius abietis*). Nereti ekoloģiskās nišas pārsedzas. Tas nozīmē, ka viena suga var aizpildīt vairākas nišas. Bieži šo parādību novēro nišu ontogēnētiskās diferencēšanās gadījumos. Piemēram, mežu un lauku maijvaboles kāpuru stadijā ir sakņgrauži, bet imago stadijā — lapgrauži. Cits piemērs. Varžu kurkuļi ir zālēdāji, pieaugušās vārdes — plēsoņas. Sajā gadījumā atšķiras pat trofiskie līmeņi. Nišas var diferencēties arī pa dzimumiem (odu mātītes ir parazitāri, tēviņi pārtiek no nektāra vai nebarojas nemaz). Saasinātais starpsugu konkurences apstākļos katra suga lokalizējas vienā nišā. Piemēram, priežu mizgraužu sugu skaits ir apmēram 50, egļu — 40.

Paviršā skatījumā šķiet, ka katrai koku sugai ir viena mizgraužu niša. Taču, nedaudz iedziļinoties, var pārlicināties, ka katrai mizgraužu sugai ir sava ekoloģiskā niša, kas vismaz ar vienu pazīmi atšķiras no pārējām. Tā lielais egļu lūksngrauzis (*Dendroctonus micans*) pieskaitāms primārajiem kaitēkļiem (invadē veselus vai nedaudz novājinātus kokus). Tas ieviešas galvenokārt vecāku egļu stumbru lejasdaļā, bet nav sastopams kalstošos, vēja nolauztos vai izgāztos kokos. Turpretī astoņzobainais egļu mizgrauzis, pūkainais egļu lūksngrauzis (*Polygraphus polygraphus*) un dubultzobainais egļu mizgrauzis (*Ips duplicatus*) pieder sekundārajiem kaitēkļiem (invadē novājinātus kokus un nenomizotus mežmateriālus). Astoņzobainais mizgrauzis priekšroku dod vidēja vecuma un vecāku egļu stumbru lejasdaļām, kur ir biezāka miza. Arī dubultzobainais mizgrauzis parasti izvēlas tos pašus kokus, taču ieviešas to vidusdaļā un augstāk, kur miza ir plānāka. Savukārt pūkainais lūksngrauzis visbiežāk sastopams kāršu un vidēja vecuma eglēs.

Kaut gan ikvienai sugai ekosistēmā ir zināma funkcionālā loma, ekoloģiskā niša laika gaitā var mainīties. Sevišķi intensīvi nišu transformēšanās notiek piespiedu apstākļos, piemēram, trūkstot barībai, kad sugas pāreja uz citu nišu ir vitāls izdzīvošanas nosacījums. Protams, ne vienmēr tāda pāreja ir iespējama, jo dabā tukšu ekoloģisku nišu nav. Tāpēc nišu transformēšanos pavada saasināta konkurence. Uzvar konkurētspējīgākā suga. Praktisku nozīmi šī atziņa gūst augu un dzīvnieku introdukcijā. Arī vides degradācija, kas saistīta ar cilvēka darbību, izsauc ekosistēmu trofiskās struktūras izmaiņas.

4.3. BIOCENOZES TAKSONOMISKĀ DAUDZVEIDĪBA

Ekosistēmas biocenoze sastāv no dažādām augu, dzīvnieku un mikroorganismu populācijām. Taksonomiskā daudzveidība jeb diversitāte ietver divus aspektus:

○ biocenozes kopējo sugu skaitu un tā sadalījumu dažāda ranga taksonos;

○ sugu pārstāvētības lielumu un raksturu.

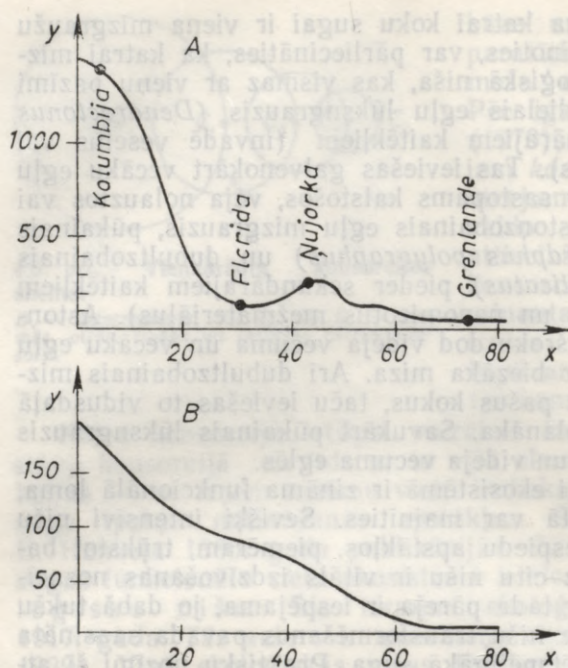
Sugu skaits izsaka ekosistēmas taksonomisko bagātību. To nosaka vides apstākļi. Labvēlīgā temperatūras un mitruma režīmā izveidojušās auglīgākās augsnes, tāpēc floristiskā un faunistiskā daudzveidība, kā arī primārā un sekundārā produkcija ir lielāka. Visvairāk sugu ir ekvatoriālajos platuma grādos. Polu virzienā sugu skaits samazinās. Tā ir vispārīga likumsakarība, kaut arī dažādās taksonomiskās grupās un meridiānos tā var izpausties atšķirīgi (4.7. att.). Līdzīgos ekoloģiskos apstākļos sugu skaits ir atkarīgs no aplūkojamās teritorijas platības. Šo atziņu apraksta *alometriskā funkcija*

$$S = ax^b, \quad (4.1.)$$

kur (šeit un turpmāk) S — sugu skaits;

x — teritorijas platība, km^2 ;

a un b — empīriski koeficienti.



4.7. att. Sugu skaita samazināšanās ziemeļu virzienā (pēc A. Fišera, 1960):

Y — putnu (A) un skudru (B) sugu skaits Ziemeļamerikā, X — ziemeļu platums.

Sugu bagātību biocenozē raksturo ar dažādiem indeksiem, piemēram, ar indeksu d :

$$d = \frac{S-1}{\lg M}, \quad (4.2)$$

kur M — īpatņu skaits.

Šis indekss neatspoguļo otru diversitātes aspektu, proti, to, cik lielā mērā katra suga biocenozē ir pārstāvēta. To raksturo virkne citu rādītāju. Lielāko atzinību ieguvusi informācijas teorijas pamatlicēja, amerikāņu matemātiķa K. Šenona 1947. gadā ieteiktās entropijas formulas

$$\bar{H} = -\sum P_i \log_2 P_i \quad (4.3)$$

modifikācija:

$$\bar{H} = -\sum n_i / N \ln(n_i / N), \quad (4.4)$$

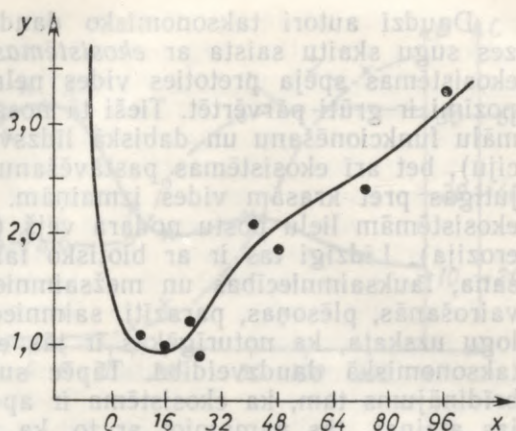
kur H — entropijas jeb K. Šenona indekss;

n_i — dotās sugas pārstāvētības mērs biocenozē. Sugas pārstāvētību raksturo ar tās īpatņu skaitu, projektīvo segumu (tikai fitocenozes vērtēšanā), biomasu vai enerģiju, izsakot to attiecīgajās mērvienībās, procentos vai ballēs.

N — visu sugu pārstāvētības mēru summa.

4.8. att. Upes bentosa reakcija uz ūdens piesārņotību (pēc Dž. Vilma, 1967):

Y — entropijas indekss \bar{H} ; X — attālums no piesārņojuma ietilpdes, km.



Būtībā attiecība n_i/N ir K. Senona lietotās varbūtības P_i (4.3.) empīriskā vērtība. Modifikācijas (4.4.) otra atšķirība ir tā, ka bāzes 2 vietā ņemta naturālo logaritmu bāze $l=2,71828$.

Entropijas indeksu izmanto vides kvalitātes kontrolei pēc bioindikācijas principa. Šajā gadījumā vērtē nevis vides parametru stāvokli, bet organismu reakciju, ko izsauc vides izmaiņas. Sevišķi piemērots entropijas indekss ir ūdenstilpju piesārņojuma raksturošanai (4.8. att.). Šajā attēlā redzams, kā upes bentosa daudzveidība mainās lejpus kādas nelielas ASV pilsētas, kas upē iepludina neatīrītus notekūdeņus. Sadzīves un rūpnieciskā piesārņojuma ietekme jūtama visā 100 km garajā upes posmā. Turklāt tikai pēc 15 km sākas bentosa atveseļošanās.

Entropijas indeksam bez augstās informativitātes pakāpes ir vairākas citas priekšrocības. Paraugu skaita palielināšana vairāk par pieciem praktiski neietekmē tā vērtību. Turklāt, kā atzīmē Dž. Hatčinsons (1970), tas atbilst normālajam sadalījumam un tādat datu apstrādē lietojamas matemātiskās statistikas tradicionālās metodes. Ne mazāk svarīgi ir tas, ka entropijas indekss ļauj pāriet uz E. Piela (1966) jeb *pārstāvētības izlīdzinātības indeksu* U :

$$U = \frac{\bar{H}}{\ln S} \quad (4.5.)$$

Ekosistēmās ar vienādu sugu skaitu un pat vienādu pārstāvētības mēru summu atsevišķo sugu līdzdalība var būt atšķirīga. Piemēram, ir divas biocenozes ar septiņām sugām un kopējo īpatņu skaitu 70. Iespējami šādi pārstāvētības mēru sadalījuma robežvarianti: 64—1—1—1—1—1—1 un 10—10—10—10—10—10—10. Pirmais variantā ir acīmredzama vienas sugas dominānce, bet pārējās sešas sugas pieskaitāmas reto sugu kategorijai. Viens vai dažu sugu dominānce bieži vērojama fitocenožu un it sevišķi mākslīgi veidoto agrocenožu līmenī.

Daudzi autori taksonomisko daudzveidību vai vismaz biocenozes sugu skaitu saista ar *ekosistēmas noturību* (toleranci). Tā ir ekosistēmas spēja pretoties vides nelabvēlīgai ietekmei. Noturības nozīmi ir grūti pārvērtēt. Tieši tā nosaka ne tikai ekosistēmas normālu funkcionēšanu un dabiskā līdzsvara saglabāšanu (pašregulāciju), bet arī ekosistēmas pastāvēšanu. Nenoturīgas ekosistēmas ir jutīgas pret krasām vides izmaiņām. Piemēram, mežu un tīrumu ekosistēmām lielu postu nodara vējš (vējgāzes, vējlauzas, augsnes erozija). Līdzīgi tas ir ar biotisko faktoru ietekmi (zālāju izmīdīšana, lauksaimniecības un mežsaimniecības kaitēkļu masveida savairošanās, plēsoņas, parazīti, saimnieciskā darbība). Vairums ekologu uzskata, ka noturīgākās ir tās ekosistēmas, kurām ir lielāka taksonomiskā daudzveidība. Tāpēc sugu skaita samazināšanās ir brīdinājums tam, ka ekosistēma ir apdraudēta. Izteiktas arī pretējas atziņas, tās pamatojot ar to, ka sugām bagātākās biocenozēs noris intensīvāka konkurence, kas var kalpot par destabilizācijas faktoru. Tam grūti piekrist. Vismaz šo domu nedrīkst vispārināt. Pēc Ā. Darvina, tieši vienas sugas īpatņu starpā eksistences cīņa ir visasākā.

4.4. SUKCESIJA

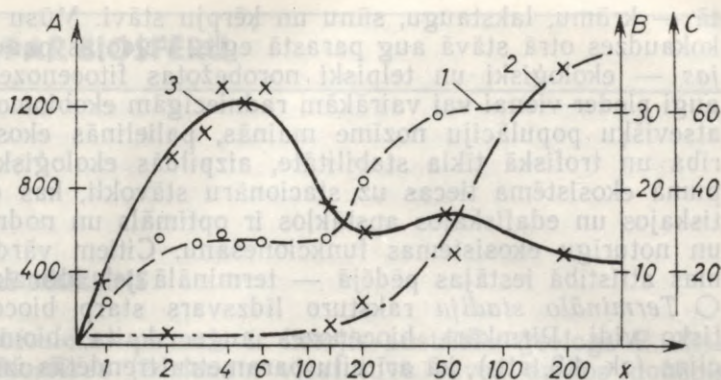
Katrs organisms savas dzīves laikā piedalās enerģijas un vielu bioloģiskajā apritē. Vide to apgādā ar eksistences resursiem, savukārt vidē tiek izdalīti metabolisma nevajadzīgie produkti. Līdz ar to, vienlaicīgi darbojoties dažādu populāciju daudzveidīgiem īpatņiem, pakāpeniski mainās vides īpašības (mikroklimats, augsne, biotiskie faktori). Daļai augu jaunie apstākļi kļūst nelabvēlīgi, jo bieži pārsniedz tolerances intervāla robežas (sk. 2.1. att.). Tāpēc šīs sugas nomaina citas, kurām tie ir optimāli. Tādējādi laika gaitā ekosistēmā notiek nepārtraukta biocenozes transformēšanās. Šo procesu sauc par sukcesiju; ekoloģijā terminu 1901. gadā ieviesa amerikāņu botāniķis H. Kaulss (1869—1939).

Sukcesija sākas vietās, kur veģetācija agrāk nav bijusi (klintis, sastingusi lava, akmeņu un smilts saneši, karjeri) vai arī tā iznīcināta (meža degumi, izcirtumi, pamesti tīrumi). Pirmajā gadījumā sukcesiju sauc par *primāru*, jo vienlaicīgi ar pirmreizējo veģetāciju veidojas arī augsne. Ja atjaunojas tikai biocenoze, sukcesija ir *sekundāra*. Katrai sukcesijai izšķir iniciālo, seriālo un terminālo (klīmaks) stadiju.

○ *Iniciālajai* jeb *sākuma stadijai* raksturīgs neliels populāciju skaits, kas pārstāv sugas, kurām ir izteikta vairošanās, izplatīšanās un konkurētspēja, kā arī ļoti pieticīgas ekoloģiskās prasības. Piemēram, primārā sukcesija uz sastingušas lavas vai citiem dabiskiem un mākslīgiem (šifera jumti, betona sienas) substrātiem sākas ārkārtīgi skarbos apstākļos. Tiem pielāgoties spēj aļģes un ķērpji, kas pastiprina fizikālo dēdēšanu un rada mikrovidi, kurā ieviešas sūnas. Pamazām uzkrājas detrits, aktivizējas mikroorganismu un

4.9. att. Ozolu un priežu mistr-
audzes sugu
skaita, bioma-
sas un produk-
cijas sukcesīvā
dinamikā (pēc
R. Vittekerā,
1975):

X — laiks (loga-
ritmiskais mē-
rogs), gados;
1 — tirā produkcija
(A), $g \cdot m^{-2} \cdot gadi^{-1}$;
2 — biomasa (B),
 $kg \cdot m^{-2}$; 3 — sugu
skaits uz 0,3 ha
(C).



bezmugurkaulnieku darbība. Vēl pēc zināma laika lavas kārtā sāk apaugt ar lakstaugiem, krūmiem un kokiem. Šis process ir ļoti ilgs un var turpināties gadu desmitiem un simtiem, kamēr izveidojas augsne un noturīga biocenozē. Turklāt sākuma stadijā niecīgs ir ne tikai populāciju, bet arī īpatņu skaits. Tāpēc koakcijas nepastāv un sukcesijas gaitu pilnīgi determinē ārējie jeb eksogēnie faktori. Šādu sukcesiju sauc par *alogēnu*. Sekundāro sukcesiju iniciālā stadijā notiek ātrāk, jo augsne un tās floras, kā arī faunas un mikroorganismu komplekss jau pastāv. Kaut arī tā darbība dažkārt ir tikusi būtiski traucēta (meža ugunsgrēki), tam ir izšķiroša nozīme. Pamesti tīrumi jau pirmajā veģetācijas periodā aizņē ar viengadīgajām nezālēm, meža izcirtumi — ar graudzālēm (molīnija — *Molinia coerulea*), degumi — ar šaurlapu ugunspuķi (*Chamaenerion angustifolium*), sila virsi un citām sugām, kuras populācijas blīvumu stabilizē pēc *r*-tipa. Pēc tam kad populāciju kopējais blīvums kļūst tik liels, ka starp īpatņiem veidojas koakcijas un līdz ar to arī biotiskā vide, iniciālā stadija pāriet seriālajā.

○ *Seriālajā stadijā* sukcesija notiek ātrāk. Seit viena biocenozē nomaina otru (no tā arī stadijas nosaukums), veidojot sukcesijas rindu. Atsevišķas biocenozes šajā rindā sauc par *procenozēm*. Procenozēm vēl joprojām raksturīga vāja noturība, ekosistēmās ir brīvas vietas. Tāpēc turpinās jaunu sugu invāzija un ekosistēmās taksonomiskā daudzveidība pieaug. Vienlaicīgi ar kopējā populāciju blīvuma palielināšanos pastiprinās organismu mijiedarbība un biotiskās vides veidošanās. Tās nozīme kļūst arvien lielāka, un sukcesijas turpmāko gaitu jau nosaka biocenozes radītie iekšējie jeb endogēnie faktori. Šādas sukcesijas sauc par *autogēnām*. Vienlaikus formējas augsne, uzkrājas nesadalījis detrits, humuss un augu minerālās barošanās elementi, uzlabojas augsnes fizikālās un ķīmiskās īpašības, temperatūras un mitruma režīms. Tāpēc augsne kļūst auglīgāka. Tā visa rezultātā palielinās ekosistēmās kopējā produktivitāte un biomasa (4.9. att.). Meža ekosistēmās zem audzes pirmā stāva koku vainagu klāja veidojas kokaudzes otrais stāvs, bet zem

tā — krūmu, lakstaugu, sūnu un ķērpju stāvi. Mūsu mežos parasti kokaudzes otrā stāvā aug parastā egle. Veidojas paauga un *sinūzijas* — ekoloģiski un telpiski norobežotas fitocenozes daļas, kuru augi pieder vienai vai vairākām radniecīgām ekobiomorfām. Lai gan atsevišķu populāciju nozīme mainās, palielinās ekosistēmas noturība un trofiskā tikla stabilitāte, aizpildās ekoloģiskās nišas. Kopumā ekosistēma tiecas uz stacionāru stāvokli, kas dotajos klimatiskajos un edafiskajos apstākļos ir optimāls un nodrošina ilgstošu un noturīgu ekosistēmas funkcionēšanu. Citiem vārdiem, ekosistēmas attīstībā iestājas pēdējā — terminālā jeb klimaksa stadija.

○ *Terminālo stadiju* raksturo līdzsvars starp biocenozi un abiotisko vidi. Pirmkārt, biocenozes augu skaita, biomasas, produkcijas (sk. 4.9. att.), kā arī citu parametru trendētās izmaiņas aizstājušas fluktuācijas ap kādu no populācijas stabilizācijas līmeņiem (sk. 3.6. att.). Otrkārt, stacionārā fāzē iegājusi arī biotiskās vides formēšanās. Tas nozīmē, ka ekosistēma ir konverģējusi. Mērenajā joslā vairumā gadījumu sukcesijas noslēdzas ar meža izveidošanos. Turklāt tas notiek neatkarīgi no tā, vai tās ir sākušās, aizaugot smilts sanešiem, grants (akmens) karjeriem, pamestiem tirumiem vai aizaugot un pāraugot sekļajiem ezeriem. Visos gadījumos rezultāts ir vairāk vai mazāk mezomorfas mežaudzes. Šī atziņa bija noteicošā, veidojot *monoklimaksa uzskatu*. To 1916. gadā izstrādāja F. Klementss. Modernajā ekoloģijā dominē *poliklimaksa koncepcija*. Tā pieļauj, ka līdzīgā klimatā arī sukcesiju kopaina ir līdzīga. Piemēram, mūsu apstākļos klimatiskā klimaksa stadijā ir skujkoku meži. Taču katra sukcesijas rinda, tās klimaksa stadiju ieskaitot, ir atšķirīga. To nosaka konkrētie augsnes faktori, kuru ietekmē veidojas dažādas skujkoku audzes. Tāpēc vienā *klimatiskajā klimaksā* izšķir vairākus *edafiskos klimaksus*. Tā mūsu nabadzīgajā smilts vai augstā purva augsnēs audzes veido tikai parastā priede. Augu minerālās barošanās elementiem bagātās augsnēs pārsvarā ir parastā egle, bet mezotrofās augsnēs sastopama kā viena, tā otra.

● Ekosistēmas sukcesija ir noturīgs process. Tas jāņem vērā cilvēka praktiskajā darbībā. Pamatstratēģija ir šāda: tautsaimnieciskās vēlnes jāsaskaņo ar sukcesiju dabisko gaitu. Ja tas izdodas, maksimālais rezultāts tiek sasniegts ar minimālu spēku un līdzekļu patēriņu. Dažkārt vēlama atsevišķu stadiju paātrināšana. Piemēram, mežsaimniecībā, kad tiek apmežoti izcirtumi, degumi un citas platības, ierīkojot meža kultūras. Taču ne vienmēr šāda saskaņa īstenojas. Tas tā ir vienmēr, kad cilvēks dabai uzspiež savu gribu.

5. MĀCĪBA PAR BIOSFĒRU

5.1. BIOSFĒRAS JĒDZIENS

Terminu «biosfēra» pirmais ir lietojis austriešu ģeologs E. Zīss 1875. gadā. Biosfēras jēdzienam visai tuvu savos darbos nonācis Ž. Lamarks XIX gs. sākumā. Taču stabili šis jēdziens zinātnē ienācis tikai mūsu gadsimta vidū. Mūsdienu mācību par biosfēru izveidojis V. Vernadskis, viens no izcilākajiem XX gadsimta dabaszinātniekiem. Biosfēra ir vienota sistēma, kas aptver Zemi. Tajā ietilpst planētas cietā apvalka (litosfēras) virskārta (terosfēra), ūdeņi (hidrosfēra) un gaisa apakšējais slānis (atmosfēra), kur mājō dzīvība. Litosfērā baktērijas konstatētas līdz 4 km dziļumā, okeānos dzīvās būtnes sastopamas līdz pat dibenam, t. i., 10...11 km no ūdens virsmas. Taču, pēc V. Vernadskas uzskatiem, biosfēras apakšējā robeža jāmeklē vēl dziļāk, jo biosfērā ieskaitāmi arī biezie nogulumu iežu slāņi okeāna dibenā. Šie organogēnie ieži (kaļķakmens, dolomīts u. c.) taču veidojušies ar dzīvo būtnu palīdzību. Kalnos dzīvība sastopama līdz 6 km augstumam virs jūras līmeņa. Aeroplanktona galvenā masa koncentrējas atmosfēras apakšējā, 1...1,5 km biezā slānī. Taču baktēriju, ķērpju un sēņu sporas paceļas gaisā pat līdz 20...22 km. Augstāk jau sākas 3...5 km biezs ozona slānis, virs kura dzīvais parasti iet bojā. Biosfēru V. Vernadskis uzskata par vienotu veselu planetāru «organismu», kura atsevišķās daļas saista bioģeokīmiskas funkcijas (oglekļa, slāpekļa, fosfora un citu elementu aprites cikli). Visi biosfēras sistēmas regulācijas mehānismi un tās struktūrelementi ir savstarpēji saistīti. Tos nevar pietiekoši izprast, apskatot lokāli, bez vienotā dzīvās vielas planetārā «organisma» kompleksas analīzes.

Biosfēras funkcionēšanas un evolūcijas likumsakarības vēl nav pietiekoši izpētītas. V. Vernadskis šīs likumsakarības ir tikai ieskicējis. Viņš konstatēja, ka dzīvība spēj ilgstoši pastāvēt vienīgi biosfēras veidā. Tikai daudzveidīgi producenti, konsumenti un reducenti, kompleksi darbojoties, var nodrošināt visas bioģeokīmiskās reakcijas, kas nepieciešamas dzīvības funkcionēšanai. Pēc V. Vernadskas uzskata, dzīvie organismi ir biosfēras veidojumi, kurus ar to saista vielu un enerģijas apmaiņa, arī informatīvā mijiedarbība. Vienlaikus viņš dzīvajās būtnēs saskata kolosālu ģeoloģisku spēku, kas ir būtiski modificējis planetāros procesus, pārveidojis Zemes seju, kaut arī katra atsevišķa organisma ieguldījums ir niecīgi mazs. Tomēr dzīvo būtnu daudzums uz Zemes ir gandrīz vai bezgalīgs. Tām piemīt apbrīnojama spēja vairoties un pielāgoties.

Līdz ar to dzīvība iespējas visur. Dzīvības ekspansiju V. Vernadskis uzskata par biosfēras būtisku likumsakarību, jo *ģeoķīmiskā biogēnā enerģija tiecas biosfērā maksimāli izpausties* (pirmais bioģeoķīmiskais princips). Viņš uzsver, ka biosfēras evolūcija noris dabas resursu (vielas un enerģijas) izmantošanas paātrināšanas virzienā. Evolūcijas procesā, raksta V. Vernadskis, *izdzīvo tie organismi, kuri spēj palielināt biogēno ģeoķīmisko enerģiju* (otrais bioģeoķīmiskais princips). To panāk ne tikai evolucionāri pilnveidoties organismiem, bet arī palielinoties un dažādoties pašas biosfēras organizētības līmenim, pagarinot trofiskās ķēdes. Un tā ierobežotu resursu situācijā spēj dzīvot arvien vairāk un vairāk būtņu.

Biosfēra pilda svarīgu kosmisku lomu. Dzīvības sintētiskajos procesos tā saista Saules enerģiju un uzkrāj to organiskajās vielās. Viss atmosfēras skābeklis ir radies fotosintēzes rezultātā. Pašreiz brīvā skābekļa daudzumu atmosfērā (apmēram pusotra miljarda tonnas) planētas zaļie augi spēj atražot desmit gadu tūkstošos. Troposfēras augšējos slāņos ultravioleto staru ietekmē skābeklis pārvēršas ozonā. Šādi biosfēra ir izveidojusi sev aizsargu pret nāvējošo ultravioleto un cita veida kosmisko starojumu. Biosfēra, būdama kompleksa, vienota sistēma, veic kompensācijas un aizsardzības funkcijas, kas nepieciešamas dzīvo būtņu eksistēšanai uz Zemes. Taču, norāda V. Vernadskis, dzīvā viela nepārtraukti uztur enerģijas un vielu maiņu ar kosmisko vidi. Par to liecina tas, ka pašu dzīvo vielu rada un uztur Saules kosmiskā enerģija. Ir arī citādi kosmiskās ietekmes aspekti. Heliobioloģijas pamatlicējs A. Čiževskis pārliecinoši parādījis Saules aktivitātes ciklisko izmaiņu ietekmi uz dzīvo dabu. Tiek pētīta arī dzīvās vielas un kosmiskā fotonu starojuma daudzpusīgā mijiedarbība. V. Kaznačejevs un viņa līdzstrādnieki atklājuši biosistēmu informatīvās mijiedarbības elektromagnētisko dabu. Eksperimentāli konstatēts, ka šāda informācijas apmaiņa notiek pat starp audu kultūrām, kuras atrodas dažādās kolbās. Šo parādību V. Kaznačejevs nosaucis par *citopātisko spoguļefektu*.

V. Vernadska ideju ietekmē arvien vairāk nostiprinās priekšstats par biosfēras vienotību un likumsakarīgu funkcionēšanu, kam pamatā ir tās sakari ar kosmosu. Grāmatā «Biosfēra» viņš uzsver, ka dzīvās būtnes uz Zemes radijs sarežģīts kosmiskais process, kas savukārt ir likumsakarīga un nepieciešama daļa no polihierarhiski organizēta kosmiskā mehānisma, kam nebūt nav nejaušs raksturs. Pēc Nobela prēmijas laureāta M. Eigena (1982) aprēķiniem, Visuma izplešanās laiks (≈ 18 mljrd. gadu) ir nepietiekošs, lai nejaušu kombināciju ceļā izveidotos dzīvības substrāts — olbaltumvielas un nukleīnskābes.

Līdz mūsu gadsimta sešdesmitajiem gadiem daudzi ortodoksālie dabaszinātnieki konsekventi turpināja noliegt kosmisko ietekmi uz biosfēru. Savu noraidošo pozīciju viņi pamatoja ar to, ka Zeme no kosmosa saņem tikai Saules radiāciju, bet pārējā ietekme enerģētiskajā un vieliskajā ziņā ir visai niecīga, nebūtiska. «Informācijas revolūcijas» rezultātā stāvoklis dabas zinātnēs kardināli mainās.

Ierasto substancionālo diādi «viela—enerģija» sāk aizvietot triāde «viela—enerģija—informācija». Izrādās, ka necīgs enerģijas patēriņš var nodrošināt milzīgu informācijas apjomu. Piemēram, organismi producenti, izmantojot savu biotisko informāciju, veic organisko vielu sintēzi, patērējot simtkārt un tūkstoškārt mazāku enerģiju nekā rūpniecības uzņēmumi attiecīgās vielas sintēzei. Izvirzītas vairākas koncepcijas par kosmosa un biosfēras informatīvo mijiedarbību. Padomju zinātnieks V. Frolovs (1988) raksta, ka sistēmiski kibernetiskā izpratnē kosmiskās organizētības izpausmi biosfērā var iedomāties kā divu hierarhisko informatīvo ķēžu saistību. Abas (kosmosa un Zemes) organizētības ķēdes saistītas integrētā telpaīkā kosmoritmikas ansambli, kam ir vienots spektrs un kopējs sinhronizācijas un koherences* pamats. Autors pieņem, ka šāds kosmoritmikas ansambļa spektrs satur vienotu kosmisko kodu, kurš nes sevī telpaīkā organizētības galveno momentu informatīvās programmas. Šādas kosmiskās informatīvās programmas spēj realizēties konkrētu Visuma objektu tapšanā un attīstībā.

No V. Vernadska formulētajiem biogeoķīmiskajiem principiem izriet, ka dzīvības evolūcijas gaitā biosfēras geoķīmiskā biogēnā enerģija tiecas maksimāli izpausties. Šī atziņa ir visai tuva biologa E. Bauera formulētajam (1935) biotisko sistēmu ārējā darba efekta maksimūma principam. Minētā principa būtība ir tā, ka biosistēmu evolucionārās attīstības rezultātā arvien efektīvāk tiek izmantota katra saņemtā enerģijas vienība, līdz ar to palielinās biosistēmu ietekme uz apkārtējo vidi. Tāpēc biosistēmām nepārtraukti jāatjauno sava struktūra. Šī pašatjaunošanās procesa rezultātā, biosistēmas attiecībā pret savas dzīves vidi saglabā nelīdzsvara antientropisko stāvokli.

Cilvēka darbības ietekme uz biosfēras struktūru un procesiem tajā aizvien pieaug. Šī darbība, uzsver V. Vernadskis, kļūst par varenu geoloģisku spēku. Šādas idejas iedīglus jau redzam M. Lomonosova, A. Humbolta un citu dabaspētnieku darbos. Īpaši jāatzīmē amerikāņu garīdnieka Dž. Marša grāmata «Cilvēks un daba» (1864). Viņš analizē seno civilizāciju izžušanas cēloņus un secina, ka līdzīgs gals būs arī mūsu civilizācijai, ja cilvēce savlaicīgi nepjēgs savas darbības «ekoloģizācijas» neatliekamību. Vajadzēja paiet simts gadiem, līdz cilvēce sāka saprast šādu nepieciešamību.

5.2. BIOSFĒRAS ORGANIZĒTĪBAS LĪMEŅI

Organizētība, būdama organizācijas stāvoklis, ir dzīvās dabas sistēmu fundamentāla īpašība. Ar jēdzienu «sistēmas organizācija» parasti saprot tās struktūras (sastāva) un funkciju (uzvedības, darbības) vienotību telpā un laikā. Adaptīvo (arī ekoloģisko) sistēmu organizācija ietver sevī pašregulāciju, pašvaldību un paš-

* Koherence (lat. *cohaerentia* — saķēdēšanās, sakars) — izcelsme no viena kopēja avota.

attīstību, kas pamatojas uz atgriezeniskajām saitēm un informatīvo mijiedarbību. Tā ir sistēmas integrācija, tās veseluma saglabāšanās. Piemēram, agrāk izplatīto uzskatu, ka okeāns un troposfēra ir divi neatkarīgi veidojumi, V. Vernadskis nosaucis par fikciju. Viņš rakstījis, ka patiesībā pastāv biosfēras savdabīga organizētība, dabisks planētas ķermenis, kuru sadalīt nav iespējams bez tā iznīcināšanas. Šajā biosfēras vienotajā organizētībā izšķir fizikālo (agregātstāvokļa), ģeokīmisko, paraģenētisko, biotisko, termodinamisko, enerģētisko, informatīvo, planetāro un planetāri kosmisko līmeni.

○ *Fizikālā organizētības līmeni* biosfēru var aplūkot kā materiālu sistēmu pa atsevišķām fāzēm, piemēram, pa agregātstāvokļiem (cietais, šķidrās, gāzveida). Šīs fāzes savstarpēji it kā cauraužas. Līdz ar to biosfēras katra daļa ir kompleksa dispersa sistēma. Tāpēc starp dažādām fāzēm rodas milzīga saskarsmes virsma, kur notiek sarežģīta mijiedarbība. Fizikālais organizētības līmenis ietver arī elektromagnētiskos un citus laukus. Zinātnes dati par šo lauku lomu dzīvās dabas tapšanā, eksistēšanā un evolucionēšanā vēl samērā trūcīgi, taču tie liecina par minēto faktoru būtisko nozīmi.

○ *Ģeokīmisko procesu* pašreizējais raksturs biosfēras visās daļās izveidojies dzīvības norišu ietekmē. Dzīvie organismi ne tikai pielāgojas vides ķīmiskajiem apstākļiem, bet arī aktīvi tos pārveido. Piemēram, fotosintēzes rezultātā Zemes atmosfēras sastāvs ir pilnīgi izmainījies, tajā ir uzkrājies molekulārais skābeklis. V. Vernadskis uzsver, ka dzīvības ietekmē ģeokīmiskie procesi ne tikai pārtapuši kvalitatīvi, bet arī simtām reizēm paātrinājušies. Tāpat dzīvās vielas un vides ķīmiskā struktūra nebūt nav tapusi nejausi. Tā veido biosfēras vienotas ķīmiskās organizētības likumsakarīgus komponentus.

○ *Paraģenēzes jēdzienu* ģeoloģijā ieviesa A. Breithaupts 1849. gadā. Par minerālu paraģenēzi viņš nosauca to kopīgu atrašanos un saistītu izcelsmi. V. Dokučajevs uzskata augsnes veidošanās procesu par paraģenētisku parādību, kurā saistīti darbojas abiotiskie (cilmieži, ūdens, gaiss) un biotiskie (augi, dzīvnieki) faktori. Pēc V. Vernadskas mācības, biosfēras vielas visas formas ir paraģenētiski saistītas un dzīvības norišu organizētas. Tās funkcionē kā viena ķermeņa daļas («orgāni»), ar kurām dzīvība apgūst nedzīvo vielu. Biosfēras paraģenētiskajā organizētības līmenī visas tās daļas izmainās savstarpēji saistīti un katra daļa iegūst paraģenētiskas īpašības.

○ *Biosfēras biotiskā organizētība* ir sasniegusi īpaši sarežģītu daudzpakāpju hierarhiju. Suga sastāv no populācijām. Dažādu sugu indivīdi dabiski grupējas konsorcijs, ko uzskata par biogeocenozes elementāro funkcionālo vienību. Konsorcijs kopa veido funkcionējošu vienību — biogeocenozi. Strukturāli biogeocenoze sastāv no biocenozes un ekotopa. Biocenozi veido augu, dzīvnieku un mikroorganismu cenopopulācijas. Reģionā var kombinēties dažādas ģeogrāfiskas ainavas un veģetācijas tipi (meži, pļavas, purvi u. c.) ar tiem raksturīgu faunu un mikrofloru vai arī valdīt kāds viens tips (stepe, tuksnesis, tundra). Vientipiskas biocenozes apvieno

biomā (tundra, skujkoku taiga, jauktie meži, savannas utt.). Autotrofi organismi (producenti), kuri sastāda ap 99% no kopējās dzīvo būtņu masas, nepārtraukti no vides biotiskajā riņķojumā iesaista enerģijas un vielu plūsmu. Biotiskais riņķojums un dzīvības informatīvā mijiedarbība, biosfēras strukturālā un funkcionālā polihierarhija nosaka tās biotisko organizētību.

○ *Biosfēras termodinamisko organizētības līmeni* raksturo termodinamiskā vienotība un reizē arī termodinamiskie gradienti (atšķirības) starp atsevišķiem biosfēras komponentiem (daļām). Tā, troposfērā, attālinoties no Zemes virsmas, gaisa temperatūra un spiediens pazeminās. Litosfērā līdz ar dziļumu šie rādītāji palielinās, bet hidrosfērā ceļas spiediens un krītas temperatūra. Gāzu apmaiņa starp troposfēru, hidrosfēru un litosfēru saista šos biosfēras komponentus savstarpējā sakarībā. Dzīvais ir ne tikai atkarīgs no gāzu apmaiņas, bet arī būtiski ietekmē šo apmaiņu, aktīvi izmaina gāzu maisījuma sastāvu un īpašības. Biosfēras elementu termodinamiskie gradienti un enerģijas plūsmas (ne tikai vertikāli, bet arī horizontāli) nodrošina biosistēmu autosvārstības, šo sistēmu pašorganizāciju un pašattīstību. Šādas pašorganizējošās struktūras modernajā (neatgriezenisko procesu) termodinamikā sauc par *disipatīvajām struktūrām*, bet dabas pašregulācijas koncepciju — par *sinerģētiku*. Agrāk sistēmas siltumstāvokļa tīri termodinamiskajā izpratnē lietotais jēdziens «*entropija*» ekoloģijā ieguvis plašāku saturu. Ar entropijas pieaugšanu saprot ekosistēmu struktūras degradāciju, augšnes eroziju, oāžu sasāļošanu, arī saražotās tehnikas rūsēšanu, plīstošās ūdensvada caurules ar izplūstošo ūdeni, ainu ar izmētiem būvmateriāliem u. tml., īsi sakot, — organizētības samazināšanu, haosa palielināšanu.

H. Odums (1967), balstoties uz A. Lotkas un E. Šrēdingeru zinātniskajām koncepcijām, termodinamikas principus saista ar ekoloģiju. Lai uzturētu un palielinātu ekosistēmā iekšējo organizētību, ir nepieciešams no tās pastāvīgi atpumpēt entropiju (nesakārtotību). Par ekosistēmas termodinamiskās organizētības (sakārtotības) mēru var uzskatīt biocenozes dzīvības procesu uzturēšanai patērētās enerģijas attiecību pret sistēmas struktūrā uzkrātās enerģijas daudzumu. Tuvināti šo rādītāju var izteikt kā biocenozes kopējās elpošanas R attiecību pret summāro biomasu B . Ja lielumus R un B izteiksim kalorijās (vai citās enerģijas vienībās) un izdalīsim ar vides absolūto temperatūru, tad attiecība R/B raksturo sistēmas organizētības uzturēšanai nepieciešamā entropijas pieauguma attiecību pret šīs organizētības kopējo entropiju. Jo lielāka ekosistēmas biomasu, jo termodinamiski dārgāk izmaksā tās uzturēšana. Tomēr, ja biomasu pārstāvēta ar lielākiem individiem (meža koki u. c.), tad, rēķinot uz biomasas vienību (g, kg, t), dzīvības procesu uzturēšana izmaksā lētāk.

○ *Biosfēras enerģētisko organizētības līmeni* parasti izprot kā eksogēnās (kosmiskās, galvenokārt Saules) un endogēnās (Zemes) enerģijas plūsmu mijiedarbības vienotību. Biosfēras endogēnā enerģija ir ne tikai Zemes dziļu siltums, iežu radioaktivitāte, bet arī tā

brīvā enerģija, kas uzkrāta un transformēta organiskajā un biogēnajā vielā, brīvajā skābeklī. Šī brīvā enerģija pastāvīgi papildinās biosfēras evolūcijas gaitā, tādējādi nodrošinot dzīvās vielas paplašinātu atražošanu un organizētības pilnveidošanos.

○ *Planetārais organizētības līmenis* izpaužas galvenokārt vielu apritē, enerģētiskajās un informatīvajās saitēs. Šo organizētības līmeni nosaka materiālās saites, kas uztur biosfēras komponentu mijiedarbību visos iepriekš isumā aprakstītajos organizētības aspektos. Enerģijas un vielu plūsmas saista biosfēras apakšsistēmas — dzīvo vielu, hidrosfēru, litosfēru un troposfēru. Relatīvi maz vēl izpētītas informatīvās saites starp ekosistēmām un biosfēras komponentiem. Taču jau skaidrs, ka informācijas plūsmām ir ļoti būtiska loma biosfēras funkcionēšanā un evolūcijā. Runājot par vielu apriti biosfērā, jāatceras, ka biotiskā aprīte nav noslēgts aplis, bet gan drīzāk līdzinās komplicētai spirālei. Šai spirālei ir arī sekundārā (ģeoloģiskā) un terciārā (ģeokosmiskā) struktūra. Domājams, ka šāda biotiskās aprītes komplicētība ir biosfēras planetāri kosmiskās organizētības rezultāts.

○ *Biosfēras planetāri kosmiskās organizētības koncepcijas pamati* likti V. Vernadskā un A. Čiževskā darbos. Šīs koncepcijas autori filozofisko ierosmi smēlušies N. Fjodorova, N. Ciolkovska, P. Florenska un citu krievu kosmistu darbos. V. Vernadskā darbus caurvīj ideja par planetāro procesu ciešajām saitēm ar kosmosu, par biosfēras tapšanu un attīstību kosmisko faktoru ietekmē. Čiževskis savos pētījumos pārliciecināši parādījis dzīvības procesu ciešu sakarību ar Saules aktivitātes izmaiņām. Šo sakarību viņš pamato ar to, ka Zemes elektromagnētiskais lauks ietilpst Saules starojuma vainagā un pulsē sinhroni ar to. Atkarībā no biosfēras attiecīgā komponenta organizētības līmeņa, tā ritmiskajām izmaiņām perioda garums būs atšķirīgs. Viena tipa ritmu periods ilgst dažas sekundes vai minūtes, citu — gadus vai gadsimtus. Pēc Čiževska atziņām, ne tikai globālās izmaiņas ietekmē lokālo situāciju, bet arī otrādi — lokālās organizētības izmaiņas iespaido globālo attīstību. Citiem vārdiem sakot, planetāri kosmiskās organizētības sistēmai piemīt homeostatiskas īpašības.

5.3. BIOSFĒRAS VIELA UN ENERĢĒTISKĀ BILANCE

V. Vernadskis izdala septiņas biosfēras vielas pamatformas: *dzīvā viela*, *biogēnā viela* (akmeņogles, bitumi, kaļķakmeņi, nafta, kūdra u. tml.), *nedzīvā viela* (cieta, šķidra, gāzveida), *bionedzīvā viela* (abiogēno procesu un dzīvo organismu kopprodukts — okeāna un gandrīz viss pārējais ūdens, augsne, daudzie litosfēras ieži utt.), *radioaktīvās sadalīšanās viela*, *izkliedētie atomi*, *kosmiskās izcelsmes viela* (kosmiskie putekļi, meteorīti, bolīdi u. c.). Šīs biosfēras vielas formas viņš izdala pēc vienota kritērija — ķīmisko elementu stāvokļa un telpiskā raksturojuma. Katrai vielas formai ir savs termodinamiskā lauka raksturs, sava vielas elementu ģeokīmiskā vēsture un

pārstāvēta ļoti bagātīgi un daudzveidīgi. Sevišķi liela tās koncentrācija vērojama tur, kur robežojas dabas vides — augsnē, okeāna virsējā slānī, seklu ūdenstilpju dibenā. Šādas vietas V. Vernadskis nosaucis par «dzīvības plēvītēm».

Tur, kur robežojas dažādas vides, rodas augstāks enerģētiskais gradients. Pateicoties lielākai vides daudzveidībai, organismi saņem no tās bagātīgāku informācijas plūsmu. Līdz ar to palielinās organismu mainība, pieaug evolūcijas tempi. Protams, ka šī informatīvā ietekme ir abpusēja: vides ietekmē dzīvās būtnes evolucionē un savukārt aktīvi pārveido vidi. Bieži vien būtiska izrādās fizikāli vāju un pat ļoti vāju faktoru (magnētiskā lauka nelielas izmaiņas, tā saucamās āderes, infraskaņas u. c.) ietekme. Ja šādu faktoru ietekme organismiem informatīvā ziņā ir nozīmīga, tā top daudz-
kārt pastiprināta. Pastiprinātāja principu dzīvajā dabā aprakstījuši N. Timofejevs-Resovskis un vācu fiziķis R. Rompe (1959).

Biosfēra, dzīvība uz Zemes eksistē un attīstās, pateicoties kosmiskā, galvenokārt Saules starojuma (ap 99,9%) enerģijai, kuru autotrofie fotosintezējošie organismi (producenti) izmanto organisko savienojumu sintēzes procesā, izdalot atmosfērā brīvo skābekli. Kosmiskā enerģija potenciālā veidā ir uzkrājusies akmeņoglēs un citos organiskajos izrakteņos. Mikroorganismi piedalās ķīmisko elementu (slāpekļa, sēra, dzelzs, mangāna u. c.) oksidēšanās procesos. Tie izmanto enerģiju, kas rodas, noārdot olbaltumvielas. Denitrificējošās un sulfātreducējošās baktērijas reducē oksidēto slāpekļa formu līdz brīvam slāpeklim un sēru līdz sērūdeņradim. Citi mikroorganismi oksidē sērūdeņradi un sēru, veic nitrifikāciju, kurā oksidē slāpekļa savienojumus, pārveido tos par nitrātiem, uzkrāj sevī dzelzi un mangānu. Rezultātā ģeoloģisko laikmetu gaitā nosēdumiežos veidojas sēra un metālu sulfīdu slāņi, dzelzs un dzelzsmangāna rūdu iegulas. Heterotrofie organismi (sēnes, dzīvnieki, vairums mikroorganismu) milzu apjomos sadala organiskās atliekas. Šis destruktīvās darbības rezultātā noris divi paralēli mineralizācijas procesi: ○ aerobos apstākļos notiek organisko savienojumu sadalīšanās līdz ogļskābei, amonjakam un ūdenim, ○ anaerobos apstākļos to sadalīšanās līdz ūdeņradim un ogļūdeņražiem (metāns u. c.).

Mineralizācijas produktus atkal izmanto autotrofi. Augsnē daļa organisko vielu noārdīšanās produktu veido humusu (humusskābes un to sāļi), kurā koncentrējas prāvi potenciālās enerģijas krājumi. Tālāk augsnes mikroflora humusu lēni sadala, un tādējādi augi tiek vienmērīgi nodrošināti ar minerālajām barības vielām. Ar mineralizācijas produktiem bagātinātie ūdeņi aktīvi šķīdina litosfēras iezus, pātrina kalnu sadēdēšanu.

Saules radiācijas summārā enerģija, ko saņem Zemes laukuma vienība pie atmosfēras augšējās robežas ir $1370 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$ (Saules konstante). Atmosfēras slānī enerģijas plūsma eksponenciāli pavājinās. Pat saulainā laikā Zemes virsmu sasniedz ne vairāk par $\frac{2}{3}$ no sākotnējā enerģijas daudzuma. Mākoņu sega vēl vairāk to samazina un izmaina starojuma spektrālo sadalījumu. Līdz Zemes vir-

smai nonāk apmēram $21,37 \cdot 10^{23}$ J Saules starojuma enerģijas. Mērenajā joslā atkarībā no gadalaika ekosistēmas autotrofo slāni saņiedz $0,42 \cdot 10^3 \dots 3,35 \cdot 10^3$ J \cdot cm⁻² dienā. No termodinamikas otrā likuma izriet, ka tikai daļa no pieplūstošās enerģijas var veikt kādu darbu, pārvērsties ķīmisko savienojumu potenciālajā enerģijā. Daļa no saņemtās enerģijas darbina fiziskos un ķīmiskos procesus hidrosfērā, atmosfērā un litosfērā (izraisa gaisa un ūdens masu cirkulāciju, iežu sadēdēšanu, ūdens iztvaikošanu, gāzu apmaiņu, minerālu izšķīšanu utt.). Taču lielākā daļa pieplūstošās enerģijas izkliešanas siltuma veidā un atstarojas no Zemes virsmas. Gadā vidēji līdz 0,8% no šīs enerģijas kopējā daudzuma tiek izmantoti fotosintēzei. Un ar to pietiek, lai sintezētu ap $115 \cdot 10^9$ t organisko vielu (sausā masa). Šādas organisko vielu masas radīšanā iesaistās $17 \cdot 10^{10}$ t oglekļa dioksīda, $6,8 \cdot 10^9$ t ūdens, $6 \cdot 10^9$ t slāpekļa, $2 \cdot 10^9$ t fosfora un citi elementi. Fotosintēzes procesā atmosfērā izdala $123 \cdot 10^9$ t skābekļa.

Dzīvās dabas, biosfēras visnozīmīgākā termodinamiskā īpatnība ir spēja radīt un uzturēt savu endogēno organizētību, pazemināt savu entropijas līmeni. Ekosistēmas funkcionālo organizētību un sarežģītās polihierarhiskās struktūras uzturēšanu ar enerģiju nodrošina biocenozes elpošana. Elpošana pēc savas termodinamiskās būtības ir cenozes entropijas «atpumpēšana» uz āru. Pēc I. Prigozina modernās termodinamikas koncepcijas, elpošanu var uzskatīt par «disipatīvās struktūras» svarīgāko bloku, kas uztur ekosistēmas nelīdzsvara stāvokli, tās attīstības potences. Ekosistēma, nepārtraukti uzturēdama enerģijas un vielu apmaiņu ar ārvidi, samazina savu iekšējo entropiju un paaugstina to ārpus sevis, apkārtējā vidē. Kā redzam, termodinamikas principi enerģijas apmaiņas ziņā attiecas arī uz biosfēru. Bez enerģijas pārnesanas nebūtu dzīvības, nebūtu biosfēras. Ja cilvēce ar savu darbību nomāktu fotosintēzi, kas saista kosmisko enerģiju un akumulē to zaļajos augos, pasaule kļūtu par slēgtu sistēmu, kas atbilstoši termodinamikas likumiem pakļautu sevi degradācijai un bojāejai.

Ekoloģija pēta enerģijas pārvērtību ceļus un likumsakarības ekosistēmās un biosfērā. Enerģijas plūsma ietekmē un limitē īpatņu skaitu attiecīgajos biotopos, nosaka attiecības starp autotrofajiem producentiem un heterotrofajiem konsumentiem, starp plēsoņām un to upuriem. Konsumenti uzņem enerģiju ar barību. Reducenti smēlas enerģiju, noārdīdami kā producentu, tā arī konsumentu mirstīgās atliekas. Enerģētiskās saites vieno visas dzīvās būtnes. Jebkurā biogēnocenozē trofiskās saites veido sarežģītu tīklu. Ļoti reti sastopamas unifāgas formas, lielum lielā pārsvarā sugas ir polifāgas. Parasti jebkuras sugas īpatņus savai pārtikai izmanto dažādu sugu pārstāvji. Tā, piemēram, no parastā ozola lapām pārtiek posmkāji, vaboļu kāpuri, parazitārās sēnes u. c. Ar barību enerģija pārvietojas no viena trofiskā līmeņa uz nākošo, katrā šādā enerģijas pārraides aktā organisma enerģijas zudumi ir ap 90%. Barības ķēdēs zaudēto enerģiju iespējams kompensēt tikai ar producentu palīdzību, to iesaistot no jauna. Tāpēc ekosistēmās enerģijas plūsma ir vienvir-

ziena un nav iespējama tās aprīte pēc vielu biotiskā riņķojuma parauga.

Enerģija ir ekosistēmu neaizstājama «valūta», kuru tās tērē savai dzīvošanai. Galvenie avoti ir Saules radiācija un ķīmiskā (vai kodola) enerģija, kuras darbina ekosistēmas un visu biosfēru. Atkarībā no enerģijas avota, līmeņa un kvalitātes izšķir četrus ekosistēmu tipus:

○ dabiskās, Saules darbinātās, nesubsidētās, ar ikgadēju enerģijas pieplūdi $4,19 \cdot 10^6 \dots 41,90 \cdot 10^6 \text{ J} \cdot \text{m}^{-2}$;

○ dabiskās, Saules darbinātās, citu dabisko procesu (vēja, paima, radioaktivitātes, hemosintēzes u. c.) subsidētās, ar enerģijas pieplūdi $4,90 \cdot 10^6 \dots 167,60 \cdot 10^6 \text{ J} \cdot \text{m}^{-2}$;

○ Saules darbinātās un cilvēka subsidētās (agroekosistēmas, dīksaimniecības u. c.), ar enerģijas pieplūdi $4,90 \cdot 10^6 \dots 167,60 \cdot 10^6 \text{ J} \cdot \text{m}^{-2}$;

○ pilsētu un industriālo kompleksu ekosistēmas, kurināmā darbinātās, ar enerģijas pieplūdi $49,00 \cdot 10^6 \dots 12,57 \cdot 10^9 \text{ J} \cdot \text{m}^{-2}$.

Liela enerģijas pieplūde pilsētu un industriālo kompleksu ekosistēmās nepieciešama galvenokārt rūpniecībai un transportam. Piemēram, tādā rūpnieciski attīstītā valstī kā ASV uz katru pilsoni māsaimniecībā, rūpniecībā, transportā, komunālajā saimniecībā un citur vidēji tiek patērēts 86 reizes vairāk enerģijas, nekā tās nepieciešams organisma fizioloģiskai funkcionēšanai. Pasaulē enerģijas patēriņš uz katru cilvēku aug, un palielinās arī iedzīvotāju skaits. Enerģijas ieguve sadārdzinās, rada ekoloģiskas problēmas. Tāpēc attīstīto valstu rūpniecībā vērojama tendence samazināt ražojamās produkcijas energoietilpību. Katru ražojumu vai pakalpojumu veidu var izteikt gan naudas, gan enerģētiskā izteiksmē. Enerģiju, kas patērēta attiecīgās produkcijas saražošanai (arī pakalpojumiem), viegli var novērtēt naudā. Izmantojot šādu pieeju naudas un enerģijas ekvivalenta noteikšanai, iespējams objektīvi novērtēt arī dabas resursu īsto cenu, kaut arī to saražošanā cilvēks nav ieguldījis savu darbu.

5.4. BIOĢEOĶĪMISKIE CIKLI, TO IZMAIŅAS ANTROPOĢĒNO FAKTORU IETEKMĒ

Biosfērā notiek nepārtraukta vielu aprīte — biotiskais riņķojums. Ķīmiskie elementi cirkulē no apkārtējās vides uz organismiem un atpakaļ šajā vidē. Šādus vairāk vai mazāk noslēgtus vielu aprītes ceļus sauc par biogeoķīmiskajiem cikliem. Biotiskajā vielu riņķojumā izšķir divējādus fondus:

○ *rezerves fondu*, kuru pārstāv liela masa mazkustīgu vielu, galvenokārt abiotiskas izcelsmes;

○ *apmaiņas fondu* (kustīgais), kas ir salīdzinoši mazāks par pirmo, taču ievērojami aktīvāks, tas nodrošina ātru elementu apmaiņu starp organismiem un vidi.

Agronomijā pieņemts augsnes auglību izteikt ar barības elementu apmaiņas (kustīgo) fondu koncentrāciju. Tāpēc augsnes standartanalīzēs nosaka tikai apmaiņas elementu saturu. Taču pētījumos par antropogēno faktoru ietekmi uz biogeoķīmiskajiem cikliem ļoti svarīgi ir noteikt rezerves fonda apjomu, jo sagaidāmais ietekmes efekts būs lielāks tur, kur rezerves fonda apjoms mazāks. Augiem tieši pieejamais apmaiņas fonds parasti ir tikai neliela daļa no elementu kopējā daudzuma augsnē. Jāatceras arī, ka šāds ķīmisko elementu iedalījums apmaiņas un rezerves fondā ir relatīvs. Starp abiem fondiem notiek lēna elementu apmaiņa.

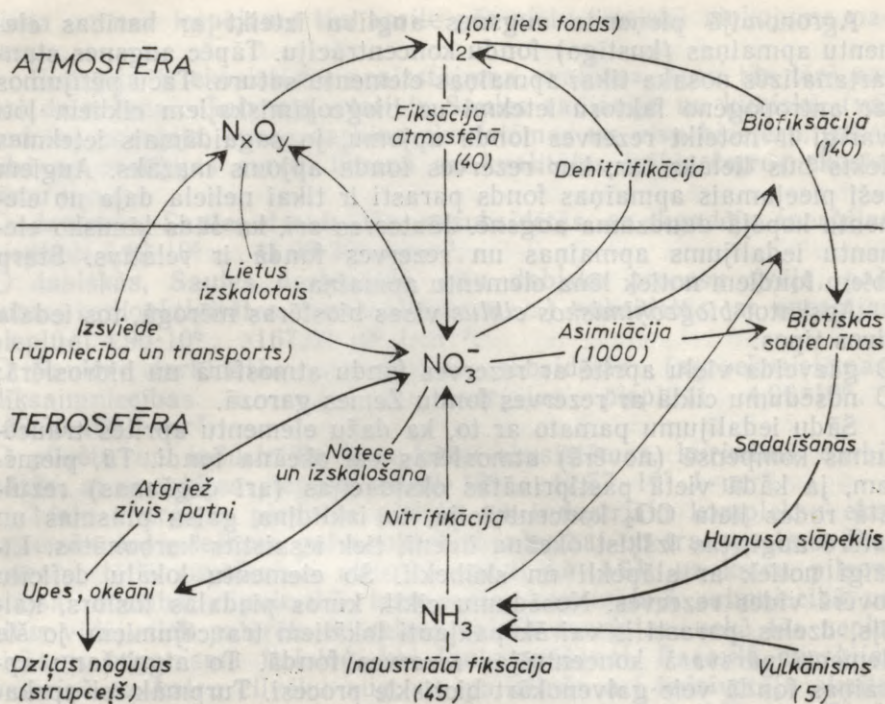
Apskatot *biogeoķīmiskos ciklus* visas biosfēras mērogā, tos iedala divos tipos:

- gāzveida vielu apritē ar rezerves fondu atmosfērā un hidrosfērā;
- nosēdumu ciklā ar rezerves fondu Zemes garozā.

Šādu iedalījumu pamato ar to, ka dažu elementu aprites traucējumus kompensē (novērš) atmosfēras vai okeāna fondi. Tā, piemēram, ja kādā vietā pastiprinātas oksidācijas (arī degšanas) rezultātā rodas liela CO₂ koncentrācija, to izklidina gaisa plūsmas un patērē augi, tas izšķīst okeāna ūdenī, tiek iesaistīts karbonātos. Līdzīgi notiek ar slāpekli un skābekli. Šo elementu lokālu deficītu novērš vides rezerves. Nosēdumu cikli, kuros piedalās fosfors, kalcijs, dzelzs, parasti ir vairāk pakļauti lokāliem traucējumiem, jo šie elementi pārsvarā koncentrējas rezerves fondā. To atgriešanu apmaiņas fondā veic galvenokārt biotiskie procesi. Turpmāk īsi apskatīsim dažu nozīmīgāko elementu apriti.

Slāpekļa aprite. Kā redzams 5.1. attēlā, slāpekļa apriti veido tā fiksācijas (saistīšanas), asimilācijas, nitrifikācijas, denitrifikācijas, vulkānu izviedes, sadalīšanās, izskalošanas un noplūdes, pārvešanas ar nokrišņiem un citi procesi. Te būtiska loma ir arī cilvēka darbībai (slāpekļa oksīdu izviede atmosfērā, slāpekļa rūpnieciska fiksācija galvenokārt minerālmēsļu ražošanai, kas pēc sava apjoma līdzinās dabiskai slāpekļa saistīšanai atmosfēras procesos). Attēlā iekavās norādīta slāpekļa masa teragramos (1 Tg = 10¹² g). Slāpekļa kopējā masa atmosfērā pagaidām ir diezgan stabila. Tas nozīmē, ka denitrifikācijas un fiksācijas procesi ir līdzsvarā. Daži autori (piemēram, J. Odums) gan norāda, ka slāpekļa fiksācija esot nedaudz pārsvarā.

Kā slāpekļa aprites procesi tiek nodrošināti ar nepieciešamo enerģiju? Organismi, kas olbaltumvielas pakāpeniski sadala līdz nitrātiem, izmanto to enerģiju, kura atbrīvojas šajos destruktīvos procesos. Bet pretējais process var noritēt tikai ar enerģijas papildu uzņemšanu. Tā hemosintezējošās baktērijas *Nitrosomonas*, kas pārvērš amonjaku nitrītā, un *Nitrobacter*, pārvēršdamas nitrītu nitrātā, izmanto organisko vielu destruktīvajā iegūto enerģiju. Slāpekli saistošās baktērijas izmanto citus enerģijas avotus. No šāda tipa baktērijām līdz 1950. gadam bija zināmas nedaudzas ģintis: aerobās *Azotobacter*, anaerobās *Clostridium*, pākšaugu, simbiotiskās gumiņbaktērijas *Rhizobium*, kā arī *Nostocales* rindas zilaļģes (cianobaktērijas). Vēlāk tika atklāts, ka slāpekli saista purpurbaktērijas



5.1. att. Slāpekļa aprite.

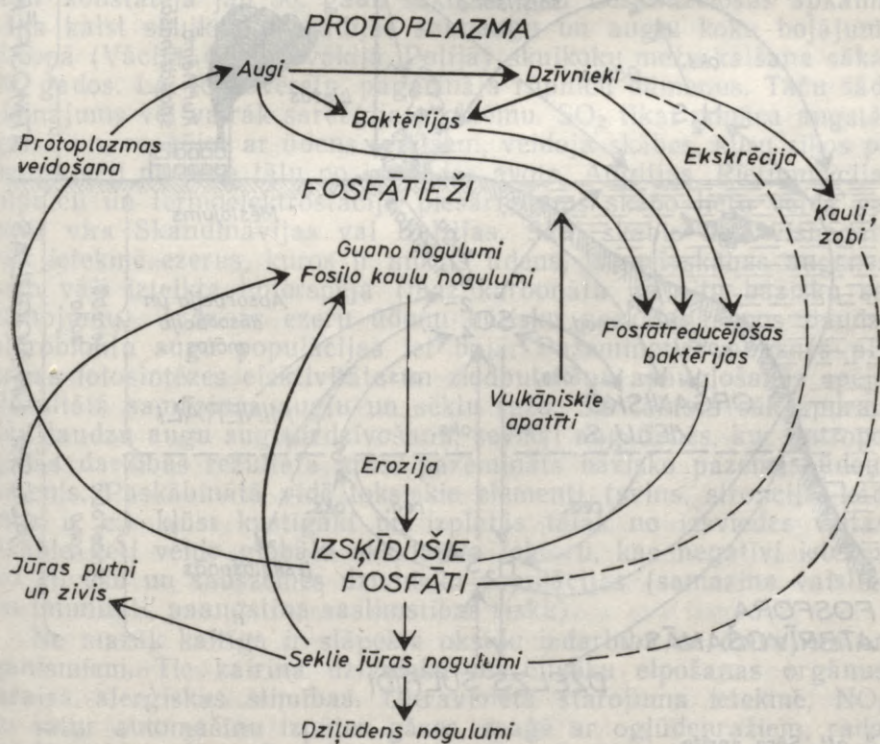
Skaitļi iekavās — teragrami (1 Tg = 10^6 t) gadā (pēc J. Oduma).

Rhodospirillum, arī *Pseudomonas* ģintij tuvās augsnes baktērijas. Tika noskaidrots, ka šāda spēja piemīt aktinomicētēm, kas mit alkšņu un citu nepākšaugu (*Araucaria*, *Casuarina*, *Ceanothus*, *Comptonia*, *Coriaria*, *Elaeagnus*, *Ginkgo*, *Myrica*) ģinšu 160 sugu sakņu gumiņos. Šīs sugas bagātina augsni ar slāpekli, tādējādi būtiski ceļ tās auglību.

Tātad tikai prokarioti — šie bezkodola visprimitīvākie mikroorganismi — spēj pārvērst neitrālo gāzveida slāpekli biotiski izmantojamā formā. Šādi mikroorganismi simbiozē ar augstākajiem augiem, būtiski kāpina savu produktivitāti. Sakņu gumiņos tie rod patvērumu no gaisa skābekļa oksidatīvās «agresijas» un saņem no saimniekauga augstvērtīgu enerģiju. Savukārt saimniekaugs no sava simbionta saņem viegli izmantojamu slāpekli. Tas ir dabiskas harmoniskas sadarbības spilgts piemērs, kas ierosinājis plašus pētījumus ģēnu inženierijā. Daudzās laboratorijās veic eksperimentus, lai galvenajiem lauksaimniecības kultūraugiem (kviešiem, kukurūzai, rīsiem u. c.) «iepotētu» spēju saistīt gaisa skābekli. Šādu eksperimentu pozitīvi rezultāti dotu milzīgu ne tikai ekonomisku, bet arī ekoloģisku efektu. Tā, piemēram, gadsimta ceturksnī (1951—1975) ASV lauksaimniecībā izmantotā slāpekļmēslojuma masa pieaugusi 12 rei-

zes (no 1 līdz 12 milj. t), taču ražas kopapjoms palielinājies tikai divreiz. Tātad lielākā daļa slāpekļmēslojuma neracionāli pazaudēta, piesārņojusi ūdenstilpes (upes, ezerus, jūras). Ne mazāk bēdīga ir slāpekļa izmantošanas bilance Padomju Savienības lauksaimniecībā. Te vēl jāatzīmē, ka slāpekļmēsļu ražošanai tiek patērēts daudz enerģijas, kuras ieguve rada papildu ekoloģiskas problēmas.

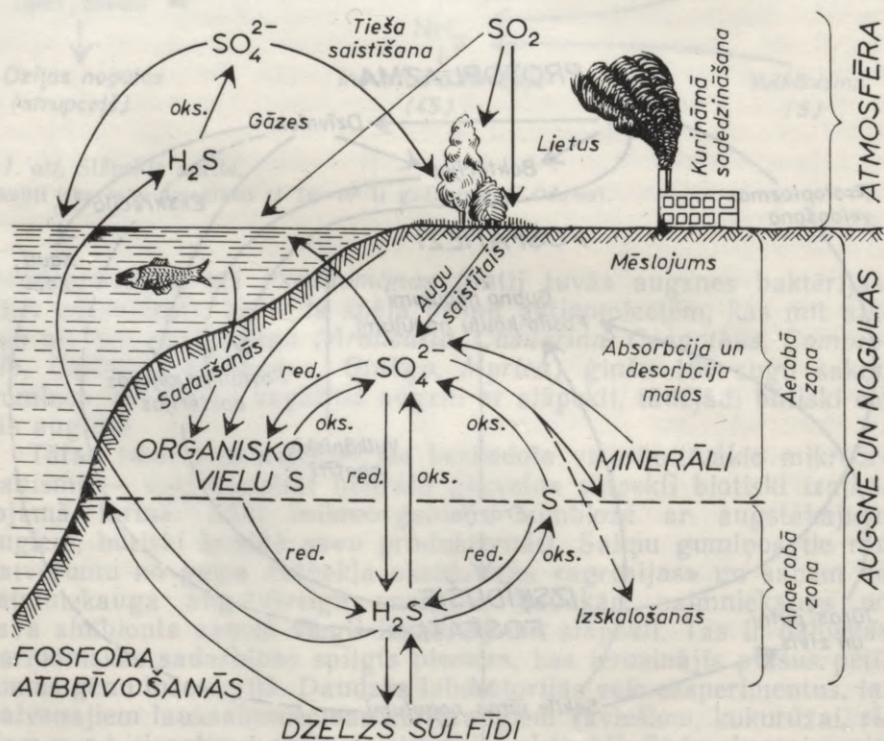
Fosfora aprite. Kā parādīts 5.2. attēlā, šī dzīvībai neaizstājamā elementa aprites struktūra ir vienkāršāka nekā slāpeklim. No organiskajām vielām tas pāriet fosforītos, kuri uzkrājas nogulumiežos, kur to izmanto augi, bet lielākā daļa izskalojas upēs un noplūst jūrā. Līdz ar to fosfors daļēji ieslēdzas hidrobiontu barības ķēdēs, taču pārsvarā nogulsņējas jūras dibenā. Putni, kas pārtiek no zivīm, tikai relatīvi nelielu šī elementa daļu atgriež sauszemes ekosistēmās. Tāpēc fosfora plūsmai pārsvarā ir viens virziens. Šo tendenci pastiprina arī cilvēka darbība. No ikgadējās fosfora ieguves (1...2 milj. t fosforītu) lielākā daļa fosfora nonāk jūrā. Aprēķināts, ka ar nozvejotajām zivīm tikai ap 60 tūkst. t fosfora atgriežas uz sauszemes. Varam mierināt sevi ar to, ka zināmās fosforītu



5.2. att. Fosfora aprite (pēc J. Oduma).

atradnes vēl ilgus gadus var nodrošināt cilvēces vajadzības. Taču šo atradņu ekspluatācija nereti rada smagas ekoloģiskas problēmas, piemēram, to redzam Igaunijā. Taupīgi izmantot fosforu liek arī ūdens ekosistēmu eitrofizācijas problēma. Ūdenstilpēs šis elements nonāk ar pilsētu, rūpniecības un lauksaimniecības kompleksu notekūdeņiem. Eitrofizācijas rezultātā sākas ūdenbaseinu «ziedēšana» (bagātīgi savairojas dažas planktona aļģes, kuras padara skābekļa režīmu un citus apstākļus nepiemērotus pārējiem hidrobiontiem). Visai sarežģīta problēma ir notekūdeņu attīrīšana no fosfora, tādēļ šajā virzienā tiek veikti pētījumi. Piemēram, ASV ar notekūdeņiem, kas atbrīvoti no toksiskajām vielām, apsmidzina augu plantācijas vai arī applūdina zāļu purvus.

Sēra aprite. Kā redzams 5.3. attēlā sēra aprite labi raksturo biogeoķīmiskos ciklus. Varam atzīmēt visai apjomīgu sēra rezerves fondu augsnē un nogulumos, bet mazāku atmosfērā. Apmaiņas fondu raksturo attēla centrālais aplis. Te galvenā loma specializētiem mikroorganismiem, no kuriem vieni piedalās kādās noteiktās oksidēšanās ($H_2S \rightarrow S \rightarrow SO_4^{2-}$), bet otri — reducēšanās ($SO_4^{2-} \rightarrow H_2S$) reakcijās. Mikroorganismi reģenerē sēra savienojumu nogulas, kā



5.3. att. Sēra aprite.

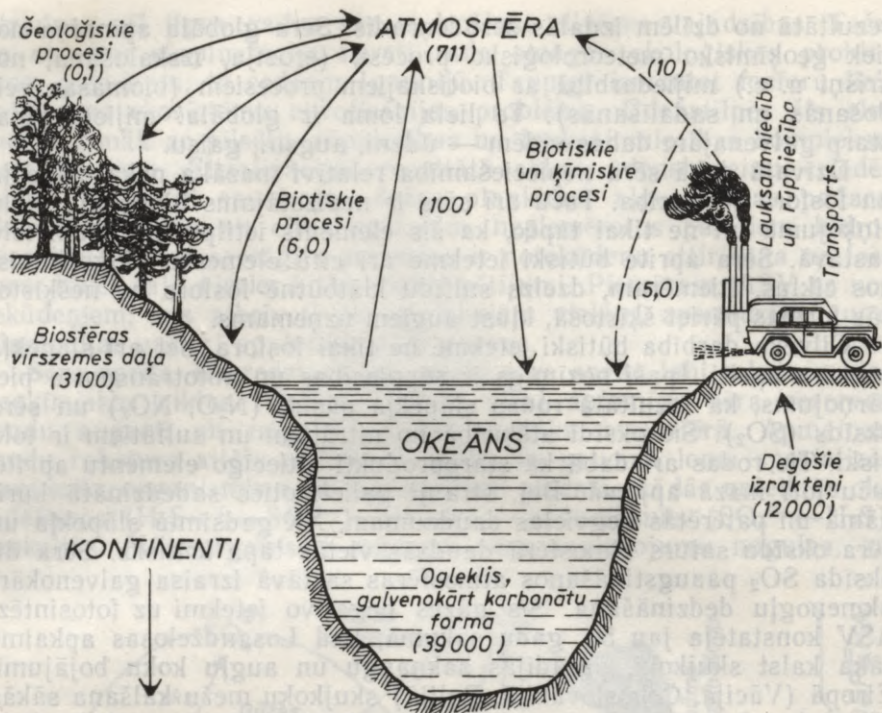
«Aplis» shēmas centrā ilustrē oksidēšanos (oks.) un reducēšanos (red.), kas nodrošina sēra apmaiņu starp pieejamo sulfātu un dzelzs sulfīdu fondu (pēc J. Oduma).

rezultātā no dzīlēm izdalās sērūdeņradis. Sēra globāla apmaiņa notiek ģeokīmisko meteoroloģisko procesu (erozija, izskalošana, nokrišņi u. c.) mijiedarbībā ar biotiskajiem procesiem (biomasas veidošanās un sadalīšanās). Te liela loma ir globālai mijiedarbībai starp galvenajām dabas vidēm — ūdeni, augsni, gaisu.

Dzīvajā dabā sēra nepieciešamība relatīvi mazāka nekā slāpekļa un fosfora vajadzība. Taču arī sērs ir neaizstājams biotiskajā vielu riņķojumā un ne tikai tāpēc, ka šis elements ietilpst olbaltumvielu sastāvā. Sēra aprīte būtiski ietekmē arī citu elementu biogeokīmiskos ciklus. Piemēram, dzelzs sulfīdu klātbūtnē fosfors no nešķīstošās formas pāriet šķīstošā, kļūst augiem uzņemams.

Cilvēka darbība būtiski ietekmē ne tikai fosfora, bet arī slāpekļa un sēra aprīti. Īpaši nozīmīgs ir rūpniecības un autotransporta piesārņojums, kā rezultātā rodas slāpekļa oksīdi (N_2O , NO_2) un sēra oksīds (SO_2). Šie oksīdi atšķirībā no nitrātiem un sulfātiem ir toksiski. Tie rodas arī dabā kā starpprodukti attiecīgo elementu aprītē, taču ļoti mazā apjomā. Bet, strauji palielinoties sadedzinātā kurināmā un patērētās degvielas daudzumam, XX gadsimtā slāpekļa un sēra oksīdu saturs atmosfērā daudzās vietās tapa kritisks. Sēra dioksīda SO_2 paaugstināšanos atmosfēras sastāvā izraisa galvenokārt akmeņogļu dedzināšana. Šis gāzes negatīvo ietekmi uz fotosintēzi ASV konstatēja jau 50. gadu sākumā, kad Losandželosas apkaimē sāka kalst skujkoki, parādījās sakņaugu un augļu koku bojājumi. Eiropā (Vācijā, Čehoslovākijā, Polijā) skujkoku mežu kalšana sākās 60. gados. Lai to novērstu, pagarināja rūpnīcu dūmeņus. Taču šāds risinājums vēl vairāk sarežģīja problēmu. SO_2 tikai nonāca augstāk gaisā un, reaģējot ar ūdens tvaikiem, veidoja skābes, kuru sikos pilienus vēji pārnesa tālu no izviedes avota. Anglijas, Rietumvācijas rūpnīcu un termoelektrostaciju piesārņojums skābo lietu veidā var nolīt virs Skandināvijas vai Baltijas. Šādi skābie lieti visnegatīvāk ietekmē ezerus, kuros ir mīksts ūdens, kā arī skābas augsnes, kam vāji izteikta bufer spēja (maz karbonātu un citu bāzisku savienojumu). Līdz ar ezeru ūdeņu būtisku paskābināšanos daudzu hidrobiontu sugu populācijas iet bojā. Pazeminoties augsnes pH, krītas fotosintēzes efektivitāte un ziedputekšņu apaugļošanās spēja. Rezultātā samazinās augļu un sēklu raža. Šis faktors sāk apdraudēt daudzu augu sugu izdzīvošanu, sevišķi augstienēs, kur antropogēnās darbības rezultātā krasi pazemināts bāzisko pazemes ūdeņu līmenis. Paskābinātā vidē toksiskie elementi (svins, stroncijs, kadmījs u. c.) kļūst kustīgāki un izplatās tālāk no izviedes vietas. Skābie lieti veido globālu oksidatīvo faktoru, kas negatīvi ietekmē arī cilvēku un sauszemes dzīvnieku populācijas (samazina vaislību un imunitāti, paaugstina saslimstības risku).

Ne mazāk kaitīga ir slāpekļa oksīdu iedarbība uz dzīvajiem organismiem. Tie kairina dzīvnieku un cilvēku elpošanas orgānus, izraisa alerģiskas slimības. Ultravioletā starojuma ietekmē, NO_2 , ko satur automašīnu izpūtes gāzes, reaģē ar ogļūdeņražiem, radot fotoķīmisko smogu. Smoga laikā daudzi cilvēki saslimst, konstatēti arī nāves gadījumi.



5.4. att. Oglekļa dioksīda aprite.

Skaitļi apzīmē CO₂ saturu (miljardos tonnu) biosfēras dažādās daļās un plūsmās (pēc J. Oduma).

Oglekļa un ūdens aprite. Ūdens un CO₂ apritei raksturīgi nelieli, taču ļoti kustīgi fondi atmosfērā. Šo fondu izmaiņas var ietekmēt laika apstākļus un pat klimatu. Tāpēc pasaulē izveidots šo vielu aprites mērīšanas iestāžu tīkls.

● Salīdzinot ar oglekļa krājumiem okeānā, izrokamā kurināmā un citos rezervuāros, tā atmosfēras fonds ir relatīvi mazs (5.4. att.). Pirms industrializācijas ēras oglekļa plūsmas starp atmosfēru, okeānu un sauszemi bijušas visumā adaptīvi saskaņotas. Plūsmu raksturs mainījās ļoti lēni, dabisko ciklu gaitā ar desmitiem miljonu gadu gariem periodiem. Tā, piemēram, devona un perma periodā CO₂ saturs gaisā pašreizējo līmeni pārsniedza 6...10 reizes. Bet, sākot ar krīta periodu, CO₂ koncentrācija atmosfērā arvien samazinājās. Izmaiņu lēno gaitu šad un tad vienā vai otrā reģionā pārtrauca aktīva vulkānu darbība, kad no zemes dzīlēm gaisā nonāca lielāks vai mazāks oglekļa papildu daudzums. Taču pēdējās simtgades laikā CO₂ tilpuma saturs atmosfērā pieaug (no 290 ppm* 1800. g. līdz 315 ppm 1958. g. un 335 ppm 1980. g.). Te galvenā

* ppm — vielas miljonā daļa (pēc masas vai tilpuma).

loma pieder kurināmā un degvielas sadedzināšanai. Šie mākslīgi izraisītie CO₂ satura pieauguma tempi desmitiem tūkstošu reizu pārsniedz dabiskās izmaiņas. Prāvu ieguldījumu dod lauksaimniecība un mežu izciršana. Pasaules mežu fitomasa satur 1,5 reizes, bet mežu augsnes humuss — 4 reizes vairāk oglekļa nekā atmosfērā. Meža līdumos, augsnes humusam sadaloties, izdalās oglekļa dioksīds. Arī lauksaimniecības augsnes, ja tās bieži irdina (ar, ecē, kultivē), izdala atmosfērā vairāk oglekļa, nekā to saista kultivējamie augi. CO₂ satura izmaiņas augsnē ietekmē arī citu barības vielu apriti. Tā līdz ar CO₂ koncentrācijas samazināšanos krītas dažu mikroelementu (mangāna, bārija u. c.) daudzums augsnes ūdeņos.

Atmosfērā CO₂ nav vienīgais oglekļa savienojums. So elementu satur tvana gāze CO un metāns CH₄. Abi šie oglekļa savienojumi rodas, skābekļa deficīta apstākļos organiskām vielām nepilnīgi sadaloties. Atmosfēras skābekļa ietekmē šie savienojumi oksidējas līdz CO₂. Tāpēc dabiskajos apstākļos to tilpuma saturs atmosfērā ir niecīgs (ap 0,1 ppm CO un 1,6 ppm CH₄). Daudz CO rodas kurināmā un degvielas nepilnīgas sadegšanas procesā. Ielās ar intensīvu autotransporta kustību un vāju ventilāciju tvana gāzes saturs gaisā var sasniegt 0,1% un pat vairāk. Tāda CO koncentrācija kaitīgi ietekmē cilvēku veselību (samazina oksihemoglobīna saturu asinīs, var izraisīt anēmiju un citas slimības).

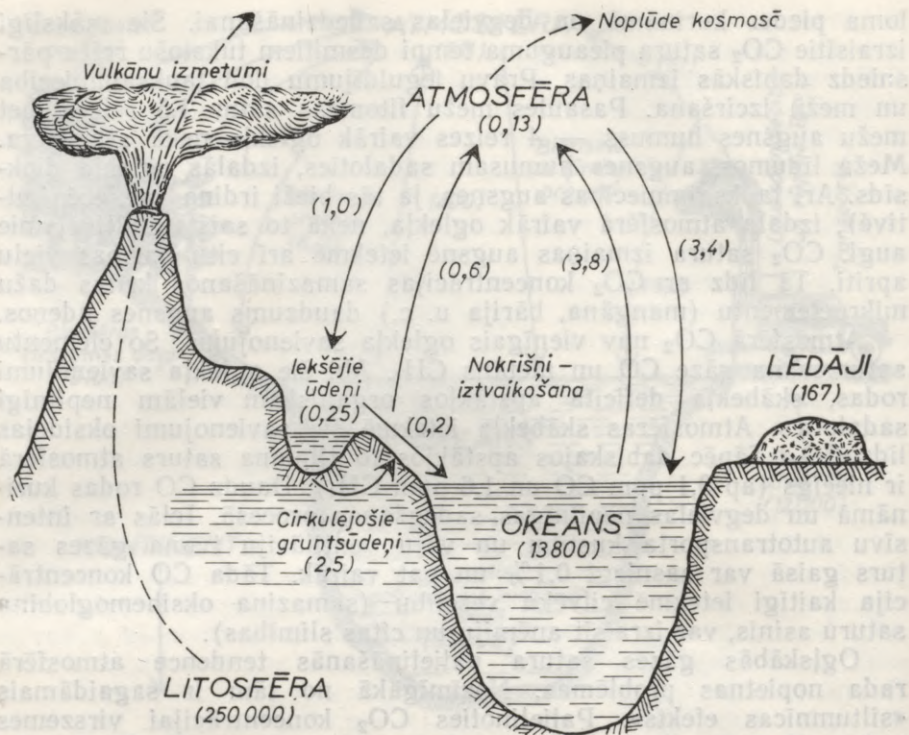
Ogļskābās gāzes satura palielināšanās tendence atmosfērā rada nopietnas problēmas. Nozīmīgākā no tām ir sagaidāmais «siltumnīcas efekts». Palielinoties CO₂ koncentrācijai virszemes gaisa slānī, samazinās Zemes siltuma izstarošana. Aprēķināts, ka šī faktora ietekmē apakšējā gaisa slāņa vidējā temperatūra mūsu gadsimtā jau palielinājusies par 0,5 °C un turpina celties. Aprēķināts, ka, šādai tendencei turpinoties, līdz nākošā gadsimta vidum CO₂ koncentrācija atmosfērā var dubultoties un gaisa vidējā temperatūra palielināties par 3...4,5 °C. Jau mūsdienās vērojama ledāju pastiprināta kušana un Pasaules okeāna līmeņa celšanās. Tiesa, pēdējās pāris desmitgadēs okeāna līmenis pacēlies par apmēram 15 cm. Te sava loma, protams, arī tehnogēnā siltuma pieaugošai izviedei atmosfērā.

● Ūdens aprīte ir ātrāka (apmēram 1 gads) nekā CO₂ aprīte. Ūdens fonds atmosfērā ir relatīvi neliels (5.5. att.). Tā aprītes darbināšanai tiek iztērēta apmēram trešdaļa enerģijas, ko Zeme saņem no Saules. So Saules dāvanu (apmēram 7,12·10²³ J) saņemam nokrišņu, strautu un upju, kā arī hidroelektrostaciju saražotās elektroenerģijas veidā. Un tas viss «par velti», tikai ar noteikumu neizjaukt aprītes sistēmu. Ja šo sistēmu izjauksim, būs jāmaksā ļoti dārgi. Pat visas pasaules nacionālā ienākuma var nepietikt.

Analizējot ūdens aprītes globālo ciklu, uzmanība jāpievērš sekojošiem svarīgiem aspektiem.

○ Jūras vairāk ūdens zaudē iztvaikošanā, nekā saņem to atpakaļ ar nokrišņiem. Uz sauszemes tas ir otrādi.

○ Pazemes ūdens krājumi izveidojušies iepriekšējos mitrākos ģeoloģiskajos periodos. Šo krājumu uzturēšanai nepieciešama to regu-



5.5. att. Ūdens aprīte.

Skaitļi noarāda H_2O saturu geogramos (10^{20} g) biosfēras dažādās daļās un plūsmās (pēc J. Oduma).

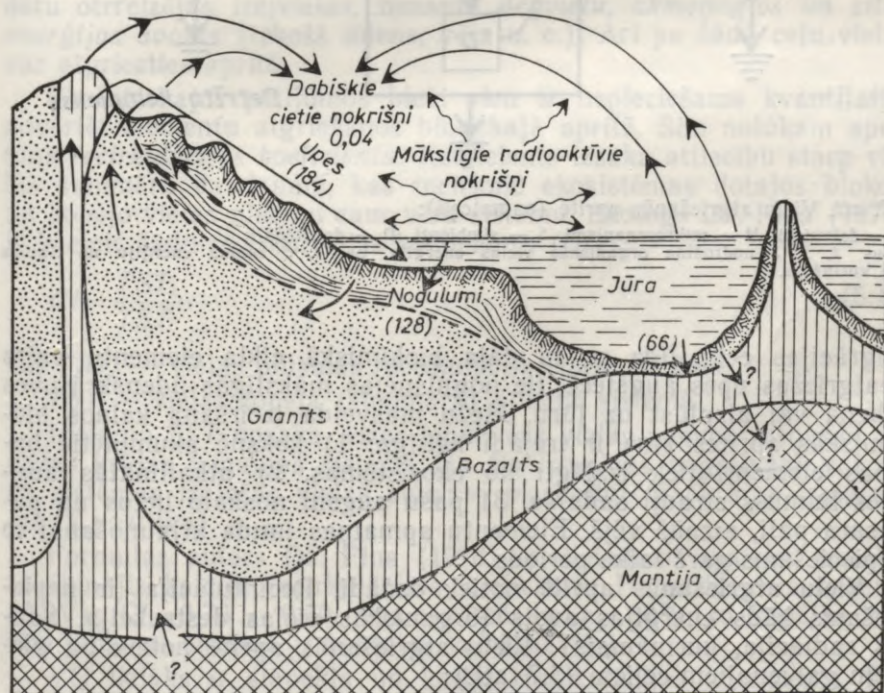
lāra papildināšana. Dabiskajos apstākļos tā ir starpība starp nokrišņu masu (10^{14} t gadā) un noteci ($2 \cdot 10^{13}$ t gadā). Taču cilvēka darbība (upju gultņu iztaisnošana, augsnes virskārtas noblīvēšana un pārklāšana ar necaurīdīgu materiālu, mežu izciršana utt.) būtiski palielina noteci un pazemes ūdens patēriņu rūpniecības, irigācijas un sadzīves vajadzībām. Tāpēc zem lielpilsētām, rūpniecības centriem un citur rodas ūdens depresijas piltuves desmitiem metru dziļumā, līdz simts un vairāk kilometru diametrā. Pazemes ūdens resursi strauji samazinās.

○ Minerālelementi upēs pārvietojas ne tikai pa straumi uz leju. Hidrobionti šos elementus ieslēdz barības ķēdēs un ievērojami samazina to noplūdi okeānā. Zivis un citi organismi pārvieto elementus arī pret straumi, bet kukaiņi un putni tos pārnes no ūdens uz sauszemi. Jāatzīmē, ka lielākā biotiskā daudzveidība (sugu skaits) ir upju vidustecē, kur pārsvarā mīt autotrofi. Upju vairāk apēnotajā augštecē, kā arī salīdzinoši duļķainākā lejtecē pārsvaru ņem heterotrofi.

Nosēdumu cikls. Vairums pārējo ķīmisko savienojumu un elementu vairāk uzturas litosfērā. Šādu elementu un savienojumu

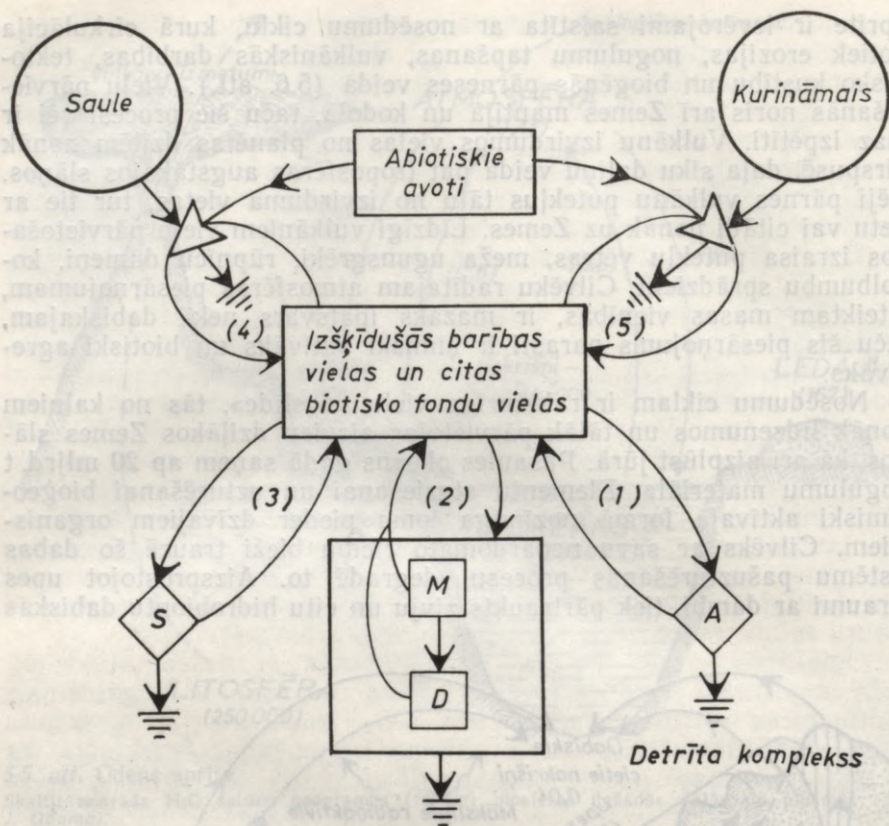
aprite ir ievērojami saistīta ar nosēdumu ciklu, kurā cirkulācija notiek erozijas, nogulumu tapšanas, vulkāniskās darbības, tektonisko kustību un biogēnās pārnesei veidā (5.6. att.). Vielu pārvietošanās noris arī Zemes mantijā un kodolā, taču šie procesi vēl ir maz izpētīti. Vulkanu izvirdumos vielas no planētas dzīlēm nonāk virspusē, daļa sīku daļiņu veidā pat troposfēras augstākajos slāņos. Vēji pārnēs vulkānu putekļus tālu no izvirduma vietas, tur tie ar lietu vai citādi nonāk uz Zemes. Līdzīgi vulkāniem vielu pārvietošanos izraisa putekļu vētras, meža ugunsgrēki, rūpnīcu dūmeņi, kodolbumbu sprādzieni. Cilvēku radītajam atmosfēras piesārņojumam, izteiktam masas vienībās, ir mazāks īpatsvars nekā dabiskajam, taču šis piesārņojums parasti ir ķīmiski aktīvāks un biotiski agresīvāks.

Nosēdumu ciklam ir raksturīga vielu «noslīde», tās no kalniem nonāk līdzenumos un tālāk pārvietojas aizvien dziļākos Zemes slāņos, kā arī aizplūst jūrā. Pasaules okeāns gadā saņem ap 20 mljrd. t nogulumu materiāla. Elementu atgriešanai un uzturēšanai biogeoķīmiski aktīvajā formā nozīmīga loma pieder dzīvajiem organismiem. Cilvēks ar savu nepārdomāto rīcību bieži traucē šo dabas sistēmu pašuzturēšanas procesu, degradē to. Aizsprostojot upes straumi ar dambi, tiek pārtraukts zivju un citu hidrobiontu dabiskās



5.6. att. Nosēdumu cikla shēma.

Skaitļi iekavās — geogrami (10^{20} g) miljongadē (pēc I. Oduma).



5.7. att. Vielu atgriešanās apritē (pamatceļi):

A — dzīvnieki, M — mikroorganismi, S — simbioti, D — detritēdāji;

ceļus 1, 2, 3 nodrošina organiskās vielas enerģija, bet 4, 5 saņem enerģiju no Saules vai kurināmā.

migrācijas ceļš, līdz ar to daļa biokīmiskā cikla elementu vairs neatgriežas upes augštecē, tie nogulsnējas mākslīgās ūdenskrātuves dibenā vai aizplūst uz jūru. Mežu masveida izciršana kalnos biokīmiskās aprites ziņā ir trejādi kaitīga: 1) koksne akumulētie barības elementi tiek izslēgti no ekosistēmas, 2) atkailinātās augšnes humuss strauji sadalās, 3) pašu augsni noskalo lietus un pavasara pali, aizpūš vējš. Elementu apmaiņas fonda atjaunošanai te nepieciešams garš laika periods.

Vienu atgriešanās apritē notiek dažādi. Recirkulācijai ir nepieciešams kāds enerģijas avots (organiskās vielas destrukcija, Saules radiācija, kurināmais). Vienu atgriešanās apritē notiek pa pieciem galvenajiem ceļiem (5.7. att.):

- ar dzīvnieku ekskrementiem;
- ar mikroorganismu līdzdalību sadalījušos organisko vielu destrukcijas produkti nonāk detrita kompleksā;

○ simbiotiskie mikroorganismi pārnes barības elementus no viena auga uz otru;

○ Saules enerģijas un citu fizikālo procesu darbības rezultātā;

○ ar kurināmā enerģiju (piemēram, slāpekļa rūpnieciska fiksācija).

Vielu aprīte ar *ekskrementiem* īstenojas kā sauszemes (galvenokārt zālēdāji), tā arī ūdens ekosistēmās (pārsvarā fitoplanktona ēdāji, mikrozooplanktons). Šādi vielu aprītē atgriežas slāpeklis, fosfors, oglekļa dioksīds, mikroelementi.

Aplūkojot detrita barības ķēdi, jāatzīmē, ka *detrita kompleksā* nonāk arī organisko vielu sadalīšanās starpprodukti un no dzīvājiem un atmirušajiem audiem izskalošanās izšķīdušās neorganiskās vielas. No šī substrāta pārtiek detritofāgi (baktērijas, zoobentoss, kaprofāgi). Detritofāgus savā barībā izmanto sīkās zivis, mīdijas un citi dzīvnieki, kuri savukārt nonāk lielāku dzīvnieku uzturā. Te vēl jāatzīmē, ka dabā notiek arī autolīze — elementu izdalīšanās (izskalošana) no organiskajām atliekām bez reducentu-destruktoru līdzdalības.

Ceļš, kas īstenojas ar *simbiontu* līdzdalību, sevišķi nozīmīgs ir oligotrofās ekosistēmās, kurās maz barības elementu.

Pateicoties *fizikālajiem procesiem* (Saules enerģijai), noris ūdens aprīte dabā.

Cilvēks, lai ražotu minerālmēslus, atsāļotu jūras ūdeni, pārstrādātu otrreizējās izejvielas, izmanto *degvielu, akmeņogles un citus enerģijas avotus* (tekošā ūdens, vēja u. c.). Arī pa šādu ceļu vielas var atgriezties aprītē.

Ekoloģiskajos pētījumos bieži vien ir nepieciešams kvantitatīvi novērtēt elementu atgriešanos biotiskajā aprītē. Šim nolūkam aprēķina *recirkulācijas koeficientu*. Koeficients izsaka attiecību starp vielas summāro daudzumu, kas recirkulē ekosistēmas dotajos blokos, un kopējo vielas plūsmu caur visu sistēmu. Ekologs Dž. Fins (1976) ir ieteicis šādu recirkulācijas koeficientu (*CI*):

$$CI = \frac{TST_c}{TST}, \quad (5.1.)$$

kur TST_c — vielas plūsmas recirkulācijas daļa sistēmā,

TST — vielas kopējā (summārā) plūsma sistēmā.

Lielumu TST nosaka, visas ienākušās vielas summai atņemot šīs vielas krājas izmaiņas sistēmā (ja šīs izmaiņas negatīvas) vai arī no sistēmas izejošās vielas summai pieskaitot tās krājas izmaiņas (ja tā pozitīva).

Formulas autors Dž. Fins (1978), pielietodams matricu analīzi, aprēķinājis kalcijs recirkulācijas koeficientu Habardbrukas baseinā (ASV): $CI = 0,76 \dots 0,80$. Tas nozīmē, ka ap 80% no kopējās kalcijs plūsmas sistēmā izmantojas vairākkārtīgi.

Vēl lielāks ir slāpekļa un kālija recirkulācijas koeficients. Pēc šī rādītāja elementi grupējas sekojošā secībā: K, Na, N, Ca, P, Mg, S. Atzīmēsim, ka CI raksturo nevis elementa plūsmas ātrumu, bet tikai tā atgriešanos aprītē, atkārtotas izmantošanas biežumu.

Enerģijas recirkulācijas koeficients līdzinās nullei, ja enerģijas plūsmu, kas iet cauri ekosistēmai, tā atkārtoti neizmanto.

● No visa šajā nodaļā teiktā varam secināt, ka antropogēnā ietekme uz biogeoķīmiskajiem cikliem neierobežojas tikai ar vides piesārņošanu. Ne mazāk būtiska ir ķīmisko elementu aprites pātrināšana, dabai neraksturīgu mākslīgi radītu vielu ievadīšana ekosistēmās, «dabas bilances» izjaukšana. Dažviet vajadzīgais elements izzūd, citur tas uzkrājas pārmērīgā koncentrācijā. Piemēram, fosforītu ieguves un pārstrādāšanas vietās rodas ļoti izteikts lokālais fosfora piesārņojums. Tādu pašu lokālu fosfora, slāpekļa un kālija piesārņojumu var vērot minerālmēsļu uzglabāšanas un pārkraušanas vietās. Lielākā daļa lokālā piesārņojuma nonāk ūdenstīlēs, degradē hidrobiontu biocenozes, būtiski pasliktina ūdens kvalitāti. Te galvenais dabas aizsardzības uzdevums ir atgriezt elementus bioķīmiskajā ciklā, normālajā biotiskajā apītē.

Biogeoķīmisko ciklu kvantitatīva izpēte. Tā ir svarīga ekoloģijas problēma, bez kuras atrisināšanas nevaram pietiekoši izprast ekosistēmas struktūras veidošanās un funkcionēšanas likumsakarības. Jāatzīmē, ka daudz lielāka nozīme ir noteikt attiecīgo elementu aprites un pārnesšanas ātrumu nekā to pašu elementu kopējo krāju. Izmantojot modernās metodes (masu spektrometriju, automātiskās reģistrēšanas iekārtas, distanciālo diagnostiku, radioaktīvos indikatorus u. c.), iespējams izmērīt attiecīgo elementu cirkulēšanas ātrumu ekosistēmā, kvantitatīvi novērtēt biogeoķīmiskos ciklus globālā mērogā. Piemēram, par indikatoriem izmantojot radionuklīdus, var izsekot pētāmā elementa ceļus. Šai nolūkā bieži izmanto radioaktīvo fosforu (^{32}P). Dotās vielas (elementa) aprites ātrumu izsaka ar tās daudzumu ekosistēmas attiecīgajā komponentā (blokā), kas tiek atbrīvots (vai uzņemts) noteiktā laika vienībā (piemēram, stundā). Pretējs lielums ir vielas aprites laiks, kas nepieciešams, lai pilnīgi nomainītos viss šīs vielas daudzums ekosistēmas attiecīgajā komponentā. Piemēram, ja dotais komponents satur šīs vielas 1000 vienības un 1 stundā nāk klāt vai zūd 10 vienības, tad aprites ātrums būs 0,01 (1%) 1 stundā, bet vielas aprites laiks — 100 stundas.

Šādiem pētījumiem liela nozīme ir arī praktiskajā lauksaimniecībā. Izrādās, ka pārmērīga minerālmēsļu lietošana ir neizdevīga. Ja attiecīgās augu barības vielas augsnei ienes vairāk nekā dotajā brīdī organismi to spēj izmantot, pārpalikumu saista augsne un pārvērš grūti šķīstošā formā vai arī tas izskalojas. Ja pārmērīga mēslošana turpinās ilgstoši (pēc principa «jo vairāk, jo labāk»), tad būtiski izmainās augsnes mikroflora un fauna — parasti cilvēkam nevēlamā virzienā.

5.5. SAUSZEMES UN OKEĀNA BIOLOĢISKĀ PRODUKTIVITĀTE

Ekosistēmas produktivitāti nosaka ātrums, ar kādu šīs sistēmas producenti (galvenokārt fotosintezējošie organismi) iesaista Saules enerģiju sintezējamās organiskās vielas ķīmiskajās reakci-

jās. Producentu laika vienībā radīto organisko vielu masu sauc par ekosistēmas *primāro bioloģisko produktivitāti*. Šo rādītāju kvantitatīvi izsaka dzīvajā vai sausajā masā (kg), kā arī enerģijas vienībās (J). Jāatceras, ka produktivitāte ir biomasas tapšana laika gaitā, bet nevis biomasas krāja (resursu daudzums). Organisko vielu producēšanu novērtē šādos līmeņos.

○ *Primārā kopproduktivitāte*, jeb kopējā asimilācija — to raksturo fotosintēzes ātrums organisko vielu radīšanas procesā (ietverot arī saražoto, bet elpošanai patērēto organisko vielu daļu).

○ *Tirā primārā produktivitāte* jeb tirā asimilācija — to raksturo organisko vielu uzkrāšanās ātrums (ņemot vērā primāro kopprodukciju mīnus elpošanai patērēto organisko vielu masu).

○ *Fitocenozes tirā produktivitāte* — raksturo ar heterotrofu neizmantotās organisko vielu masas uzkrāšanās ātrumu (tirā primārā produktivitāte mīnus heterotrofu izmantotā daļa); parasti nosaka veģetācijas periodā vai gadā.

○ *Sekundārā produktivitāte* — raksturo ar organisko vielu masas (vai enerģijas) uzkrāšanās ātrumu konsumentu līmenī. Te neizdala kopējo un tīro produktivitāti, jo konsumenti izmanto tikai producentu jau agrāk uzkrātās organiskās vielas.

Pēc Dž. Vudvela datiem, visi Zemes dzīvie organismi gadā producē $164 \cdot 10^9$ tonnas sausu organisko vielu. Vairāk nekā pusi no tām sastāda sauszemes primārā kopproduktivitāte, kuru H. Laiets un R. Vitekera (1975) novērtējuši kā $118 \cdot 10^9$ tonnas gadā. Biosfēras primārās kopproduktivitātes sadalījums pa ekosistēmu galvenajiem tipiem (biomiem) parādīts 5.1. tabulā. Zemeslodes plašās teritorijas (90% okeāna un 30% sauszemes) raksturojas ar zemu bioloģisko produktivitāti. Šo zemo produktivitāti tuksnešos nosaka ūdens deficīts, tundrās — siltuma trūkums, atklātajā okeānā produktivitāti limitē biogēnie elementi.

Augsta produktivitāte ir tajās ekosistēmās, kur vides faktori ir labvēlīgi (ne tikai liela ne Saules saņemtā radiācija, bet eksistē arī papildu enerģijas avoti). Dabiskajās ekosistēmās estuāriem un koraļļu rifiem papildu enerģiju nes jūras paisumi, tropu mežiem — vējš un lietus. Mākslīgās cenozes šādu enerģijas papildinājumu (subsīdiju) saņem ar cilvēka starpniecību. Lauksaimnieki daudz enerģijas patērē zemes apstrādāšanai, meliorēšanai, apūdeņošanai, mēslošanai, cīņai ar slimībām un kaitēkļiem, selekcijai. Lauksaimniecības mašīnas patērē aizvien vairāk degvielas un citus enerģijas avotus. Tā ASV degvielas patēriņš enerģijas izteiksmē uz katru iegūtās pārtikas kaloriju pieaudzis no 1 kalorijas šā gadsimta sākumā līdz 10 kalorijām 70. gados. Lai dubultotu graudaugu produktivitāti, ir desmitkārtšots mēslojuma, pesticīdu, mehāniskās enerģijas patēriņš. Savu pozitīvu ieguldījumu ir devusi selekcija. Tās rezultātā graudu sausā masa attiecībā pret salmiem palielinājusies no 50 līdz 80%. Taču atcerēsimies, ka katram faktoram dotajā ekosistēmā ir optimuma un tolerances zonas. Te vietā tautas gudrība: «Kas par daudz, tas par skādi!» Par daudz var nosusināt, apūdeņot, pārmēslojot. Notekūdeņu pludināšana, pat gaisa piesārņojums

mērenās devās var celt ekosistēmas produktivitāti, toties lielākās devās tas izraisa stresu, bet vēl lielākās — noposta biocenozī.

Zemes iedzīvotājiem savas dzīvības uzturēšanai gadā ir nepieciešama pārtika, kas satur $23,05 \cdot 10^{18}$ J enerģijas (vidēji $4,19 \cdot 10^9$ J katram cilvēkam gadā). Pasaules lauksaimniecība saražo $28,07 \cdot 10^{18}$ J. Arī no jūras iegūst pārtikas daudzumu, kas ekvivalents $5,45 \cdot 10^{17}$ J. It kā būtu pietiekoši. Tomēr jāņem vērā iegūtās produkcijas prāvie zudumi, to transportējot, uzglabājot un pārstrādājot, kā arī tās nevienmērīga sadale pa valstīm. Tāpēc apmēram trešdaļa mūsu planētas iedzīvotāju ir nepilnīgi nodrošināti ar pārtiku. Šajā sakarībā jāatzīmē, ka pārtikas produktu pārstrādāšana degvielā ir antihumāna un arī ekoloģiski neizdevīga. Piemēram, lai saražotu graudus tāda spirta daudzuma iegūšanai, kas nepieciešams vienai vidēji lielai automašīnai gadā, jāizmanto ap 3,2 ha tīruma. Šāda platība ar uzturu var nodrošināt 10...20 cilvēkus. Bez tam te nepieciešama lielāka enerģijas subsīdija, nekā to satur iegūtais spirts! Novērtējot šāda tipa degvielas ražošanas perspektīvas, jā-

5.1. tabula

Biosfēras primārā kopproduktivitāte un tās sadalījums pa ekosistēmu pamattipiem (pēc J. Oduma)

Ekosistēmas	Platība, 10 ⁶ km ²	Primārā kopproduk- tivitāte, kcal·m ⁻² gadā	Vispārīgā kopproduk- tivitāte, 10 ¹⁶ kcal gadā
Jūras			
Atklāts okeāns	326,0	1000	32,6
Piekrastes ūdeņi	34,0	2000	6,8
Apvelinga rajoni	0,4	6000	0,2
Estuāri un rīfi	2,0	20 000	4,0
K o p ā	362,4	—	43,6
Sauszemes			
Tuksneši un tundras	40,0	200	0,8
Ļāvas un ganības	42,0	2500	10,5
Sausu augtēņu meži	9,4	2500	2,4
Boreālie skujkoku meži	10,0	3000	3,0
Apstrādājamās zemes (ar nelielām enerģijas subsīdijām vai bez tām)	10,0	3000	3,0
Mērenās joslas mitrie meži	4,9	8000	3,9
Mehanizētā lauksaimniecība (ar enerģijas subsīdijām)	4,0	12 000	4,8
Tropu un subtropu mitrie (platlapju mūžzaļie) meži	14,7	20 000	29,0
K o p ā	135,0	—	57,4
Pavisam kopā	500,0		100,0
Vidēji (izslēdzot ledājus)		2000	

P i e z ī m e: SI sistēmā kalorijas vietā lieto džoulu. 1 cal=4,1868 J.

ņem vērā vēl kāds svarīgs aspekts. Sauszemes platība ir praktiski (t. i., dažu cilvēku paaudžu dzīves laikā) konstants lielums. Bez mūžīgajiem ledājiem ir ap $14 \cdot 10^6$ ha sauszemes. Bet Zemes iedzīvotāju skaits pieaug. Pašreiz (1990. g.) uz 1 cilvēku ir vidēji 2,64 ha zemes. Taču jāņem vērā arī mājdzīvnieki, kuri patērē apmēram 5 reizes vairāk lauksaimniecības primārās produkcijas nekā cilvēki. Ekoloģijā lieto G. Borgstroma (1965) ieteikto rādītāju «mājlopu populācijas ekvivalentu», kura lielums (vidēji 4,7) svārstās no 0,6 Japānā, kur daudz izmanto jūras produkciju, līdz 43 Jaunzēlandē. Ja ņemam vērā šo rādītāju, tad uz vienu «galvu» paliek vairs 0,44 ha sauszemes. Un nākotnē šī norma turpinās samazināties. Lauksaimniecības produktivitātes tālākā kāpināšana ar klasiskajām metodēm nerod principiālu risinājumu. Jaunas perspektīvas sola biotehnoloģija. Taču te nepieciešams jauns ekoloģiskais nodrošinājums.

5.6. BIOSFĒRAS STABILITĀTE UN EVOLŪCIJA

Biogeokīmiskie cikli, kurus apskatījām 5.4. nodaļā, visus biosfēras komponentus saista integrētā sistēmā, kas funkcionē pēc vienotām likumsakarībām. Udens un ķīmisko elementu aprites lielle mazi cikli, gaisa masu cirkulācija ir savstarpēji savijušies procesi, kuri nodrošina dzīvās vielas atražošanas un attīstību. Biotiskā aprīte iesaista arvien jaunu Saules radiācijas daudzumu, kas darbina biosfēras «dzīvības ratu». Biosfēra darbojas stabilā pašregulēšanās režīmā kā vienota superliela sarežģīta sistēma ar daudziem polihierarhiski pakārtotiem komponentiem un procesiem. Tās pašregulēšanos nodrošina daudzējādas savstarpēji vienotas atgriezeniskās saites un sakarības, turpretī stabilitāti — dzīvo būtņu lielās daudzveidības vienotība, strukturālā un funkcionālā harmonija. Šī biosfēras harmonija, tās struktūras daļu proporcionālā atbilstība, visu procesu koadaptācija radusies un pārtop evolūcijas procesā.

Paleontoloģisko pētījumu dati liecina, ka vismaz fanerozojā (pēdējie 600 milj. gadi) galvenie biogeokīmiskie cikli nav būtiski izmainījušies. Uzkrāties atmosfēras skābeklis, producenti saistījuši oglekli un inerto slāpekli, nogulumos uzkrājušās magnija un dzelzs rūdas, fosfors, sulfīdi, kalcijs, veidojušies biogēnie un organogēnie ieži, krama slānekļi. Tikai periodiski ir mainījies šo procesu ātrums. Taču nav būtiski izmainījusies dzīvības procesos ietvertu elementu plūsma. Arī dzīvās vielas kopējā masa kopš karbona perioda, šķiet, neko daudz nav ne palielinājusies, ne samazinājusies. Uz katru kvadrātmetru vidēji ir 2 kg dzīvo organismu biomasas (99% no tās sastāda producenti). Ja visa fanerozojā saražotā biomasa būtu saglabājusies, tā vairāk nekā trīs reizes pārsniegtu planētas kopējo masu. Šie dati liecina par biosfēras homeostāzi, kas nodrošina tās stabilu funkcionēšanu. A. Čiževskis (1936), pētīdams Saules aktivitātes periodisko izmaiņu ietekmi uz dzīvības procesiem, ieguvis pārlicinošus datus par biosfēras homeostāzi laikā un telpā. Šo

globālo īpašību viņš formulējis *biosfēras funkciju kvantitatīvās kompensācijas likumā*. Izrādās, ja globāli apskata kādu biosfēras parādību, tad jākonstatē, ka šīs parādības kvantitatīvās izpausmes teritoriāli (telpiski) un dotajā vietā arī laika gaitā svārstās ap kādu praktiski konstantu lielumu. Ja kādā apgabalā iestāties pārmērīgs sausums, tad tajā pašā laikā citur ir pārbagāti nokrišņi, vienā vietā ir neraža, otrā — ļoti laba raža u. tml. Pēc neauglīgiem gadiem nāk auglīgi, pēc sausajām vasarām — lietainas. Biosfēras kvantitatīvās kompensācijas likumu A. Čiževskis izteicis ar šādu formulu:

$$\sum_{t=1}^{t=n} \sum_{S=1}^{S=m} P_{t,s} + \sum_{t=1}^{t=n^1} \sum_{S=1}^{S=m^1} Q_{t,s} = \pm K, \quad (5.2.)$$

kur P — attiecīgā biosfēras parametra negatīvās novirzes no vidējā lieluma;

Q — biosfēras parametra pozitīvās novirzes no vidējā lieluma;

t — mērāmā laika vienība (no 1 līdz n vai n^1),

S — mērāmā telpas vienība (no 1 līdz m vai m^1); parasti $n = n^1$, $m = m^1$;

K — praktiski konstants lielums, kurš tiecas uz nulli, ja P līdzinās Q .

Biosfēras funkciju kvantitatīvās kompensācijas likums, raksta A. Čiževskis, liek skatīt Zemes dzīvības procesu sarežģīto sistēmu kā vienotu organismu. Šajā vienotajā «organismā» organizējošā (nervu sistēmas) loma pieder dzīvajam.

Līdzīgu ideju pēc vairāk nekā trīsdesmit gadiem izteikuši ASV zinātnieki fiziķis Dž. Lavloks un mikrobioloģe L. Margulis (1973) savā *Gejas hipotēzē*. Pēc šīs hipotēzes, dzīvās būtnes kopā ar to pārveido Zemes ekosfēras fizikālo vidi, veido sarežģītu regulācijas sistēmu, kas uztur dzīvībai labvēlīgus apstākļus. Autori secina, ka ļoti specifiskos ekosfēras apstākļus (troposfēras sastāvu ar unikāli augsto skābekļa saturu un ļoti zemu ogļskābās gāzes koncentrāciju, mēreno temperatūru, Zemes apvalka īpatnējo redokspotenciālu) nevar izskaidrot, ja neņem vērā agrīno dzīvības formu buferaktivitātes vadošo lomu. Dzīvība spēj pastāvēt salīdzinoši šaurā vides apstākļu diapazonā, kuru pati arī uztur. Tā bez dzīvās vielas buferdarbības Zemes atmosfēra saturētu nevis 21% skābekļa kā tagad, bet tikai procenta tūkstošdaļas kā uz Venēras; tāpat arī slāpekļa 79% vietā būtu mazāk nekā 2%. Toties oglekļa dioksīda koncentrācija sasniegtu 98%. Uz tādas neapdzīvotas Zemes virsmas temperatūra būtu ap 290 °C (uz Venēras 477 °C). Hipotēzes autori interpretē «brūnās joslas» mikroorganismu komplicētā tīkla smalko regulējošo sistēmu, kas funkcionē pēc hemostata principa. Te ir zināma līdzība ar kondicionēšanas sistēmu, kas uztur dzīvošanai komfortablus apstākļus. Taču Gejas regulācijas sistēma ir nesalīdzināmi sarežģītāka, to nodrošina simtiem savstarpēji dublējošu procesu. Cilvēks, neskatoties uz savu tehnisko bāzi, vitāli atkarīgs no Gejas paš-

regulācijas mehānismiem, jo atrodas trofiskās piramīdas virsotnē. Raugoties no cilvēka vajadzībām pēc dzīves nodrošināšanas resursiem, mūsu lielpilsētas ir tikai biosfēras parazīti. Gejas hipotēzes autori norāda, ka svarīgi ir ne tikai taupīt resursus un samazināt vides piesārņošanu, bet arī pētīt un saglabāt biosfēras globālos pašregulācijas mehānismus un tās buferaktivitāti.

Runājot par biosfēras pašregulāciju, kas nodrošina tās stabilu funkcionēšanu, jāatceras, ka dzīvais var pastāvēt tikai attīstībā, evolūcijā. Lai sekmīgi risinātos dzīvības «luga», jāmainās «aktīviem» un to darbībai. Zemes ģeoloģiskā hronika dzīvo būtņu fosilijas nogulumu iežu slāņos liecina par evolūcijas gaitu un tās neatgriezenisko raksturu. Zinātne sniedz datus, ka evolūcijas process noritējis endogēno (autogēno, iekšējo) procesu un eksogēno (alogēno, ārējo) spēku (faktoru) mijiedarbības ietekmē.

Liecības par izmirušajiem organismiem paleontologi iedala pēc morfoloģiskajām, bioloģiskajām un ģeokīmisko izotopu pazīmēm. Uzskatāmas un pārlicinošas ir morfoloģiski labi izteiktas fosilijas — pārakmeņojušies dzīvnieki, augi, mikroorganismi. Vissenākās morfoloģiski labi izteiktas dzīvības pēdas saglabājuši stromatolīti, kas veidojušies seno ūdenstilpju dibenā. Tie ir nelieli ieapaļi slāņaini ķermeņi, kuri atgādina sapresētu pulksteņstiklu paciņu. Stromatolītu struktūrās konstatētas zilaļģu mikrofosilijas. Vissenākie stromatolīti atrasti Rietumāstrālijā Varvūnas sērijas iežos, kuru vecums ap 3,5 mljrd. gadu. Apmēram tikpat vecs ir Dienvidāfrikas Centrālās Transvālas melnais slāneklis, kurā konstatēti baktērijuveida ķermeņi (E. Barghorns nosaucis tos par *Eobacterium isolatum*), kā arī mikrofosilijas morfoloģiski diezgan līdzīgas dažām tagadējām vienišūnu aļģēm. Arī seno iežu ķīmiskie pētījumi liecina par tajos esošajām dzīvības pēdām. Tā sulfātu un minerālsulfīdu attiecība vedina domāt par kādreizējo sulfātreducējošo un fotosintēzējo baktēriju darbību un to evolūcijas gaitu. Taču vēl plašāku informāciju iegūst paleontologi, vissenākajos iežos izpētot kāda elementa izotopu attiecības. Piemēram, analizējot oglekļa izotopu sastāvu (attiecībās $^{12}\text{C}/^{13}\text{C}$), iespējams noskaidrot vieglākā oglekļa daļu, kas izgājis cauri fotosintēzes procesam. Vācu zinātnieks M. Sidlovskis, ar šādu metodi pētīdams karbonātiežus Isua kompleksā Grenlandē, fotosintēzes oglekli ir konstatējis 3,8 mljrd. gadu vecos slāņos. No šiem datiem var secināt, ka fotoautotrofa biosfēra pastāvējusi vismaz jau pirms 4 mljrd. gadu.

Zinātniskajos pētījumos atklājas, ka dzīvo būtņu autotrofais barošanās veids jau ir visai komplicēts. Pirms autotrofajiem organismiem bija jārodas heterotrofajām būtņiem ar intramolekulāru (līdzīgu rūgšanai) elpošanu, kas neprasa brīvu skābekli. Pirms fotosintēzes tapšanas Zemes reducētā atmosfērā praktiski nebija brīva skābekļa, tā sastāvēja no oglekļa dioksīda, ūdens tvaikiem, metāna, slāpekļa, kā arī no sērūdeņraža, hlora un citām gāzēm. Ņemot vērā šo apsvērumu, dzīvības rašanās laiks jāatvirza tālāk par 4 mljrd. gadu. Kā raksta V. Vernadskis, empīriski nav atrastas norādes par laiku, kad dzīvās vielas uz mūsu planētas nebija. Dzī-

vība uz tās ir ģeoloģiski mūžīga. Pirmatnējās biosfēras biocenozes, domājams, sastāvēja no mikroskopiski sīkiem anaerobiem heterotrofiem organismiem, kuri pārtika no organiskajām vielām, kas bija sintezējušās abiotiskajos procesos. Vēlāk parādījās un eksplozīvi izplatījās autotrofās fotosintezējošas aļģes, kuras reducēto atmosfēru pārveidoja par oksidētu. Sāka pieaugt skābekļa koncentrācija ūdenī un gaisā, veidojās ozona O_3 slānis, kas aizturēja ultravioleto starojumu. Dzīvajām būtēm vairs nebija nepieciešams slēpties no ultravioletā starojuma ūdens dziļākajos slāņos, tās varēja pacelties tuvāk virsmai, kur vairāk Saules gaismas un siltuma. Kad skābekļa sastāvs atmosfērā sasniedza ap 0,6 tilp. % (apmēram pirms 1 mljrd. gadu), radās eikarioti. Atmosfēras skābekļa saturam palielinoties līdz 8 tilp. % (apmēram pirms 700 mljrd. gadu), parādījās pirmie daudzšūnu organismi. Arī tālāk biosfēras evolūcijas procesa nevienmērīgā gaita atgādina ekosistēmas sukcesijas. Kembrija perioda sākums (pirms 570 mljrd. gadu) iezīmējās ar dzīvības formu evolucionāro eksploziju. Ļoti īsā laika sprīdī (protams, īsā pēc «ģeoloģiskā pulksteņa») radās koraļļi, sūkļi, tārpji, moluski, daudzšūnu aļģes. Skābekļa daudzumam augot, dzīvība koplificējās un piepildīja visas jūras (tur izplatījās mugurkaulnieki), un devona periodā dzīvība iznāca uz sauszemes. Paleozoja ēras vidū (apmēram pirms 400 mljrd. gadu) skābekļa saturs atmosfērā jau sasniedza tagadējo līmeni (20,95 tilp. %) un biosfēras primārā produktivitāte bija stacionāri augstā līmenī. Pēc tam biosfēras primārā produktivitāte sāka samazināties, kritās skābekļa saturs gaisā, bet pieauga oglekļa dioksīda koncentrācija. Paleozoja un mezozoja ēru mijā primārā produktivitāte ir bijusi stacionāri zemā līmenī, izmiruši ap 50...60% taksonu un to vietā izplatījušies jauni, arī siltasiņu dzīvnieki un sēkļaugi. Mezozoja ēras vidū primārā produktivitāte sāka pieaugt, skābekļa saturs atmosfērā atkal palielinājās un CO_2 samazinājās. Kopš mezozoja ēras beigām attiecība O_2/CO_2 atrodas t. s. oscilējošā stacionārā stāvoklī, kuru var izjaukt pieaugošā antropogēnā ietekme.

Evolūcijas pētnieku uzmanība līdz šim tika vērsta galvenokārt uz sistematikas taksonu (sugu, ģinšu utt.) filogēnēzes izpēti. Vēl ļoti maz ir izziņātas ekosistēmu un visas biosfēras evolucionēšanas likumsakarības. Ja klasiskajā evolūcijas mācībā galvenā vieta ir izlases darbībai populācijas vai sugas līmenī, tad evolucionārajā ekoloģijā nozīmīgāka ir grupveida izlase biocenozē, autotrofu un heterotrofu koevolūcija. Te evolūcijas faktori (izlase, mutācijas, populāciju viļņi u. c.) iegūst jaunus aspektus. Grupveida izlase sekmē tādu pazīmju un īpašību attīstību, kuras izdevīgas biocenozei. Kooperācija ņem pārsvaru pār konkurenci. Pat plēsoņas un upura, parazitā un saimniekorganisma attiecības nav viennozīmīgas. S. Levins un D. Pimentels (1981) apraksta šādu grupveida izlases piemēru. Austrālijā tika ieviests trušu miksomatozes izraisītājs. Introdukcijas sākumā inficētie truši gājuši bojā dažu dienu laikā. Taču vēlāk virulento formu izspiedušas mazāk virulentas, līdz ar to tās varēja ilgstošāk inficēt trusi. Acīmredzot šādas grupveida izlases rezultātā izveidojušies dažādi «gudri» parazīti, kuri vispār neiznī-

cina savu saimnieku. Protams atkarībā no konkrētas situācijas grupveida izlasei biocenozes populācijās var būt dažāda stratēģija. Tā ir plaša un sarežģīta problēma. Te atzīmēsim, ka ekosistēmiskajā evolūcijā pēc sugas populācijas augšanas konstantēm izšķir divus izlases tipus. Tā ir *r-izlase*, kurai raksturīgi, ka vairošanās procesam tiek tērēts vairāk enerģijas nekā īpatņu uzturēšanai, un *K-izlase* — salīdzinoši vairāk enerģijas patērē īpatņu izdzīvošanai un uzturēšanai.

Acīmredzot atsevišķas sugas populācijas evolūciju nav iespējams objektīvi izziņāt, ja to neapskata kā evolucionējošas ekosistēmas elementu. Šāds ekosistēmas redzējums biosfēras kontekstā īpaši nepieciešams tad, ja mūsu uzdevums ir prognozēt evolūcijas tālāko gaitu. Uzdevuma sekmīga risināšana nav iespējama bez zināšanām par biosfēras evolūcijas likumsakarībām. Viena no biosfēras evolūcijas svarīgākām likumsakarībām ir elementu aprites paātrināšanās. Pieaugot biotisko sistēmu hierarhiskai sarežģītībai, enerģijas plūsmas ceļš kļūst garāks un tā veic lielāku darbu dzīvības procesos. Kā jau atzīmējām, biosfēras dzīvās vielas kopējā masa nav būtiski izmainījusies kopš sauszemes apgūšanas. Taču bioproduktivitāte izteikti augusi. Šīs globālās tendences novērtēšanai N. Baziļevičs un L. Rodins (1965) ieteikuši speciālu rādītāju K .

$$K = \frac{\lg P}{\lg B}, \quad (5.3.)$$

kur P — organisko vielu ikgadēja produktivitāte;
 B — organisko vielu kopējā masa.

Rādītājs K evolūcijas gaitā palielinās. Tā segsēkļu cenožēs, kuras filoģenētiski radās neogēnā (pirms ≈ 20 milj. g.), $K=0,81 \dots 0,95$. Segsēkļu koku un krūmu audzēs, kuras pastāv kopš krīta perioda vidus (pirms ≈ 100 milj. g.), $K=0,60 \dots 0,76$. Bet skujkoku audzēm, kuras parādījās perma perioda vidū (pirms ≈ 250 milj. g.), $K=0,50 \dots 0,55$. Videjā un augšējā paleozoja (pirms ≈ 350 milj. g.) slapjajiem paparžaugu mežiem šo rādītāju lēš apmēram 0,4, bet izmirušo psilofītu audzēm (pirms ≈ 400 milj. g.) — ap 0,3. Šī rādītāja pieaugšana evolūcijas gaitā liecina, ka uz katru biomasas vienību producējas arvien vairāk dzīvās vielas, respektīvi biosfēra darbojas aizvien efektīvāk.

5.7. BIOSFĒRAS PĀREJA NOOSFĒRĀ. ANTROPOEKOLOGIJAS PROBLĒMAS

Līdz ar cilvēka parādīšanos uz Zemes sākās viņa ietekme uz biotiskajām sistēmām. Pat jau visprimitīvākais darbs ietekmē dabas norišu gaitu. Darbs ir process, kas noris starp cilvēku un dabu. Šajā procesā cilvēks ar savu darbību pastiprina, regulē un kontrolē vielu un enerģijas maiņu starp sevi un dabu. Cilvēks strādā, lai apmierī-

nātu savas vajadzības, kuras var iedalīt divās grupās: 1) vajadzības, ko nosaka daba, un 2) vēsturiski radušās vajadzības. Pirmā veida vajadzības atkarīgas no cilvēka bioloģiskās dabas (pārtika, mitekļi, līdzekļi veselības uzlabošanai u. c.). Otrā veida vajadzības radījis ražošanas process (satiksmes līdzekļi, grāmatas, mašīnas, instrumenti un citi ražošanas rīki). Jo augstāk attīstīta sabiedrība, jo lielāku pārsvaru gūst otra veida vajadzības. Paleolitā un arī vēl mezolitā otrā veida vajadzību izpausme bija niecīga, jo praktiski visus spēkus paņēma cīņa par kailās dzīvības uzturēšanu, bioloģisko vajadzību apmierināšanu. Taču cilvēku skaitam pieaugot, apgūstot uguns iegūšanu un pielietošanu, palielinājās antropogēnā ietekme uz dzīvo dabu. Vairākas lielo dzīvnieku (piemēram, mamutu) sugas, kuras cilvēks intensīvi medīja, izzuda jau mezolitā. Pāreja no mezolīta uz neolītu (jauno akmens laikmetu) pirms apmēram 7...12 tūkst. gadu iezīmējās ar cilvēku sabiedrības stratēģijas kardinālām izmaiņām. Pirmatnējais mednieks un dabas «dāvanu» ņēmējs pārtapa par lopkopi, zemkopi, amatnieku. Lopkopība izrādījās desmitiem reižu produktīvāka nekā medības, bet zemkopība deva simtām reižu vairāk graudu nekā to uzlabošanu savvaļas apstākļos. Kā atzīmē ekoloģs L. Brauns, ja nebūtu notikusi šī «neolītiskā revolūcija» un cilvēks būtu aprobežojies ar mednieka un savvaļas augļu un sēkļu ieguvēja lomu, biosfēra nespētu uzturēt vairāk kā 10 milj. cilvēku. Attīstoties zemkopības teknikai un lopkopības mācai, viena un tā pati teritorijas vienība spēja uzturēt arvien vairāk cilvēku. Iedzīvotāju skaita pieauguma tempi auga. Bet apdzīvotības palielināšanās savukārt stimulēja lauksaimniecības, amatniecības un tirdzniecības attīstību, pilsētu veidošanos.

V. Vernadskis uzskata, ka, sākot ar «neolītisko revolūciju» — šo kardinālo pavērsieni *Homo sapiens* vēsturē —, top pirmie noosfēras (grieķu *noos* — saprāts) iedīgli. Jēdzienu «noosfēra» viņš attiecina uz planetāro un kosmisko telpu, kuru pārveido un vada cilvēku saprāts, cilvēcei garantējot vispusīgu progresīvu attīstību. Vārdu «noosfēra» ieteica franču zinātnieks Leruā (1927) pēc V. Vernadskas biosfērai veltītā lekciju cikla noklausīšanās *Collège de France*. V. Vernadskis savas dzīves pēdējos divdesmit gadus intensīvi strādāja pie šīs problēmas. Viņš izveidoja mācību par biosfēras pāreju noosfērā. Noosfēra attīstījies kā laikā, tā arī telpā vēl nevienmērīgāk, nekā tas notika ar biosfēru. Sākumā tai ir «plankumains» raksturs, tikai Lielo ģeogrāfisko atklājumu laikmets un tam sekojošā tehniskā revolūcija XVIII—XIX gadsimtā sāka savienot šos atsevišķo civilizāciju «plankumus» vienotas civilizācijas sistēmā. Attīstoties mašīnražošanai, izvērtoties industriālajam ražošanas veidam, būtiski pārtapa sabiedrības un dabas attiecību raksturs. Agrāk cilvēks centās atrast sev piemērotāku vietu dabā, bet industrializācijas laikmetā ražotājs meklē un pilnveido dabas izmantošanas un pakļaušanas līdzekļus. Ar saviem ražošanas līdzekļiem cilvēks veido «otro dabu» — *tehnosfēru* —, ko izvieto starp dabu un sabiedrību.

Smago metālu ieguve pasaulē un to antropogēnā emisija vidē, tūkstošos tonnu (pēc J. Moore un S. Ramamoorthy, 1984)

Laika periods, gadi	Svins		Cinks		Niķelis	
	kopējā ieguve	emisija	kopējā ieguve	emisija	kopējā ieguve	emisija
1901—1910	10 700	471	7000	392	140	8,2
1911—1920	11 200	493	8800	493	350	21,0
1921—1930	14 200	1120	11 100	622	360	21
1931—1940	14 600	1639	13 300	746	830	49
1941—1950	14 900	1672	17 100	959	1370	80
1951—1960	24 000	2694	27 000	1514	2380	140
1961—1970	33 000	3704	42 300	2372	4370	257
1971—1980	38 000	4265	58 000	3252	7070	415

Mūsu gadsimta otrajā pusē industriālās ražošanas krasi paātrināšanās vēl vairāk padziļināja sabiedrības ekspansiju dabā, asināja ekoloģiskās krīzes situāciju, arvien vairāk pastiprināja tās globālo raksturu. Sāka strauji augt sabiedriskās ražošanas paātrinājuma sekas — vides piesārņojums. Savu daļu deva arī transports un sadzīves atkritumi. Tā divdesmit pēckara gados automašīnu skaits uz ASV ceļiem pieauga par 160%, bet automašīnu izdalītā slāpekļa oksīda daudzums palielinājās septiņas reizes, svina — piekārt. Šāds piesārņojuma pieauguma temps izskaidrojams vienkārši. Automašīnu vidējā jauda šajā periodā pieauga divarpus reizes. Jaudīgāki motori patērē vairāk degvielas, bet dzinēja kompresijas palielināšanai benzīnam vairāk jāpievieno tetraetilsvins. Svins un citi smagie toksiskie metāli ir kaitīgi pat nelielās devās. Salīdzinoši dati par dažu smago metālu ieguves tempiem un vides piesārņojumu ar tiem ievietoti 5.2. tabulā. Kā redzams no tabulas datiem, ar 50. gadu sākumu pasaulē krasi palielinājusies šo smago metālu kopējā ieguve un vides piesārņošana ar tiem.

Industriālajai ražošanai palielinoties, cilvēka intereses nonāk arvien asākā pretrunā ar ekosistēmu attīstības un biosfēras evolūcijas pamattendenci. Dzīvajā dabā realizējas maksimālas saglabāšanās stratēģija, vienlaicīgi paaugstinot savu strukturētību un sarežģītību uz katru enerģijas plūsmas vienību. Cilvēks turpretim cenšas iegūt maksimāli iespējamo produkciju, parasti tas notiek, degradējot ekosistēmu. Taču ekosistēma, aļinava nav tikai produkcijas ražotne, bet arī *oikos* — māja, kurā mums jādzīvo. Nepieciešama CO₂ un O₂ harmoniska attiecība atmosfērā, piemērots klimats, tīrs ūdens, nepiesārņots gaiss, zaļie masīvi rekreācijas un estētisko vajadzību apmierināšanai un vēl daudz kas cits. Bet galvenais — biosfēras stabilitāte, ko nodrošina normāla biogēno elementu un ūdens aprīte, gāzu apmaiņa. Protams, biosfēras sarežģītā hierarhiskā organizē-

tība slēpj sevī milzīgas pašregulācijas rezerves un potences. Taču to atklāšanai nepieciešams plašāk izvērst ekoloģiskos pētījumus. Šādos pētījumos līdztekus dabaszinātnēm arvien vairāk iesaistās sociālā kompleksa zinātnes, veidojas *sociālā ekoloģija*. Tas notiek ne tikai tāpēc, ka strauji attīstās tehnosfēra un pieaug antropogēno faktoru ietekme uz biosfēras struktūru un tās funkcionēšanu. Vēl būtiskāks sociālās ekoloģijas veidošanās faktors ir tas, ka ekoloģiskās problēmas kļūst aizvien globālākas. Risinot šīs problēmas, saduras dažādu sabiedrisko grupu, reģionu, valstu, sociāli ekonomisko sistēmu intereses. Tās kļūst par ideoloģiskas un politiskas cīņas objektu. Saduras dažādi pasaules uzskati un redzējumi. Diskusijas par ekoloģiskajām problēmām arvien biežāk piesaista plašas sabiedrības uzmanību. Dabas aizsardzības akcijas nereti kļūst par starptautisku kustību.

Sabiedrības un vides organiskas mijiedarbības rezultātā rodas kvalitatīvi jauns veidojums, kura īpašības nevar viennozīmīgi attiecināt tikai uz sabiedrību vai dabu. Veidojas kāda globāla metasis-tēma ar savām īpatnējām īpašībām un likumsakarībām. Biosfēra, pirms pusgadsimta rakstīja V. Vernadskis, pāriet jaunā evolūcijas stāvoklī — noosfērā, kura rodas, cilvēces zinātniskai domai pārstrādājot biosfēru. Viņš noosfēru uzskata par Visuma komponentu, kas strauji palielinās, padziļinoties un paplašinoties cilvēka radošai ietekmei uz dabu. Noosfēru viņš apskata kā dabas un sabiedrības harmonisku vienotību, ko nodrošina un ar zinātnisku domu bagātina cilvēces saprātīga darbība. Noosfēras koncepcija vienoti aplūko sabiedrības un dabas mijiedarbības visus procesus un izpausmes, arī pašu novērotāju. Te metodoloģiskā ziņā kardināli izmainās klasiskajā zinātnē pieņemtās izzinošā subjekta un pētāmā objekta attiecības. Noosfēra reizē ir gan pētāmais objekts, gan izzinošais subjekts.

Noosfēras vēsturiskā attīstība, tāpat kā biosfēras evolūcija, nav noritējusi vienmērīgi. Arī noosfērā relatīvi lēni noritošo pilnveidošanos ar pakāpenisku kvantitatīvu izmaiņu uzkrāšanos nomaina vairāk vai mazāk strauja kvalitatīva pārtapšana. Lietojot ASV futurologa O. Toflera (1981) terminoloģiju, noosfēras vēsturiskajā attīstībā varam atzīmēt trīs lielus tās pārtapšanas viļņus.

○ *Pirmais vilnis*, pašas noosfēras tapšanas iesākums, bija «neolītiskā revolūcija» (pāreja no vidējā uz jauno akmens laikmetu), par kuru jau runājām.

○ *Otrais vilnis* saistās ar XVIII—XIX gadsimta tehnisko revolūciju, kas ievadīja mašīnizētu preču ražošanas veidu, tas savus grieztus ir sasniedzis mūsdienu industriālajā lielrūpniecībā un izraisījis mūsdienu globālo ekoloģisko krīzi. Ekoloģiskā krīze, dabas resursu izsmelšana un militāri politiskā konfrontācija rada iznīcības draudus civilizācijai. Taču arī globālā vienveidība visai nopietni apdraud cilvēces attīstību, ko uzspiež industrializācija. Nomācoša ir mūsu standartizētās produkcijas un tās sadales vienveidība, darba procesa konveijerizācija un stingra reglamentēšana gigantiskajos uzņēmumos, kur darbinieks, vienmuļi veicdams kādu vienu vai ne-

daudzas atsevišķas operācijas, atsvešinās no darba galarezultāta un ražošanas līdzekļiem. Vienveidīga ir «masu kultūra» un izglītības sistēma. Milzīgos metienos ražo ne tikai laikrakstus, žurnālus un grāmatas, bet arī cilvēku mitekļus un apģērbu. Centralizētās pārvaldes šabloniskā struktūra ignorē ne tikai lokālās, bet arī reģionālās īpatnības. Asimilējas sīki etnosi (tautības un mazas tautas), kļūst nabadzīgāka (vienveidīgāka) lielo etnosu iekšējā struktūra. Mūsu un dažās citās valstīs šo vienveidošanās procesu pastiprināja vadoņa diktatūra ar tai raksturīgo administratīvo komandaparātu.

○ *Trešā viļņa* sākums ievada cilvēces kardināli atšķirīgu stratēģiju. Pavirši skatoties uz attīstītākām kapitalistiskajām valstīm, šķiet, ka tur iestājusies vispārējā ekonomiskā krīze: slēdz rūpnīcas, daudz bezdarbnieku. Bet slēdz tradicionālo nozaru uzņēmumus, kas ražo lieljaudas traktoros, gumiju un automašīnas, būvē kuģus. Tajā pašā laikā vareni plaukst elektronikas, kompjūteru un sadzīves tehnikas, vides aizsardzības iekārtu, biotehnoloģijas un kosmonautikas, enerģētikas alternatīvo virzienu (vēja ģeneratori, saules baterijas u. tml.) nozares. Trešā viļņa postindustriālā rūpniecība ir daudzkārt rentablāka un ievērojami mazāk patērē dabas resursus. Strauji pieaug intelektuālo resursu ieguldījums. Sabiedriskā ražošana saaug ar zinātni. Aizvien vairāk un vairāk cilvēku nodarbojas ar informācijas ražošanu un pārstrādi. Informācija kļūst par svarīgāko ražošanas līdzekli un īpašuma veidu. Tā būtiski atšķiras no citiem īpašuma veidiem, tādiem kā zeme, ganāmpulki, rūpnīcas, ēkas u. tml. To nepatērē kā tradicionālos resursus un ražošanas faktorus. Cilvēce informāciju spēj radīt praktiski neierobežotā daudzumā. Viena un tā pati informācija var piederēt daudziem īpašniekiem reizē, to ir neiespējami varmācīgi atņemt, un apmaiņas gaitā tā pieaug. Šī jaunā tipa pamatīpašuma palielināšanas visefektīvākais ceļš ir sadarbība starp firmām un valstīm. Turpretim konfrontācija (gan militāri rūpniecisku, gan militāri ideoloģisku kompleksu veidā) top par anahronismu, jo ved uz sabiedrības stagnāciju un ekonomisku depresiju, tikumisku degradāciju. Nemaz jau nerunājot par to, ka trešais pasaules karš, šādas konfrontācijas loģisks galarezultāts, kļūtu par visas cilvēces katastrofu.

Mūsdienu «informatīvā revolūcija», ar kuru sācies trešais vilnis, kardināli maina cilvēces stratēģiju. Vispirms jau sabiedrisko ražošanu. Kompjūtertehnika, mikroprocesori, skaitliski programmētā vadīšana nodrošina plašas iespējas ražojamās produkcijas individualizēšanai. Daudzveidība kļūst tikpat lēta kā standartizētā vienveidība. Dažādu modernu produkciju, arī informāciju, var ražot mazos uzņēmumos, pat mājās. Atkritņi nepieciešamība lieki tērēt laiku, pārmērīgi izmantot transportlīdzekļus braucienam uz milzu kombinātu, kantori vai institūtu. ASV eksperti lēš, ka 90. gadu vidū mājās varēs veikt ap 15 tūkstošu dažādu darba veidu, izpildīt ne tikai atsevišķas operācijas, bet izgatavot pabeigtu produkciju. Tas pavērs jaunas iespējas cilvēka radošās pašizpaušmes attīstībai, tiks pārvarēta darbinieka atsvešinātība no ražošanas līdzekļiem un sava darba galarezultāta. Sagaidāma vientipiskās izglītības sistēmas

pārtapšana par praktiski nepārtrauktu daudzveidīgu izglītošanos. Līdztekus attīstīsies dažādas kopdarbības formas (interesu un diskusiju klubi, savstarpēji neapmaksājami pakalpojumi, talkas u. c.). Pēc kompensācijas principa, ražošanas individualizācijai jāizraisa cilvēkos dabisku tieksmi kontaktēties.

Vēl kāds svarīgs aspekts. Sagaidāms, ka līdz ar ražošanas daudzveidību, pastiprināsies reģionalizācija. Jau šodien, uzsver Toflers, Kjusju Dienvidjapānā, Skotijas, Kvebekas un Teksasas piemērs rāda, ka reģionālā ekonomika te kļuvusi tikpat varena un sarežģīta, kāda pirms dažām desmitgadēm bija visa valsts tautsaimniecība. Viņš secina, ka šādas reģionālās ekonomikas aizvien spēcīgāk lauzīs valsti izveidojušos ekonomisko struktūru un prasīs sev patstāvīgu ceļu. Neskatoties uz šo struktūru pretestību, tautsaimniecības decentralizācija attīstīsies, jo tā ir perspektīva, likumsakarīga tendence. Ar šo tendenci saistīta arī kultūras reģionalizēšanās sākot ar folkloras atdzimšanu un interesi par nacionālo virtuvi un beidzot ar tautu pašapziņas pastiprināšanos un politikas lokalizēšanos. Sagaidāms, ka padziļinoties demilitarizācijai, federālās saites lielvalstīs kļūs aizvien labilākas. Toties pastiprināsies koordinācija visas planētas mērogā. Arī apziņas tā saucamā ekoloģizācija nav tikai reakcija uz vides pasliktināšanos vien, bet atbildības apzināšanās par savu konkrēto dzīves vietu. Izjūtot sevi kā neaizstājamu saikni starp pagātņi un nākotni — kā nozīmīgu personību, bet nevis industrializācijas «skrūvīti». Sabiedriskajās apziņas formās (politikā, morālē un tikumībā, tiesībās, arī reliģijā) diādi cilvēks—sabiedrība nomaina triāde cilvēks—sabiedrība—daba. Veidojas jauns pasaules redzējums. Klasiskā zinātnes metodoloģija balstījās uz principu par «ārējo novērotāju», no kura zināšanām izpētes objekts nav atkarīgs. V. Vernadskā mācība par noosferu ievēda zinātniskajā metodoloģijā «iekšējo novērotāju» — pētnieku zināšanas par noosferu taču ir tās struktūras neatņemama sastāvdaļa. Ne mazāk būtiska ir priekšstats par lineārām cēloņsakarībām aizstāšana ar esamības sarežģītības plurālistisku izpratni. Tāpēc nav jābrīnās, ka trešā viļņa izpausmes dažādās valstīs un reģionos ir visai atšķirīgas.

Antropoekoloģijas problēmas. Cilvēku ekoloģijas (antropoekoloģijas) teorētiskais pamats tika izveidots uz sociālās ekoloģijas un mācības par noosferu bāzes. Ir atzīts, ka no apkārtējās dabas un kultūras vides stāvokļa atkarīga katra indivīda un cilvēkpopulācijas veselība, radošā potenciāla attīstības un īstenošanas iespējas, sabiedriskās ražošanas efektivitāte. Kā raksta V. Kaznačejevs (1983), *cilvēkpopulācija* ir komplicēta sociāli bioloģiska ļaužu kopa, kas atražo ne tikai savas sugas īpatņus, bet arī (paplašināti!) sabiedrisko kultūru ar tai raksturīgo ražošanas procesu, attīsta cilvēku psihiskās un fizioloģiskās potences un nodrošina to izmantošanu. Ar cilvēkpopulācijas veselību viņš saprot iedzīvotāju psihosociālās un bioloģiskās dzīvotspējas sociāli vēsturiskas attīstības procesu paaudžu gaitā, kas izpaužas cilvēku psihofizioloģisko iespēju pilnveidošanā, darba spēju un produktivitātes augšanā. Cilvēkpopulācijas veselības stāvokli var vērtēt pēc trim galvenajām funkcijām:

pēc konkrētā dzīvā darba daudzuma, iedzīvotāju atražošanas procesa, audzināšanas, izglītības un vispārēja kultūras līmeņa.

Līdz šim galvenokārt pētīts, kā dažādi ekoloģiskie faktori (vides piesārņojums u. c.) ietekmē indivīda veselību. Noskaidrots, ka daudzi ķīmiskie elementi (arsēns, svins, kadmijs, stroncijs, hroms, dzīvsudrabs, cinks u. c.) pat relatīvi nelielā koncentrācijā ir kaitīgi, izraisa dažādas mūsdienās populāras slimības. Piemēram, Minamoto un Jušo slimību cēlonis ir saistīts ar ūdens un augsnes piesārņojumu ar dzīvsudrabu. Kadmija piesārņojums izraisa itaj-itaj slimību, mangāna piesārņojums — hronisko pneimoniju, berilijs — saslimšanu ar beriliozi utt. Daudziem elementiem ir kumulatīvs raksturs, to pārlicka uzkrāšanās cilvēka organismā pazemina tā spējas pretoties arī vecām, sen pazīstamām slimībām. Nereti ķīmiskie elementi savienojumos ir kaitīgāki nekā tīrā veidā, piemēram, metil-dzīvsudrabs. Dažkārt organismā nav iedzintu pielāgošanās potenci mākslīgi sintezētai vielai, kas nonāk organismā un līdz ar to ir viens no alergisko slimību cēloņiem. Bet mākslīgi sintezētu vielu skaits pasaulē jau pārsniedz simts tūkstošus. Protams, pastāv noteikumi par mākslīgi radīto vielu pārbaudi un izmantošanu, par to pieļaujamo koncentrāciju ūdenī un gaisā, kā arī pārtikas produktos. Stingri noteikumi paredzēti darbam ar radioaktīvām vielām. Tomēr ne jau visu var paredzēt un ne vienmēr var nodrošināt noteikumu ievērošanu. Cilvēka darbība rada arvien jaunus vides faktoros, ar kuriem tas savas antropogēnes laikā nav kontaktējies. Genotipa reakcija uz šādiem jauniem faktoriem var izpausties arī tā saukto ektoģenētisko patoloģisko variāciju veidā, kad pēkšņi izplatās līdz šim visai reta slimība.

Rūpes par indivīda veselību zināmā mērā ir gādība arī par cilvēkpopulācijas veselību. Bet tikai zināmā mērā. Piemēram, ir konstatēts, ka smēķētājus ievērojami biežāk apdraud plaušu vēzis un dažas citas slimības, organisms (īpaši sievietēm) ātrāk noveco. Taču ievērojami būtiskāka ir smēķēšanas negatīvā ietekme uz cilvēkpopulācijas veselību. Noskaidrots, ka nikotīns un dažas vielas, kuras rodas, tabakai sadegot, izraisa kaitīgas pārmaiņas genotipā. Nākošajās paaudzēs tās rada dažādas iedzimtas slimības.

Ekoloģisko faktoru ietekme uz cilvēkpopulācijas veselību ir ļoti daudzveidīga, to sarežģī mijiedarbība ar sociālajiem un psihoemocionālajiem faktoriem. Daļu no šīs kompleksās ietekmes izpausmēm raksturo *antropoloģiskais nogurums* un *spriedze*. Šādas parādības vairāk pētītas indivīdiem, taču populācijā tām ir daudz sarežģītāka, zināmā mērā filoģenētiska loma. Piemēram, klīniski vesela cilvēka nogurums ir atgriezenisks organisma stāvoklis, ko raksturo regulējošo sistēmu dažu resursu īslaicīga izsīkšana. Atpūta, funkciju kompensācija atjauno organismā nepieciešamos resursus, nogurums pāriet. Turpretim populācijas nogurums ir ilgstošs process, kas attīstās paaudžu gaitā un izpaužas kā sociāli psiholoģisko rezervju samazināšanās. Krītas darba ražīgums un sabiedrības tikumība, pieaug indivīdu saslimstība, izplatās populācijas slimības (alkoholisms, narkomānija, toksikomānija). Arī spriedze populācijā izpaužas ievē-

rojami komplicētāk. Individam tā ir regulējošo un homeostatisko mehānismu mobilizācija, kas nodrošina organisma pastiprinātu darbību. Cilvēkpopulācijas spriedzi veido dažādi komponenti (sociālpsiholoģiskie, migrācijas, ražošanas, sadzīves, klimatiskie, ģeogrāfiskie, infekciozie un imunoloģiskie, medikamentozie, ģenētiskie, reproduktīvie u. c.), kā arī to mijiedarbība uz ciklisku biosociālo parādību fona. Arī pati populācijas spriedze attīstās cikliski, to nosaka diennakts, sezonas un citi dabas ritmi. Dabiskā un sociāli tehnoloģiskā (ražošanas) cikliskuma attiecības veido cilvēkpopulācijas spriedzes temporālo (laika) struktūru. Spriedzes temporālā struktūra, protams, atkarīga no iedzīvotāju migrācijas plūsmām. Piemēram, vietējie cikliskie dabas un ražošanas faktori būtiski savādāk ietekmē no citiem apgabaliem atbraukušos nekā adaptējušos pamatiedzīvotājus.

Indivīda spriedzes un noguruma diagnostika ir samērā izstrādāta, bet to vēl nevar sacīt par cilvēkpopulāciju. Populācijas nogurums nebūt nav tās indivīdu noguruma vienkārša summa. Tāpēc pat visu iedzīvotāju individuālā apsekošana nedos vajadzīgo informāciju. Cilvēkpopulācija jānovērtē pēc dažādiem kompleksiem rādītājiem:

○ medicīniski demogrāfiskajiem (grūtniecības patoloģija, pēcnācēju dzīvīgums, invaliditātes biežums u. c.);

○ medicīniski bioloģiskajiem (populācijas genofonda adaptīvās rezerves, iedzīmtās patoloģijas līmenis, iedzīvotāju vajadzība pēc medicīniskās apkalpošanas un medikamentiem u. c.);

○ sociālajiem (dažādu konfliktu veidi, uzvedības deviantās novirzes, traumatisms, pašnāvību procents, jaunatnes profesionālās orientācijas īpatnības u. c.);

○ sociāli ekonomiskajiem rādītājiem (iedzīvotāju migrācija, attiecība starp strādājošo skaitu materiālās ražošanas un apkalpošanas sfērā utt.).

Visiem šādiem rādītājiem jānosaka to *trends* — izmaiņas laika gaitā, jo, lai spriestu par populācijas spriedzes un noguruma procesu virzību, nepietiek ar vienreizēju novērtēšanu.

Sociālās un ekonomiskās attīstības programmas, ražošanas spēku attīstības un izvietojuma shēmas un citas līdzīgas izstrādes jāvērtē pēc antropoekoloģijas kritērijiem. Plānojot jaunu pilsētu un ciematu celtniecību, kā arī jau esošo apdzīvoto vietu pārveidošanu (ražošanas uzņēmumu dibināšanu), jau projekta pamatojuma stadijā jāveic *antropoekoloģiskā ekspertīze*. Arī *Antropoekoloģiskā monitoringa* svarīgākais uzdevums ir novērtēt dabas vides pārmaiņas pēc cilvēkpopulācijas veselības dinamikas prognozes.

● Antropoekoloģiska orientācija ekonomikā dod iespēju nevis mēģināt panākt visattīstītākās valstis sabiedriskās ražošanas tagadējā ciklā, bet gan veidot pilnīgi jaunu stratēģijas ciklu. Šāda orientācija nozīmē principiāli jaunu posmu sabiedrības un dabas attiecībās, cilvēkpopulācijas veselīgu darbību noosfērā, attīstot savas radošās potences un pilnveidojot savu bioloģisko un psihoemocionālo būtību.

5.8. EKOLOĢISKAIS MONITORINGS UN PROGNOZĒŠANA

5.8.1. BIOSFĒRAS IZMAIŅU NOVĒRTĒŠANAS PROBLEMA

Neskatoties uz ļoti lielo uzkrātās ekoloģiskās informācijas apjomu, biosfēras izmaiņu globālo raksturu un tempus dažādi autori novērtē visai atšķirīgi. Puslīdz vienādi tiek vērtētas tādas globālas negatīvās parādības kā vides piesārņošana, militāra konflikta iespējas un bruņojuma uzkrāšanas briesmas, neatjaunojamo resursu izlietošana, mežu platību sarūkšana, tuksnešu paplašināšanās, sugu paātrināta izzušana, augsnes erozija, caurumi ozona slānī, siltumnīcas efekta palielināšanās līdz ar CO₂ satura pieaugumu atmosfērā, «demogrāfiskais sprādzienis» mazattīstītās valstīs, urbanizācija u. tml. Taču būtiski atšķiras pat vadošo ekologu prognostiskie vērtējumi par biosfēras izmaiņu globālajām tendencēm. Arī jautājumā, cik ilgi turpināsies «siltumnīcas efekta» palielināšanās, izteikti dažādi viedokļi. Līdz ar CO₂ koncentrācijas paaugstināšanos atmosfērā pieaug putekļu daudzums tajā un samazinās Saules radiācijas pieplūde Zemes virsmai. Kas notiks pēc tam, kad visi organiskā kurināmā krājumi būs izmantoti? Daudzi zinātnieki uzskata, ka atmosfēras temperatūra ceļas galvenokārt siltumpiesārņojuma rezultātā. Šādā aspektā dažādie enerģijas ieguves veidi var izrādīties vēl efektīvāki nekā organiskais kurināmais. Bet enerģētiskais piesārņojums neaprobežojas ar izraisīto siltuma efektu vien. Vēl maz ir zināms, kā elektromagnētiskais starojums, ultraskaņa un citi antropogēnie faktori ietekmē biotisko sistēmu un visu biosfēru.

Nepietiekoši ir izpētīti ekoloģisko faktoru kardinālie līmeņi, lai noteiktu šo faktoru parametru limitus un ierobežojumus. Piemēram, ekosistēmas lokālas 3...5% lielas energoizmaiņas spēj izraisīt pārmaiņas tikai lokālajās populācijās. Taču izmaiņas globālajā (planetārajā) mērogā izraisītu katastrofālas pārmaiņas visā biosfērā. Pietiktu pat ar energoizmaiņām par 1%, lai visu planetāro sistēmu izvestu no stacionārā stāvokļa un ievadītu būtisku pārmaiņu ķēdi. Cits piemērs. Freoni lokālajā, reģionālajā un pat globālajā visās biosfēras līmenī, t. i., uz Zemes, ir ķīmiski inertas vielas. Taču, nokļuvuši stratosfērā, freoni aktīvi reaģē ar ozonu un tādējādi degradē O₃ slāni, kas aizsargā dzīvību no nāvējošā kosmiskā starojuma.

Vispār atzīts, ka antropogēnā ietekme uz biosfēru kļūst aizvien būtiskāka. Vai protam to vispārinātā veidā objektīvi novērtēt? Kā te «aiz kokiem ieraudzīt mežu»? Ar tradicionālajām metodēm mēs parasti novērtējam vielisko un enerģētisko ietekmi. Bet informatīvā ietekme? Kā pārlicinoši parādījuši V. Kaznačejeva un citu autoru pētījumi, enerģētiski ļoti vāja ietekme var nest milzīgu informatīvu slodzi. Ģenētiķis N. Timofejevs-Resovskis un vācu fiziķis R. Rompe (1959) pamatojuši *vājo ietekmju pastiprināšanas principu* biotiskajās sistēmās. Var izrādīties, ka enerģētiski vājām, bet informatīvi ļoti būtiskām ietekmēm ir vadošā loma biosfēras evolūcijā. Diemžēl pētījumu dati šajā virzienā vēl gaužām trūcīgi.

Risinot biosfēras stāvokļa un izmaiņu tendences vispārinātas novērtēšanas problēmu, principiālas grūtības rada dažādu nozaru zināšanu sintēze. Vai, saliekot kopā mūsu zināšanas par biosfēras komponentiem un atsevišķiem tās procesiem, iegūsim holistisku (vienota vesela) biosfēras kopainu? Kā apvienot kopējā formalizācijā cilvēka garīgo vērtību rādītājus, ekoloģijas, ekonomikas un citus datus? Katrai no šīm dažādām nozarēm ir sava atskaites sistēma un kategorijas, sava metrika un teorētisko konstruktīvo sistēma. Cilvēces kultūra balstās uz simboliem. Katrai izgatavotai lietai (arī dabas objektam) ir gan utilitāra (lietošanas), gan simboliska vērtība. Simboliskās komponentes samazināšanās noved pie patērētāju sabiedrības, kultūras un dabas degradācijas. Kā samērot šīs komponentes biosfēras apsaimniekošanas, tās pārtapšanas gaitā par noosfēru? Konkrētas atbildes uz šiem un daudziem citiem kardināliem jautājumiem zinātnei vēl ir jāmeklē. Daudzi aktuāli jautājumi pagaidām atrodas ārpus tradicionālās zinātnes. Bet vai ekoloģijas zinātnei nav vairāk jākooperējas ar citām sabiedriskās apziņas formām (filozofiju, reliģiju, morāli, politiku) un mākslu? Pašreiz taču vērojama visu sabiedriskās apziņas formu ekoloģizācija.

5.8.2. MONITORINGS — VIENOTA NOVĒROŠANAS UN PROGNOZĒŠANAS SISTĒMA

Vides globālā monitoringa (latīņu *monitor* — brīdinātājs) sistēma — VGMS (GEMS) — ir ANO Apkārtējās vides aizsardzības programmas — *United Nations Environment Programme* (UNEP) sastāvdaļa. Minētā starptautiskā programma pieņemta ANO Stokholmas konferencē 1972. gadā. Sākumā monitoringu uzskatīja par vides vienu vai vairāku elementu atkārtotu novērojumu sistēmu, ko veic ar noteiktu mērķi. Vēlāk monitoringa sistēmas jēdzienu un struktūru atkārtoti apsprieda un būtiski paplašināja speciāli šai problēmai veltītajās sanāksmēs (Pirmā starpvalstu apspriede par monitoringu Nairobi, 1974. g.; Starptautiskais simpozījs par vides piesārņojuma komplekso globālo monitoringu Rīgā, 1978. g. u. c.). Sākuma posmā monitoringa sistēma orientējās galvenokārt uz vides piesārņojuma līmeņa novērošanu. Vēlāk šajā sistēmā ietvēra aizvien plašāku ekoloģisko faktoru un dabas resursu dinamikas rādītāju kompleksu. Tā ekoloģiskais monitoringa izveidojās par VGMS apakšsistēmu.

Ekoloģiskā monitoringa objekts ir antropogēnā ietekme uz ekosistēmām un to atbildes reakcija uz šo ietekmi (arī ģenētiskās izmaiņas). Monitoringa uzdevums ir uzkrāt nepārtrauktu informāciju par vides elementu izmaiņām, novērtēt un prognozēt šīs vides stāvokli, kā arī novērtēt tās prognozējamo stāvokli.

Izšķir globālo, reģionālo un lokālo monitoringu.

Globālo monitoringu organizē un vada UNEP padome, balstoties uz pasaules valstu nacionālo atbalsta tīklu.

Reģionālo monitoringu isteno konkrētas valsts attiecīga iestāde

(dabas aizsardzības ministrija, apkārtējās vides departaments, valsts dabas aizsardzības un plānošanas komiteja u. tml.).

*Lokālais monitoring*s ietilpst zonālo dabas aizsardzības inspekciju kompetencē. Šāda tipa monitoringu veic arī atsevišķas ražošanas un pētniecības iestādes, risinot kā savus, tā arī vietējo padomju izvirzītos uzdevumus. Metodiski pareizi noorganizētie reģionālās un pat lokālās monitoringa sistēmas novērojumi var kalpot arī VGMS vajadzībām.

Monitoringa sistēmā antropogēnās ietekmes efektu nosaka, novērojumu datus salīdzinot ar tā saucamā fona līmeni. Fona raksturošanai izmanto datus, ko iegūst biosfēras rezervātos, kur antropogēnā ietekme minimizēta. Taču biosfēras rezervātu pagaidām vēl maz, tie ir izvietoti reti. Tāpēc fona novērošanai, sevišķi reģionālajam un lokālajam monitoringam, var kalpot arī parastie dabas rezervāti un liegumi, kā arī aizsargājami meža nogabali. Latvijas mežu kodekss (27. pants) nosaka, ka pirmās grupas mežos tiek izdalīti «meža nogabali ar rezervāta režīmu, meži, kam ir zinātniska vai vēsturiska nozīme, dabas pieminekļi». Protams, arī rezervātos un liegumos ir zināma antropogēnā ietekme, vides piesārņojums. Fona līmenis ir mainīgs, tas rūpīgi jāpēta, lai iegūtos datus varētu izmantot monitoringa vajadzībām. Viens no nozīmīgākajiem faktoriem, kas nosaka piesārņojuma fona līmeņa izmaiņas, ir gaisa masu visai mainīgā pārnese.

Reģionālā un īpaši lokālā monitoringa sistēmā plaši izmanto ekoloģisko indikāciju. Tā ir ekosistēmas un arī plašāka dabas kompleksa stāvokļa («ekoloģiskās labklājības») izmaiņu rakstura un virziena noteikšana pēc dzīvo organismu (t. s. monitoru) reakcijas. Šim nolūkam izmanto monitororganismus (ķērpjus, sūnas, aļģes, dažādas kukaiņu un hidrobiontu sugas, augsnes faunu), kā arī fermentu aktivitāti, mikrofloras sastāvu, skuju ilgmūžību, nekrozi utt. Ekoloģiskā indikācija var būt kā kompleksa, tā arī parciāla, piemēram, CO₂ koncentrācija gaisā, augsnes nomīdīšana, nokrišņu skābums u. tml. Periodiski atkārtojot indikāciju vienā un tajā pašā teritorijā, iespējams objektīvi noskaidrot ekoloģiskās situācijas izmaiņu virzību un tempus. Tāpēc visi indikācijas rezultāti rūpīgi jāuzglabā ekoloģisko datu bankās.

5.8.3. EKOLOĢISKĀ EKSPERTĪZE UN PROGNOZĒŠANA

Dabas resursu racionāla izmantošana galvenokārt nozīmē ekoloģisko principu ievērošanu sabiedriskajā ražošanā. Visi projekti, kas skar vidi, jāpakļauj ekoloģiskai ekspertīzei. Šādas ekspertīzes mērķis ir novērtēt attiecīgā projekta atbilstību pastāvošajiem ekoloģiskajiem kritērijiem un kategorijām. Konkrēta projekta ekoloģiskā ekspertīze ir tā izpētes analīze un zinātniski pamatots slēdziens par projekta atbilstību normatīvajiem aktiem un sagaidāmām ekoloģiskajām sekām attiecīgajā teritorijā. Īpaša nozīme ekspertīzes gaitā tiek ierādīta projekta *mērķu verificācijai*, pamatotai uz projektējamā

objekta izmaksu un tā nepieciešamības valsts un reģiona attīstībai noteikšanu. Jāaprēķina projekta *sociālā un ekonomiskā efektivitāte* pēc paredzēto mērķu (projektējamo jaudu) sasniegšanas, sagaidāmais *negatīvais ekoloģiskais efekts*, projektā neparedzēto *ekoloģisko seku varbūtējais risks*. Ekspertizes metodika lielā mērā atkarīga no ekspertējamā projekta rakstura.

Parasti praktizē tikai vienreizēju jau gatava projekta ekspertīzi. Taču tautsaimnieciski izdevīgāk veikt šo darbu trijās pakāpēs, izdarot tehniski ekonomiskā pamatojuma, gatava projekta un tā īstenošanas rezultātu ekspertīzi.

Lielu un sarežģītu objektu projekti izmaksā dārgi. Ja eksperti konstatē ekoloģiska rakstura aplamības jau tehniski ekonomiskajā pamatojumā, šos nelietderīgos izdevumus projektēšanai var ietaupīt. Nereti celtnieki «ekonomē» līdzekļus un darbaspēku tieši uz ekoloģiski svarīgiem elementiem (HES aizsprostu zivju ceļi, ēku apstādījumi, mākslīgo ūdenskrātuvju krastu nostiprināšana un labiekārtošana, caurteku ierīkošana pazemes strautiem u. tml.). Kā ekspertīzes uzdevumu, tā arī ekspertējamā projekta analīzi un slēdzienu par to attiecīgi dokumentē.

Ekoloģiskā ekspertīze, tāpat kā monitoringa sistēma, ietver ekoloģisko prognozēšanu. HES ūdenskrātuvju izveidošana, zemju nosusināšana, polderu ierīkošana, jauna rūpniecības kompleksa uzcelšana un tamlīdzīgi pasākumi izraisa konkrētā areāla ekosistēmas sērijveida izmaiņas, un daļēja stabilizācija iestājas tikai pēc 30...60 gadiem. Šādam laika intervālam arī jāveido ekoloģiskās prognozes. Protams, var būt arī šaurāki uzdevumi ar krietni īsāku prognozes laiku (piemēram, nākošgad sagaidāmā augļu raža, medību zvēru daudzums tuvākajos 2...3 gados, kādas populācijas skaitliskā dinamika u. c.).

Zinātniskās prognozes uzdevums ir kvantitatīvi un kvalitatīvi aprakstīt noteiktā telpiskā un laika intervālā prognozējamās sistēmas (procesa, parādības) sagaidāmo stāvokli vai izmaiņu trendu. Prognozējamo kvantitatīvo rādītāju iegūšanai izmanto matemātiskās modelēšanas metodi. Prognozes modelim izvirza šādas prasības:

○ tam jābūt pietiekoši adekvātam, reprezentatīvam un adaptīvam, lai būtu iespējams to papildināt, līdz ar to paaugstinot atbilstību un precizitāti;

○ tam jābūt pietiekoši abstraktam, lai būtu iespējams variēt daudzus modelējamās sistēmas parametrus, taču arī ne pārāk abstraktam, lai nezustu iespēja objektīvi interpretēt iegūtos rezultātus;

○ tam jābūt orientētam uz realizāciju ar visiem pētnieka rīcībā esošajiem tehniskajiem līdzekļiem (vajadzīgās informācijas apjoms un tās ievākšanai nepieciešamais laiks, tās apstrādes un analīzes iespējas u. tml.), kā arī prognostiskās informācijas iegūšanu atbilstoši izvirzītajiem uzdevumiem (ekoloģiskā ekspertīze, monitorings, dabas aizsardzības pasākumu plānošana, prioritātes noteikšana u. c.);

○ jāizmanto pieņemtie simboli un terminoloģija, adekvāts matemātiskais un loģiskais aparāts, kā arī prognozēšanas instrumentārijs

(informācijas apstrādes un analīzes paņēmieni, procedūras un operācijas), visi jaunievedumi pietiekami jāpamato;

○ jāparedz prognozes rezultātu potenciālā patiesīguma pārbaude (verifikācija un falsifikācija).

Ir uzkrājusies jau diezgan plaša literatūra par ekoloģisko prognozēšanu un dažādiem tās veidiem. Sos daudzos veidos N. Reimerss (1978), pamatojoties uz pasaules literatūras analīzi, iesaka iedalīt pēc šādas tipoloģiskās shēmas.

● **Funkcionālā aspektā:**

○ vides (ekosistēmas) dinamikas prognoze;

○ resursu (populāciju skaitlisko izmaiņu, biomas un bioproduktivitātes dinamikas, vides kā resursa kvalitātes izmaiņu) prognozes;

○ kompleksās un «resursu — antiresursu» prognozes (antiresurss — visādas resursa pasliktināšanās formas).

● **Prognožu izveides metodikas aspektā:**

○ modeļprognozes (stohastiskās, teorētiski dinamiskās, imitācijas);

○ ekspertu prognozes (kolektīvās, individuālās, Delfu);

○ jauktās prognozes.

● **Koncepcijas tipa un faktoru aptveres aspektā:**

○ modeļu un ekspertmodeļu tipa prognozes (ekstrapolativās, brīdinājumprognozes, «vadošā bloka» jeb integrālā rādītāja ekspertmodeļu prognozes);

○ ekspertprognozes (kvalitatīvās pārvērtības jeb lūzuma daļiņās un sintētiskās prognozes, konceptuāli tehnoloģiskās un sociālekoģiskās prognozes);

○ normatīvi direktīvās prognozes (nozāres un kompleksās).

Pēdējo grupu par prognozi var uzskatīt visai nosacīti, kaut gan ekonomikā un socioloģijā šāda pieeja plaši izplatīta. Pēc būtības tie ir ilgtermiņa plāni vai programmas ar prognozes elementiem. Tos veido pēc mērķu dendrītu (koku) shēmas, pamatojoties uz jau iepriekš noteiktiem kritērijiem. Šādas prognozes neparedz procesa (sistēmas) pašattīstības turpmāko gaitu, bet tikai norāda izvērīto uzdevumu risināšanas ceļus. Līdzšinējās, sevišķi mūsmāju, ekonomikas normatīvajās prognozēs parasti neņēma vērā ekoloģiskās likumsakarības un ierobežojumus. Tas ir viens no iemesliem, kāpēc reālā ekonomiskā situācija būtiski atšķiras no prognozētās un plānotās.

Ekoloģijas praksē jau tradicionālas kļuvušas *funkcionālā aspekta prognozes*. Tā meteoroloģisko situāciju, ūdeņu un ledus stāvokli regulāri prognozē hidrometeoroloģisko prognožu biroji (vides dinamikas prognoze). Lauksaimniecības sistēmā darbojas kaitēkļu un slimību prognožu un signalizācijas dienests. Arī mediķi veic epidēmiju un pandēmiju prognozēšanu. Tās ir resursu prognozes. Šim tipam pieder arī jau ilgi praktizētās medību faunas, zivju resursu, augļu un sēkļu ražas prognozes. Latvijas Universitātes botānikas un ekoloģijas katedrā ir izstrādātas jaunas metodikas kokaugu

čiekuru un augļu ražas prognozēšanai, kā arī meža biocenožu stāvokļa antropogēno izmaiņu ekoloģiski prognostiskai novērtēšanai.

Ekoloģiskajā prognozēšanā plaši lieto *matemātiskos modeļus*. Tās ir matemātiski izteiktas attiecības (vienādojumi) vai programmas, kas formalizēti apraksta (aproximē) oriģināla (prognozējamās sistēmas) pētāmos raksturojumus.

Pēc metodoloģiskās pieejas izšķir *induktīvi empiriskos* un *deduktīvi teorētiskos modeļus*. Pirmos veido uz empīriskā (eksperimentālā, novērojumu) materiāla matemātiskās apstrādes pamata. Pie šīs modeļu grupas pieder dažādas augšanas funkcijas, regresijas un korelācijas vienādojumi, klasteri u. c. Deduktīvi teorētiskie modeļi aksiomātiski balstās uz iepriekš izstrādātu darba hipotēzi, ko bieži vien sauc par modeļa loģisko struktūru.

Pēc modelēšanas tehnoloģijas izšķir *analītiskos, skaitliskos* un *imitācijas modeļus*. Analītiskie modeļi atspoguļo vispārinātā matemātiskā formā pētāmās pamatsakarības. Taču konkrētām prognozēm piemērotāki skaitliskie modeļi. Skaitliskajos modeļos prognozējamo sistēmu cenšas izteikt ar kādu integrālo (galveno, vadošo, vispārināto) rādītāju (ražas daudzums, biomasas tekošais pieaugums, dominantās sugas reakcija u. tml.). Prognozējošo parametru kopā ietver kā vides faktoru, tā arī prognozējamās sistēmas reakcijas rādītājus.

Jaunu pieeju lielu sarežģītu sistēmu prognostiskajā modelēšanā izveidoja ASV zinātnieks Dž. Foresters (1968). Tā ir sistēmu dinamikas koncepcija un šīs dinamikas aprakstīšanas un imitācijas metodika, izmantojot moderno skaitļošanas tehniku. Balstoties uz šādu konceptuāli metodisko pieeju, ir izstrādāta Romas kluba ziņojumu sērija par pasaules attīstības globālajām problēmām «Cilvēces grūtības», kas ietver šādus darbus: D. Medouzs u. c. «Augšanas limiti» (1972), M. Meserovičs un E. Pestels «Cilvēce krustcelēs» (1974), J. Tinbergens «Starptautiskā kārtības pārbūve» (1977), E. Laslo «Mērķi globālai sabiedrībai» (1977). Vēlākie ziņojumi veltīti atsevišķajām globālajām problēmām: atkritumu pārstrādei (D. Gabors, 1978), enerģijas izmantošanai (T. Montbrials, 1979), sabiedrības organizācijai (B. Havrilišins, 1980), pārpilnības un labklājības sasniegšanai (O. Dziarini, 1980) un izglītības problēmām (J. Botkins, 1980). Ir izstrādāti daudzi citi pasaules globālie modeļi, arī Padomju Savienībā (N. Moisejevs u. c.). Šo modeļu prognozes liecina, ka, saglabājoties pašreizējām tendencēm, jau pārrēdzamā nākotnē neizbēgama smaga un dziļa cilvēces krīze: piesārņojuma katastrofāls pieaugums, resursu izsīkšana, ražošanas degradācija un cilvēces lielākās daļas izmiršana.

Sistēmu dinamikas imitācijas modeļus arvien plašāk pielieto ekoloģijā. Šādu modeļi Starptautiskās bioloģiskās programmas ietvaros no 1968. gada līdz 1975. gadam ASV zinātnieki izstrādāja stepju biotam — no prērijām līdz augstkalnes pļavām un pustuksnešiem. Šī modeļa bloki reprezentē lielās ekosistēmas visus komponentus (abiotiskie faktori, producenti, konsumentu, reducenti). Padomju Savienībā 70. gadu nogalē pabeigts Azovas jūras ekosistēmas imi-

tācijas modelis. Modeļa autori — Rostovas Valsts universitātes zinātnieku grupa. Kaspijas jūras ekosistēmas imitācijas modelis 80. gados izstrādāts Maskavas Valsts universitātes vispārīgās ekoloģijas un hidrobioloģijas katedrā. Attiecīgie modeļi izveidoti arī Baikāla, Melnās jūras ziemeļrietumu šelfa un citām ekosistēmām.

Imitācijas modeļu izstrādāšanai nepieciešama plaša ekoloģiskās informācijas banka. Jābūt datiem par ekosistēmas dzīvajiem un abiotiskajiem komponentiem, par sakaru raksturu starp dažādiem faktoriem. Šādu lielu kompleksu imitācijas modeli var realizēt («izspēlēt») tikai ar kompjūtera palīdzību. Sagaidāmo situāciju vai ekosistēmas komponentu izmaiņu prognostisko «izspēli» veic ar noteiktu laika diapazona soli. Tādējādi iespējams iegūt kā īslaicīgu (piemēram, dekādes), tā arī ilgstošāku (piemēram, desmitgades) prognozi. Prognozes operāciju rezultātu adekvātuma statistiskā analīze dod iespēju pakāpeniski pilnveidot imitācijas modeli.

Imitācijas modelim nepieciešamās plašās ekoloģiskās informācijas ieguve prasa daudz darba. Arī paša modeļa izveide un darbs ar to dārgi izmaksā. Paliek daudz «balto plankumu» pieejamās informācijas masīvā, kas traucē izveidot ekosistēmas pilnīgu ainu. Lai iegūtu saslēgtu modeli, tā autoriem nākas «baltos plankumus» aizpildīt ar hipotēzēm, loģiskiem pieņēmumiem, esošo datu ticamu ekstrapolāciju un interpolāciju. Imitācijas modelēšana pieļauj šādu rīcību, jo modeļa «izspēles» un turpmākās pašregulēšanās gaitā visi tā bloki pilnveidojas un adaptējas attiecībā pret modelēto ekosistēmu. Imitācijas modelēšanai, tāpat kā citiem matemātiskās modelēšanas veidiem, ir ekstrapolātīvs raksturs. Tāpēc arī imitācijas modeļi nevar kalpot ekosistēmas kvalitatīvi jaunu, vēl nebijušu īpašību un stāvokļu paredzēšanai. Kvalitatīvi kardinālu izmaiņu paredzēšana zinātniskā prognozēšana sper tikai pirmos nedrošos soļus.

6. DABAS AIZSARDZĪBA

6.1. DABAS AIZSARDZĪBAS VIRZIENI

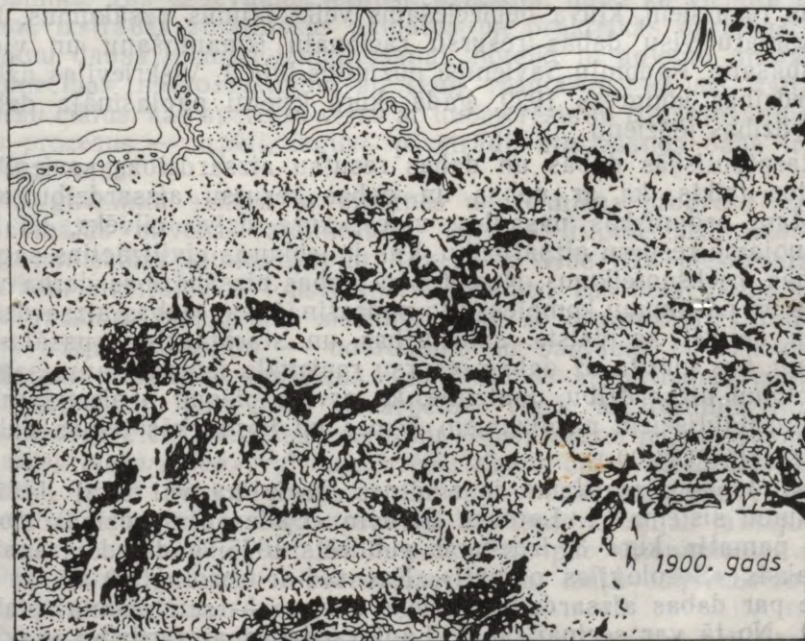
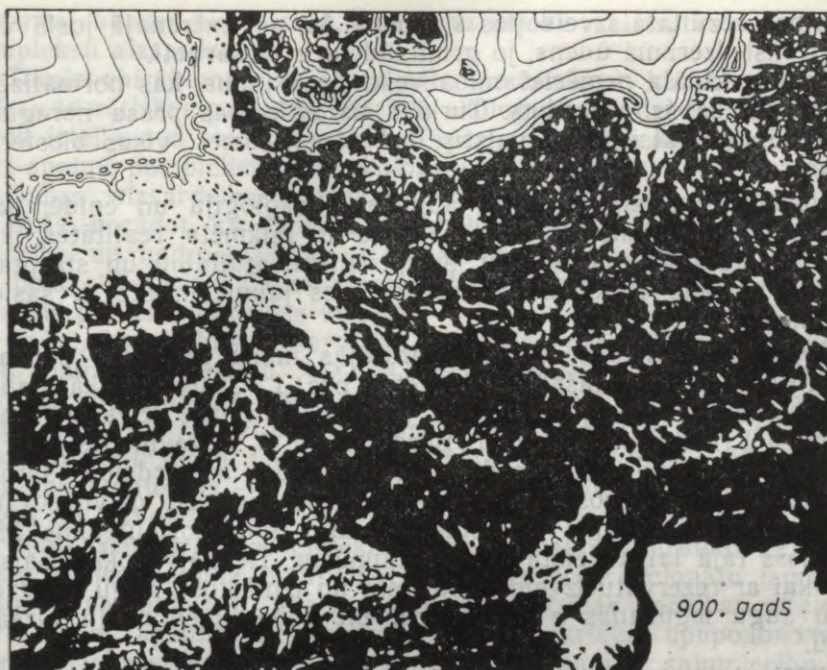
Dabas aizsardzība šodien pieder pie svarīgākajām pasaules problēmām. Runājot par mūsu planētas pašreizējo politisko un ekoloģisko situāciju, jāatzīst, ka cilvēka darbība dabā notiek milzīgā apmērā. Tas izpaužas ne tikai kā resursu izmantošana, bet arī kā vides piesārņošana, kas atstāj iespaidu gan uz cilvēku veselību, gan arī uz klimatu. Visi šie jautājumi vistiešākajā veidā saistīti ar dabas aizsardzību un katras tautas un visas planētas dzīvīgo pirmšķirīgu nozīmi.

Dabas aizsardzība nodarbojas ar dabas un cilvēku attiecību regulēšanu. Šīs attiecības ir tik senas, cik sena ir pati cilvēce. Visa cilvēces vēsture un cilvēku eksistence nesaraunami saistīta ar dabas bagātību izmantošanu. Palielinoties cilvēka vajadzībām, palielinās arī dabas bagātību izmantošana un to pārstrāde. Līdz ar to notiek dabas resursu krājumu samazināšanās un pat atsevišķu resursu izsīkums, kā arī vides piesārņošana, kas savu apogeju ir sasniegusi mūsdienās.

Pirmatnējais cilvēks sevi no dabas neatdala. Tikai vēlākos vēstures posmos radās priekšstats, kas sabiedrību pretnostatīja dabai. Šajā ziņā uzskati ir mainījušies nesena pagātnē. Daba un sabiedrība ir nesaraunami saistītas un veido vienotu sistēmu.

Savas vēstures pēdējos posmos lielā mērā ir pastiprinājusies cilvēka ietekme uz dabu. Cilvēks dabas bagātības sāka izmantot jau cilvēces rītausmā. Cilvēku sabiedrības eksistence un progress ir bijuši iespējami, tikai izmantojot dažādus dabas resursus — pārtiku, ūdeni, gaisu, ražošanas izejvielas. Cilvēks, būdams bioloģiskā būtne, uz dabu iedarbojas tāpat kā visi dzīvie organismi. Cilvēka ietekme uz dabu un tās resursiem sākas ar viņa darbu. Tādējādi izveidojas jaunas attiecības starp sabiedrību un dabu, kuras ir principiāli atšķirīgas no dzīvnieku un vides attiecībām. Cilvēks lielā mērā pārveidojis Zemes seju. Tā, piemēram, 1000 gadu laikā Eiropā ir izcirsti meži, kas to klāja sirmā senatnē (6.1. att.).

Sodien cilvēka iedarbība uz dabu ir sasniegusi milzīgus apmērus: cilvēks uzaris apmēram 10% sauszemes, izmanto 13% upju noteces, 50% mežu pieauguma gadā, iegūst ap 100 mljrd. t rūdu, akmeņogļu, slānekļu, celtniecības materiālu. Tajā pašā laikā rūpniecības un sadzīves atkritumi gadā sastāda $6 \cdot 10^{11}$ t, pasaules okeānā nonāk 500 mljrd. t komunālo un sadzīves notekūdeņu, 200 000 t svina, 1 milj. t ogļūdeņražu u. c. savienojumu. Nepārdomātas rūpniecības



6.1. att. Mežu platības samazināšanās Eiropā.

attīstības rezultātā izveidojies stāvoklis, ka pat mērenajā joslā vietām trūkst dzeramā ūdens, jo gruntsūdeņi ir piesārņoti.

Rodas aktuāla nepieciešamība veikt pasākumus, kas normalizētu cilvēka un dabas attiecības. Turklāt šis attiecības prasa noregulējumu ne tikai atsevišķās valstīs, bet visas Zemes, visas biosfēras ietvaros.

Kosmosa un okeāna dzīļu apgūšana, ekoloģija un epidēmijas, nabadzība un atpalcība — tās visas ir laikmeta realitātes, kas prasa starptautisku uzmanību, starptautisku atbildību un starptautisku sadarbību. Tādējādi daudzi pasaules jaunie procesi ir sasiēti ciešā mezglā.

Dabas aizsardzības termins parādījās mūsu gadsimta pirmajā desmitgadē un to plašāk sāka lietot pēc 1. Starptautiskā dabas aizsardzības kongresa, kas notika 1913. gadā Bernē (Šveice). Šajā kongresā Krieviju pārstāvēja I. Borodins un G. Koževņikovs. L. Forers, atklājot kongresu, norādīja, ka par dabas aizsardzības saturu viņš uzskata tiekšanos zinātniskos nolūkos saglabāt dzīvnieku un augu valsts pārstāvjus no iznīcināšanas. Šāds formulējums bija atbilstošs tajā laikā veiktajiem pasākumiem. Tie galvenokārt saistījās tikai ar rezervātu izveidošanu, retu un iznīkstošu augu un dzīvnieku sugu iegūšanas aizliegumiem un dabas pieminekļu aizsardzību.

Vēlāk, kad paplašinājās cilvēku sabiedrības iedarbība uz dabu un tās resursiem, kļuva nepieciešams veikt jaunus pasākumus, kas nodrošinātu visu dabas resursu racionālu izmantošanu un vides saglabāšanu. Padomju Savienībā nozīmīgs bija 1. Viskrievijas dabas aizsardzības kongress 1929. gadā, kurš krievi paplašināja dabas aizsardzības jēdzību.

Starptautiskās dabas un dabas resursu aizsardzības savienības statūtos teikts, ka ar dabas un dabas resursu aizsardzību mēs saprotam organiskās pasaules, vides, kurā dzīvo cilvēks, kā arī atjaunojamo resursu aizsardzību. Tas ir jebkuras civilizācijas saglabāšanas priekšnoteikums. Ņemot vērā dabas aizsardzības darba virzienus un pasākumu kompleksu to nodrošināšanai, dabas aizsardzību varētu definēt kā valsts, sabiedrības un starptautisku pasākumu sistēmu, kas virzīta uz dabas resursu racionālu izmantošanu, saglabāšanu un aizsardzību. Jāatzīmē, ka arvien pieaug nepieciešamība pēc starptautiskiem pasākumiem Zemes un kosmiskās telpas dabas resursu aizsardzībā.

Vai dabas aizsardzība ir zinātnes disciplīna vai tikai dažādu pasākumu sistēma? I. Lapteva darbam «Dabas aizsardzības teorētiskie pamati», kura 3. izdevums publicēts 1975. gadā, dots apakšvirsraksts «Sozoloģijas pamati». Kas tad ir sozoloģija? Tā ir zinātne par dabas aizsardzību (grieķu *sosimo* — saudzēšana, glabāšana). No tā var secināt, ka I. Laptevs dabas aizsardzību uzskata par zinātnes disciplīnu. Arī daļa citu speciālistu šodien dabas aizsardzību uzskata par kompleksu disciplīnu, kas izstrādā dabas resursu saglabāšanas un atjaunošanas vispārīgos principus, ietverot

augšnes, ūdens, atmosfēras, augu, dzīvnieku valsts, kā arī dabas kompleksu aizsardzību.

Tomēr vairākums speciālistu atbalsta uzskatu, ka dabas aizsardzības teorētiskos pamatus izstrādā ekoloģija, bet dabas aizsardzība dotos ieteikumus realizē praksē. Tāpēc arī dabas aizsardzību dažkārt apzīmē par pielietojamo ekoloģiju.

Dabas aizsardzības pasākumu būtību ļoti labi ir formulējis K. Bušs, norādot, ka dabas aizsardzība galvenokārt ir cilvēka aizsardzība un nodrošināšana ar dabas resursiem, nekaitējot ne sev, ne dabai. Vēsturiski dabas aizsardzībā diferencējušies un izveidojušies trīs galvenie darbības virzieni.

Laikā, kad dabas aizsardzība izveidojās par mērķtiecīgu, zinātniski pamatotu kustību XIX gs. otrajā pusē un XX gs. sākumā, pirmais virziens, kas attīstījās Rietumeiropā un arī ASV, bija unikālu, zinātniskā, estētiskā vai arī kultūrvēsturiskā ziņā nozīmīgu dabas objektu aizsardzība. To realizēja, izdalot īpašus aizsargājamus dabas objektus — rezervātus, nacionālos parkus, aizsargājamus augus un dzīvniekus.

Vēlāk, pastiprinoties cilvēka saimnieciskajai iedarbībai uz dabu, radās nepieciešamība nodrošināt dabas resursu racionālu izmantošanu un saglabāšanu. Tas ir dabas aizsardzības darbības virziens, kuru šodien apzīmē par *dabassaimniecību* (krievu природопользование). Dabassaimniecība cieši saistīta ar tautas saimniecību un ekonomiku. Tās uzdevumos ietilpst, uzlūkojot dabu kā vienotu kompleksu, izstrādāt zinātniskos pamatus un praktiskās darbības programmu dabas resursu izmantošanai, noteikt to apjomu un tautas saimniecības nodrošinājumu ar šiem resursiem, kā arī izstrādāt resursu ciklus, kas aptvertu visus ar dabas resursu izmantošanu saistītus procesus — izpēti, ieguvī, pārstrādi, atgriešanos dabā transformētā veidā.

XX gadsimtā sakarā ar zinātnes un tehnikas progresu strauji paplašinājās cilvēka saimnieciskā darbība: rūpnieciskā ražošana, lauksaimniecības ķimizācija un līdz ar to vide tika piesārņota ar dažādiem atkritumiem, toksiskām vielām utt. Tas nelabvēlīgi ietekmēja pasaules bioloģiskās sistēmas visos to organizācijas līmeņos un izvirzīja uzdevumu — nodrošināt un saglabāt cilvēka dzīvei un darbam veselīgus apstākļus. Tas ir dabas aizsardzības virziens, kas realizē cīņu par vides aizsardzību. Tāpēc arī termina «*dabas aizsardzība*» vietā bieži lieto terminu «*vides aizsardzība*», «*apkārtējās vides aizsardzība*» vai «*apkārtējās dabas vides aizsardzība*».

1971. gadā Šveicē notika 1. Eiropas darba konference dabas aizsardzības izglītībā. Tajā apskatīja arī terminoloģijas jautājumus un atzina, ka minētie termini ir uzskatāmi par sinonīmiem.

Pēc dabas resursu aizsardzības veida izšķir *diferencēto* un *integrēto* dabas aizsardzību.

Diferencēto dabas aizsardzību apzīmē arī par *saskaldīto* jeb *resoru* dabas aizsardzību. Šajā gadījumā atsevišķas ministrijas un resori nodarbojas ar kāda noteikta dabas resursa (atmosfēras gaisa, augšnes, ūdens u. c.) aizsardzību. Šāda dabas

aizsardzība neietver galvenās biogeocenotiskās kopsakarības, atbilstoši kurām dabas resursi ir tikai veselās sistēmas — dabas kompleksa — sastāvdaļas. Līdz ar to diferencētā dabas aizsardzība ir ierobežota un aizstāv tikai kādas vienas noteiktas ražošanas nozares intereses. Dažos gadījumos, aizsargājot un pat pavairojot vienu dabas resursu, diferencētā dabas aizsardzība var kaitēt citiem dabas resursiem.

Integrētajai jeb kompleksajai dabas aizsardzībai šo trūkumu nav. Tā paredz dabas bagātību racionālas izmantošanas, saglabāšanas un atjaunošanas kompleksus pasākumus. Integrētās dabas aizsardzības teorētiskais pamats ir V. Vernadskā mācība par biosfēru un V. Sukačova mācība par biogeocenoziem.

Kopumā dabas aizsardzība kā aktuāla mūsdienu problēma ir pārveidojusies no lokālas vai reģionālas par kompleksu globāla rakstura problēmu. To iespējams pareizi risināt, balstoties uz dažādu dabas un sociālekonomisko zinātņu sintēzi, uz zinātniski pamatotām koncepcijām par planētas biosfēru, sabiedrības un dabas attīstību kā funkcionāli vienotu sistēmu. Taču pareizam problēmas risinājumam nepieciešamas plašas zināšanas un ekoloģiskais domāšanas veids.

Izejot no dabas komponentu didaktiskajām kopsakarībām, izriet vairāki svarīgi secinājumi.

● Visas dabas parādības un resursi cilvēka dzīvē ir ļoti daudznozīmīgi. Tāpēc, izmantojot dabu, jāņem vērā visdažādāko tautas saimniecības nozaru vajadzības un arī pašas dabas atjaunošanās spējas. Tā mežu mēs uzskatām par koksnes avotu, taču tas ir nozīmīgs faktors, kas nodrošina Zemes ainavu apvalka normālu darbību. Atcerēsimies meža nozīmi teritorijas ūdens režīma regulēšanā, augsnes aizsardzībā, klimata veidošanā, veselības aizsardzībā, darbaļaužu atpūtā!

Tāpat arī upe ir ne tikai transporta artērija vai notekūdeņu novadīšanas kanāls. Tā ir vide ļoti daudziem hidrobiontiem. Upes biogēnās vielas nonāk ezeros, jūrās un tur nodrošina dzīves apstākļus visdažādākajiem organismiem.

Izmantot mežu vai upi tikai kādas vienas nozares interesēs, kā mēdz notikt, ir neracionāli. Nepieciešama kompleksa pieeja, kas, plānojot dabas resursu izmantošanu, ņemtu vērā visas tautas saimniecības vajadzības.

● Izmantojot un aizsargājot dabas resursus, obligāti jāņem vērā vietējie apstākļi. Novērtējot kāda resursa pietiekamību vai nepietiekamību, jāvadās no šī resursa krājumiem un to dinamikas dotajā rajonā. Tas ir t. s. *reģionalitātes likums*. Daudzviet pasaulē asi jūtams dzeramā ūdens deficīts. Taču ūdens pārpalikums citās vietās nemaina stāvokli. Ne ar ko nav attaisnojama kāda resursa intensīva izmantošana tur, kur tā trūkst, attaisnojoties, ka citur ir šī resursa pārpilnība. Reģionalitātes likuma neievērošana noved pie resursu iznīcināšanas tur, kur to ir maz un kur tie visvairāk vajadzīgi. Šis likums attiecas arī uz augu un dzīvnieku valsti. Kāda augu vai dzīvnieku suga vienā apgabalā vai rajonā var būt aizsargājama,

turpreti citā sastopama tādā daudzumā, ka iespējama tās rūpnieciska izmantošana.

● Viena dabas objekta aizsardzība vienlaicīgi nozīmē arī citu ar to saistīto objektu aizsardzību. Atmosfēras un ūdens aizsardzība no piesārņojuma vienlaicīgi ir cilvēku veselības un darba spēju aizsardzība. Kukaiņēdāju putnu sugu un rudo mežskudru aizsardzība ir visa meža aizsardzība pret kaitēkļiem utt. Pēdējā piemērā mēs sastopamies ar netiešo dabas aizsardzību, kad kādu dabas komponentu aizsargā nevis paša, bet tā derīgās darbības dēļ.

Dažos gadījumos sastopamies ar pretēju parādību: kāda viena atsevišķa objekta aizsardzība nodara zaudējumus citiem objektiem. Latvijas mežsaimniekiem labi zināms ir fakts, ka aļņi, kas pārmērīgi savairojušies mūsu republikā, bojā priežu jaunaudzēs.

● Dabas aizsardzība nav realizējama kā vienkārša dabas nogabalu vai arī kādu atsevišķu objektu konservācija. Mākslīgi izvēloties par aizsargājamiem atsevišķus dabas objektus: pļavas (ārpus upju palienēm), republikas rietumdaļā esošās kadiķu audzes u. c., tos nevar saglabāt. Dabas aizsardzība ir kompleksa problēma, bet ne atsevišķu it kā savstarpēji nesaistītu dabas komponentu aizsardzība. No teiktā izriet, ka dabas aizsardzībā nav pieļaujama resoriska pieeja, bet nepieciešams kompleks problēmu risinājums.

Dabas aizsardzība un dabas izmantošana šķiet divas pretējas, nesavienojamas lietas. Būtībā tās ir vienas parādības — cilvēka un dabas attiecību — divas puses. Tāpēc arī nav pamatots alternatīvais jautājums: «Dabu aizsargāt vai izmantot?».

Daba ir gan jāaizsargā, gan arī jāizmanto. Tikai izejot no konkrētiem apstākļiem un situācijas, saprātīgi jānosaka izmantošanas un aizsargāšanas attiecība. Pie tam jāatzīmē svarīgs dabas aizsardzības princips — *dabas aizsardzība jārealizē dabas bagātību izmantošanas gaitā.*

6.2. DABAS RESURSI, TO KLASIFIKĀCIJA UN IZMANTOŠANAS ĪPATNĪBAS

Ražošana, kuru realizē cilvēku sabiedrība, iespējama tādēļ, ka eksistē dabas resursi, kuri nodrošina nepieciešamās izejvielas, pārtiku un enerģiju. Dabas resursi ir cilvēku eksistences līdzekļi, kurus nav radījis cilvēka darbs un kuri eksistē neatkarīgi no šī darba, vai arī tādi eksistences līdzekļi, kurus daba atjauno ar cilvēka palīdzību. Tie aptver visu dabas objektu kopumu, ko cilvēks izmantoja, izmanto vai izmantos tiešā vai netiešā ceļā.

Ir pazīstamas dažādas dabas resursu klasifikācijas.

● Izšķir *reālos* un *potenciālos* dabas resursus. Pie reālajiem dabas resursiem pieskaita tos resursus, kurus izmanto ražošanā dotajā sabiedrības ražošanas spēku attīstības līmenī. Šodien pie reālajiem dabas resursiem pieder dažādi izrakteņi, augu un dzīvnieku valsts resursi, atomenerģija u. c.

Pie potenciālajiem resursiem pieskaita tos dabas resursus, kurus kādu iemeslu dēļ ražošanā neizmanto. Starp šīm divām grupām grūti novilkt krasu robežu. Piemēram, Sibīrijas lapegļu koksnes bagātības taigā pieskaita pie reālajiem dabas resursiem, taču par reālo dabas resursu šo koksni var uzskatīt tikai tur, kur ir attiecīgi transporta ceļi un kur šīs bagātības ir pieejamas.

Dabas resursi var pāriet no potenciālajiem resursiem reālajos, un otrādi. Nav nemaz tālu pagātnē tas laiks, kad atomenerģija piederēja pie potenciālajiem dabas resursiem. Turpretī pašlaik atomenerģija ir reālais dabas resurss, kam ir arvien pieaugoša nozīme. Un pretējs piemērs: mūsu gadsimta 30. gados Vidusāzijas kalnos atklāja koksagīzu — ārstniecības cūkpienei tuvi radniecīgu augu, kura saknes saturēja 10...14% kaučuka. Toreizējos apstākļos tas bija nozīmīgs kaučukaugs, kuru nekavējoties sāka kultivēt. Latvijas tīrumos to audzēja vēl pēc Otrā pasaules kara. Taču kaučuka sintētiskā ražošana padarīja šī auga kultivēšanu nerentablu un tas pārgāja potenciālajos dabas resursos.

Īpaša nozīme ir tiem potenciālajiem resursiem, kuri var tikt izmantoti nākotnē. Te jāmin kosmiskais starojums, meteorītu vielas, zemes magnētisms, atmosfēras elektrība u. c.

● Ir pazīstams dabas resursu dabaszinātniskais iedalījums. Pēc šī iedalījuma atsevišķi dabas resursu veidi atbilst attiecīgiem dabas kompleksa komponentiem. Šajā klasifikācijā ir šādas galvenās resursu grupas:

- derīgie izraktenī jeb minerālie resursi;
- klimata resursi;
- augsnes (zemju) resursi;
- augu valsts resursi;
- dzīvnieku valsts resursi;
- Saules enerģija u. c.

Šajā klasifikācijā izdala arī atomāros, planetāros un kosmiskos resursus.

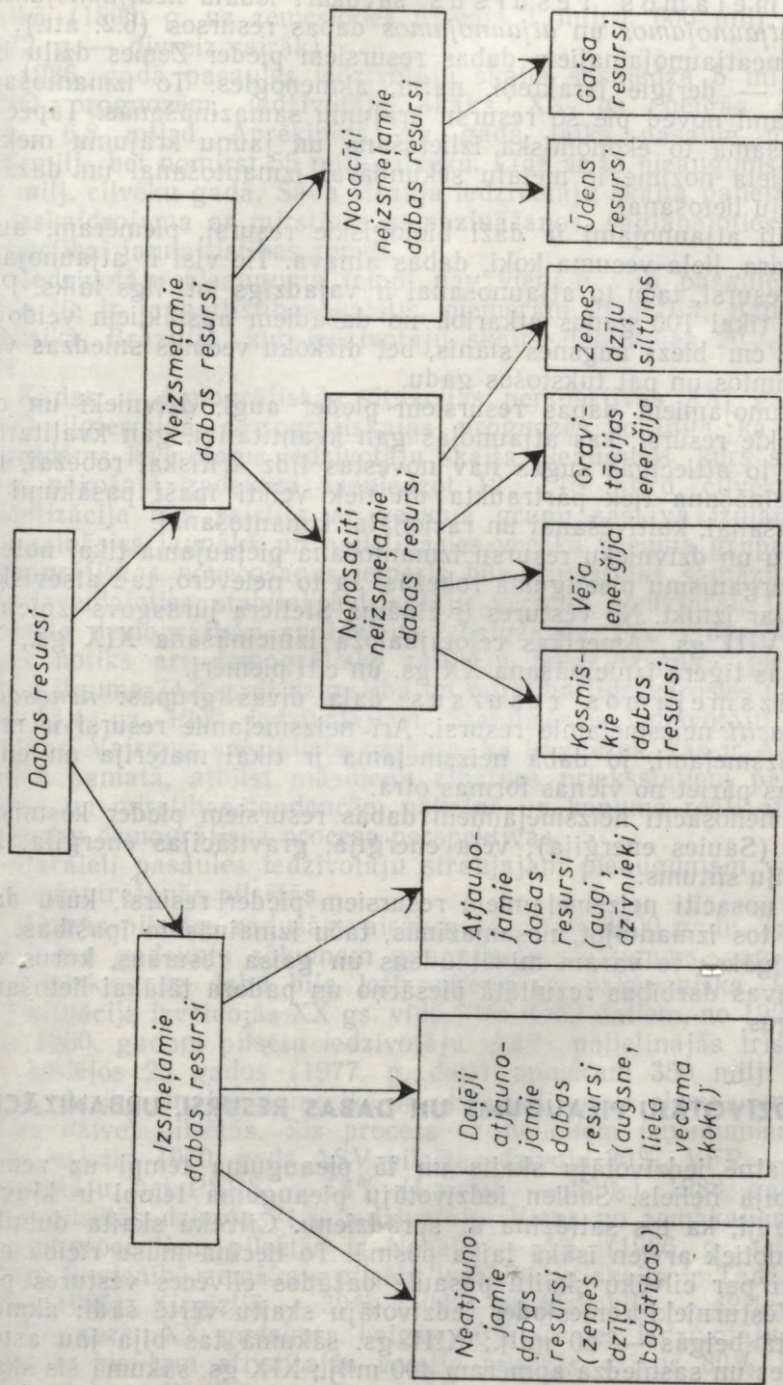
● A. Minca (1968) dabaszinātniski ekonomiskajā klasifikācijā dabas resursus iedala divās lielās grupās pēc to izmantošanas veida:

- dabas resursi, kurus izmanto materiālās ražošanas sfērā;
- dabas resursi, kurus materiālās ražošanas sfērā neizmanto.

Pie pirmās grupas pieder enerģētiskie resursi, dažādas izejvielas, augsne lauksaimnieciskajā ražošanā, tieši izmantojamie ūdens, gaisa, augu un dzīvnieku resursi.

Savukārt pie neražojošās sfēras resursiem pieskaita netieši izmantojamos ūdens, gaisa, augu un dzīvnieku resursus. Te pieder arī dabas resursi, kas apmierina sporta, estētiskās, veselības nostiprināšanas, atpūtas (rekreācijas) vajadzības. Šos resursus izmanto netieši. Šajā klasifikācijā, kā redzams, vairāki resursi ierindojas abās resursu grupās.

● Plaši tiek lietota dabas resursu klasifikācija pēc to izsmelamības dabā un atjaunošanās vai neatjaunošanās iespējām. Atkarībā no tā, vai dabas resursu krājumi, tos izmantojot, samazinās vai ne, izšķir *izsmelamos* un *neizsmelamos* dabas resursus.



6.2. att. Dabas resursu klasifikācijas shēma.

Izsmēļamos resursus savukārt iedala *neatjaunojamos, daļēji atjaunojamos un atjaunojamos* dabas resursos (6.2. att.).

○ Pie neatjaunojamajiem dabas resursiem pieder Zemes dziļu bagātības — derīgie izrakteņi, nafta, akmeņogles. To izmantošana neglābjami noved pie šo resursu krājumu samazināšanās. Tāpēc ir nepieciešama to ekonomiska izlietošana un jaunu krājumu meklēšana. Liela nozīme ir metālu sekundārai izmantošanai un dažādu aizstājēju lietošanai.

○ Daļēji atjaunojami ir daži bioloģiskie resursi, piemēram, augsne, kūdra, liela vecuma koki, dabas ainava. Tie visi ir atjaunojami dabas resursi, taču to atjaunošanai ir vajadzīgs ļoti ilgs laiks. Piemēram, tikai 100 gados atkarībā no dažādiem apstākļiem veidojas 0,5... 2 cm biezs augsnes slānis, bet dižkoku vecums sniedzas vairākos simtos un pat tūkstošos gadu.

○ Atjaunojamiem dabas resursiem pieder augi, dzīvnieki un citi bioloģiskie resursi, kas atjaunojas gan kvantitatīvi, gan kvalitatīvi, ja vien to attiecīgās sugas nav novestas līdz kritiskai robežai, bet to iznīcināšana tiek pārtraukta un tiek veikti īpaši pasākumi to saglabāšanai, kultivēšanai un racionālai izmantošanai.

Augu un dzīvnieku resursu izmantošana pieļaujama tikai noteiktās šo organismu pieauguma robežās. Ja to neievēro, tad atsevišķas sugas var iznīkt. No vēstures ir zināma Stellera jūrasgovs iznīcināšana XVIII gs., Amerikas ceļotājbaloža iznīcināšana XIX gs., Vidusāzijas tīģera iznīcināšana XX gs. un citi piemēri.

Neizsmēļamos resursus daļa divās grupās: *nenosacīti* un *nosacīti* neizsmēļamie resursi. Arī neizsmēļamie resursi ir relatīvi neizsmēļami, jo dabā neizsmēļama ir tikai matērija un enerģija, kas pāriet no vienas formas otrā.

○ Pie *nenosacīti* neizsmēļamiem dabas resursiem pieder kosmiskie resursi (Saules enerģija), vēja enerģija, gravitācijas enerģija, Zemes dziļu siltums.

○ Pie *nosacīti* neizsmēļamiem resursiem pieder resursi, kuru daudzums, tos izmantojot, nesamazinās, taču izmainās to īpašības. Kā raksturīgākos te varam minēt ūdens un gaisa resursus, kurus cilvēks savas darbības rezultātā piesārņo un padara tālākai lietošanai nederīgus.

6.3. IEDZĪVOTĀJU PIEAUGUMS UN DABAS RESURSI. URBANIZĀCIJA

Senatnē iedzīvotāju skaits un tā pieauguma tempi uz zemeslodes bija neliels. Sodiens iedzīvotāju pieauguma tempi ir kļuvuši tik strauji, ka tos salīdzina ar sprādzienu. Cilvēku skaita dubultošanās notiek arvien īsākā laika posmā. To liecina mūsu rīcībā esošie dati par cilvēku skaitu pasaulē dažādos cilvēces vēstures posmos. Vēsturnieki zemeslodes iedzīvotāju skaitu vērtē šādi: akmens laikmeta beigās — 50 milj.; XIII gs. sākumā tas bija jau astoņkārtšojies un sasniedza apmēram 400 milj.; XIX gs. sākumā šis skaitlis bija dubultojies un sasniedza 800 milj. Nākošā iedzīvotāju skaita

dubultošanās notika jau 90 gadu laikā, bet vēl pēc tam — 72 gadu laikā (1890. g. uz zemeslodes dzīvoja 1 mljrd. 600 milj. cilvēku, 1972. g. — divreiz vairāk).

1986. gadā pasaules iedzīvotāju skaits sasniedza 5 mljrd. Pēc ANO prognozēm, iedzīvotāju skaits XX gs. beigās sasnies 6,2...6,8 mljrd. Aprēķināts, ka gada laikā pasaulē piedzimst 125 milj., bet nomirst 55 milj. cilvēku. Līdz ar to pieaugums sastāda 70 milj. cilvēku gadā. Šāda strauja iedzīvotāju skaita palielināšanās ir izskaidrojama ar mirstības samazināšanos, saglabājoties augstai dzimstībai jaunattīstības zemēs.

Iedzīvotāju pieauguma tempi nav vienādi visā pasaulē. Vislielākie tie ir jaunattīstības valstīs, piemēram, Nigērijā, Bangladešā, Meksikā, Brazīlijā, kur iedzīvotāju skaits dubultojušas 20...25 gados.

Kādas ir demogrāfiskās situācijas perspektīvas XXI gadsimtā? ANO ilgtermiņa demogrāfiskajās prognozēs norādīts, ka nākotnē sagaidāms ievērojams iedzīvotāju skaita pieaugums, kurš stabilizēsies, nākošajā gadsimtā sasniedzot 12...15 mljrd. cilvēku. Šāda stabilizācija būs saistīta ar vecuma grupu sastāva izmaiņām — samazināsies jaunākā un palielināsies vecākā vecuma grupa. Šādas demogrāfiskas novecošanas iemesls būs dzimstības samazināšanās. Tā, izveidojoties stabilai iedzīvotāju vecuma struktūrai, tiek prognozēta demogrāfiskā sprādziena izbeigšanās. Pēc šādas stabilizācijas notiks arī demogrāfisko rādītāju izlīdzināšanās: pie vidējā mūža ilguma 74,8 gadi dzimstība un mirstība līdzsvarosies un sastādīs 13,4 uz 1000 iedzīvotājiem. Stabilizēsies iedzīvotāju vecuma sastāvs. Vairums speciālistu uzskata, ka hipotēzes, kas ir ANO prognožu pamatā, atbilst mūsdienu zinātnes priekšstatiem par dzimstības un mirstības tendencēm nākotnē un kopumā reāli atspoguļo pasaules demogrāfiskā procesa perspektīvas.

Paralēli pasaules iedzīvotāju straujajam pieaugumam vērojama to koncentrēšanās pilsētās.

Pirmās pilsētas radušās vairāk nekā pirms 4000 gadu. Taču līdz pat mūsu gadsimta sākumam gan pilsētu pieaugums, gan arī pilsētu ietekme uz dabu bija ļoti mērena un pakāpeniska. Pavisam cita situācija izveidojās XX gs. vidū. Pēc ANO datiem, no 1920. gada līdz 1960. gadam pilsētu iedzīvotāju skaits palielinājās trīs reizes, bet pēdējos 25 gados (1977. g. dati) apmēram 350 milj. cilvēku Āzijā, Āfrikā un Latīņamerikā ir atstājuši savus ciemus un pārcēlušies dzīvot pilsētās. Šis process ar nelieliem izņēmumiem norit visās valstīs. 1970. gadā ASV pilsētās dzīvoja 80%, VFR — 82,2% iedzīvotāju, bet PSRS — 56% (Latvijā — 62%). 1988. gadā Latvijas pilsētās dzīvoja 71% iedzīvotāju. Viens no zemākajiem iedzīvotāju procentiem pilsētās ir Nepālā — 4% (1986. g. dati). Padomju Savienībā zemākais pilsētu iedzīvotāju skaits ir Tadžikijā — 34% (1985), Kirgīzijā — 39% (1982) un Ūzbekijā — 42% (1985).

Prognoze: XX gadsimta beigās 50% Zemes iedzīvotāju dzīvos pilsētās, pie tam attīstītajās valstīs pilsētās dzīvos 80% iedzīvotāju, bet jaunattīstības zemēs — 40%.

ub Kādu iemeslu dēļ cilvēki koncentrējas pilsētās? Galvenie iemesli ir šādi.

○ Pilsētvide ir vadošais faktors valstī. Pilsētās koncentrējas administratīvās iestādes, valsts un novadu vadības orgāni, politiskās un sabiedriskās organizācijas.

○ Pilsētās ir izveidojusies labvēlīga vide, lai attīstītos jau esošā un rastos jauna rūpniecība.

○ Pilsēta tās iedzīvotājiem nodrošina dažādas sociālās priekšrocības.

○ Pilsētās ir daudz vairāk iespēju nekā laukos apmierināt dzīves apstākļu, profesijas izvēles, kulturālās un citas vajadzības.

Straujo pilsētu attīstību mūsdienās apzīmē par *urbanizāciju*. Tas ir zinātniski tehniskās revolūcijas laikmetam raksturīgs process, kas saistās ar ražošanas un iedzīvotāju koncentrēšanos pilsētās. Šim procesam ir sociāli ekonomisks raksturs un tas veicina pilsētu nozīmes palielināšanos, iedzīvotāju sociāli profesionālās un demogrāfiskās struktūras maiņu. Kā vēsturisks process urbanizācija ir saistīta ar noteiktu ražotājspēku un ražošanas attiecību attīstības līmeni. Tādējādi urbanizācija ir objektīvs process, kuru nosaka sabiedrības vajadzības un zinātniski tehniskās revolūcijas raksturs. Pilsētas ir augstākā telpas organizācijas forma cilvēku sabiedrībai. Objektīva nepieciešamība koncentrēt un integrēt dažādus materiālās dzīves veidus, intensificēt saskarsmju procesus, pastiprināt sakarus starp dažādām ražošanas, zinātnes un kultūras darba sfērām rada pilsētu un aglomerāciju pašattīstību. Tādējādi veidojas labvēlīgi apstākļi gan sociālo procesu norisei, gan arī personības attīstīšanai un veidošanai. Mūsdienu apstākļos lielpilsētas un aglomerācijas ir ražošanas, zinātnes un kultūras virzītājas. Starp lielpilsētām, mazpilsētām un lauku apvidiem pastāv atgriezeniskā saite: pilsētu materiālā un garīgā kultūra, dzīves veids ieviešas laukos un savukārt sekmē pilsētu izaugsmi.

Urbanizāciju raksturo pilsētu skaita palielināšanās, pilsētu aglomerācija un vienlaidus urbanizētu teritoriju izveidošanās, pilsētu iedzīvotāju skaita pieaugums.

Vērojama arī parādība, ka atsevišķas pilsētas veido pilsētu aglomerācijas, kurām saplūstot veidojas hiperurbanizēti rajoni — *megapoles*. Tā, piemēram, Ņujorkas megapolē dzīvo ap 16 milj. cilvēku, Tokijas — Jokohamas rajonā — 20 milj.

Urbanizācijas rezultātā samazinās dabiskās ainavas un lauksaimniecībā izmantojamās zemju platības. Savukārt pilsētās, attīstoties rūpniecībai, transportam un komunālajai saimniecībai, notiek ļoti liela atmosfēras, ūdeņu un augsnes piesārņošana, kas negatīvi ietekmē gan dzīvo dabu, gan arī iedzīvotāju dzīves apstākļus.

Augu un dzīvnieku valsts pilsētās un to tuvumā zaudē savu raksturīgo daudzveidību. Saglabājas tikai tās sugas, kuras vai nu labi pacieš cilvēka klātbūtni un darbību, vai arī ir veiksmīgi pielāgojušās izmainītajiem dzīves apstākļiem. Dažos gadījumos cilvēks ar savu nepārdomāto rīcību sekmē piepilsētas dabas noplicināšanu. Piepilsētu zaļās zonas un to daudzveidību bieži posta nepārdomāta

un neracionāla telšu un atpūtas pilsētiņu celtniecība. Literatūrā atzīmēts, ka Piemaskavas mežu zīdītājdzīvnieku faunu iznīcina saimnieku pamestie suņi. Šādi piemēri presē aprakstīti arī mūsu republikā (saplositas stirnas). Ir atzīmēts, ka šādi suņi var «saratoties» ar vilkiem un nodarīt lielus zaudējumus medību saimniecībai. Dažkārt atkarībā no konkrētiem vides apstākļiem var vērot pilsētu labvēlīgu ietekmi uz augu un dzīvnieku valsti. Tā, piemēram, no 200 Latvijā ligzdojošām putnu sugām Rīgā pilsētas apstākļos ligzdo 150. Tas ir liels skaitlis, kuru nosaka Rīgas labvēlīgais ģeogrāfiskais stāvoklis un daudzveidīgie dabas apstākļi, arī ietilpstošie ūdeņi, jūras un upju piekrastes, meži un pļavas.

Pilsētas ir heterotrofas sistēmas, tāpēc

- tās jāapgādā ar lielu daudzumu koncentrētas enerģijas,
- iedzīvotāju dzīves apstākļu un darba nodrošināšanai tām jāieved daudz dažādu dabas resursu,
- tās veido milzīgus toksisku vielu un atkritumu krājumus.

Aprēķināts, ka pilsētās uz 1 ha platības nepieciešams ap $9,2 \cdot 10^9$ kJ enerģijas. Tas tūkstošiem reižu pārsniedz to enerģiju, kas vajadzīga laukos. Lai iegūtu nepieciešamo enerģiju, ceļ AES, HES, TES, kas izraisa dabas pārveidošanu, lauksaimniecībā esošo platību samazināšanu un arī vides papildu piesārņošanu.

Jāņem vērā, ka pilsētas izmaina gandrīz visus dabas komponentus: atmosfēru, augsni, reljefu, hidrogrāfisko tīklu, pazemes ūdeņus un pat klimatu. Pilsētās gaisms parasti ir par 5% sausāks un temperatūra par 1...3 °C augstāka nekā ārpus pilsētas. Ziemā šī temperatūras starpība var sasniegt pat 8...10 °C. Atmosfēras piesārņojums samazina ultravioleto starojumu, kā arī skaidro dienu skaitu. Pēc 1937. gada datiem, Rīgā bija 52 skaidras dienas gadā. Pēc N. Temņikovas datiem, 1969. gadā — tikai 35...40 skaidras dienas. Ar ko izskaidrojama šāda starpība? Tikai ar lielāku atmosfēras piesārņojumu mūsdienās.

Pilsētas apstākļos cilvēkam ir radītas maksimālas ērtības fiziskajai un garīgajai dzīvei. Taču šādos apstākļos cilvēka organisms bieži cieš no mazkustīga dzīves veida, bez tam veselību negatīvi ietekmē troksnis, vibrācija, infraskaņas, elektromagnētiskais lauks, dažādas vielas, kuras atmosfērā nonāk no rūpniecības un transporta. Lai to novērstu, nepietiek noteikt attiecīgus sanitāri higiēniskos normatīvus, bet galvenokārt jāseko to izpildei.

Ceļot un veidojot pilsētas un to atsevišķus elementus, darbs jāveic pēc ģenerālpilāna, kuru izstrādājot izdarīta ekoloģiskā ekspertīze. Pilsētu plānojumam jābūt ne tikai racionālam, bet arī tādām, kas veido patīkamu pilsētas ainavu, izmantojot gan arhitektūras, gan arī pašas dabas elementus — reljefu, ūdeņus, augu valsti utt. Jāsaglabā viss, kas cilvēkam var sagādāt estētisku baudījumu. Jāplāno tā, lai pilsētu iedzīvotāji tiktu nodrošināti ar labvēlīgiem sanitāri higiēniskiem apstākļiem, kā arī ar optimālu dažādu darbības veidu organizāciju (darba, sadzīves, atpūtas utt.). Šāda dzīves veida harmonizācija sevišķi aktuāla ir lielajās pilsētās un to piepilsētas zonās.

Milzīga ir zaļo stādījumu nozīme pilsētas dzīvē. Zaļie apstādījumi mazina rūpniecības un transporta negatīvo ietekmi (slāpē troksni, uzver putekļus, bagātina gaisu ar skābekli). To funkcijas neaprobežojas tikai ar sanitāri higiēniskajiem aspektiem, bet ietver arī rekreāciju, dekoratīvo un māksliniecisko nozīmi. Pilsētas apstādījumu sistēmā ietilpst parki, dārzi, apzaļumotās rūpnīcu un dzīvojamu rajonu teritorijas, krastmalas, bulvāri, skvēri, aizsargjoslas. Apmēram trešā daļa Rīgas platības ir apbūvēta, pārējo aizņem ūdeņi un apstādījumi.

Strauja pilsētu augšana izsmel brīvās apbūves platības. Jaunu apbūves gabalu iegūšana ārpus pilsētas robežām bieži vien ir saistīta ar jau apgūtu lauksaimniecības zemju atsavināšanu, kā arī ar pilnīgu dabiskās ainavas iznīcināšanu, kas savukārt izraisa sanitāri higiēnisko apstākļu un citu faktoru pasliktināšanos. Pilsētai augot plašumā, cilvēkam jāpatērē lielāks laiks braucienam uz darbu un atpakaļ. Tādos apstākļos pilsētu celtnieki meklē jaunus risinājumus, kas saistīti gan ar daudzstāvu namu celtniecību, gan arī ar apbūvi pazemē. Padomju Savienībā pazemes kompleksi līdz šim ir veidoti, galvenokārt būvējot dažādas komunikācijas. Tomēr iezīmējas tendence plašāk izmantot potenciālo pazemes telpu.

Pēc speciālistu atzinuma zemes potenciālie dabas resursi perspektīvā ar pārtiku var nodrošināt 40...50 mljrd. cilvēku. Taču šādi aprēķini izriet no pieņēmuma, ka pasaules iedzīvotāji būs izvietoti racionāli, lauksaimniecībā tiks ieguldīti milzīgi kapitāli un tās attīstība pamatosies uz mūsdienu zinātnes un tehnikas sasniegumiem.

Biosfēras bioloģiskās produkcijas masa, izteikta izmantojamās organiskās vielās, sastāda $7 \cdot 10^8$ t. Taču jau 80. gadu sākumā Zemes iedzīvotāju vajadzības sasniedza $7,8 \cdot 10^8$ t, līdz ar to izveidojās 80...100 milj. t deficīts. Pašreiz kontinentos un valstīs vērojama nevienmērīga pārtikas produktu sadale. Tā Austrumāzijas zemēs, kur dzīvo vairāk nekā 50% Zemes iedzīvotāju, patērē nedaudz vairāk par 25% pārtikas resursu. Situāciju saasina arī arvien pieaugošais pasaules iedzīvotāju skaits. Pārtikā izteikti jūtams ir olbaltumvielu deficīts. To īpaši izjūt iedzīvotāji jaunattīstības valstīs, kur viens cilvēks dienā saņem tikai 9...10 g olbaltumvielu (to pašu lielā mērā sedzot ar augu olbaltumvielām), bet attīstītajās valstīs — 40...50 g dzīvnieku olbaltumvielu.

Sodien dažādās pasaules daļās iedzīvotāji cieš badu vai arī nav pilnīgi paēduši. Mūsu gadsimta 70. gados pasaulē no bada nomira ap 5 milj. cilvēku gadā. Pēc ANO Pārtikas un lauksaimniecības organizācijas datiem, 1983. gadā tikai jaunattīstības zemēs vien ap 450 milj. cilvēku cieta no pārtikas trūkuma. Indijā no 100 bērniem līdz gada vecumam 22 nomira no bada.

Pārtikas problēmu iespējams atrisināt, paaugstinot lauksaimniecības produktivitāti. Lai to panāktu, jāpalielina ieguldījumi minerālmēsli, tehnikas, pesticīdu iegādei. Cilvēcei nepieciešamais pārtikas produktu daudzums dubultojas apmēram 30 gados. Līdz ar to, lai ar pārtiku nodrošinātu tos iedzīvotājus, kas apdzīvos Zemi no 2000.

līdz 2010. gadam, graudaugu ražu nepieciešams palielināt 2 reizes. Lai to realizētu, vajadzēs 6,5 reizes palielināt izdevumus minerālmēsliem, 6 reizes cīņai ar kaitēkļiem, kā arī dubultot enerģijas patēriņu lauksaimniecībai. Jāatzīmē, ka jau tagad pārtikas produktu ražošanai izmanto apmēram 25% no visas iegūtās enerģijas.

Protams, lauksaimniecības kultūru ražības celšanai nepieciešams racionāli izmantot zinātnes sasniegumus. Piemēram, pareizi izmantojot 1 t minerālmēsli, varētu papildus iegūt 1,5...2 t graudu, 6...7 t cukurbiešu un kartupeļu vai 12 t dārzenus.

Lauksaimniecības produktivitātes celšana iespējama divos galvenajos virzienos:

- paplašinot apstrādājamo zemju platību;
- paaugstinot kultūru ražību.

Jāņem vērā arī tas, ka šodien cilvēks par kultūraugiem izmanto vēl samērā nelielu daļu augu — no 300 000 augstāko augu sugām cilvēce šim nolūkam izmanto ne vairāk kā 2500 sugas. Pusi no pasaules sējumiem aizņem tikai 8 galvenās pārtikas kultūras: kvieši, rīss, kukurūza, rudzi, mieži, auzas, prosa un sorgo.

Līdzās pasākumiem, kas veltīti ražības celšanai, jāveic arī pasākumi, kas virzīti uz izaudzētās ražas maksimālu savākšanu, saglabāšanu un aizsardzību. Katru gadu trešā daļa ražas iet bojā kaitīgo organismu darbības rezultātā. Kukaiņi iznīcina graudaugus, kuru pietiktu 500 milj. cilvēku.

Arī pašreiz ievērojama ražas daļa tiek zaudēta gan nelabvēlīgu klimatisko apstākļu, gan arī neracionālas darba organizācijas rezultātā. Daudz varētu dot augu fotosintēzes aktivitātes paaugstināšana. Kā liecina aprēķini, mērenā klimata zemēs uz 1 ha gadā nonāk $41,8 \cdot 10^{11}$ J Saules enerģijas. Labības lauks gadā dod apmēram 10 t/ha sausas vielas. Platlapju meža hektārs dod 5...6 t, kas atbilst 209 milj. kJ gadā. Šī daudzuma attiecība pret saņemto Saules enerģiju ir augu darbības lietderības koeficients. Pašreizējais ražošanas apstākļos tas ir 0,5...1%. Eksperimenta apstākļos, palielinot temperatūru, izmainot fotoperiodu un CO₂ saturu gaisā, ir izdevies paaugstināt dažu *Chlorella* un *Scenedesmus* ģinšu aļģu darbības lietderības koeficientu līdz 5%, bet, izmantojot ģenētikas un selekcijas metodes, hlorellas darbības lietderības koeficients ir palielināts pat līdz 25...30%. Franču zinātnieks P. Agess uzskata, ka bez sevišķa optimisma var cerēt, ka samērā netālā nākotnē šis koeficients sasniegs 3...5% un būs desmit reizes lielāks nekā pašreiz. Lielu ieguldījumu pasaules iedzīvotāju nodrošināšanā ar pārtiku ir devusi «zaļā revolūcija». Sākotnēji par «zaļo revolūciju» apzīmēja graudaugu kultūru (galvenokārt kviešu, rīsa un kukurūzas) ražošanas ievērojamu palielināšanu, izaudzējot jaunas šķirnes.

Runājot par «zaļo revolūciju», izdala 2 tās posmus jeb tipus.

● Pirmais posms lielāko efektu sasniedza mūsu gadsimta 60.—70. gados. Tas saistīts ar selekcionēšanas sasniegumiem, kas galvenokārt pamatojās un šķirņu krustošanu sugas ietvaros. Par «zaļās revolūcijas» pionieri uzskata meksikāņu selekcionāru N. Borlaugu, kurš ieguldīja daudz darba, lai izaudzētu īstiebrainas kviešu šķirnes

zemkopības vajadzībām. Šo darbu rezultātā Meksikā piecdesmitajos līdz septiņdesmitajos gados kviešu ražas pieauga no 7,5 līdz 30 c/ha. Šis kviešu šķirnes no Meksikas ievada Indijā, Pakistānā un Filipīnās, kur tās apūdeņojamās platībās deva augstas ražas. Kviešu un citu kultūru augstas ražas ieguva ne tikai uz šķirnes faktora rēķina, bet gan pielietojot veselu pasākumu kompleksu: paaugstinātas minerālo un organisko mēslojumu devas, augstu agrotehniku.

Lielu ieguldījumu «zaļajā revolūcijā» devuši arī selekcionāri P. Lukjaņenko, V. Remeslo un V. Pustovoits. P. Lukjaņenko izveidoja ziemas kviešu šķirni 'Bezostaja 1', kas 6. Eiropas selekcionāru kongresā Kembridžā tika atzīta par labāko ražības un adaptācijas jomā. Kubaņā tā deva iespēju pārvarēt 30 c/ha ražības barjeru. Šķirnēm 'Avrora' un 'Kavkaz' ražai jāsasniedz 50 c/ha un vairāk.

V. Pustovoits izaudzējis jaunas saulgriežu šķirnes, kuru eļļas saturs pārsniedz 50%, vecajām šķirnēm tas bija tikai 28...30%.

● «Zaļās revolūcijas» otrs posms norit mūsdienās. Tā pamatā ir gēnu inženierijas sasniegumi un perspektīvas. Šajā posmā tautas saimniecībā vērtīgu produktu ražošanai izmanto biotehnoloģijas rūpnieciskās metodes, dzīvus organismus un bioloģiskus procesus. Te jāmin fermentu, antibiotiku, hormonu mikrobioloģiskā sintēze ar gēnu inženierijas, augu un dzīvnieku šūnu kultūru palīdzību, ēdamo sēņu micēlija kultivēšana bioreaktoros u. c. pasākumi. Tiek uzskatīts, ka savu laiku ir nodzīvojuši arī tradicionālā lopbarības ražošana. Tāpēc pirmšķirīgu nozīmi iegūst lopbarības raugu un citu produktu ražošana, izmantojot biotehnoloģijas mikrobioloģiskās metodes.

Papildinājumu pasaules pārtikas resursiem sola tuksnešu platību apguve. Pasaules tuksnešu platība sastāda 25% no sauszemes platības. Tie izvietojas vairāk nekā 100 valstīs, un tiem ir svarīga loma šo valstu ekonomikā. Viens no tuksnešu izmantošanas ceļiem ir irigācijas lauksaimniecība. No 223 milj. ha apūdeņojamo zemju tuksnešos atrodas 85%. Pateicoties Saules gaismas bagātībai un siltumam, šajās platībās gadā var iegūt 2...3 ražas. Kopumā no hektāra apūdeņojamo zemju var iegūt 4...5 reizes vairāk produkcijas nekā no hektāra neapūdeņotās platības. Tāpēc arī irigācijas zemkopība, kas aizņem 14,3% no pasaules aramzemes platības, dod vairāk nekā 50% no pasaules ražas.

Speciālisti uzsver, ka šīs problēmas atrisināšanai nepieciešams atrisināt arī pasaules okeāna ūdens atsāļošanas problēmu, lai apūdeņojamās platības nodrošinātu ar vajadzīgo ūdens daudzumu. Liela garuma maģistrālo irigācijas kanālu būve mūsdienās nav atzīstama par racionālu. Tāpēc tika pārtraukti pasākumi lielo ziemeļu upju ūdens pārvietošanai uz Vidusāzijas tuksnešu apgabaliem galvenokārt apūdeņošanas vajadzībām. Šajā gadījumā gan ņēma vērā to, ka pašreiz vēl nav iespējams paredzēt šādas ūdens bilances izmaiņu ekoloģiskās sekas.

Arzemēs vairākās vietās jau sekmīgi strādā jūras ūdens atsāļošanas ierīces. Padomju Savienībā šāda iekārta, kas nodrošina ar saldūdeni pilsētas saimniecību, rūpniecību un zaļos stādījumus, uz AES bāzes darbojas Sevčenko pilsētā (147 000 iedzīvotāju).

Pasaules okeāns pašreiz pasaules iedzīvotājus nodrošina tikai ar 2% pārtikas enerģijas. Neapšaubāmi tā nozīme pārtikas resursu palielināšanā varētu būt lielāka. No Pasaules okeāna cilvēks iegūst tikai 15% dzīvnieku izcelsmes olbaltumvielu un 3% tauku. Komerציāla nozīme ir kādam desmitam zivju sugu, bet no bezmugurkaulniekiem, kuri sastāda 90% jūras dzīvnieku biomasas, mēs izmantojam tikai dažas gliemju un vēžveidīgo sugas. Ļoti nēcīgi tiek izmantots jūras planktons.

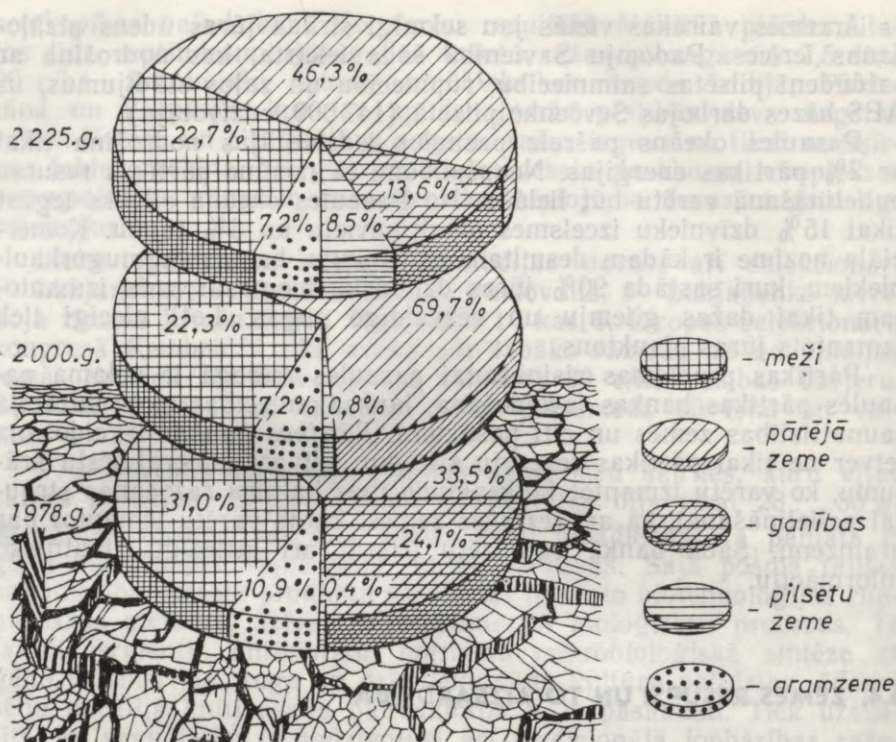
Pārtikas problēmas risināšanai pasaules mērogā ir vēlama pasaules pārtikas bankas izveidošana, lauksaimniecības modernizācija jaunattīstības zemēs un citi pasākumi. *Pārtikas bankas* izveidošana ietver ne tikai pārtikas rezervju sistēmu, bet arī minerālmēslu krājumu, ko varētu izmantot lauksaimniecības kultūru ražošanas straujajai palielināšanai, kā arī rezerves zemes, kuras varētu izmantot par aramzemi. Šādā bankā vajadzētu uzkrāt arī attiecīgu zinātnisko informāciju.

6.4. ZEMES RESURSI UN TO AIZSARDZĪBA

Zemes resursi ir galvenā zemes bagātība. Termins «zeme» ietver gan augsni, gan arī attiecīgās platības, reljefu, mitrumu, akmeņainību un citus apstākļus, kā arī melioratīvos pasākumus. Ekonomisti zemi uzskata par ražošanai nepieciešamu materiālo bāzi visās tautas saimniecības nozarēs, bet filozofi to raksturo ar teicienu, ka darbs ir bagātības tēvs, zeme — tās māte. Zeme ar tās dabas resursiem ir pamats un bāze rūpniecības uzņēmumu un objektu teritoriālai izvietojšanai, ceļu ierīkošanai, ieguves rūpniecībai. Lauksaimniecībā zeme ir galvenais ražošanas līdzeklis, vienlaicīgi būdama gan darba priekšmets, gan darba līdzeklis, kurš vistiešākajā veidā piedalās visos tehnoloģiskajos procesos. Zemei kā ražošanas līdzeklīm ir vairākas īpašības:

- zeme ir dabas veidojums un pastāv neatkarīgi no cilvēku darba, par ražošanas līdzekli tā kļūst tikai sabiedriskajā ražošanā;
- zeme ir saistīta ar noteiktu ģeogrāfisku vietu;
- zeme ir atjaunināma;
- zemes izmantošana ir atkarīga no tās īpašību kompleksa.

Ļoti aktuāls mūsdienās kļuvis jautājums par zemju un augsnes racionālu izmantošanu un apsaimniekošanu. Visiem saimniecības uzņēmumiem ir nepieciešama sava teritoriālā bāze. Taču tikai lauksaimniecībā tai ir prasība, lai augsne būtu auglīga. Pārējos gadījumos par teritoriālo bāzi var un vajag izmantot teritorijas, kurās atrodas neauglīgas vai mazauglīgas augsnes. Protams, uzņēmumu un pilsētu celtniecībai neder purvi un kalnu nogāzes.



6.3. att. Zemju fonda pašreizējais un prognozējamais sadalījums (pēc «Окружающая среда», 93. lpp.).

● Diemžēl šodien, ceļot jaunas pilsētas, ciematus un būvējot hidroelektrostacijas, bieži vien tiek iznīcinātas auglīgu zemju platības, kas ietver gadu desmitus un pat gadu simtos iekoptu arāmzemi un dārzus (6.3. att.). Apbūvējamām teritorijām jābūt izpētītām arī attiecībā uz zemes dziļu bagātībām.

Pasaulē platība, ko aizņem ēkas un virszemes komunikācijas 60. gadu beigās un 70. gadu sākumā, sastādīja 300 milj. ha. Ņemot vērā mūsdienu celtniecības tempus, uzskata, ka ap 2000. gadu šī platība dubultosies. ASV vien ir apbūvēta 73 milj. ha liela platība, turklāt tā ik gadu palielinās par 0,8 milj. ha. Līdzīgs stāvoklis vērojams arī Padomju Savienībā. Piemēram, vieglo automašīnu «Žiguļi» ražošanai bija nepieciešami ne tikai lieli kapitālieguldījumi, bet arī 14 000 ha zemes. Rūpniecības, celtniecības un citām neluksaimnieciskām vajadzībām laikā no 1961. gada līdz 1970. gadam kolhoziem un padomju saimniecībām tika atsavināti 10 milj. ha zemju, to skaitā 5 milj. ha lauksaimniecībā izmantojamo zemju.

Lielas zemes platības zūd zem hidroelektrostaciju ūdenskrātuvēm. Veidojot Ribinskas ūdenskrātuvi, applūdināja 175 000 ha visauglīgāko zemju Mologas—Ščeksnas palienē. Pie tam, zaudējot šādu lielu zemes platību, ieguva samērā nelielu ūdenskrātuves tilpuma palielināšanos.

Ilgu laiku Saratovas HES celtniecībai bija paredzēts tāds ūdens līmenis, pie kura applūstu lielas lauksaimniecībā izmantojamo zemju platības. Projektētā ūdens līmeņa samazināšana tikai par 1 m deva iespēju saglabāt 16 000 ha auglīgāko Volgas zemju.

Sodien vispāratzīta ir patiesība, ka hidroelektrostācijas līdzenuos sevi neattaisno ne ekonomiski, ne ekoloģiski. Tāpēc arī tika pārtraukta Daugavpils HES celtniecība.

Kopumā pasaulē ik gadu celtniecībā tiek zaudēti 8 milj. ha auglīgu zemju.

Latvijas kopējais zemes fonds sastāda 6,46 milj. ha, no kura lauksaimniecībā izmantojamo zemju ir 2,45 milj. ha jeb 37,8% kopplatības. Savukārt pa atsevišķām zemes izmantošanas grupām šī platība sadalās šādi: tīrumi — 1,7 milj. ha, augļu dārzi — 0,03 milj. ha, pļavas — 0,19 milj. ha un ganības — 0,54 milj. ha.

Pēc 1964. gada datiem, Padomju Savienībā ik gadu atmatā paliek 1,2 milj. ha aramzemes, bet lielas platības aizaug ar krūmājiem. Arī Latvijā 1983. gadā bija 144 600 ha krūmāju, kas neietilpa ne produktīvajos mežos, ne lauksaimniecībā izmantojamās platībās.

Bija nepieciešama izmantojamo zemju intensīva apsaimniekošana, bet uzmanība tika koncentrēta uz ceļu apstādījumu joslu likvidēšanu, lai gan ceļu apstādījumiem ir milzīga loma transporta līdzekļu izdalītā piesārņojuma uztveršanā un to loma nebūt nav reducējama tikai uz ceļu pasargāšanu no aizputināšanas.

Pasaulē ir vērojama tendence samazināties sauszemes un aramzemes platībai uz 1 cilvēku. Šodien pasaulē uz 1 cilvēku iznāk 4 ha sauszemes. Cilvēka dzīves un darba spēju uzturēšanai nepieciešamo enerģiju var iegūt no 0,12 ha aramzemes, tomēr vispusīgai attīstībai vajag papildus ap 0,6 ha zemes (kā to aprēķinājis pazīstamais ekoloģs J. Odums). Padomju Savienībā 1975. gadā bija 0,88 ha aramzemes uz 1 cilvēku, bet 2000. gadā prognozē — 0,7 ha. Latvijā apstrādātās zemes platība uz 1 cilvēku šobrīd ir 0,66 ha.

Šādos apstākļos ļoti aktuāla ir augsnes intensīva izmantošana un pareiza apstrādāšana. Latvijā mēs vēl bieži sastopamies ar kļūdām, kas pieļautas augsnes sastrādāšanā, mehānismu un darbarīku izmantošanā. Ražošanas intensifikācijas apstākļos mūsu republikas augsnes nav piemērotas apstrādei ar smagajiem lieljaudas traktoriem. Neskatoties uz to, rudenos ražas novākšanas laikā uz tīrumiem redzama vesela lauksaimniecības tehnikas skate. Aprēķināts, ka Dobeles rajonā uz 1 ha cukurbiešu tīruma gada laikā bijušas 84 tehnikas vienības. Pārslodzes sablietētais augsnes slānis sniedzas 1 m dziļi uz pat dziļāk. Šādos tīrumos ir noārdīta gan augsnes struktūra, gan arī izjaukta iekārtoto meliorācijas sistēmu darbība, par

ko pavasaros un rudenos liecina lielākas un mazākas ūdens lāmas. Augsni sablētē ne tikai mašīnas. Smagās māla augsnes zaudē savu filtrācijas spēju, ja rudenos un pavasaros tās bagātīgi samēslo ar amonjaku.

● Lielus zaudējumus augsnei nodara erozija (no latīņu *erodere* — sairt). Parasti erozija skar virsējo auglīgo augsnes slāni, kura dabiskā izveidošanās ir notikusi 2000...7000 gados. Erodēta augsne ir maztrūdaina, tai ir blīva sakārta un maz slāpekļa. Atkarībā no tā, cik augsnes horizonti ir iznīcināti, izšķir attiecīgu erodētības pakāpi. Stiprākajā, t. i., IV pakāpē augsnei nonests ne tikai trūdu horizonts, bet arī pārējie ģenētiskie horizonti un skarts augsnes cilmiezis. Graudaugu ražas erodētajās augsnēs pazeminās 3...4 reizes. Erodētie iecirkņi bieži pārpurvojas. PSRS erodētās zemes aizņem apmēram 25% no aramzemes platības. Katru gadu no šīm teritorijām ūdens aiznes 535 milj. t. augsnes, bet kopā ar augsni aramzeme un ganības zaudē 1229 000 t slāpekļa, līdz 593 tūkst. t fosfora un ap 12 milj. t kālija augiem pieejamā formā. No Latvijas tīrumiem saimnieciski nepareizas darbības rezultātā jūrā nonāk 50 000 t slāpekļa un 4000 t fosfora.

Izšķir *normālo* (ģeoloģisko) un *paātrināto* (mūsdienu) *eroziju*. Normālā erozija dabā notiek nokrišņu, temperatūras, vēja mijiedarbībā. Tā ir saistīta ar iežu sadalīšanās procesu un nav atkarīga no cilvēka darbības. Mūs interesē paātrinātā erozija, kas attīstās cilvēka darbības rezultātā. Izšķir *vēja, ūdens* un *tehnogēno* eroziju. ○ *Vēja erozija* jeb deflācija raksturīga sausām augsnēm ar lielu smilšu vai putekļu daļiņu saturu. Cilvēks sekmē vēja eroziju, izcērtot mežus un uzarot lielas neapmežotas platības. Zinātnieki konstatējuši, ka, lai lauksaimniecība varētu normāli funkcionēt, apmēram $\frac{1}{3}$ attiecīgās teritorijas jābūt klātai ar mežu. Tas attiecas ne tikai uz pašu erozijas novēršanu, bet arī uz lauksaimniecības kultūrām nepieciešamo apstākļu (mitruma) nodrošināšanu. Spēcīgas vēja erozijas gadījumos novēro melnās vai putekļu vētras. Šādas putekļu vētras bieži parādās Āfrikā, Āzijā, Austrālijā, Eiropas dienvidos, daudzos Amerikas apgabalos. Padomju Savienībā putekļu vētras periodiski plosās Kazahijā, Ukrainas dienvidos, Lejas Pievolgā, Ziemeļkaukāza līdzenumos. Lielu postu PSRS teritorijā putekļu vētras ir nodarījušas 1892., 1928., 1960., 1962. gadā. Latvijā mežainums sastāda 41,9%. Taču arī pie mums Rīgas, Ventspils un Liepājas rajonu saimniecībās ir parādījušas vēja erozijas pazīmes. Šī erozija vērojama smilts un mālsmilts augsnēs gan pavasaros pirms zemes izveidošanās, gan arī dažkārt zemiņās kailsala laikā. Visvairāk vēja erozija izpaužas Ventspils rajona piejūras saimniecībās. Te, nosusinot pārmitras pļavas, kurās vēja erozija nevarēja attīstīties, radikāli izmainījās gan mitruma režīms, gan arī zemes izmantošanas raksturs. Nosusinātās platības sāka izmantot tīruma kultūru audzēšanai, izveidojot līdz 1,5 km garus vienlaidu laukus un tajā pašā laikā neveicot nekādus preterozijas pasākumus. Tā kā šajā rajonā ir vislielākā vēja intensitāte republikā, izveidojās erozijas perēklis ar tendenci plašināties. Izstrādāts un tiek realizēts

projekts preterozijas stādījumu ierīkošanai vairākās Ventspils rajona saimniecībās. Šie stādījumi aizsargās no vēja erozijas vairāk nekā 20 000 ha lauksaimniecībā izmantojamo zemju. Ne par velti speciālisti brīdina Latvijā nosusinātās platībās neaizrauties ar mežu nobaldu likvidēšanu un vienlaidus tīrumu iekārtošanu. 1974. gadā Latvijas Dabas un pieminekļu aizsardzības biedrības Centrālās valdes prezidijs kopīgi ar citām ieinteresētajām iestādēm un resoriem izstrādāja un apstiprināja «Norādījumus par zemju transformāciju meliorējamās platībās». Nelielas putekļu vētras tīrumos novērotas arī Rīgas un Jelgavas rajonā, Nicas apkārtnē.

Latvijā aktuāls ir jautājums par kāpu smiltāju nostiprināšanu, īpaši rajonos, kas atrodas uz dienvidiem no Saulkrastiem, starp Gauju un Daugavu, kā arī dienvidos no Liepājas. Latvijā pirmais «smilšu briesmām» uzmanību ir pievērsis Pēteris I, kad, braucot uz Holandi, viņam tika parādīti ar smiltīm aizbērti meži. Kā liecina 1637. gada karte, Liepājas rajonā esošā Ķupes kalna vietā toreiz ir atradusies pustumīža. Agrākajos gadu simteņos Nicas robežās apbērtas 18 zemnieku mājas, plūstošās smiltis aizbērušas no Ķīšezera uz Gauju tekošo Langas upīti. No veciem mežierīcības pārskatiem redzam, ka kāpu nostiprināšanas darbi Rucavas un Nicas mežu novados iesākti 1835. gadā un plašākos apmēros turpināti līdz 1849. gadam.

Mūsu jūrmalā novērotie kāpu pārvietošanās ātrumi svārstās no 1 līdz 5 m gadā. Kāpu pārvietošanos kavē mitrās dienas un mainīgie vēja virzieni. Kāpu meži prasa sevišķi rūpīgu uzraudzību. Neuzmanīgi nocirsts mežs, ugunsgrēki, lopu ganīšana, pat nepareizi iebraukts ceļš var būt par iesākumu grūti apturamai smilšu ceļošanai.

○ Ūdens erozija galvenokārt parādās nogāzēs, it īpaši tur, kur tīrumu aršana veikta nevis šķērsām nogāzei, bet gan augšup vai lejup pa nogāzi. Līdz ar to rodas vagas, pa kurām plūst gan lietūs, gan sniega kušanas ūdeņi. Šādu ūdens eroziju apzīmē par *plaknisko* jeb *areāla eroziju*. Tas ir galvenais augsnes erozijas veids viļņotā vai paugurainā reljefa apstākļos. Piemēram, Latgales un Vidzemes augstienēs. Plakniskās erozijas rezultātā notiek vienmērīga plānas augsnes kārtiņas noskalošana. Lineārās jeb gravu erozijas gadījumos izskaloto gravu dziļums sasniedz 10...15 m, bet garums — retumis pat vairākus kilometrus. Ar šo erozijas tipu sastopamies Gaujas un Daugavas senleju krastos.

Īpaši ūdens erozijas veidi ir irigācijas un krastu erozija. *Irigācijas erozija* veidojas apūdeņojamās platībās, piemēram, izdarot laistīšanu paugurainēs uz nogāzēm. Tā var izpausties gan ganībās, gan arī platībās, kur audzē dārzeņus. Šīs erozijas novēršanai jāliemitē laistīšanas norma, kā arī laistīšana jāveic ar pārtraukumiem, ganībās jāuztur spēcīgs zelmenis.

Krastu erozija parādās, iztaisnojot un padziļinot upju gultnes, rokot novadgrāvjus. Tas izmaina noteces režīmu, palielina tās vienmērīgumu un izraisa ūdens eroziju, kas pirms meliorācijas nebija vērojama. Šī tipa erozija parādās arī mākslīgo ūdenskrātuvju,

piemēram, Ķeguma un Pļaviņu ūdenskrātuves krastos. Tāpēc, ierīkojot jaunas mākslīgās ūdenskrātuves un nostiprinot to krastus, gan jāstāda koki, gan jāierīko zālāja aizsargzonas.

○ Tehnogēnā erozija ir augsnes noārdīšana ar dažādiem tehniskajiem līdzekļiem vai arī ar nepareizu ražošanas tehnoloģiju. Šai erozijas grupai pieskaitāma arī augsnes iznīcināšana, iegūstot zemes dziļu bagātības un augsni sabojājot karadarbības rezultātā. Līdz ar to izšķir šīs erozijas 3 veidus: agrotehnisko, kara un karjeru eroziju.

Latvijā visplašāk sastopama *agrotehniskā erozija*, īpaši paugurainēs, kur augsni sistemātiski nobīda uz leju pa nogāzi. Pauguru virsotnē trūdvielu slānis tiek iznīcināts, tas pamazām nonāk un tiek aprakts noaru kāplē. Tur šīs trūdvielas augiem vairs nav pieejamas un no bioloģiskās aprites tiek izslēgtas. Agrotehnisko eroziju lauksaimniecībā veicina arī tehnikas progress — lielaudas traktori un cita tehnika. Lai novērstu nepatīkamās sekas, ko izraisa šī erozija, jāplāno un jāveic preterozijas pasākumi. Tie ietver speciālas augu sekas, zālājiem nepiemēroto platību apmežošanu, mežu saglabāšanu nogāzēs, kas ir stāvākas par 10° u. c.

Kara erozija parādās kara darbības rezultātā. Tās ir tranšejas, bumbu un šāviņu bedres, kas sabojā augsni un padara to lauksaimniecībā neizmantojamu. Latvijas augsne lielā platībā tika sabojāta Otrā pasaules kara laikā. Lielākā daļa šīs platības ir sakopta, taču vietām kara rētas ir aizaugušas ar krūmiem, aizplūdušas ar ūdeņiem un saglabājušas. Jārod iespēja tās likvidēt.

Karjeru erozija ir augsnes segas iznīcināšana, ar atklāto paņēmieni iegūstot sekli izvietotos derīgos izrakteņus. Tā ir lēta metode, taču pēc izrakteņu iegūšanas paliek milzīga neauglīga platība bez veģetācijas, kurās jāveic rekultivācija. Padomju Savienībā daudzu izrakteņus iegūst ar atklāto paņēmieni. Karjeru apjomi var būt milzīgi, sasniedzot 100...200 m un pat lielāku dziļumu, bet atbērtņu platumu līdz 50 m. Kurskas magnētiskās anomālijas rajonā karjeru un rūpniecības kompleksu ierīkošanai 1971. gadā lauksaimniecībai atsavināja 15 000 ha pasaulē auglīgākās melnzemes, no tiem 9 000 ha aramzemes. Ukrainā 1971. gadā izrakteņu iegūšanai atsavināto zemju platība sastādīja 145 000 ha. No tiem izmantoti bija 35 000 ha, bet rekultivēšanu varēja sākt uz 31 000 ha.

Rekultivējamās platības daļa divās grupās.

○ Teritorijas, kuras ir bojātas, izrokot grunti (karjeri), kā arī izmantoto apakšzemes eju iebrukumi. Karjeru erozija šaurākā nozīmē attiecas uz šī tipa rekultivējamām platībām.

○ Zemes ar rūpniecības un šahtu apakšzemes atkritumiem uzbērtu grunti.

Rekultivējamās platības jāsakārto, lai tās varētu izmantot lauksaimniecībā, mežsaimniecībā, zivsaimniecībā vai atpūtai. Ukrainu speciālisti uzskata, ka ne mazāk par 65% no rekultivētajām zemēm jāaizņem aramzemei, 20% — ganībām, 15% — mežam un citiem mērķiem.

Rekultivācijā izšķir 2 etapus: tehnisko un bioloģisko. Tehniskā etapā veic zemes virsmas izlīdzināšanu, karjeru aizbēršanu, kā arī auglīgā augsnes slāņa uzbēršanu. Bioloģiskajā etapā atjauno augsnes auglību, sāk dažādu kultūru audzēšanu. Latvijā aktuāla ir grants, smilšu, māla, dolomīta un kūdras karjeru rekultivācija. Karjeru erozijai pieskaitāmi arī tie augsnes bojājumi, kas radušies ceļu iztaisnošanas, gāzes un naftas vadu celtniecības gaitā. Karjeru rekultivācijas kārtību un zemes lietotāju pienākumus rekultivācijā regulē likumdošana. Latvijā Zemes kodekss nosaka zemes lietotāju tiesības un pienākumus. Kodeksā teikts, ka visām organizācijām, kas karjeros iegūst derīgos izrakteņus, beidzot šos darbus, ir pienākums par saviem līdzekļiem attiecīgo platību sakārtot tā, lai to varētu izmantot. Rekultivācija izmaksā ļoti dārgi. Tā, piemēram, 1 ha akmeņogļu karjera rekultivācija izmaksā ap 5000 rubļu. Latvijā veiktā rekultivācija (vecie ceļi, karjeri) izmaksāja 500...1000 rubļu par hektāru.

Mūsdienās aktuāls ir kļuvis jautājums par augsnes piesārņošanu ar rūpniecības un sadzīves atkritumiem, transporta izdalījumiem, vielām, kuras lieto lauksaimniecībā.

Augsnei kā biosfēras komponentam ir raksturīgs mazs kustīgums un liela tajā notiekošo fizikāli ķīmisko procesu sarežģītība. To nosaka augsnē sastopamo dzīvo organismu un ģeokīmisko procesu darbība. Augsnē iekļuvušās vielas pakļautas dažādām izmaiņām: tās no augsnes var tikt izskalotas, var iesūkties dziļākos augsnes slāņos, var arī tikt uzņemtas no augiem, līdz ar to nonākot dažādos augu valsts produktos, tālāk zālējāju dzīvnieku un cilvēku ķermeņos.

Augsni piesārņojošo vielu *maksimālo pieļaujamo koncentrāciju (MPK)* pašreiz tikai sāk izstrādāt. MPK ir noteikta apmēram 30 vielām, galvenokārt pesticīdiem. Ņemot vērā iespēju augsni piesārņošām vielām nonākt un uzkrāties lauksaimniecības produktos, praksē bieži izmanto vēl vienu rādītāju — kaitīgo vielu *pieļaujamo atlieku daudzumu (PAD)*. Tas ir šo vielu daudzums gramos vai miligramos uz 1 kg augsnes vai produktu masas. Tā, piemēram, hlorofosam MPK ir 0,5 mg uz 1 kg augsnes, bet PAD — 1 mg uz 1 kg augu produktu. Karbofosam šie skaitļi analogi ir 2,0 un 1,0...3,0 mg. Augsnes un pārtikas produktu sanitāro kontroli realizē sanitāri epidemioloģiskais dienests.

Galvenais pamatnoteikums zemju racionālā izmantošanā ir augsnes auglības saglabāšana un nepārtraukta kāpināšana. Lai to panāktu, zemes lietotājiem jārealizē organizatorisku, agrotehnisku un hidrotehnisku pasākumu komplekss, kas pasargātu augsni no vēja un ūdens erozijas, nepieļautu zemju pārpurvošanos, piesārņošanas, aizaugšanu ar sīkmežu, krūmiem un nezālēm, kā arī citus procesus, kas pasliktina augsnes stāvokli.

Speciālai aizsardzībai ir pakļautas lauksaimniecībā izmantojamās zemes. Noteikts, ka zemes un citu dabas resursu izmantošanas rezultātā lauksaimniecībā izmantojamo zemju platības nedrīkst

samazināties vai tikt bojātas. It sevišķi nav pieļaujama apūdeņojamo un nosusināto zemju, tīrumu, augļu dārzu un citu augstražīgu platību samazināšana, kā arī augstražīgu zemes veidu pārvēršana mazāk ražīgos.

6.5. PESTICĪDI UN CĪŅA

PAR LAUKSAIMNIECĪBAS RAŽU SAGLABĀŠANU

Pēc ANO Pārtikas un lauksaimniecības organizācijas datiem, katru gadu pasaules lauksaimniecība zaudē 34,9% ražas (13,8% no kaiteklēm, 11,6% no slimībām, 9,5% no nezālēm). Tas izraisa nepieciešamību cīnīties ar kaitīgajiem organismiem un samazināt to izraisītos zaudējumus. Veiktie aizsardzības pasākumi dod iespēju uz hektāru vidēji saglabāt 2...3 c graudu, ne mazāk par 5 c rīsu, 15 c kartupeļu, dārzeņu, cukurbiešu, augļu un vīnogu.

Ja nebūtu veikti īpaši aizsardzības pasākumi, tad kartupeļu ražība pasaulē samazinātos par 37%, kāpostu — par 22%, ābolu — par 10%. Kopējie ražas zudumi pasaulē sastāda 510 milj. t graudu, 569 milj. t cukurbiešu, 566,8 milj. t cukurniedru, 129,1 milj. t kartupeļu, 78,2 milj. t dārzeņu.

Cīņā ar lauksaimniecībai kaitīgajiem organismiem šodien lieto dažādas metodes. Galvenās ir *agrotehniskā, ķīmiskā, bioloģiskā un fizikāli mehāniskā*.

Agrotehniskā metode ietver pareizu augsnes apstrādi, pareizus sējas termiņus un citus agrotehniskos pasākumus, kas nodrošina augstu ražu iegūšanu un līdz minimumam samazina kaitīgo organismu iedarbību.

Ķīmiskā metode vēsturiski ir vecākā augu aizsardzības metode. Tā sāka veidoties pagājušā gadsimta 70. gados, kad parazitisko sēņu apkarošanai sāka lietot Bordo šķīdumu. Pašreiz ķīmiskajai metodei ir vairākas priekšrocības: ātra un efektīva iedarbība, lietošanas vienkāršība un augsta rentabilitāte. Ķīmiskās metodes galvenais trūkums ir tas, ka tā var izraisīt saindēšanos, jo visas lietotās vielas — pesticīdi (no latīņu *pestis* — sērga + *caedere* — nonāvēt) — ir vairāk vai mazāk indīgi arī cilvēkam un daudziem dzīvniekiem. Lieto ļoti dažādus pesticīdus. *Insekticīdus* lieto kaitīgo kukaiņu sugu iznīcināšanai, *fungicīdus* — kaitīgo sēņu, *herbicīdus* — nezāļu, *zocīdus* — mugurkaulnieku, *nematocīdus* — nematožu, *baktericīdus* — baktēriju, *akaricīdus* — ērcu, *aſicīdus* — laputu, *limacīdus* — gliemežu, *arboricīdus* — kokaugu iznīcināšanai.

Cīņai ar kaitīgajiem kukaiņiem tiek lietoti *atraktanti* — vielas, kuras kukaiņus pievilina, *repelenti* — vielas, kuras kukaiņus atbaida, *hemosterilanti* — vielas, kuras izmanto kukaiņu sterilizācijai. Pēdējā laikā šajā cīņā lieto arī dažādus *hormonpreparātus*. Šodien runā par treju paaudžu pesticīdiem.

1. paaudzes pesticīdi ir neorganiskie pesticīdi, kurus galvenokārt lietoja mūsu gadsimta 1. pusē.

2. paaudzes pesticīdi ir organiskie pesticīdi, kurus lietoja no XX gs. 50. līdz 70. gadiem.

3. paaudzes pesticīdi ir hormoni, ar kuriem var regulēt dzīvo organismu, galvenokārt kukaiņu attīstību.

Lauksaimniecībā un dārzkopībā augos norītošo procesu regulācijai lieto arī vēl daudzas citas vielas. Tā, piemēram, *defoliantus* lieto, lai panāktu augu lapu nobiršanu, *deflorantus* — lieko ziedu nobirdināšanai. *Desikantus* izmanto augu ķīmiskai žāvēšanai, bet *retardantus* lieto augu augšanas un attīstības regulēšanai.

Pazīstamas dažādas pesticīdu klasifikācijas: pēc to ķīmiskā sastāva, iegūšanas paņēmiena, indīguma pakāpes, noturīguma u. c.

Aplūkosim pesticīdu iedalījumu pēc *indīguma pakāpes*, kuru raksturo rādītājs LD_{50} (letālā doza). LD_{50} norāda, kādas dozas iedarbībā 50% izmēģinājuma dzīvnieku iet bojā. Izšķir ļoti indīgas, stipri indīgas, vidēji indīgas un maz indīgas vielas.

○ Ļoti indīgas ir tās vielas, kuru LD_{50} ir mazāks par 50 mg/kg. Piemēram, insekticīds metafos ($LD_{50}=15 \dots 20$), kodne granozāns ($LD_{50}=30 \dots 50$), arī aldrīns, kalcija arsenāts, hlorpikrīns un citas vielas.

○ Stipri indīgas ir vielas ar LD_{50} no 50 līdz 200 mg/kg. Piemēram, insekticīds dihlofos ($LD_{50}=80$), arī metilbromīds, ratindāns u. c.

○ Vidēji indīgām vielām LD_{50} ir 200 ... 1000 mg/kg. Piemēram, insekticīds hlorofoss ($LD_{50}=225 \dots 900$), fungicīds vara oksihlorīds ($LD_{50}=470$), arī karbatijs, karbofos, keltāns, vara vitriols, TMTD u. c.

○ Maz indīgas ir tās vielas, kurām LD_{50} lielāks par 1000 mg/kg. Piemēram, fungicīds cinebs ($LD_{50}=1850$), arī Bordo šķidrums, cīrams, kaptāns, karekāns, simazīns u. c.

Lai varētu vispusīgi novērtēt viena vai otra pesticīda indīgumu, preparātus klasificē *pēc to spējas iekļūt organismā caur ādu* (3 grupas), *uzkrāties un saglabāties gaisā* (3 grupas), *uzkrāties organismā jeb kumulēties* (3 grupas), kā arī *pēc to stabilitātes*, t. i., spējas saglabāt indīgumu (4 grupas).

Mūsdienās pesticīdi tiek ļoti plaši lietoti. Pasaulē vidēji uz katru hektāru gadā lieto 300 g pesticīdu, Rietumeiropā un ASV — 2...3 kg, PSRS — ap 1 kg, Āzijas valstīs (izņemot Japānu), Āfrikā, Latīņamerikā — ap 200 g.

Pesticīdu ražošana un lietošana arvien aug. Padomju Savienībā 1940. gadā lietoja 15 preparātus, 1955. gadā — 27 preparātus, bet 1978. gadā — vairāk nekā 200 preparātus. Savukārt 1958. gadā ražoja 23,2 tūkst. t pesticīdu, bet 1975. gadā — 264 tūkst. t.

Padomju Savienībā, lietojot pesticīdus, katru gadu tiek saglabāts 20 milj. t graudu, gandrīz 10 milj. t kartupeļu, 8...10 milj. t cukurbiešu, 1 milj. t kokvilnas. Šīs papildu ražas kopējā vērtība ir ne mazāka par 10 mljrd. rubļu. Šis ir pesticīdu lietošanas viens aspekts — pozitīvais. Taču ne visi lietotie pesticīdi tiek izmantoti kaitīgo organismu nonāvēšanai. Liela šo vielu daļa nonāk atmo-

sfērā, augsnē, ūdeņos, arī dažādos pārtikas produktos. Tās ir *pesticīdu lietošanas ekoloģiskās sekas*. Daudzi pesticīdi spēj akumulēties barības ķēdēs. Viens no tādiem pesticīdiem, kura lietošana Latvijā ir aizliegta jau no 1967. gada, ir DDT. Šī pesticīda uzkrāšanos dažādos organismos raksturo 6.1. tabula. Aplūkosim dažus citus konkrētus piemērus.

6.1. tabula

DDT masas koncentrācija ūdenī un dažādos organismos

Objekts	mg/kg
Ūdens	0,00005
Planktons	0,04
Kaula zivju ģints <i>Hybognathus</i>	0,23
Kazzobes <i>Cyprinodon</i> (zivis)	0,94
Lidaka (plēsoņa)	1,33
Zivs — adata (plēsoņa)	2,07
Gārnis (barojas ar sīkām zivīm)	3,57
Ziriņš (barojas ar sīkām zivīm)	3,91
Sudrabkaija (ēd maitas)	6,00
Zivju ērgļa olas	13,80
Gaura (barojas ar zivīm)	22,8
Jūras krauklis (barojas ar lielajām zivīm)	26,4

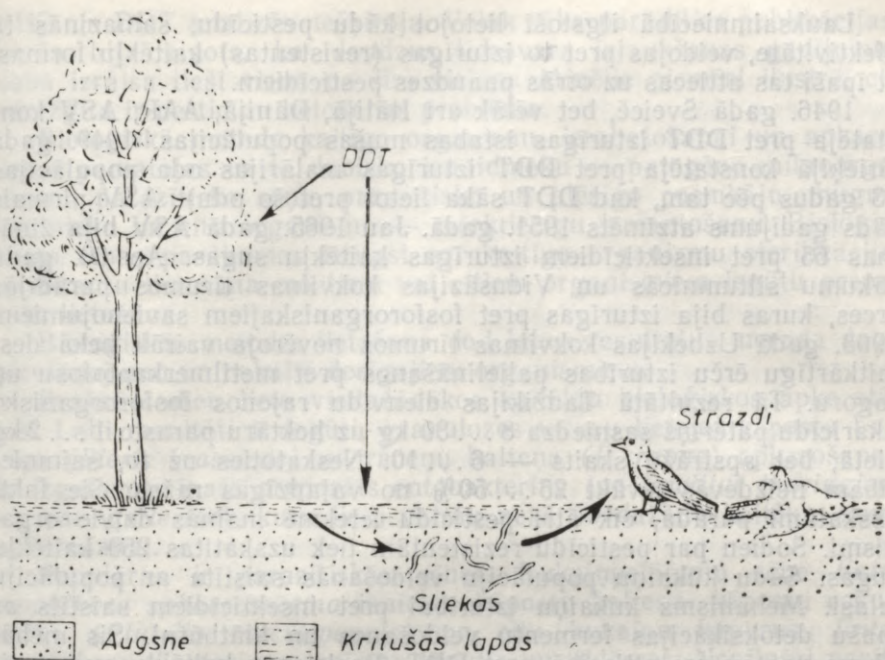
Aļģe *Cladophora* 3 dienās no ūdens saista tik daudz DDT, ka tā koncentrācija palielinās 3000 reizes.

Pēc 1981. g. aprēķiniem, VFR katrs zīdains ar pienu saņem 2 reizes vairāk DDT, nekā ir pieļaujams.

Losandželosas zooloģiskajā dārzā aizgāja bojā daudzi jūras kraukļi un kaijas. Pirms nāves tiem novēroja ķermeņa trīcēšanu. Pētot beigtos putnus, to aknās un smadzenēs lielā daudzumā atrada DDT. Šo pesticīdu konstatēja arī putnu pamatbarībā — zivīs, kuras zvejoja jūrā apmēram 20 km no tās vietas, kur no attīrīšanas iekārtām iepļūst Losandželosas notekūdeņi. Lai gan pēdējos 6 gadus notekūdeņi DDT vairs nesaturēja, šī viela bija uzkrājusies jūras nogulumos.

Padomju Savienībā L. Komarova un L. Vasiļkovska 1968. gadā izpētīja 370 mātes piena paraugus 19...30 gadus vecām sievietēm, kurām nebija bijuši kontakti ar DDT. Taču 276 paraugi (74,6%) saturēja DDT (vidēji 0,1 mg/l). No 33 sievietēm, kam bija bijuši kontakti ar DDT, šo vielu (0,14 mg/l) saturēja visi mātes piena paraugi.

DDT lietošanas ēra sākās ar 1939. gadu, kad šveiciešu ķīmiķis P. Millers atklāja tās insekticīdās īpašības. DDT cīņai pret karstupeļu lapgrauzi sāka lietot Šveicē, 1942. gadā to ievada ASV un arī guva pozitīvus rezultātus, bet 1943. gada beigās, 1944. gada sākumā Itālijā Neapolē ar DDT palīdzību apslāpēja tīfa epidēmiju, apkarojot slimības pārnēsējas — utis. Līdz ar to DDT no augu



6.4. att. DDT pārvietošanās barības ķēdēs.

valsts kaitēkļu iznīcinātāja kļuva par cilvēkam bīstamu infekcijas slimību pārnēsātāju (arī malārijas odu) iznīcinātāju. Par savu atklājumu P. Millers 1948. gadā saņēma Nobela prēmiju.

ASV DDT izmantoja cīņā pret gobu Holandes slimību, kuru izraisa parazitiska sēne. To izplata gobu mizgrauzis (*Scolytus multistriatus*). Arī šo kaitēkli apkaroja ar DDT palīdzību. Taču daļa preparāta palika uz apstrādāto augu lapām un agrāk vai vēlāk nonāca augsnē, kur dažādi augsnes faunas pārstāvji kļuva par tā akumulētājiem (sliēkas). Sliēkas 6 mēnešus pēc pēdējās apstrādes saturēja 86 mg DDT uz 1 kg masas. Apēdot 11 šādas sliēkas, varēja aiziet bojā ceļotājs mežstrazds (*Turdus migratorius*) (6.4. att.).

Pēc Otrā pasaules kara parādījās kuņģa un zarnu trakta slimība, par kuras izraisītāju uzskatīja X vīrusu. Taču vēlāk izrādījās, ka tā ir DDT lietošanas sekas. Ilgu laiku nezināja, ka DDT var izraisīt zarnu trakta bārkstiņu atrofiju un nekrozi, samazināt iekšējo virsmu. Literatūrā atrodami dati par saindēšanos ar DDT. Piemēram, 30 minūtes līdz 2 stundas pēc DDT uzņemšanas ar barību ir novēroti kustību koordinācijas traucējumi, drebuļi, refleksu zušana, gastrointestināli traucējumi, elektroencefalogrammas patoloģija. Konstatēts arī, ka DDT var sekmēt ļaundabīgo audzēju izveidošanos.

Lauksaimniecībā ilgstoši lietojot kādu pesticīdu, samazinās tā efektivitāte, veidojas pret to izturīgas (rezistentas) kaitēkļu formas. It īpaši tas attiecas uz otrās paaudzes pesticīdiem.

1946. gadā Sveicē, bet vēlāk arī Itālijā, Dānijā, AAR, ASV konstatēja pret DDT izturīgas istabas mušas populācijas. 1949. gadā Grieķijā konstatēja pret DDT izturīgas malārijas oda populācijas (3 gadus pēc tam, kad DDT sāka lietot pret šo odu). ASV pirmais šāds gadījums atzīmēts 1951. gadā. Jau 1965. gadā ASV bija zināmas 65 pret insekticīdiem izturīgas kaitēkļu sugas. Ap 60. gadu sākumu siltumnīcās un Vidusāzijas kokvilnas tīrumos parādījās ērces, kuras bija izturīgas pret fosfororganiskajiem savienojumiem. 1963. gadā Uzbekijas kokvilnas tīrumos novēroja vairāk nekā desmitkārtīgu ērcu izturības palielināšanos pret metilmerkaptofosu un rogoru. Tā rezultātā Tadžikijas dienvidu rajonos fosfororganisko akaricīdu patēriņš sasniedza 8...30 kg uz hektāru parasto 1...2 kg vietā, bet apstrāžu skaits — 6...10. Neskatoties uz to, saimniecībām neizdevās ievākt 25...50% no vajadzīgās ražas. Šie fakti uzskatāmi parāda, cik ātri pesticīdu ietekmē mainās dzīvie organismi. Šodien par pesticīdu rezistentām tiek uzskatītas 250 kaitēkļu sugas. Šādu kukaiņu populāciju veidošanās saistīta ar populāciju izlasi. Mehānisms kukaiņu izturībai pret insekticīdiem saistīts ar īpašu detoksikācijas fermentu veidošanos un klātbūtni. Šis mehānisms pastāv arī attiecībā pret DDT. Rezistentu kaitēkļu sugu veidošanās noved pie insekticīdu devas palielināšanas un esošo preparātu nomaiņas ar jauniem.

Pesticīdu lietošanas un kaitīguma problēmas dažreiz ir ļoti sarežģītas. Cilvēks jau no mūsu gadsimta divdesmitajiem gadiem lieto polihlordifenilus (PHD). Tās ir ķīmiski inertas vielas, labi dielektriķi, ko izmanto transformatoru eļļu, hidraulisko šķidrumu un plastmasu rūpniecībā, arī kuģu un laivu krāsū, kopējamo papīru, dažādu vasku, sintētisko līmvielu ražošanai, elektrisko aparātu būvē. Dažus PHD izmantoja arī kā pesticīdus cīņā ar lauksaimniecības kaitēkļiem. Šobrīd ir atzīts, ka PHD pa dažādiem ceļiem nonākuši biosfērā, kur to kaitīgums un uzkrāšanās indekss dzīvajos organismos ir ievērojami augstāks nekā DDT. Pēc 1975. gada pētījumu datiem, ASV 17 no 38 apsekotajiem štatiem PHD atrasti dabiskajos ūdeņos, šo ūdenstilpju nogulumos un arī dažādos pārtikas produktos. Šīs vielas, līdzīgi DDT, uzkrājas barības ķēdēs, kur to koncentrācija palielinās daudzas reizes. Tā, piemēram, aļģēs PHD konstatēts 8,4 mg/kg, zooplanktonā — 10,3 mg/kg, jūras zivju taukos — 0,8...37 mg/kg, jūras putnos — 110 mg/kg, bet jūras zīdītājos — 160 mg/kg.

Baltijas jūrā katastrofālā situācijā atrodas roņu populācija. Apmēram 40% roņu mātīšu ir konstatētas patoloģiskas izmaiņas dzimumorgānos (olvadū aizaugšana). Dzīvniekiem, kam novērojamas šādas izmaiņas, lielā daudzumā ir konstatēts DDT un PHD.

Ir dati, ka patoloģiskās izmaiņas roņu mātīšu dzimumorgānos izraisa tieši PHD. Arī ūdelēm priekšlaicīgi dzimušo dzīvnieku skaits ir atkarīgs no saņemtā PHD, bet ne no DDT. Līdz 1972. gadam

PHD un DDT analizēs nešķiroja. Vēlāk sāka parādīties publikācijas, kurās bija ziņots, ka daudzus līdzsvāra izjaukšanas gadījumus dabā izraisa tieši viena no šīm vielām. Minētie piemēri ilustrē, cik sarežģīta ir pesticīdu lietošanas problēma.

Bioloģiskā metode kaitīgo organismu ierobežošanai un apkarošanai pamatojas uz to dabisko ienaidnieku — patogēno mikroorganismu, parazitisko sēņu, parazitisko un plēsīgo posmkāju, mugurkaulnieku un citu organismu — mērķtiecīgu izmantošanu. Bioloģiskajos cīņās pasākumos ietilpst arī kaitīgo organismu sterilizācija, atraktantu lietošana, no tiem vai citiem organismiem iegūtu preparātu lietošana.

Bioloģiskās metodes lietošana dod labus rezultātus, nerada dabā piesārņojumu un nekaitē derīgajiem organismiem.

Praksē šodien lieto visdažādākos kaitēkļu bioloģiskos apkarotājus. Labi rezultāti ir iegūti, granulozes vīrusu lietojot kāpostu balteņa (*Pieris brassicae*) un rāceņu balteņa (*P. rapae*) apkarošanai. Ir izgatavots īpašs preparāts entobakterīns (no *Bacillus thuringiensis* var. *galleriae*), kuru lieto vairāk nekā 50 dažādu kaitēkļu sugu apkarošanai.

Populāras ir parazitiskās sēnes. Kukaiņpelējumu sēne *Entomophthora sphaerosperma* iznīcina kāpostu balteņa, kāpostu cekulkodes (*Plutella maculipennis*) un citu kukaiņu kāpurus. *Entomophthora thaxteriana* iznīcina laputis un tīklērces. Nepilnīgi pazīstamo sēni *Beauveria bassiana* lieto āboliņu ziedu tumškāju smecernieka (*Apion apricans*), ābolu tinēja (*Laspeyresia pomonella*) apkarošanai.

Ļoti plaša ir dažādu parazitisko un plēsīgo kukaiņu izmantošana kaitēkļu apkarošanai. Plēsīgie un parazitiskie kukaiņi regulē kaitēkļu skaitu dabā un daudzus gadījumos novērš kaitēkļu masveida savairošanos. Latvijā krustziežu kaitēkļus iznīcina vairāk nekā 60 plēsīgo un parazitisko kukaiņu sugas. Tās ir spožlapsenes, skudras, skrejvaboles, mārītes, ziedmušas, pangodiņi u. c. Sevišķu popularitāti ir ieguvušas trihogrammas jeb olu spožlapsenes, kuras savas olas dēj dažādu kaitēkļu olās. Izšķīlušies kāpuri izēd olu saturu. Gadā var veidot 5...6 paaudzes. Padomju Savienībā ar trihogrammas palīdzību apkaroti augļu koku, dārzeņu, kukurūzas, graudaugu un tehnisko kultūraugu kaitēkļus. Latvijā ābolu tinēja un tumšā zirņu tinēja apkarošanai izmanto olu spožlapseni *Trichogramma embryophagum*, kuru savairo Ogres dārzkopības izmēģinājumu stacijā. Viens grams trihogrammas maksā 7 rubļus, un ar to var apstrādāt 1,5 ha ābeļdārza.

Parastās tīklērces (sarkanā zirneklīša) apkarošanai segtajās platībās izmanto plēsīgo ērci (*Phytoseiulus persimilis*), kas ieviesta no Kanādas. Pie mums to lieto jau no 1968. gada.

No mugurkaulniekiem kaitīgo kukaiņu apkarošanā galvenā nozīme ir putniem. Kaitīgos kukaiņus iznīcina arī cirslīši, eži, kurmi un sikspārņi.

Ilgu laiku galvenais bioloģiskās metodes virziens bija entomofāgu izmantošana. Atbilstoši fizioloģijas un bioķīmijas sasniegu-

miem tagad bioloģiskās metodes tālākai attīstīšanai ir izvirzīti jauni uzdevumi.

Bioloģiskajai metodei nākotnē jāklūst par biocenoloģijas nozari, pēc kuras atziņām vadoties, agrobiocenozes varēs pārveidot cilvēkam vajadzīgā virzienā.

Fizikālās un mehāniskās metodes augiem kaitīgo organismu apkarošanai ietver kaitīgo organismu nopurināšanu un savākšanu (maijvaboļu savākšanu, kartupeļu lapgraužu salasīšanu), priekšlaicīgi nobirušo augļu sistemātisku savākšanu, limes jostas un ķeramo jostu izlikšanu, kaitēkļu ķeršanu, izmantojot gaismu u. c.

Mūsdienu uzdevums ir ķīmiskos un bioloģiskos cīņas paņēmienus apvienot vienā *integrētā sistēmā*. Tā ir racionāla visu metožu pielietošana, lai saglabātu un pastiprinātu derīgo organismu darbību un regulētu kaitīgo sugu skaitu, neradot saimnieciskus zaudējumus un nepiesārņojot dabu. Dažkārt saka, ka lietot integrēto sistēmu nozīmē izmantot dažādas neķīmiskas metodes un minimāli arī pesticīdus. Jau P. Bartlets (1956) runāja par kaitēkļu integrēto apkarošanu. Šī sistēma vēlāk tika saukta arī par ekoloģisko, kontrolējamo, derīgo faunu saudzējošo sistēmu. Integrētās sistēmas pamatā ir prognoze. Nepieciešams pamatīgi izpētīt kaitēkļu un derīgo organismu savstarpējās attiecības konkrētajā cenožē, noteikt kaitēkļu kaitīguma sliekšni, ņemot vērā gan aizsargājamās kultūras bioloģiskās īpatnības, gan arī attiecīgos ekoloģiskos apstākļus. Svarīgs integrētās kaitēkļu apkarošanas sistēmas komponents ir ķīmiskās apstrādes, vadoties no prognožu datiem, diferencēta selektīvu preparātu un to lietošanas termiņu, kā arī paņemienu izvēle. Pašreiz integrēto sistēmu ievieš lauksaimniecības praksē, perspektīvā — šīs sistēmas papildināšanas un pilnveidošanas darbs.

Beidzot nodaļu par pesticīdiem, jāuzsver, ka pašreiz, kad nav iespējams atteikties no šo vielu izmantošanas augu un to ražas aizsardzībai no kaitīgiem organismiem, ļoti stingri ir jāievēro pesticīdu lietošanas noteikumi. No 1973. gada Padomju Savienībā ir ieviesta jauna augļu un vīnogu realizācijas kārtība — produkcijai līdzī ir jābūt sertifikātam, kas apliecina, ka produkcijas izaudzēšanas laikā ievēroti visi pesticīdu lietošanas noteikumi. Šāda realizācijas kārtība ir devusi pozitīvus rezultātus. Vēl 60. gadu sākumā ap 30% dārzkopības produkcijas saturēja pesticīdu atliekas virs pieļaujamajām higiēniskajām normām, bet 1980. gadā — vairs tikai 4%. Latvijā 1984. g. ir pieņemts īpašs Ministru Padomes lēmums par to, ka saimniecības savu ābolu produkciju realizācijai drīkst nosūtīt tikai ar sertifikātiem.

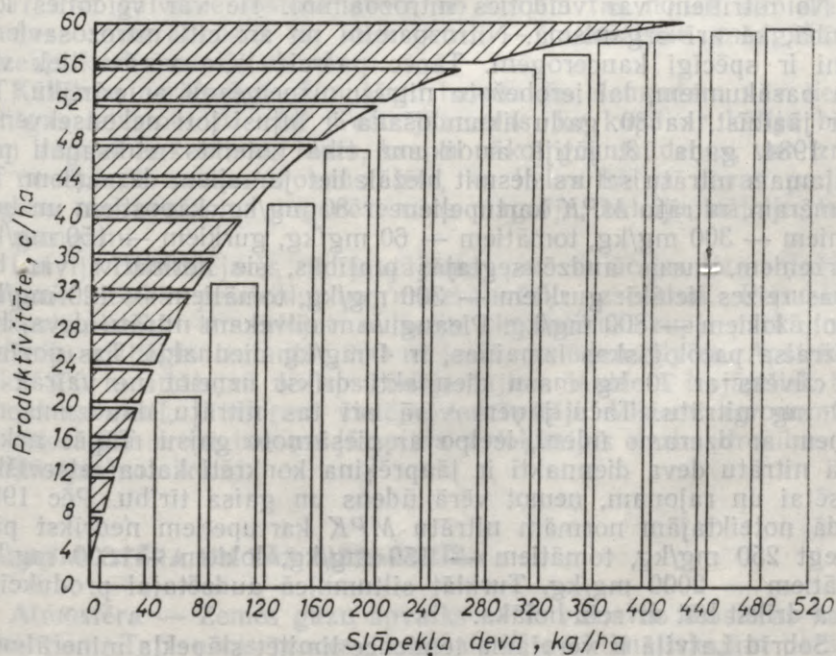
6.6. MINERĀLMĒSLI UN TO LIETOŠANAS EKOĻOĢISKĀS SEKAS

Ik gadu, lai celtu kultūraugu ražību, uz tīrumiem un dārzjiem izsēj milzīgu daudzumu minerālmēslu. Pēdējos 20 gados (1988) daudzās ekonomiski attīstītās valstīs uz 1 ha lauksaimniecībā izmantotajām zemes izlietoja 200...300 kg minerālmēslu (pasaulē vidēji

19,6 kg/ha). Atsevišķu kultūru — rudzu, burkānu — audzētāji ir izsējuši pat līdz 1200 kg minerālmēsli uz hektāra. Sevišķi daudz tiek lietoti slāpekli saturoši minerālmēsli. Literatūrā ir sastopami dažādi uzskati par minerālmēsli lietošanu. Daži speciālisti atzīmē, ka pat ļoti ilga un pārdozēta minerālmēsli lietošana ne tikai nesamazina augsnes ražību, bet, pateicoties P un K saturam augsnē, sekmē augsnes auglības celšanos un mikrobioloģisko procesu intensificēšanos. Citi dati liecina, ka minerālmēsli pozitīvu efektu dod līdz kādai noteiktai izsējas normai. Tālākā ražas palielināšanās ir ļoti neliela (Ф. Рамад, 1981). To pamato galējās ražības likums (6.5. att.). Šo likumu nezina un neņem vērā daudzi cilvēki, kas nodarbojas ar lauksaimniecību. Turklāt pārmērīga mēslošana ar slāpekļa un fosfora minerālmēsliem piesārņo ūdeņus, sekmē dabisko ūdenstilpju eutrofikāciju. Pa barības ķēdēm slāpekļi nonāk dzīvnieku un cilvēku ķermenī, izraisot tur nelabvēlīgus procesus.

Sīkāk apskatīsim slāpekļa, fosfora un kālija minerālmēslus un ar tiem saistītās problēmas.

Slāpekli saturošie minerālmēsli. Tiem ir liela loma augstu ražu izaudzēšanā, bet, šos minerālmēslus pārdozējot, mainās ražas ķīmiskais sastāvs: samazinās ogļhidrātu daudzums, palielinās nitrātu daudzums. Nitrāti ir atrodami visos augos, taču nelabvēlīgos klimatiskajos apstākļos, ja pārbagāts vienpusīgs slāpekļa mēslojums un ir citi agrotehniskie un tehnoloģiskie parkāpumi, nitrāti augos uz-



6.5. att. Galējās ražības likums.

krājas īpaši lielā koncentrācijā. Nitrātiem piemīt kustīgums un ātra izskalošanās no augsnes. Lai gan nitrātu slāpekli augi viegli uzņem un izmanto, neracionāla šo minerālmēsļu lietošana var izraisīt nevēlamu nitrātu uzkrāšanos un negatīvi ietekmēt produkcijas kvalitāti. Sodiens nitrātu saturu augu valsts produktos uzskata par svarīgu rādītāju un tāpēc stingri kontrolē. Tas jāņem vērā visiem tiem saimniecību vadītājiem un arī individuālo dārziņu īpašniekiem, kuri ražu iegūšanai lieto augstas slāpekļa minerālmēsļu devas. Kā rāda pētījumi, augu valsts produktu brīvie nitrāti un to savienojumi negatīvi ietekmē gan cilvēka, gan arī dzīvnieku spermatogēnēzi, traucē zults un nieru funkcijas, veicina sklerozi.

Nitrāti gremošanas trakta un audu fermentu ietekmē reducējas līdz nitrītiem. Nitrīti ir līdz 10 reizes toksiskāki nekā nitrāti. Nonākuši asinīs, nitrīti saistās ar hemoglobīnu, veidojot methemoglobīnu, kurā skābeklis ir tik cieši saistīts, ka nespēj atbrīvoties. Dzīvniekiem bīstams ir stāvoklis, kad 50...60% hemoglobīna pārvērties methemoglobīnā, bērniem elpas trūkums ar sekojošu noslāpšanu parādās jau pie 20...25% saistītā hemoglobīna. Palielinoties methemoglobīna un sulfhemoglobīna koncentrācijai asinīs, izmainās galvas smadzeņu biostrāvas, dažu fermentu aktivitāte, tas traucē normālu gāzu apmaiņu audos. Vērojama darba spēju samazināšanās, cita rakstura funkcionālas izmaiņas. Nitrīti bērniem izraisa t. s. bezsimptomu methemoglobīnēmiju. Šādi gadījumi tika novēroti bērniem pēc spinātu ar augstu nitrātu saturu ēšanas.

No nitrītiem var veidoties nitrozoamīni. Tie var veidoties lopbarībā, kā arī organismā. Nitrozoamīni un arī citi nitrozosavienojumi ir spēcīgi kancerogēni. Tāpēc pašreiz liela vērība tiek veltīta pasākumiem, lai ierobežotu nitrātu uzņemšanu ar pārtiku. Tomēr jāatzīst, ka 80. gadu likumdošana ir bijusi ļoti nekonsekventa. Tā 1984. gada 13. jūlijā ar likumu tika noteikts maksimāli pieļaujamais nitrātu saturs desmit biežāk lietojamiem dārzeņiem. Tā, piemēram, nitrātu MPK kartupeļiem ir 80 mg/kg, kāpostiem un burkāniem — 300 mg/kg, tomātiem — 60 mg/kg, gurķiem — 150 mg/kg. Dārzeņiem, kurus audzē segtajās platībās, šie normatīvi var būt divas reizes lielāki: gurķiem — 300 mg/kg, tomātiem — 120 mg/kg, sīpolu lokiem — 800 mg/kg. Pieaugušam cilvēkam nitrātu deva, kas neizraisa patoloģiskas izmaiņas, ir 4 mg/kg diennakti. Tas nozīmē, ka cilvēks ar 70 kg masu diennakti drīkst uzņemt ne vairāk kā 280 mg nitrātu. Taču jāņem vērā arī tas nitrātu daudzums, ko uzņem ar dzeramo ūdeni, ieelpo ar piesārņoto gaisu. Tāpēc nekaitīgā nitrātu deva diennaktī ir jāapreķina konkrēti katrai atsevišķai pilsētai un rajonam, ņemot vērā ūdens un gaisa tīrību. Pēc 1988. gadā noteiktajām normām nitrātu MPK kartupeļiem nedrīkst pārsniegt 250 mg/kg, tomātiem — 150 mg/kg, lokiem — 600 mg/kg, salātiem — 2000 mg/kg. Turklāt siltumnīcā audzētajai produkcijai deva drīkst būt divreiz lielāka.

Sobrīd Latvijā ir vērojama tendence limitēt slāpekļa minerālmēslus. No 1976. gada kolhozos un padomju saimniecībās ir aizliegta amonija salpetra lietošana ķirbjaugu (gurķu, kabaču, patisonu) mēs-

lošanai. 1977. gadā PSRS Veselības aizsardzības ministrija aizliedza pārdot iedzīvotājiem individuālai lietošanai amonija salpetri.

Fosfora minerālmēsli. Arī to lietošana izraisa ekoloģiskās problēmas. Fosfora minerālmēsli ir deficīts daudzās pasaules valstīs. Padomju Savienībā un ASV par to trūkumu nav jābaidās. Fosfors ir mazkustīgs, tāpēc no augsnes grūti izskalojas, nav arī toksisks ne cilvēkiem, ne dzīvniekiem. Fosfora saistīšanos augsnē sekmē Ca, Al un Fe klātbūtne. Taču, kā liecina zinātnieku pētījumi, augsnes erozija, kā arī minerālmēsļu izsēšana uz sasalušas augsnes izraisa izsēto fosfora minerālmēsļu lielus zudumus. Fosfors saistās ļoti maz, bet galvenokārt tiek aizvests upēs, jūrās, okeānos, tāpēc ir aizliegta minerālmēsļu sēšana uz sasalušas zemes vai sniega.

Nonākot ūdenstilpēs, fosfors līdz ar slāpekli izraisa to eitrofikāciju. Eitrofikācijas rezultātā vērojama «ūdens ziedēšana», t. i., dažu aļģu sugu masveida savairošanās. Aļģes atmiršot ūdenī anaerobi noārdās. Tas noved pie skābekļa deficīta, zivju un citu ūdensdzīvnieku bojāejas. Eitrofikācijas rezultātā notiek arī ūdenstilpju aizaugšana ar augstākajiem augiem, kas vērojama gan Latvijas upēs, gan arī ezeros.

Pārdozējot fosfora mēslojumu, parādās šī elementa nevēlama īpašība — spēja saistīt un uzkrāt stronciju, fluoru, kā arī dabiskos radioaktīvos savienojumus: urānu, rādiju, toriju.

Ir divi galvenie fosfora avoti, no kuriem tas nonāk dabiskajos ūdeņos: minerālmēsli un deterģenti — sintētiskie mazgāšanas līdzekļi, kuri satur šo elementu.

Kālija minerālmēsli. Šim augu barošanās elementam nav tiešas kaitīgas ietekmes uz vidi. Taču jāatceras, ka kopā ar kāliju bieži vien augsnē tiek ienests hlors, kas, nonākot gruntisūdeņos, var izraisīt nevēlamas sekas. Ir konstatēts, ka lielas kālija devas padara augiem neuzņemamus augsnē esošos magniju, kalciju, nātriju, boru un mangānu.

Latvijā diskutējams ir jautājums par aviācijas izmantošanu lauksaimniecībā pesticīdu un minerālmēsļu izsēšanai. Republikā, lauksaimniecībā izmantojot aviāciju, ir notikuši rupji pārkāpumi. Aviāciju aizliegts izmantot 200 m joslā no ūdenstilpēm. Apstrādes laikā 300 m attālumā no apstrādājamajiem laukiem ir jāizliek brīdinoši uzraksti, jāinformē vietējie iedzīvotāji. Visiem agronomiem un lidotājiem ir jāzina un jāizpilda aviokīmijas darbu drošības un sanitārijas noteikumi.

6.7. ATMOSFĒRA UN TĀS AIZSARDZĪBA

Atmosfēra — Zemes gāzu apvalks — ir viens no biosfēras komponentiem. Tajā noris procesi, kas saistīti ar klimatiskajām parādībām. Atmosfēras gaiss nodrošina gan visu dzīvo organismu eksistenci, gan arī dažādo procesu norisi nedzīvajā dabā, rūpniecībā,

transportā utt. Bez tam atmosfēra aizsargā Zemi no daudzajiem meteorītiem, kuri sadeg, ieejot atmosfēras blīvajos slāņos. Aprēķināts, ka katru diennakti uz Zemes nokrīt daudz sīku meteorītu, kas izraisa Zemes masas palielināšanos par 1000 t gadā. Atmosfēra ir arī siltuma izolācijas filtrs. Bez šī filtra Zemes diennakts temperatūra starpība sasniegtu 200 °C, svārstoties no +100 °C dienā līdz -100 °C naktī.

Atmosfēras masa ir $5,2 \cdot 10^{15}$ t, un 90% no šīs masas atrodas slānī, kas ietver Zemi līdz 16 km augstumam.

Atmosfērā izdala 3 galvenās daļas:

- apakšējo — troposfēru;
- vidējo — stratosfēru;
- augšējo — jonosfēru.

Troposfēra aizņem telpu līdz 7...10 km augstumam virs polārajiem apgabaliem un līdz 16...18 km augstumam virs ekvatora. Troposfēra satur praktiski visus ūdens tvaikus. Tajā realizējas arī tie procesi, kas saistīti ar klimata parādībām.

Stratosfēra aizņem slāņus, kas atrodas līdz 50...60 km augstumam. Tajā atrodas arī ozonosfēra (20...30 km augstumā), kura paaugstinātā koncentrācijā satur ozonu.

Jonosfēra aizņem slāni no 50...60 km augstuma līdz 1000 km augstumam. To daļa *mezofērā* (50...80 km augstumā) un *termosfērā* (80...1000 km augstumā). Termosfērā, pateicoties intensīvai gāzu daļiņu kustībai, paaugstinās temperatūra, 150 km augstumā sasniedzot 220...240 °C, bet 500...600 km augstumā — 1500 °C.

Atmosfēra satur slāpekli (78,01 tilp. %), skābekli (20,95 tilp. %), oglekļa dioksīdu (0,032 tilp. %), pārējās gāzes (0,008 tilp. %). Šāds atmosfēras sastāvs izveidojies dzīvo organismu darbības rezultātā Zemes ģeoloģisko periodu laikā. Pašreiz šis atmosfēras sastāvs atrodas dinamiskā līdzsvarā, kuru uztur autotrofo un heterotrofo organismu antagoniskā darbība, kā arī dažādas ģeoķīmiskās reakcijas.

Atmosfēras piesārņojums. Bez gāzēm atmosfēra satur arī dažādus piemaisījumus. Lielu ekoloģisku iedarbību uzrāda aerosoli un citi piemaisījumi.

Aerosoli ir šķidru vai cietu vielu daļiņas atmosfērā, kurām ir raksturīgs niecīgs nosēšanās ātrums. Aerosoli atmosfērā nokļūst gan no dažādiem dabiskiem avotiem, gan arī cilvēka darbības rezultātā. To sadalījums atmosfērā nevienmērīgs — vislielākais tas ir aerosolu izdalīšanās avotu tuvumā, bet ārpus šiem avotiem vērojami tikai fonu veidojošie aerosoli. Aerosolu vertikālais sadalījums atkarīgs no to dispersitātes: rupjākās aerosolu daļiņas koncentrējas atmosfēras slānī līdz 1 km augstumam, to dzīves ilgums ir 2...3 dienas. Līdz 10 km augstumam atrodas tās daļiņas, kuru dzīves ilgums ir 5...30 dienas. Līdz ar augstumu aerosolu fona koncentrācija atmosfērā samazinās. Taču stratosfērā 20...30 km

augstumā konstatējami sekundāri aerosolu maksimumi, kas veidojas fotoķīmisko reakciju rezultātā.

Atmosfēras piesārņojumu daļa *dabiskajā* un *mākslīgajā* piesārņojumā. Savukārt atmosfēru piesārņojošās vielas iedala 2 grupās: *gāzveida* un *cietās* (reti šķidrās) *vielas*. No kopējās atmosfēru piesārņojošās vielu masas gāzes sastāda 90%, cietās vielu daļas — 10%.

● Dabiskā atmosfēras piesārņošana notiek gan ar gāzēm, gan cietajām daļiņām. Lieli gāzu un tvaiku daudzumi atmosfērā nonāk no vulkāniem, geizeriem, ģeotermālajiem un citiem pazemes avotiem. Visdažādākie organismi (gan baktērijas, sēnes, gan arī augstākie augi) izdala atmosfērā dažādas gaistošas vielas. Gāzes atmosfēras sastāvā nonāk arī no mežu un stepes ugunsgrēkiem. To izcelsme gan daudzos gadījumos ir antropogēna. Tas pats sakāms par augsnes putekļiem, kuri putekļu vētrās piesārņo atmosfēru un noplicina augsni. Pirmo ierosmi šādām putekļu vētrām ir devis cilvēks, izcērtot mežus, uzarot stepes un tādējādi augsnes virskārtu atsedzot vēja iedarbībai.

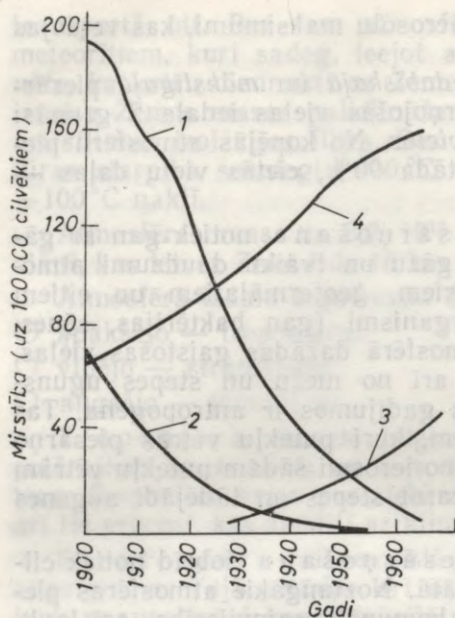
● Mākslīgā atmosfēras piesārņošana šobrīd notiek cilvēka saimnieciskās darbības rezultātā. Nozīmīgākie atmosfēras piesārņotāji ir rūpniecība, transports, komunālā saimniecība, arī lauksaimniecība.

Lai varētu cīnīties ar atmosfēras gaisa piesārņošanu, jāzina piesārņošanas avoti, atmosfērā izdalīto ķīmisko vielu ķīmiskais sastāvs, daudzums, kā arī to ietekme uz cilvēkiem un citiem dzīvajiem organismiem (6.6. att.). Jāņem vērā arī tas, ka daudzas atmosfēru piesārņojošas vielas kaitīgi iedarbojas uz dažādiem materiāliem, bojā celtnes, vēstures un kultūras pieminekļus, šādi nodarot ievērojamus zaudējumus.

Galvenās vielas, kas piesārņo atmosfēru, ir sēra dioksīds SO_2 , oglekļa monoksīds jeb tvana gāze CO , slāpekļa oksīdi, putekļi (aerosoli).

Sēra savienojumi atmosfērā nonāk milzīgā daudzumā. Sēra sadegšanas rezultātā veidojas SO_2 (sadegot 1 g S, rodas 2 g SO_2). Sēra dioksīds atmosfērā izdalās no vulkāniem, kā arī sadedzinot akmeņogles. Viena kilograma akmeņogļu sastāvā ir līdz 4,5 g sēra. Pasaulē ik gadu tiek sadedzināts līdz 200 milj. t šāda kurināmā. Pārstrādājot sēru saturošās rūdas, izdalās līdz 70 milj. t SO_2 gadā. Daļa sēra savienojumu nonāk atmosfērā terikonos, degot organiskajām atliekām. Sēra dioksīds atmosfēras mitrumā oksidējas un veido sēra anhidrīdu SO_3 , kas tālāk, savienojoties ar sīkiem ūdens pilieniem, veido sērskābi. Tā ir kaitīgāka nekā sēra dioksīds un postoši iedarbojas gan uz dzīvajiem organismiem, gan arī uz dažādiem nedzīvās dabas priekšmetiem.

Sēra dioksīds negatīvi ietekmē veselību — kairina bronhus, izraisa augšējo elpošanas ceļu iekaisumu — kataru, kā arī alerģiskas saslimšanas. Tas kaitīgi iedarbojas arī uz augiem — īpaši cieš skujkoki un no zemākajiem augiem — ķērpji.



6.6. att. Slimību spektra izmaiņas ASV no 1900. gada līdz 1960. gadam: mirstība no tuberkulozes (1), tifa un difterijas (2), plaušu vēža (3) un citiem ļaundabīgajiem audzējiem (4).

daļā. Tiem ir postoša ietekme uz kā arī uz arhitektūras un vēstures mirstība no tuberkulozes (1), tifa un difterijas (2), plaušu vēža (3) un citiem ļaundabīgajiem audzējiem (4).

Sakarā ar lielo sēra daudzumu, ko gaisa masas atnes no Vidus- Eiropas un Rietumeiropas rūpniecības rajoniem, smags stāvoklis izveidojies Zviedrijā. Tās dienviddaļā gadā saņem ap 450 000 t SO₂. Daudzi ezeri, kas bija bagāti ar zivīm, ir pārvērtušies par mirušām ūdenskrātuvēm, jo ūdens pH ir samazinājies līdz 3,5... 4. Tāpēc neattīstās raksturīgie hidrobionti, iznīkst veģetācija. Lauksaimniecībā jāpārorientējas uz citu agrotehniku, augsne papildus jākaļķo.

Oglekļa dioksīds jeb ogļskābā gāze CO₂ ir dabisks atmosfēras komponents, kura koncentrācija pašreiz ir 0,032 tilp. %. Šī gāze atmosfērā nonāk ar vulkānu izdalījumiem, dzīvnieku un augu elpošanu, mežu ugunsgrēkos. Daudz oglekļa dioksīda augi patērē fotosintēzē. Pēdējā laikā novēro tā koncentrācijas palielināšanos atmosfērā. Laikā no 1900. gada līdz 1978. gadam CO₂ saturs atmosfērā palielinājies no 290 ppm jeb miljona daļām līdz 336 ppm (pēc tilpuma). Šādas izmaiņas tiek saistītas ar milzīgajiem un pieaugošajiem dažāda kurināmā sadedzināšanas apjomiem. CO₂ veidojas arī kā blakus produkts ķīmiskajā un mikrobioloģiskajā rūpniecībā. Kurināmā sadedzināšanas rezultātā vien atmosfērā nonāk 3·10⁹ t

Ar sēra dioksīda klātbūtni atmosfērā lielā mērā ir saistīti t. s. «skābie lieti». Šo jēdzienu pirmo reizi lietoja angļu ķīmiķis A. Smits pirms 100 gadiem, kad viņam izdevās noskaidrot gaisa piesārņotības līmeni virs Mančesteras un nokrišņu skābumu. Skābo lietu postošās ekoloģiskās sekas vispilgtāk izpaužas pēdējo 10... 15 gadu laikā. To veidošanā piedalās gan SO₂, gan arī slāpekļa oksīdi, kas rodas, sadedzinot dažādu kurināmo. Lietus ūdenim, kas veidojas ūdens tvaiku kondensācijas rezultātā, vajadzētu būt ar neitrālu reakciju (pH 7). Tā kā pat vistīrākajā gaisā ir CO₂, praktiski lietus ūdens ir ar nedaudz skābu reakciju (pH 5,6... 5,7). Ja lietus ūdens satur sērskābi un slāpekļskābi, tā pH pazeminās līdz 4,3 un pat 2.

Sādi skābie lieti ir plaši izplatīti Eiropā un arī pie mums, īpaši republikas rietumdaļu (mežiem) un saimniecību, pieminekļiem, īpaši senajām vitrāžām.

CO₂ gadā, bet, ņemot vērā arī dažādus tehnoloģiskos procesus, — ne mazāk par 10 · 10⁹ t.

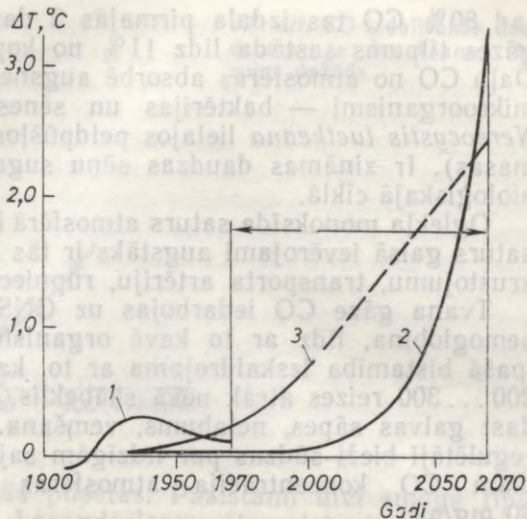
Mediķi uzskata, ka cilvēks varētu dzīvot atmosfērā, kura saturētu 1 tilp. % CO₂. Augus nomāc CO₂ saturs zem 0,01 tilp. % un virs 2 tilp. %.

CO₂ saturs izmaiņas atmosfērā ir saistīts ar t. s. siltumnīcas efektu. Atmosfēras oglekļa dioksīds, līdzīgi kā stikls siltumnīcās, praktiski neaiztur Saules redzamo starojumu, bet absorbē garviļņu infrasarkano starojumu, kas atstarojas no Zemes virsmas un tādējādi kavē siltuma aizplūšanu kosmiskajā telpā. Termins «siltumnīcas efekts» nav īsti precīzs. Faktiski siltumnīcās un arī lecektīs liela loma ir izolācijai no apkārtējā gaisa un paaugstinātam gaisa mitrumam. Tāpēc siltumnīcas efekts saglabājas arī tad, ja stiklu aizvieto ar polietilēna plēvi, kas gandrīz vienādi absorbē kā īsviļņu, tā arī garviļņu starojumu.

Neskatoties uz to, jēdziens «siltumnīcas efekts» literatūrā pastāv un tiek piemērots visdažādākajās nākotnes klimata prognozēs. Aprēķināts, ka CO₂ daudzuma dubultošanās atmosfērā planetāro temperatūru paaugstinātu par 1,5... 2 °C.

Prognozes liecina, ka kurināmā ikgadējais patēriņš pasaulē līdz gadsimta beigām pieaugs par 3,5%. Līdz ar to CO₂ saturs atmosfērā 2000. gadā sasniegs 380 ppm (tilpuma daļas). Tas būs antropogēnās ietekmes rezultāts un izraisīs pārmaiņas atmosfēras siltuma režīmā un planētas klimatā (6.7. att.). Siltumnīcas efekta pastiprināšanās iespējama arī dažādu atmosfēras piesārņotāju, piemēram, freonu ietekmē.

Oglekļa monoksīds jeb tvana gāze CO atmosfērā nonāk gan no dabiskiem (vulkāni, mežu ugunsgrēki, dažu organismu produkts), gan arī no mākslīgiem (oglekli saturoša kurināmā sadedzināšana, transports, rūpniecība) avotiem. Aprēķini liecina, ka ik gadu atmosfērā nonāk ne mazāk par 250 miljoniem t CO, pie tam autotransports (iekšdedzes dzinēju motori) dod 60% šīs masas. Viena vieglā automašīna darbojoties izdala 3 m³ CO stundā, viena smagā automašīna — 6 m³ CO. Ja automašīnas motors darbojas 23 minūtes,



6.7. att. Gaisa t° izmaiņas pie zemes virsmas: 1 — vidējās gaisa t° novirzes no normas Ziemeļu puslodē, 2 — vidējās planetārās t° izmaiņas, pieaugot enerģijai par 6% gadā, 3 — globālās t° izmaiņas pie zemes virsmas, pieaugot CO₂ koncentrācijai atmosfērā.

tad 80% CO tas izdala pirmajās 2 darbības minūtēs un izdalītās gāzes tilpums sastāda līdz 11% no kopējā izdalītā gāzes tilpuma. Daļu CO no atmosfēras absorbē augsne, konkrētāk, dažādi augsnes mikroorganismi — baktērijas un sēnes. Klusā okeāna brūnaļģes *Nereocystis luetkeana* lielajos peldpūšļos CO sastāda 800 ppm (pēc masas). Ir zināmas daudzas sēņu sugas, kuras CO izmanto savā bioloģiskajā ciklā.

Oglekļa monoksīda saturs atmosfērā ir diezgan mainīgs. Šis gāzes saturs gaisā ievērojami augstāks ir tās izdalīšanās avotu (lielu ielu krustojumu, transporta artēriju, rūpniecības centru) tuvumā.

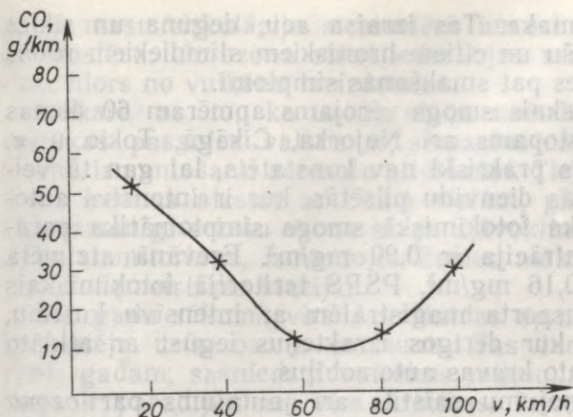
Tvāna gāze CO iedarbojas uz CNS, asinīs neitralizē līdz 6% hemoglobīna, līdz ar to kavē organisma apgādi ar skābekli. CO īpašā bīstamība izskaidrojama ar to, ka tā ar hemoglobīnu saistās 200...300 reizes ātrāk nekā skābeklis. *Saindēšanās pazīmes* ir šādas: galvas sāpes, nelabums, vemšana. Arī pilsētu ielu satiksmes regulētāji bieži sūdzas par līdzīgām sajūtām. Pēc sanitārajām normām CO koncentrācija atmosfēras gaisā nedrīkst pārsniegt 30 mg/m³.

Pēdējā laikā, lai novērstu gaisa piesārņošanu no autotransporta jeb *motorsārņošanas*, izmanto īpašus gāzu analizatorus, ar kuriem nosaka CO sastāvu automašīnu izplūdes gāzēs. Jāatceras, ka CO saturs palielinās tajos gadījumos, ja motori nav lietošanas kārtībā un strādā ar dažādiem defektiem. Interesants ir fakts, ka izdalītais CO daudzums viszemākais ir, ja braukšanas ātrums ir ap 60 km/stundā (6.8. att.). Tāpēc ir svarīgi pilsētās nodrošināt šo optimālo braukšanas ātrumu, organizēt t. s. zaļo vilni. To veicina gājēju tuneli, pārejas estakādes un citi pasākumi. Maskavā, Maja-kovska laukuma rajonā pēc gājēju tunela celtniecības CO saturs gaisā samazinājās 6...10 reizes.

Atmosfēru piesārņo arī *slāpekļa oksīdi*, no kuriem nozīmīgākie ir slāpekļa monoksīds NO un dioksīds NO₂. Tie iedarbojas uz elpošanas orgāniem, izraisa plaušu iekaisumus, kairina acis un gļotādas. Atmosfērā sastop arī slāpekļa oksīdu jeb t. s. jautrības gāzi N₂O, taču tai nav būtiskas nozīmes atmosfēras piesārņošanā.

NO₂ ir stabila dzeltenīgas krāsas gāze, kas stipri pazemina redzamību un piešķir pilsētas gaisam raksturīgu brūnu nokrāsu. Šī gāze stipri absorbē ultravioletos starus (viļņa garums 300...400 nm) un noārdās, veidojot NO, kas savukārt nosaka t. s. fotoķīmisko piesārņojumu. Tā kā automobiļu izplūdes gāzēs NO₂ tilpuma saturs ir 1000...2800 ppm, kļūst saprotama iekšdedzes dzinēju loma atmosfēras piesārņošanā ar slāpekļa oksīdiem. Stipri piesārņotā pilsētu atmosfērā NO₂ tilpuma saturs ir līdz 0,1 ppm. Atmosfērā NO₂ var nonākt arī dabiskā ceļā, veidojoties ģeoķīmiski (vulkānisms, izlādēšanās augšējā troposfērā un negaisu laikā), kā arī dažādu mikroorganismu darbības rezultātā.

Pilsētās sastop īpašu gaisa piesārņojuma veidu — smogu. Tas ietver gāzveida un cietās daļiņas, kuras kombinācijā ar miglu vai aerosoliem izraisa intensīvu atmosfēras piesārņojumu. Jāuzsver smoga veidošanās ciešā kopsakarība ar tiem dabiskajiem apstāk-



6.8. att. CO izdalīšanās daudzums, ja braukšanas ātrums dažāds.

liem, kuros atrodas attiecīgās pilsētas. Pazīstami divi smoga tipi: Londonas tipa smogs un Losandželosas tipa jeb fotoķīmiskais smogs.

Londonas tipa smogs atzīmēts jau pirms 100 gadiem. Tai laikā ar smogu apzīmēja dūmu un miglas maisījumu atmosfērā (angļu *smoke* — dūmi + *fog* — migla) un tas bija ļoti raksturīgs Londonai. Galveno atmosfēras piesārņojumu tur veidoja akmeņogļu un mazuta sadedzināšanas produkti, it īpaši SO_2 . Miglainā laikā SO_2 pārvēršas sērskābes aerosolā straujāk kā jebkuros citos apstākļos. Pastiprinās atmosfēras piesārņojuma un miglas savstarpējā iedarbība, kā arī pasliktinās redzamība. Rodas ekstremāli apstākļi cilvēku dzīvei, nopietni apdraudēti ir galvenokārt sirds, plaušu un arī citi slimnieki. Tā 1952. gada decembrī smogs Londonā 3...4 dienās prasīja 4000 cilvēku dzīvības, t. i., tikpat daudz kā holeras epidēmija 1854. gadā.

Fotoķīmiskā smoga radīšanā galvenā nozīme ir transporta (retāk rūpniecības) izpūtes gāzu izdalījumiem (slāpekļa oksīdiem, ogleņūdeņražiem), kuri saules radiācijas ietekmē veido oksidantus, no kuriem visbiežāk sastopams ir ozons, arī nitrīti un nitrāti, slāpekļa un oglekļa oksīdi, ogleņūdeņraži, fenoli un citas vielas, kas vienmēr nelielā daudzumā atrodas lielo pilsētu gaisā. Taču fotoķīmiskajā smogā to koncentrācija daudzkārt pārsniedz galēji pieļaujamo normu. Lai veidotos fotoķīmiskais smogs, ir nepieciešama 3 apstākļu sakritība: 1) noteikts reljefs, 2) atbilstošs automobilisma līmenis un 3) attiecīgs ģeogrāfiskais platums.

Klasisks atbilstības piemērs šīm prasībām ir Losandželosa, kuru no 3 pusēm ietver kalni, līdz ar to radot apstākļus, kur var uzkrāties pilsētas 4 miljonus lielā automobiļu parka motorsārņi. Savukārt ģeogrāfiskais platums ir tāds, lai uz Zemes nonāktu atbilstošs ultravioletais starojums, kura darbības rezultātā veidojas oksidanti. Padomju rakstnieks B. Poļevojs, būdams aculiecinieks, raksta par Losandželosas smogu, ka tas gandrīz nav redzams, bet ir tik koncentrēts, ka kairina rīkli un acis. Fotoķīmiskajam smogam ir

raksturīga nepatīkama smaka. Tas izraisa acu, deguna un rīkles gļotādas iekaisumu. Plaušu un citiem hroniskiem slimniekiem rodas paasinājumi, var parādīties pat smakšanas simptomi.

Losandželosā fotoķīmiskais smogs vērojams apmēram 60 dienas gadā. Šī tipa smogs sastopams arī Ņujorkā, Čikāgā, Tokio u. c. Padomju Savienībā smogs praktiski nav konstatēts, lai gan tā veidošanās iespējama dažādās dienvidu pilsētās, kur ir intensīvs auto-transporta. Jāņem vērā, ka fotoķīmiskā smoga simptomātika parādās, ja oksidantu koncentrācija ir $0,20 \text{ mg/m}^3$. Erevānā atzīmēta oksidantu koncentrācija $0,16 \text{ mg/m}^3$. PSRS teritorijā fotoķīmiskais smogs konstatēts uz transporta maģistrālēm ar intensīvu kustību, kā arī lielajos karjeros, kur derīgos izrakteņus iegūst ar atklāto paņēmieni un plaši izmanto kravas automobiļus.

Ar atmosfēras piesārņojumu saistīts arī jautājums par ozona ekrānu. To veido ozons, kas galvenokārt atrodas stratosfērā $20 \dots 30 \text{ km}$ augstumā, kur tā masas koncentrācija nepārsniedz 20 mg/m^3 . Ozons veidojas elektriskajā izlādē pērkona laikā, kā arī Saules ultravioletā starojuma ietekmē.

Normālos apstākļos bez atmosfēras piesārņojuma ozona masas koncentrācija sasniedz tikai $0,01 \dots 0,06 \text{ mg/m}^3$. Ozons kopā ar skābekli ekrānē dzīvajiem organismiem kaitīgo ultravioleto starojumu, aizturot lielāko daļu tā starojuma, kura viļņa garums ir mazāks par 320 nm , un visu starojumu, kura viļņa garums ir mazāks par 290 nm . Ozona ekrāns izraisa izmaiņas arī atmosfēras siltuma režīmā. Izteiktas prognozes, ka, samazinoties ozona slāņa ekrānējošai darbībai, palielināsies uz Zemes nonākošais ultravioletais starojums, līdz ar to palielināsies saslimstība ar ādas vēzi, palēnināsies fotosintēze, pastiprināsies šī starojuma nelabvēlīgā ietekme uz augiem un dzīvniekiem. Jautājums par ozona ekrānu un tā izsīšanas sekām skar zinātniski tehniskā progresa globālās perspektīvas, ekosistēmu eksistenci, visu dzīvo uz Zemes.

Atzīts, ka ozona slāni nelabvēlīgi ietekmē šādi piesārņojoši faktori: hlorfluormetāni (freoni), lidmašīnu izpūtes gāzes, kodolspārdzienu produkti, slāpekļa minerālmēsli un kurināmā sadegšanas produkti u. c. Par freonu problēmu runā kopš 1974. gada. Tās ir vielas, kuras plaši lieto saldēšanas un gaisa kondicionēšanas iekārtās, kā arī par repelentiem aerosolu rūpniecībā. Šīs vielas nonāk atmosfērā praktiski tajā daudzumā, kādā tās bija iepildītas aerosolu balonos, kā arī pēc saldēšanas un gaisa kondicionēšanas iekārtu nolietošānās. Ar gaisa plūsmām freoni nonāk stratosfērā, kur ultravioletā starojuma ietekmē notiek freonu fotodisociācija un aktīva hlora izdalīšanās. Veidojas Cl atomu pārpalikums. Hlors, stājoties reakcijā ar ozonu, veido hlora monoksīdu ClO. Tādējādi tiek noārdīts ozona ekrāns. Tiek uzskatīts, ka ozona ekrānu noārda arī savienojumi, kas veidojas, izmantojot slāpekļa minerālmēslus, sadedzinot kurināmo, un citi savienojumi (N_xO_y). Ir izteiktas dažādas prognozes par ozona ekrāna samazināšanos ap XX gs. beigām. Pēc vienām prognozēm, ozona saturs slānī samazināsies par $5 \dots 10\%$, pēc citām — par $20 \dots 30\%$. Šādas izmaiņas varētu būt saistītas ar

gaisa masu cirkulāciju stratosfērā un arī ar nevēlamām ietekmēm uz biosfēru. Uz ozona slāni iedarbojas arī dabiskie faktori, piemēram, hlors no vulkānu izvirdumiem.

Sakarā ar to, ka ozona slāņa noārdīšanā tiek vainoti freoni, vairākas pasaules valstis ir samazinājušas un pat pārtraukušas freonu izmantošanu aerosolu pildīšanai. Tiek veikti mēģinājumi aerosolos freonus aizstāt ar citām vielām, piemēram, saspiesu gaisu. Lai uzmanīgi sekotu ozona slāņa stāvoklim, tiek realizēts arī ozona slāņa monitorings, izmantojot Zemes mākslīgos pavadoņus, darbojas ozonometriskās stacijas.

80. gadu sākumā virs Antarktīdas apmēram 1 milj. km² platībā konstatēja t. s. ozona caurumu. Tas turpināja palielināties līdz 1984. gadam, sasniedzot vairākus miljonus km² platību. Šāds caurums ir parādījies arī virs Arktikas. Izteikti dažādi minējumi par cēloņiem, kas izsaukuši ozona satura samazināšanos lielās platībās. To saista ar El-Cičone vulkāna izvirdumu Meksikā 1982. gadā, kā arī ar freonu kaitīgo iedarbību. Izteikti arī tādi pieņēmumi, ka šīs ozona satura fluktuācijas ir saistītas ar atmosfērā noritošo klimata procesu svārstībām.

Nozīmīgs atmosfēras piesārņotājs ir rūpniecība. Gaisā tiek izdalītas dažādas kaitīgas gāzes un industriālie putekļi. Ļoti daudz piesārņojošo vielu izdala TEC, metalurģiskās, ķīmiskās, naftu pārstrādājošās, cementa un citas rūpnīcas. Sadedzinot organiskās un minerālās degvielas — akmeņogles, naftu, gāzi —, atmosfērā nonāk daudz SO₂, CO, CO₂, dūmu, kvēpu un citu vielu. Brocēnu cementa un šifera kombināts diennaktī gaisā izmet 28 t putekļu, Rīgas TEC — 20 t. Jāatceras, ka atmosfēras piesārņošana no rūpniecības uzņēmumiem ir tikai viena problēma, otra problēma ir šo atkritumu vielu izmantošana. Tas dotu lielu izejvielu ekonomiju un līdz ar to arī ekonomisko efektu.

Cīņa pret atmosfēras piesārņojumu. Tiek veikti gan netiešie, gan tiešie pasākumi.

Netiešie pasākumi ir profilaktiskie pasākumi, kas tiek izdarīti saskaņā ar spēkā esošo likumdošanu. Tie ietver sanitāro aizsardzības zonu un MPK noteikšanu, lietojot gāzu analizatorus.

Tiešos pasākumus realizē, izmantojot attīrīšanas iekārtas, utilizējot kaitīgās vielas, likvidējot sīkās katlu mājas, veicot cīņu ar izplūdes gāzēm.

Rūpniecībā atkarībā no tās specifikas lieto dažādas attīrīšanas iekārtas.

Filtrus izmanto smalkai gāzu attīrīšanai cementa rūpniecībā un tērauda kausēšanā. Krāsainajā metalurģijā lieto unificētus auduma filtrus.

Elektrofiltrus lieto gāzu un gaisa attīrīšanai no putekļiem, kurū daļiņu diametrs ir līdz 2 μm. To efektivitāte optimālos apstākļos ir ļoti augsta — 96...98%, pat 99%.

Skrūberi plašu pielietojumu ieguvuši pēdējos 20 gados. Šajā iekārtā putekļus uztver ar šķidrums, ko izsmidzina apstrādājamās gāzēs.

Ciklonus izmanto gāzu attīrīšanai enerģētiskajās termoelektrostacijās, kurās sadedzina ogles, kūdras, koksnes atkritumus.

Pašreiz republikas attīrīšanas iekārtas uztver 60% no atmosfērā izmestajām vielām. Ir plānots uzcelt gāzu attīrīšanas iekārtas, kuru jauda būtu 9,8 milj. m³ gāzes stundā, līdz ar to kaitīgo vielu izmešana gaisā samazinātos par 40 000 t.

Lielu nozīmi iegūst vielu utilizācija. Ideāls variants ir bezatlikumu tehnoloģija. Jo piesārņotāka ir atmosfēra, jo nepilnveidotāka ir tehnoloģija. Problēmu risina dažādas rūpniecības nozares. Utilizē hloru, cementa putekļus, metāla skaidiņas, sēra dioksīdu utt. Vajadzētu utilizēt visas atkritumvielas. Viens no atmosfēras piesārņotājiem ir sēra anhidrīds SO₃. Tagad Padomju Savienībā no sēra anhidrīda krāsainajā metalurģijā iegūst 30% valstī ražotās sērskābes, kas pie tam ir par 30% lētāka nekā ķīmiskajā rūpniecībā ražotā.

Pilsētās likvidē sīkās katlu mājas. Rīgā vien šīs katlu mājas rada 20% atmosfēras piesārņojuma. Likvidēts ap 1000 šādu katlu māju. Process turpinās.

Atmosfēras tīrības saglabāšanā liela nozīme ir cīņai ar automobiļu izplūdes gāzēm. Autotransports dod ievērojamu daļu no kopējā atmosfēras piesārņojuma. Rīgā tas sastāda 50%. Automašīnu izpūtes gāzes satur ap 200 dažādu komponentu, no kuriem pazīstamākie ir oglekļa monoksīds (līdz 3%), slāpekļa oksīdi (līdz 0,06%), ogļūdeņraži (0,05%) u. c. No ogļūdeņražiem izpūtes gāzēs sastopamas kancerogēnas vielas, piemēram, benzpirēns, benzantracēns u. c. Specifisks automobiļu izpūtes gāzu komponents ir svins un tā savienojumi. Etilētajam benzīnam detonācijas samazināšanai un lietderības koeficienta palielināšanai tiek pievienots tetraetilsvins — Pb(C₂H₅)₄. Sadegot 1 l etilētā benzīna, gaisā nonāk 200...400 mg svina. Šveicē katru gadu ar šīm gāzēm atmosfērā nonāk ap 300 t, Rīgā — 200 t svina. Svins piesārņo ne tikai atmosfēru. Zviedrijā noskaidrots, ka ceļu tuvumā 50 cm biežā augsnes kārtā uz 1 m² uzkrājas 2,5...3,3 g svina. Svins nonāk arī ceļu tuvumā esošajā augu segā un tur akumulējas. Kā noskaidrojuši Latvijas ZA Bioloģijas institūta zinātnieki Dz. Beriņa un V. Melecis, šādas akumulācijas spējas labi izteiktas ķērpjiem, sūnām un eglu skujām, kurus var izmantot par piesārņojuma indikatoriem. Pēc amerikāņu zinātnieku datiem, pilsētas gaisā svina satur 20 reizes vairāk nekā lauku un 2000 reizes vairāk nekā jūras gaisā. Svina masas daļai cilvēka asinīs paaugstinoties līdz 0,08 ppm, notiek smaga saindēšanās, kas izpaužas kā anēmija, galvas un muskuļu sāpes, samaņas zaudēšana.

Amerikāņiem vidējais svina saturs asinīs pēc masas ir 0,25 ppm, bet cilvēkiem, kas strādā par satiksmes regulētājiem un benzīna uzpildes stacijās, — 0,34...0,40 ppm. Visvairāk Pb (0,40...0,60 ppm) konstatēts to bērnu asinīs, kas rotaļājas uz ielas, jo izpūtes gāzes uzkrājas zemei tuvajā slānī, kurā bērni elpo. Jāsecina, ka transporta artēriju tuvumā, laukumos un zālajos pie pilsētu ielām nedrīkst lasīt sēnes, ogas, vākt ārstniecības augus (piemēram, liepu

ziedus), nedrīkst ierīkot dārziņus. Arī ceļmalu grāvju sienu nav ieteicams izmantot lopbarībā, jo Pb caur dzīvniekiem var nonākt cilvēka organismā.

Lai samazinātu autotransporta izraisīto atmosfēras piesārņojumu, jāveic netiešie un tiešie pasākumi. Netiešie pasākumi ir pilsētu celtniecības un transporta sistēmas pilnveidošana, elektrotransporta ieviešana. Tiešajos pasākumos ietilpst svina daudzuma samazināšana degvielā, iekšdedzes motora pilnveidošana, pāreja uz šķidrās gāzes lietošanu, kas salīdzinājumā ar benzīnu motorsārņojumu samazina 4 reizes un tai pašā laikā ir divas reizes lētāks. Maskavā jau vairāk nekā 10% autotransporta izmanto gāzi. Polijas galvaspilsētas automobiļu rūpniecības institūts 1987. gadā bija izstrādājis tehnoloģiju Varšavas autobusu parka pārkārtošanai uz gāzes dzinējiem. Tiek pētītas iespējas izmantot elektromobili, par degvielu lietot ūdeņradi, kā arī citas problēmas. Automobiļu tehniskajās apskatēs daudz uzmanības veltī motoru pareizas darbības pārbaudei, piemēram, ar īpašiem analizatoriem pārbauda CO saturu izpūtes gāzēs.

Atmosfēras aizsardzības tiesiskie jautājumi. Padomju Savienībā pirmais dekrēts par veselīgu dzīves apstākļu nodrošināšanu darbaļaudīm tika izdots 1919. gada 18. jūnijā. 1926. gadā Starptautiskajā mežkopju kongresā tika izskatīts jautājums par nepieciešamību visas pasaules zinātniekus iesaistīt pētījumos, lai noskaidrotu gaisā pieļaujamās sērskābes, sērskābes, fluora, sālsskābes, slāpekļskābes un citu vielu koncentrācijas, kuras toksiski iedarbojas uz augiem, dzīvniekiem un cilvēkiem. Padomju Savienībā šādi rādītāji 160 vietām tika izstrādāti 50. gados. Pēc kara gados ir izstrādātas sanitārās normas uzņēmumu projektēšanai. Pēc šīm normām atkarībā no izdalīto kaitīgo vielu daudzuma atmosfērā visus uzņēmumus iedala 5 klasēs. Sanitārai aizsargjoslai, kas uzņēmumu atdala no dzīvojamā namu rajoniem, 5. klases uzņēmumiem ir jābūt 50 m platai, bet 1. klases uzņēmumiem — 1000 m platai. 1980. gadā Padomju Savienībā ir pieņemts likums par atmosfēras aizsardzību. Latvijā 1968. gadā ir pieņemts likums par mūsu republikas dabas aizsardzību, kurā atzīmēts, ka atmosfēras gaiss ir viens no sanitāri aizsargājamajiem dabas objektiem. Likums par atmosfēras aizsardzību republikā ir pieņemts 1982. gadā. Saskaņā ar šo likumu valsts pārvaldi republikā realizē Ministru Padome, vietējo Tautas deputātu padomju izpildkomitejas, kā arī speciāli pilnvarotas valsts iestādes.

1988. gadā republikā ir izveidota Dabas aizsardzības komiteja, kuras ietvaros darbojas Gaisa aizsardzības pārvalde. 1990. gadā šī komiteja pāriet Augstākās Padomes pakļautībā un iegūst nosaukumu Latvijas Republikas Vides aizsardzības komiteja.

6.8. ŪDENS RESURSI UN TO AIZSARDZĪBA

Ūdens resursi ietver visus Zemes ūdeņus — upju, ezeru, jūru, pazemes, augsnes, mākslīgo ūdenstilpju, kalnu un polāro ledāju ūdeņus. Ūdens resursiem pieder arī atmosfēras ūdens tvaiki. Daž-

kārt, runājot par ūdens resursiem, tiem pieskaita tikai reāli izmantojamos saldūdeņus, kas ūdens aprītē nepārtraukti atjaunojas. Ūdeņi veido Zemes ūdens apvalku, kas ir viena no biosfēras sastāvdaļām — *hidrosfēra*. Tās ūdens tilpums ir vairāk nekā 1,46 mljrd. km³. Pasaules okeāna ūdeņi sastāda 93,9% hidrosfēras, bet akvatorija aizņem 71,7% no visas zemeslodes platības (sauszemei paliek tikai 28,3%). Apmēram 4% aizņem purvi un pārpurvotas zemes. Galvenie ūdens krājumi ir šādi (skaitļi norāda km³ skaitu): pazemes ūdeņi — 60 milj., ledāji — 24 milj., augsnes mitrums — 85 tūkst., upju ūdeņi — 1,2 tūkst., atmosfēras ūdens tvaiki — 14 tūkst. Upju ūdeņus veido nokrišņi, pazemes un virszemes pieplūde. Upēs ūdens pastāvīgi mainās — aprēķināts, ka zemeslodes upju gultnēs ūdens vidēji atjaunojas 11 diennakšu laikā. Upju ūdeņi aizņem tikai 0,000 01% no kopējā hidrosfēras tilpuma. Taču lielākie saldūdens krājumi atrodas kalnu un polārajos ledājos — 24 milj. km³, mūžīgā sasaluma ledū — 200 tūkst. km³. Milzīgi ūdens resursi atrodas planētas dziļēs. Pēc V. Vernadska datiem, Zemes litosfērā ir vairāk nekā 1,3 mljrd. km³ ūdens, bet ievērojama tā daļa ir saistīta visdažādākajos minerālos.

Zemeslodes saldūdens krājumi ir tikai 31 milj. km³, turklāt 96% no tiem atrodas kalnu un polārajos ledājos. Tikai 0,6...1,0% no kopējā saldūdens tilpuma atrodas šķidrā agregātstāvoklī.

Padomju Savienība pēc upju noteces pasaulē ieņem otro vietu (aiz Brazīlijas). Upju tīklu veido 46 upju sistēmas. Upju kopējā notece ir 4710 km³ gadā. Apmēram 200 tūkst. upju garums ir virs 10 km. Tajās vienā sekundē aiztek 125 tūkst. m³ ūdens. Apmēram 16 tūkst. ezeru platība ir virs 1 km². Padomju Savienības rīcībā ir lieli ūdens krājumi. Taču jāņem vērā, ka 87% to atrodas mazapdzīvotos Sibīrijas, Tālo Austrumu un Galējo Ziemeļu rajonos, kur dzīvo un strādā tikai 14...15% valsts iedzīvotāju. Savukārt pārējos valsts apgabalos, kur atrodas tikai 13% kopējo ūdens resursu, izvietoti 85% iedzīvotāju.

Latvijā ir 3195 ezeri, kuru platība pārsniedz 1 ha, un 12 436 upes ar kopgarumu 37 954 km. 94% upju garums ir mazāks par 10 km. Tieši no Latvijas teritorijas gadā notek vidēji 15,3 km³ ūdens (70% virszemes un 30% pazemes ūdeņu). Tranzītūdeņu tilpums ir 19,4 km³. Tātad kopumā Latvijas upes uz jūru aiznes 34,7 km³ saldūdens. Apmēram 3 km³ ūdens atrodas Latvijas ezeros.

Ūdens ir vajadzīgs visdažādākajās tautas saimniecības nozarēs. Tas nepieciešams arī tiešajam iedzīvotāju patēriņam. Pēc ūdens izmantošanas veida izšķir ūdens patērētājus un ūdens lietotājus. *Ūdens patērētāji* izmantojamo ūdeni uz laiku izslēdz no dabiskās aprites (rūpniecības, lauksaimniecības un iedzīvotāju ūdensapgādes sistēmas). *Ūdens lietotāji* izmanto ūdeni tikai par vidi savai darbībai, no dabiskās aprites to neizslēdzot (kuģniecība, zivsaimniecība, hidroenerģētika, rekreācija).

Galvenie ūdens patērētāji ir rūpniecība, komunālā saimniecība un lauksaimniecība.

Rūpniecībā ūdeni izmanto visdažādākajos tehnoloģiskajos procesos: par šķīdinātāju, siltuma nesēju u. c. Daudzos gadījumos tas ietilpst arī gatavajā produkcijā. Bieži vien ūdens patēriņš rūpniecībā ir saistīts ar tehnoloģijas lielo ūdensietilpību. Tā 1 t stikla ražošanai nepieciešams līdz 20 t ūdens, 1 t tērauda ražošanai — ap 120 t, 1 t papīra ražošanai — 200 t, 1 t kokvilnas auduma ražošanai — 250 t, 1 t mākslīgā zīda, kā arī sintētiskā kaučuka ražošanai — 2000 t, 1 t Ni iegūšanai — 4000 t ūdens utt. Kā redzams, īpaši ūdensietilpīga ir ķīmiskā rūpniecība. Kopumā pasaules rūpniecība gadā patērē ap 400 km³ ūdens. Tā kā apmēram pusi no šī daudzuma rūpnīcas iegūst atgriezeniskajās ūdens izmantošanas sistēmās, faktiski no jauna (no upēm, ezeriem, pazemes ūdeņiem) ir nepieciešami tikai 200 km³ ūdens.

Daudz ūdens patērē komunālā saimniecība. Tagad praktiski visās pilsētās ir iekārtota centralizēta ūdensapgāde. Ūdeni un sūkņu izmantošana arvien vairāk samazinās. Dzeramā ūdens cilvēkdeva (dzeršanai un ēdiena pagatavošanai) diennaktī ir 2,5...3 l. Aprēķināts, ka pasaulē viens pilsētas iedzīvotājs diennaktī patērē 150 l ūdens. Lai apmierinātu visas viena cilvēka vajadzības, ieskaitot pārtikas rūpniecību un tirdzniecību, ir nepieciešams līdz 300 l ūdens diennaktī. Kopumā pasaulē šīm vajadzībām gada laikā izlieto ap 65 km³ ūdens.

Daudz ūdens, galvenokārt apūdeņošanai, tiek patērēts lauksaimniecībā. Apūdeņojamo zemju platības pasaulē palielinās. To efektivitāte ir 5...6 reizes augstāka nekā neapūdeņoto zemju efektivitāte. Viena ha apūdeņošanai nepieciešams 12...14 tūkst. m³ ūdens. Šīm vajadzībām pasaulē ik gadu no upēm, ezeriem un pazemes ūdeņiem izmanto vairāk par 2500 km³ ūdens. Apūdeņojamā lauksaimniecība pēc ūdens patēriņa ieņem pirmo vietu pasaulē starp ūdens patērētājiem.

Sakarā ar rūpnieciskās un lauksaimnieciskās ražošanas paplašināšanos un iedzīvotāju dzīves apstākļu uzlabošanos pasaulē turpina augt ūdens patēriņš. Jau tagad daudzos Āfrikas un Eirāzijas rajonos jūtams saldūdens trūkums.

Ūdens piesārņošana. Ūdens trūkumu rada ne tikai ūdens patēriņa pieaugums, bet to izraisa arī upju, ezeru, jūru un okeānu piesārņošana ar atkritumiem un notekūdeņiem. Literatūrā minēts, ka gada laikā cilvēks dabiskajos ūdeņos ievada 500 mljrd. t komunālo un sadzīves notekūdeņu. Latvijā notekūdeņu daudzums gada laikā sasniedz 300 milj. m³. Rīga vien 1987. gadā ieludināja Daugavā 168,2 milj. m³ notekūdeņu. Ar neattīrītiem notekūdeņiem upēs, ezeros un tālāk jūrās nonāk visdažādākās piesārņojošās vielas. Pasaulē upju ūdeņi jūrās un okeānos ienes vairāk nekā 320 milj. t dzelzs, 6,5 milj. t fosfora un citu vielu. Ļoti daudzas vielas Pasaules okeānā nonāk no atmosfēras. Aprēķināts, ka no atmosfēras uz Pasaules okeāna virsmas nonāk 200 tūkst. t Pb, 1 milj. t ogļūdeņraža, 5 milj. t Hg. Arī puse no jūras un okeānus piesārņojošajiem pesticīdiem nāk no atmosfēras. Šāda ūdens kvalitātes pazemināšanās izraisa tālejošas sekas ūdenstilpēs notiekošajos procesos — eitrofi-

kāciju, dažādu hidrobiontu bojāeju u. c. Piesārņošana parasti notiek neracionālas cilvēka darbības rezultātā. Tā, piemēram, no lidmašīnas izsējot minerālmēslus ūdenstilpju 200 m aizsardzības zonā, ne tikai tiek saindētas upes un ezeri, bet zūd arī tūrumiem domātie ražas celšanas elementi.

Speciālisti, izmantojot dažādu metodiku, ir mēģinājuši novērtēt to zaudējumu, ko piesārņojums nodara ūdenim. Ukrainu zinātnieki 1 m³ notekūdeņu nodarīto zaudējumu naudas izteiksmē novērtējuši par 3,2 rubļiem.

Piesārņojumu, kas nonāk ūdenī, klasificē dažādi. Parasti izšķir *ķīmisko, fizikālo un bioloģisko piesārņojumu*.

Ķīmiskais piesārņojums var būt neorganiskas un organiskas dabas. No neorganiskām vielām ūdens piesārņotāji var būt dažādi sāļi, skābes, sārmī, smagie metāli, no organiskiem savienojumiem — nafta un tās produkti, virsmas aktivās vielas, pesticīdi, organiskās atliekas un citas vielas.

Fizikālo piesārņojumu veido siltumsārņi, radioaktīvie sārņi un mehāniskie sārņi.

Īpašs ūdeņu piesārņojuma veids ir *siltumsārņi*. Termoelektrostacijas ar siltiem notekūdeņiem ūdenstilpēs ievada daudz siltuma. Tas ietekmē ūdenstilpju termisko un bioloģisko režīmu. Temperatūras paaugstināšanās ir bīstama daudziem ūdensdzīvniekiem, kas spēj dzīvot visai šaurā ūdens t^o intervālā. Šādos apstākļos veidojas pretruna starp skābekļa patēriņu un tā šķīšanu ūdenī: paaugstinoties ūdens t^o, palielinās O₂ patēriņš, bet tā šķīšanas spēja siltā ūdenī samazinās. No t^o paaugstināšanās aiziet bojā daudzi ūdens dzīvnieki un ūdenī sastopamie augi. Arī tie sadaloties ūdeni piesārņo. Temperatūras paaugstināšanās rezultātā parastās aļģu floras vietā ieviešas nevēlamās zilaļģes. Bieži paaugstinātas t^o apstākļos daudzi organismi kļūst jutīgi pret dažādām toksiskām vielām. Vairumu ūdenī dzīvojošo organismu negatīvi ietekmē un pārtrauc to augšanu, attīstību un vairošanos t^o, kas ir tuva 30 °C. Tālāka t^o paaugstināšanās noved pie šo organismu bojāejas. Ja ūdens t^o ir 27...30 °C, kļūst nabadzīgs ūdenstilpes floras un faunas sastāvs. Temperatūras paaugstināšanās līdz 25 vai 26 °C parasti stimulē gandrīz visu sugu organismu augšanu un vairošanos, izņemot tos, kuri saistīti ar aukstiem ūdeņiem (foreles).

Pētījumi par bioloģiskajām izmaiņām, ko izraisa siltumsārņi, no 1975. līdz 1977. gadam ir veikti Lietuvas VRES ūdenstilpē. Silto ūdeņu izplūdes rajonā t^o vasaras mēnešos sasniedza 29...31 °C, līdz ar to tur bija vērojama nomākta fitoplanktona attīstība — fitoplanktons samazinājās 4 reizes salīdzinājumā ar citām ūdenstilpes zonām. Pavisam ūdenstilpē bija konstatētas 79 augstāko augu sugas, no tām siltā ūdens zonā — 26 sugas, bet zonā ar stabilu t^o — 50 sugas.

Pieļaujamo t^o paaugstināšanos šādos apstākļos regulē «Noteikumi virszemes ūdeņu aizsardzībai no notekūdeņu piesārņojuma» (1974). Ūdenstilpēs, kuru ūdeni izmanto par dzeramo ūdeni un kultūras vajadzībām, ūdens temperatūra drīkst pārsniegt maksimālo

ūdens t° vasarā ne vairāk kā par 3°C, bet ūdenstilpēs, kuras izmanto zivsaimniecībā, — ne vairāk kā par 3°C vasarā un 5°C ziemā.

Bioloģisko piesārņojumu ūdenī veido tam neraksturīgu organismu (baktēriju, sēņu, vīrusu, augu un dzīvnieku) klātbūtne.

Notekūdeņu piesārņojuma pakāpes noteikšanai lieto dažādus rādītājus. Galvenokārt nosaka *neorganisko, organisko un bakterioloģisko piesārņojumu*.

○ Bakterioloģisko piesārņojumu raksturo *koli titrs* un *koli indekss*.
○ Par organisko un neorganisko piesārņojumu spriež pēc ūdens fizikālajām un ķīmiskajām, kā arī *organoleptiskajām* (smarža, garša, krāsa) īpašībām.

Padomju Savienībā vairāk nekā 500 dažādām kaitīgām vielām ir noteikta *maksimālā pieļaujamā koncentrācija (MPK)*. Maksimālā pieļaujamā koncentrācija ir tāds vielas masas saturs ūdens tilpuma vienībā, kuram palielinoties ūdens kļūst nederīgs tam vai citam izmantošanas veidam. Kaitīgo vielu *MPK* ir dažāda dzera-
majā ūdenī, zivsaimniecībā, rekreācijas un citos objektos. Atkarībā no savienojumu toksiskuma *MPK* ir ļoti atšķirīga. Tā, piemēram, atbilstoši Valsts standarta prasībām 1 dm³ (*l*) dzeramā ūdens drīkst saturēt līdz 0,05 mg arsēna, 45 mg nitrātu, 0,03 mg svina, 7 mg stroncija utt.

«Noteikumos virszemes ūdeņu aizsardzībai no piesārņojuma ar notekūdeņiem» norādīts, ka ūdenstilpēs aizliegts ieplūdināt notekūdeņus, kuri satur kaitīgās vielas virs *MPK* vai kam *MPK* nav noteikta vispār.

Ūdeņu piesārņojuma pakāpes raksturošanai izmanto faktiskās vielas masas koncentrācijas (K_f) attiecību pret maksimāli pieļaujamo: K_f/MPK .

Ja šis skaitlis ir lielāks par 0,1, tad attiecīgā objekta ūdeni uzskata par piesārņotu, bet, ja attiecība ir 1 vai lielāka par 1, tad par netīru.

Ūdeni netīru var padarīt gan viena atsevišķa viela, kuras masas koncentrācija pārsniedz *MPK*, gan arī vairākas vielas, kuru K_f/MPK summa ir vienāda vai pārsniedz 1:

$$\frac{K_1}{MPK_1} + \frac{K_2}{MPK_2} + \dots + \frac{K_n}{MPK_n} \geq 1, \quad (6.1.)$$

kur K_1, K_2, \dots, K_n — attiecīgo vielu faktiskās koncentrācijas;

$MPK_1, MPK_2, \dots, MPK_n$ — šo vielu maksimāli pieļaujamās koncentrācijas.

Strādājot pēc šīs metodes, izšķir 4 ūdeņu piesārņojuma pakāpes: *tīrus, piesārņotus, netīrus* un *ļoti netīrus* ūdeņus.

Ūdenstilpes organisko piesārņojumu raksturo *bioķīmiskais skābekļa patēriņš (BSP)*. Tas ir skābekļa masas koncentrācija ūdenī (mg/l), kas nepieciešama, lai aerobi mikroorganismi noteiktā laikā noārdītu attiecīgo piesārņojumu. Jo šis rādītājs ir lielāks, jo

augstāka ir ūdenstilpes organiskā piesārņojuma pakāpe — un otrādi. Noteikts skābekļa saturs ūdenī ir viena no galvenajām sanitārajām prasībām, ko izvirza ūdens kvalitātei. Parasti lieto BSP_5 — biķīmisko skābekļa patēriņu 5 dienās. Tas dod iespēju salīdzināt dažādu ūdenstilpju un notekūdeņu organiskā piesārņojuma pakāpi. Protams, pilnīgai visu organisko piejaukumu oksidēšanai vajadzētu ļoti lielu laiku (pat līdz 100 dienām). Empīriski ir atrastas formulas, kas dod iespēju aprēķināt $BSP_{pln.}$, analītiski nosakot tikai BSP_5 . *Vispārējā organiskā piesārņojuma pakāpe* ir tieši proporcionāla BSP un apgriezti proporcionāla ūdenī izšķīdušā brīvā skābekļa masai.

Atbilstoši «Noteikumiem virszemes ūdeņu aizsardzībai no piesārņojuma»

○ pirmās kategorijas ūdenstilpēs, kuru ūdeni izmanto par dzeramo ūdeni, BSP 20 °C temperatūrā nedrīkst pārsniegt 3 mg/l;

○ otrās kategorijas ūdenstilpēs, kuras izmanto zivsaimniecībai, sportam, peldēšanai un atpūtai, apdzīvotu vietu robežās BSP nedrīkst pārsniegt 6 mg/l.

Tiros jūras un citos ūdenstilpju ūdeņos BSP nedrīkst pārsniegt 2...5 mg/l. Piesārņotos ūdeņos BSP var sasniegt 50 mg/l un vairāk.

Tā kā rūpniecības notekūdeņi bieži vien satur dažādas vielas un elementus, to sastāva un piesārņojuma pakāpes noteikšana ir ļoti sarežģīta un darbietilpīga. Taču viena uzņēmuma notekūdeņi satur konkrētus komponentus, tāpēc praktiskās kontroles vajadzībām ir pietiekoši, ja nosaka līdz 10 komponentu masas koncentrāciju.

Notekūdeņu un arī dažādu ūdensavotu (ūdensvada, akas, ezera, upes) bakteriālo piesārņojumu raksturo *koli titrs*: tas ir mazākais ūdens tilpums (ml), kurā atrodama 1 koli baktērija. Ja koli titrs ir 100, tad tas nozīmē, ka 100 ml atrodama 1 koli baktērija. *Koli indekss* savukārt rāda, cik koli baktēriju ir 1 l ūdens. Iepriekšējā piemērā koli indekss būtu 10. Centralizētās ūdensapgādes ūdens koli titrs nedrīkst būt mazāks par 300. Kopējais baktēriju skaits vienā ūdens mililitrā nedrīkst pārsniegt 100. Šajā ūdenī nedrīkst būt patogēnās baktērijas.

Aku dzeramā ūdens koli titrs nedrīkst būt zemāks par 100, bet ūdenstilpēm, kuras izmanto rekreācijai (peldvietas), — par 0,1. Notekūdeņus uzskata par pietiekoši attīrītiem, ja to koli titrs nav zemāks par 1.

Notekūdeņu attīrīšana. Tas ir sarežģīts process, kurā noārda vai arī no ūdeņiem izdala piesārņojošās vielas. Notekūdeņu *dezinfekcija* savukārt iznīcina vai nonāvē tajos esošos patogēnos mikroorganismus.

Izšķir rūpnieciskos un komunālos jeb sadzīves notekūdeņus. Lauksaimniecības uzņēmumu notekūdeņi pēc sava sastāva var līdzināties gan rūpnieciskajiem (darbnīcu, autosaimniecību), gan arī komunālajiem (fermu) notekūdeņiem. Nokrišņu veidotos notekūdeņus pilsētās pareizāk būtu pieskaitīt vājam rūpnieciskajam piesārņojumam.

Pēc sava fizikālā stāvokļa notekūdeņos atrodami neizšķīduši, koloidāli un izšķīduši sārņi. Pazīstamas dažādas notekūdeņu attīrīšanas metodes, kuras parasti lieto ne atsevišķi, bet kombinēti. Praksē notekūdeņu attīrīšanas metodes daļa *mehāniskajās, bioloģiskajās un fizikāli ķīmiskajās*.

Mehāniskajā attīrīšanā neizšķīdušas vai koloidālas organiskas vai neorganiskas daļiņas atdala filtrējot, nogulsņējot vai nosmeļot. Jāuzsver, ka notekūdeņu mehāniskā attīrīšana vien nedod vajadzīgo efektu. Mehāniskās attīrīšanas iekārtas ir redeles, sieti, smilšu uztvērēji, nogulsnēšanas tvertnes. Nosacīti šī tipa iekārtām pieskaitāmi arī septiķi, emšeri, metāntanki.

Redeles, sieti un filtri uztver dažādus notekūdeņos nokļuvušus sīkus priekšmetus vai cietās daļiņas.

Smilšu uztvērēji galvenokārt atdala neorganiskas daļiņas, kuru īpatnējais svars ir ievērojami lielāks par ūdens īpatnējo svaru.

Nogulsnēšanas tvertnes ir pirmējās un otrējās. Pirmējās nogulsnēšanas tvertnēs pirms bioloģiskās attīrīšanas atdala rupjākās piesārņojuma daļiņas. Otrējās nogulsnēšanas tvertnes izmanto pēc bioloģiskās vai fizikāli ķīmiskās attīrīšanas daļēji attīrīto ūdeņu notādināšanai. Pēc uzbūves izšķir radiālas, vertikālas un horizontālas nogulsnēšanas tvertnes. Šo tvertņu konstrukcija veidota tā, lai smagākās daļiņas nogulsnētos tvertnes dibenā, bet vieglākās (tauki, eļļas, naftas produkti) uzpeldētu šķidrums virspusē, no kurienes tos aizvāc speciālas ierīces. Par normāli funkcionējošām uzskata tādas radiālās un vertikālās tvertnes, kuras atdala 60...70% suspendēto daļiņu un tādas horizontālās tvertnes, kuras atdala 50...60% suspendēto daļiņu.

Septiķi paredzēti notekūdeņos suspendēto daļiņu nogulsnēšanai un tālākai pārveidošanai. Tos dažkārt dēvē arī par pūšanas kamerām. Septiķos ievadīto notekūdeņu daļiņas nogulsnējas, tajās savairojas anaerobās baktērijas un sākas anaerobā rūgšana, kurā notiek izgulsnēto daļiņu noārdīšanās un dažādu gāzu izdalīšanās (CH_4 , H_2S , H_2 , N_2 , CO_2). Gāzēm izdaloties, nogulsnējušās daļiņas ceļas uz augšu un uz tvertnes virsmas izveidojas plēve, kas septiķa saturam ziemā neļauj atdzist. Septiķos norītošajos anaerobajos procesos organisko vielu sadalīšana nav pilnīga. Tas ir šo attīrīšanas iekārtu galvenais trūkums. Neskatoties uz to, septiķus to vienkāršās konstrukcijas un vienkāršās lietošanas dēļ, kā arī lētuma dēļ izmanto nelielu ēku grupu vai arī atsevišķu ēku notekūdeņu attīrīšanai t. s. mazajā kanalizācijā. Normāli funkcionējošos septiķos tiek aizturēti 45...50% suspendēto daļiņu.

Divstāvu nosēdbaseini jeb *emšeri* ir cilindriskas formas tvertnes ar konisku dibenu. To augšējā daļā notiek daļiņu nogulsnēšanās, bet apakšējā — daļiņas sablīvējas, notiek rūgšanas procesi. Emšeru konstrukcija dod iespēju panākt lielāku organisko piejaukumu sadalīšanās pakāpi. Cieto fāzi no emšera dibena — nosēdumu kameras — tīra ik pēc 8...10 dienām. Emšera darbība ir atkarīga no gaisa temperatūras. Tas ir galvenais šīs iekārtas trūkums, jo ziemā tā nedarbojas.

Metāntanki ir cilindriskas vai taisnstūrveida formas dzelzsbetona rezervuāri ar konisku pamatni, kurā paaugstinātā t° (lidz 55... 60 $^{\circ}\text{C}$) notiek nogulšņu anaeroba raudzēšana. Tajos apstrādā ne visu notekūdeņu masu, bet tikai atdalītās organiskās nogulsnes (10%). Anaerobo rūgšanu paātrina metāntanka satura pastāvīga maisīšana. Pārraudzējot 1 m^3 nogulšņu, veidojas ap 15 m^3 biogāzes, kura sastāv no metāna (65... 70%) un CO_2 (30... 35%). Biogāzi savāc metāntanku augšdaļā un izmanto paša trauka apsildīšanai vai arī citām vajadzībām. Iegūtās nogulsnes izžāvē, un, ievērojot sanitāros noteikumus, tās var izmantot tīrumu mēslošanai. Nogulšņu sadzīvināšana saistās ar lielu degvielas patēriņu. Tā kā pilsētās rodas daudz šādu nogulšņu, to likvidācija kļūst par nopietnu problēmu.

Mehāniskās attīrīšanas iekārtas var lietot par attīrīšanas pamatiekārtām vai arī par attīrīšanas kompleksa sastāvdaļu. Parasti ar mehāniskajām attīrīšanas iekārtām nevar nodrošināt nepieciešamo attīrīšanas pakāpi (īpaši organiskās vielas saturošiem komunālajiem, pārtikas rūpniecības un lopkopības kompleksu notekūdeņiem), tāpēc ir nepieciešama tālāka attīrīšana bioloģiskajās attīrīšanas iekārtās.

Bioloģiskā attīrīšana notiek, izmantojot tos pašus procesus, kas nodrošina ūdenstīlpu pašattīrīšanos. Izšķir divējāda tipa bioloģiskās attīrīšanas iekārtas: iekārtas, kurās procesi noris apstākļos, kas ir tuvi dabiskajiem, un iekārtas, kurās bioloģiskā attīrīšana notiek mākslīgi intensificētos apstākļos.

○ *Iekārtas, kurās izmanto dabiskos apstākļus*, ir bioloģiskie dīķi, filtrācijas lauki un apūdeņošanas lauki. Šīs iekārtas galvenokārt izmanto kā pēcattīrīšanas iekārtas, lai sasniegtu augstāku tīrības pakāpi jau daļēji attīrītiem ūdeņiem.

Bioloģiskie dīķi ir vienkāršākās bioloģiskās attīrīšanas iekārtas. Tajos radīti apstākļi organisko piejaukumu bioloģiskai noārdīšanai. Procesu intensitāti nosaka gan ūdeni izšķīdušais skābeklis, gan arī skābeklis, kas ūdenim brīvi pieplūst no gaisa. Taču bioloģisko dīķu attīrīšanas spējas visumā ir niecīgas. Bez tam dīķu ierīkošanai ir vajadzīgas lielas platības. Mūsu apstākļos bioloģisko dīķu izmantošanu apgrūtina arī tas, ka tie nedarbojas, t° noslīdot zem 5 $^{\circ}\text{C}$.

Bioloģiskajos dīķos *BSP* nedrīkst pārsniegt 6... 8 mg/l , bet suspendēto vielu saturs — 10 mg/l . Latvijā bioloģiskos dīķus izmanto diezgan bieži.

Filtrācijas lauki ir norobežotas teritorijas, kas iekārtotas atbilstoši sanitārajiem noteikumiem. Tajās notekūdeņus pēc to iepriekšējās mehāniskas attīrīšanas iesūcina augsnē, kur aerobu baktēriju darbības rezultātā notiek bioloģiskā attīrīšana. Notekūdeņus atsevišķiem filtrācijas lauku iecirkņiem pievada ar pārtraukumiem, lai dotu iespēju augsnē atjaunoties skābekļa krājumiem. Filtrācijas laukiem salīdzinājumā ar bioloģiskajiem dīķiem ir tā priekšrocība, ka ūdeņi pēc attīrīšanas ūdenstīlēs nenonāk tūlīt, bet pēc kāda laika caur augsni. Lai notekūdeņi, kas no filtrācijas laukiem ir nonākuši ūdenstīlēs vai pazemes ūdeņos, būtu attīrījušies, ierīkojot filtrācijas laukus, jāņem vērā ģeoloģiskie un hidroģeoloģiskie apstākļi.

Tā kā notekūdeņus filtrācijas laukiem pievada ar pārtraukumiem, pastāv iespēja veģetācijas periodā šos laukus izmantot dažādu kultūru audzēšanai.

Apūdeņošanas laukos notekūdeņu bioloģiskā attīrīšana notiek vienlaicīgi ar to izmantošanu augsnes mēslošanai un kultūru laistīšanai. Apūdeņošanas lauki ir obligāta pēcattīrīšanas stadija lielo lopkopības kompleksu, lauksaimniecības produkciju pārstrādājošo cehu notekūdeņiem, kas satur augiem nekaitīgas un bioloģiski noārdāmas vielas. Sanitāro apsvērumu dēļ šajos laukos nedrīkst audzēt svaigā veidā patērējamas lauksaimniecības kultūras. Apūdeņojamās teritorijās atļauts audzēt tehniskās, graudu, lopbarības un skābarības kultūras, kā arī dāržņus, kurus lieto pēc termiskas apstrādes.

○ *Bioloģiskās attīrīšanas iekārtas, kurās darbība notiek mākslīgi intensificētos apstākļos*, ir biofiltri un aerotanki. Tajos attīrīšanu veic mikroorganismi, kas veido bioloģisko plēvi vai aktīvās dūņas.

Biofiltru kameru piepilda ar porainu materiālu (granīta vai dolomīta šķembām, keramikas lauskām, plastmasas vai keramzīta granulām u. c.). Līdz ar to veidojas liela virsma, uz kuras attīstās mikroorganismu plēve. No mehāniskajiem piemaisījumiem attīrītus notekūdeņus izsmidzina vai pilina uz biofiltriem. Tālāk tie plūst cauri biofiltriem, kuru mikroorganismi sadala un noārda piesārņojošās vielas. Būtībā biofiltru notiek tie paši procesi, kas notiek dabā ūdeņu bioloģiskās pašattīrīšanās procesos, tikai tie ir intensificēti un norit daudz ātrāk. Pēc savas konstrukcijas un izmēriem biofiltri var būt ļoti dažādi. Ja realizē mākslīgu biofiltru aerāciju, tad biofiltrus sauc par *aerofiltriem*. Aiz biofiltriem parasti atrodas nogulsņēšanas tvertnes, kurās nogulsņējas notekūdeņu aiznestie neorganiskie savienojumi un arī mikroorganismi. Biofiltri attīra notekūdeņus, kuros piesārņojums ar suspendētām vielām ir līdz 500 mg/l un *BSP* — līdz 300 mg/l. Pēc attīrīšanas suspendēto vielu saturs nedrīkst pārsniegt 25... 30 mg/l un *BSP* — 30 mg/l.

Aerotankos notekūdeņu attīrīšanu veic aktīvās dūņas — mikroorganismi, kas lielā daudzumā suspendēti visā notekūdeņu masā. Aerotanki ir taisnstūra vai radiālas dzelzsbetona tvertnes, kurās ievada notekūdeņus. Pēc sava lieluma tie var būt aerotanki, kas spēj attīrīt vairākus simttūkstošus kubikmetru diennaktī (Rīgas pilsētas notekūdeņu attīrīšanas iekārtās plānots attīrīt 700 000 m³ diennaktī), gan arī pavisam nelieli aerotanki, kas attīra dažus desmitus vai simtus m³ diennaktī. Notekūdeņiem aerotankos pievieno aktīvās dūņas, tos mākslīgi aerē, ievadot gaisu. Tādējādi notekūdeņi un aktīvās dūņas visu laiku atrodas nepārtrauktā kustībā un tiek bagātināti ar skābekli. No aerotankiem notekūdeņi nonāk nogulsņēšanas tvertnēs, kur no tiem atdala aktīvās dūņas. Procesa intensifikācijai aerotankos daļu no šīm dūņām pārsūknē atpakaļ, bet daļu pārstrādā kopā ar pārējām nogulsnēm.

Aerotankos attīrīšanas procesi ir vairāk regulējami un kontrolējami nekā biofiltru. Tāpēc arī aerotankos var attīrīt piesārņotākus ūdeņus, kuros suspendēto daļiņu masas koncentrācija sasniedz līdz

1000 mg/l un BSP — līdz 500 mg/l. Pēc attīrīšanas suspendēto daļiņu masas koncentrācija nedrīkst pārsniegt 20 mg/l un BSP — 15...25 mg/l. Aerotanki ir universālākā notekūdeņu attīrīšanas iekārta. Tajos attīra gan komunālos un rūpnieciskos notekūdeņus, gan arī lopkopības kompleksu atkritumu šķidro frakciju. No aerotankiem notekūdeņus novada uz nogulsnešanas tvertnēm. Tur izgulsnējas ar ūdeni aiznestās aktīvās daļiņas, kuras recirkulācijas iekārta pēc vajadzības nogādā atpakaļ aerotankā, bet attīritais ūdens aizplūst vai nu uz bioloģiskās pēcattīrīšanas iekārtām, vai arī pēc dezinfekcijas, ja tāda ir nepieciešama, tiek ievadīts upē, ezerā u. c.

Fizikāli ķīmiskās metodes galvenokārt lieto ar neorganiskām vielām piesārņotu rūpniecības notekūdeņu attīrīšanai lokālajās attīrīšanas iekārtās. Tādējādi šos notekūdeņus sagatavo aizvadišanai kopējā kanalizācijas tīklā un tālākai apstrādei kopējās mehāniskajās un bioloģiskajās attīrīšanas iekārtās. Šo metožu uzdevums ir attīrīt notekūdeņus no dažādiem specifiskiem piesārņojumiem: smago metālu sāļiem, krāsvielām, koncentrētiem sārmiem un skābēm, polimēru rūpniecības atkritumiem. Lokālajās attīrīšanas iekārtās obligāti jāattīra arī tie notekūdeņi, kas paaugstinātās koncentrācijās satur toksiskas vielas: cianīdus, sešvērtīgā hroma un dzīvsudraba savienojumus, vara, cinka, kadmija, titāna, svina sāļus.

Fizikāli ķīmisko notekūdeņu attīrīšanu veic ar ļoti dažādām metodēm: ekstrakciju, sorbciju, koagulāciju, flotāciju, elektrolīzi, jonu apmaiņu, kristalizāciju, elektrokoagulāciju u. c. Šo metožu pamatā ir divi principi:

○ reģenerācija — vērtīgu vielu izdalīšana no notekūdeņiem šo vielu tālākai izmantošanai;

○ destrukcija — piesārņojošo vielu ķīmiska vai fizikāla sadalīšana un sadalīšanās produktu izdalīšana no notekūdeņiem.

Ņemot vērā nākotnē reģenerējamo vielu utilizācijas aspektus, var prognozēt reģeneratīvo metožu lietošanas paplašināšanos.

Koagulācijas metode ir populāra no mūsu gadsimta 60. gadiem. To lieto gan notekūdeņu attīrīšanai, gan arī dzeramā ūdens apstrādei pirms tā lietošanas (ielaišanas ūdensapgādes tīklā). Ar šo metodi var izdalīt gan izšķīdušās koloidālās, gan arī sīkās suspendētās daļiņas, ja to nav iespējams izdarīt ar parastajām mehāniskajām metodēm. Pielietojot koagulācijas metodi, ūdenī ievada reagentus (praksē galvenokārt lieto alumīnija un dzelzs sāļus): alumīnija sulfātu $Al_2(SO_4)_3$, dzelzs (III) hlorīdu $FeCl_3$, dzelzs (II) sulfātu $FeSO_4$, dzelzs (III) sulfātu $Fe_2(SO_4)_3$. Šīs vielas ūdenī hidrolizējas. Veidojas koloidāli alumīnija un dzelzs hidroksīdi, kas uz savas virsmas adsorbē dažādus ūdenī krāsojošus piemaisījumus. Hidroksīdu pārslām izgulsnējoties, tām pielīp sīkās suspendētās sārņu daļiņas. Samazinās ūdens krāsainība un duļķainums. Mūsdienās pasaulē šo metodi lieto ļoti plaši.

Sorbcijas metodi lieto, lai no notekūdeņiem izdalītu cianīdu, varu, cinku, hromu, fenolus.

Ekstrakciju izmanto piesārņotāju izdalīšanai no pārtikas rūpniecības uzņēmumu notekūdeņiem.

Ūdens resursu tiesiskā aizsardzība. Ūdens resursu aizsardzība ir kompleksa problēma, kas saistīta ne tikai ar šo resursu sanitārijiem, bet arī ar rekreācijas un zivsaimniecības aspektiem.

Padomju Savienībā likuma spēks ir daudzajiem valsts standartiem, kas nosaka normu kompleksu, noteikumus un prasības ūdeņu aizsardzībai. 1974. gadā stājās spēkā PSRS Meliorācijas un ūdenssaimniecības ministrijas un PSRS Zivsaimniecības ministrijas izstrādātie Noteikumi virszemes ūdeņu aizsardzībai no piesārņošanas ar notekūdeņiem. Tajos minētas arī noteiktas dažādo piesārņojošo vielu maksimāli pieļaujamās koncentrācijas (MPK) ūdens resursos, kurus izmanto pārtikā un sadzīvē.

Latvijā ūdens resursu aizsardzība formulēta jau 1968. gadā pieņemtajā likumā par Latvijas dabas aizsardzību.

1972. gadā Augstākā Padome pieņēma Latvijas Ūdens kodeksu. Valsts pārvaldi ūdeņu izmantošanā un aizsardzībā realizē Ministru Padome un vietējo tautas deputātu padomju izpildu komitejas.

1982. gadā Ministru Padome pieņēma lēmumu par pazemes ūdeņu izmantošanu un aizsardzību Latvijā.

Svarīga nozīme ūdeņu aizsardzībā ir Ministru Padomes 1979. gada lēmumam, ar kuru apstiprināts Latvijas ūdenstilpju piekrastes aizsardzības joslū nolikums. Šo joslū galvenais uzdevums ir radīt nepieciešamos apstākļus ar ūdens objektiem tieši saistītajiem saimnieciskās darbības veidiem. Nolikumā paredzēta labvēlīga nosacījumu izveidošana ūdenstilpju izmantošanai atpūtas vajadzībām. Atbilstoši nolikumam piekrastes joslas nosakāmas gar upju un kanālu, kas garāki par 10 km, abiem krastiem, kā arī ap ezeriem, kuru platība 10 ha un lielāka. Piekrastes joslas platumu skaita no zemākā ūdens līmeņa, bet, ja ir skaidri izteikta krastmala vai stāvs pamatkrasts, — no tiem. Atbilstoši nolikumam ir jāizdala stingrā režīma josla 10 m platumā un ierobežotas darbības josla 200 m platumā.

● *Stingrā režīma joslā* aizliegts celt un izveidot jebkādas ēkas un būves, atskaitot ūdens ņemšanas un regulēšanas ietaises un citas hidrotehniskas būves, peldētavas, laivu un kuģu piestātnes. Aizliegts celt iezogojumus un būves, kas traucē brīvi piekļūt ūdens objektiem, nav atļauts mazgāt tehniku un automašīnas, lietot indīgas ķīmikālijas un šķidro mēslojumu.

● *Ierobežotas darbības joslā* aizliegts izvietot un celt naftas produktu glabātuves un noliktavas, lopkopības kompleksus un fermas, to notekūdeņu krātuves, mehāniskās darbnīcas, tehnikas un auto-transporta tehniskās apkopes un mazgāšanas punktus, kā arī citus objektus, kas negatīvi ietekmē ūdeņu stāvokli. Ir aizliegts arī izsēt minerālmēslus no lidmašīnām, iekārtot saimniecību un rūpniecības atkritumu izgāztuves, apūdeņot lauksaimniecības platības ar notekūdeņiem. 50 m platā joslā aizliegta mežu kailcirte. Tas noteikts augsnes aizsardzības interesēs (erozijas novēršanai).

Piekrastes joslas izmantošanas režīmu pilsētu, pilsētciematu un lauku apdzīvotu vietu teritorijās regulē noteiktā kārtībā apstiprināti plānojuma un apbūves projekti.

Pēc nolikuma atbildību par piekrastes joslu izmantošanas režīma ievērošanu uzņemas to saimniecību, uzņēmumu un organizāciju vadītāji, kā arī atsevišķi pilsoņi, kuru lietošanā ir zemes gabali, kas atrodas šo joslu robežās.

Latvijā ūdens resursu racionālu izmantošanu realizē republikāniskā ražošanas apvienība «Latvijas meliorācija». Kontroles funkcijas veic Latvijas Republikas Vides aizsardzības komiteja, Hidrometeoroloģijas un vides kontroles pārvalde, Veselības aizsardzības ministrija. Ar to ūdens resursu aizsardzību un kontroli, kam ir zivsaimnieciska nozīme, nodarbojas Baltijas baseina zivju aizsardzības, zivju krājumu papildināšanas un zvejniecības regulēšanas pārvalde.

Latvijas Republikas Vides aizsardzības komiteja kontrolē, kā atsevišķi resori, iestādes un uzņēmumi ievēro spēkā esošos likumus un noteikumus. Komiteja konstatēto trūkumu novēršanai uzdod veikt noteiktus pasākumus, tās kompetencē ietilpst sodu uzlikšana par izdarītajiem pārkāpumiem gan atsevišķām amatpersonām, gan uzņēmumiem. Galējas nepieciešamības gadījumā komiteja uzņēmumu var arī slēgt.

Latvijas Republikas Hidrometeoroloģijas un vides kontroles pārvalde kontrolē ūdens resursu stāvokli apdzīvotajās teritorijās, upēs, ezeros un jūras ūdeņos. Šim nolūkam izveidotas kontroles stacijas — punkti, kuros veic ūdens stāvokļa sistemātiskus novērojumus. Šobrīd tiek izvirzīts uzdevums izveidot kompleksu ekoloģisku ūdens stāvokļa vērtēšanas sistēmu, ietverot tajā ķīmiskos, bioloģiskos, mikrobioloģiskos, hidrobioloģiskos un fizikālos aspektus. Tikai šāda kompleksa ekoloģiska ūdens stāvokļa novērtēšana dos iespēju pareizi organizēt ūdens resursu racionālu izmantošanu un aizsardzību.

Latvijas Republikas Veselības aizsardzības ministrijas sanitāri epidemioloģiskais dienests kontrolē bakterioloģiskā piesārņojuma līmeni ūdens resursiem, kurus izmanto gan par dzeramo ūdeni, gan arī rekreācijai.

Republikas pazemes ūdeņu krājumus, to izmantošanu un aizsardzību realizē Latvijas Republikas Ģeoloģijas pārvalde.

Baltijas jūras problēma. Baltijas jūrai ir svarīga loma PSRS tautas saimniecībā. Tās krastos atrodas attīstīti valsts ekonomiskie rajoni, kuriem ir raksturīga daudzveidīga industrija, intensīva lauksaimniecība: Ļeņingradas un Kaļiņingradas apgabali, otrā pēc iedzīvotāju skaita un ekonomiskās nozīmes Padomju Savienības pilsēta — Ļeņingrada (4,8 milj. iedzīvotāju) un vairākas citas pilsētas. Pie Baltijas jūras atrodas arī Latvijas, Lietuvas un Igaunijas republikas. Baltijas jūras krastā ir vairākas nozīmīgas jūras ostas, kā arī sanatoriju un kūrortu rajoni. Tas nosaka Baltijas jūras galvenos izmantošanas virzienus: transports, zvejniecība, veselības aizsardzība. Līdz ar to pirmšķirīgu nozīmi iegūst jautājums par savstarpēji saskaņotu, kompleksu jūras resursu izmantošanu.

Mūsdienās svarīga nozīme ir cīņai pret Baltijas jūras piesārņošanu. Jau ap 1969. un 1970. gadu tika konstatēts, ka lielās Baltijas jūras platībās trūkst skābekļa. Gandrīz $\frac{1}{4}$... $\frac{1}{3}$ bija bezskā-

bekļa platības, kurās bija parādījies sērūdeņradis. Tas ir veicinājis aļģu savairošanos. Šāds stāvoklis norāda uz jūras piesārņojumu.

Jūras piesārņojumu izraisa gan vielas, kas nonāk ūdenī ar komunālajiem un rūpnieciskajiem notekūdeņiem (deterģenti, smagie metāli), gan ar upju noteci (pesticīdi, minerālmēsli). Baltijas jūras piesārņošanu ievērojami sekmē naftas transports. 1981. gada novembrī uz Klaipēdas ostas mola akmeņiem vētra izmeta angļu tankkuģi «Globe Asami». Kuģis salūza trīs daļās, un no tā tvērtņēm izplūda 16 tūkstoši t mazuta. Avārijas seku likvidēšana valstij izmaksāja 800 miljonus rubļu.

Smags stāvoklis izveidojies Rīgas līcī, kurā ir augsts bakteriālais un ķīmiskais piesārņojums. Pēc Latvijas Bioloģijas institūta datiem, Rīgas līcī ik gadu nonāk vairāk nekā 3000 t fosfora, vismaz 50 000 t slāpekļa un apmēram tāds pats daudzums svaigu organisku vielu, no kurām $\frac{1}{5}$ fosfora, $\frac{1}{30}$ slāpekļa, bet $\frac{1}{3}$ svaigo organisko vielu dod Rīga. Stāvokli liča dienviddaļā pasliktina Slokas celulozes un papīra fabrikas notekūdeņi, kas no Lielupes nonāk līcī.

Par ievērojamu Baltijas jūras piesārņotāju ir kļuvusi Ventspils ar tās ostu, caur kuru iet Padomju Savienības visdažādākās produkcijas tranzīts (nafta un tās produkti, amonjaks u. c.). Kravas transportēšanā un pārkraušanā bieži vien netiek ievēroti attiecīgi noteikumi. Tā rezultātā šīs vielas noplūst Baltijas jūrā, piesārņojot arī Ventspils vidi. Nelabvēlīgais ekoloģiskais stāvoklis vērojams pilsētas dabā, piemēram, kalst koki; arī iedzīvotāju veselības stāvoklis pasliktinās.

Sodien Baltijas jūra ir kļuvusi par vienu no pasaules netirākajām jūrām.

Pēc Baltijas Zivsaimniecības zinātniskās pētniecības institūta datiem, pēdējo 20 gadu laikā gada nozveja (galvenokārt siļķu, reņģu, zušu, butu, zandartu) samazinājusies no 90 000 līdz 30 000 t. Par 80% ir samazinājušās arī Rīgas liča bagātās zemūdens plavas un nārsta vietas. Process lielā mērā saistāms gan ar pārmērīgu nozveju, gan arī ar piesārņojuma rezultātā izmainītiem zivju dzīves apstākļiem.

Tāču, pēc šodienas speciālistu atzinuma, piesārņojums nav vienīgais faktors, kas izraisa traucējumus Baltijas jūras ekosistēmā. Jāatzīmē, ka skābekļa deficīts ir radies arī sakarā ar ūdens apmaiņas traucējumiem starp Ziemeļu un Baltijas jūru. Situāciju atsevišķos Baltijas jūras rajonos, piemēram, Rīgas līcī, ievērojami pasliktina tas, ka gan atsevišķas pilsētas (Rīga), gan arī uzņēmumi (Slokas celulozes un papīra fabrika) tajā ieplūdina neattīrītus notekūdeņus.

Baltijas jūras problēma jau no 70. gadu vidus atrodas arī Padomju valsts orgānu un zinātnieku uzmanības centrā. Aktuālo jautājumu risināšanai izveidota Baltijas jūras aizsardzības komiteja. 1976. gadā PSRS Ministru Padome pieņēma lēmumu «Par pasākumiem Baltijas jūras baseina aizsardzības pastiprināšanai pret piesārņošanu». Analogu lēmumu 1976. gada rudenī Latvijā pieņēma

Ministru Padome. 1977. gadā ir izveidota republikāniskā Baltijas jūras aizsardzības valsts inspekcija, kuras galvenais uzdevums — sekot Baltijas jūras tirībai.

Plaši izvēršusies starptautiskā sadarbība un zinātniskie pētījumi par Baltijas jūras aizsardzību. 1971. gadā notika 1. padomju—zviedru simpozījs par Baltijas jūras aizsardzības problēmām.

1973. gadā 7 valstis — PSRS, PTR, VDR, VFR, Dānija, Zviedrija un Somija — noslēdza konvenciju par zvejošanu un dzīvo resursu aizsardzību Baltijas jūrā. Šo konvenciju sāka realizēt 1976. gadā, lielu uzmanību veltot to rajonu pētišanai, kur uzturas Baltijas jūras galvenās zivju sugas (brētliņas, siļķes, mencas), kas sastāda 86% no šīs jūras nozvejas.

1974. gadā Maskavā starp PSRS un Zviedriju noslēdza līgumu par zinātniskās pētniecības darbu Baltijas jūrā. Līgums paredzēja plašus zinātniskās pētniecības darbus Baltijas jūrā, lai izstrādātu modeli Baltijas jūrā notiekošo procesu prognozei. Latvijā šajos pētījumos aktīvi piedalās ZA Bioloģijas institūts.

1974. gadā Helsinkos 7 valstis parakstīja konvenciju par jūras vides aizsardzību Baltijas jūras rajonā. Vadoties pēc šīs konvencijas, izveidota un darbojas komisija Baltijas jūras vides aizsardzībai.

Ar 1987. gada Ministru Padomes lēmumu izveidota 1 km plata josla, lai nodrošinātu meža aizsardzības funkciju saglabāšanu Latvijā, kā arī racionālu dabas resursu (t. sk. atpūtas resursu) izmantošanu. Lēmumā teikts, ka no ūdens līnijas uz krasta pusi pastāv 300 m aizsargājamā josla, lai nodrošinātu nozīmīgākās piekrastes daļas aizsardzību. Šī piekrastes daļa ietver pludmali un kāpas, smilšu vaļņus, paugurus, kas atrodas tieši virs abrāzijas terases. Lai saglabātu zemūdens jūras krasta uzbūvi un tur notiekošos dabiskos procesus, izdalīta arī 300 m plata josla no ūdens līnijas uz jūras pusi.

Pašreiz tiek izstrādāta īpaša pasākumu sistēma Baltijas jūras Kurzemes piekrastes aizsardzībai. Ir paredzēta vairākus kilometrus plata josla, kurā tiktu reglamentēta cilvēka darbība, līdz ar to tiktu veicināta dabas elementu saglabāšana.

6.9. BIOSFĒRAS RADIOAKTĪVAIS PIESĀRŅOJUMS

Biosfēras radioaktivitāte ir divējāda: dabiskā un mākslīgā.

Dabiskā radioaktivitāte veidojas no Zemes garozā koncentrētajiem radioaktīvajiem urāna, torija nuklīdiem, kālija, oglekļa, ūdeņraža radioaktīvajiem izotopiem un kosmiskajiem stariem. Tā ir raksturīga biosfērai un nav atkarīga no cilvēka darbības. Latvijā dabiskās radiācijas fons ir ap $3 \cdot 10^{-6}$ rad*, pēc sanitāri higiēnis-

* Rads (angļu *radiation absorbed dose*), rad, rd — ārpussitēmas mērvienība jonizējošā starojuma absorbētās dozas mērīšanai. Milirads — rada tūkstošā daļa, mikrorads — rada miljonā daļa.

kajām normām tas nedrīkst pārsniegt $3 \cdot 10^{-3}$ rad. Tātad, šim fonam palielinoties 1000 reizes, nekādas kaitīgas sekas cilvēku organismā tas neatstās.

Atmosfērā radiācija palielinās, pieaugot augstumam virs Zemes virsmas. Viens no radioaktīviem elementiem ir radons, kas veidojas urāna sabrukšanas procesā. Dažos kalnu avotos ir novērojama 10...15 reizes paaugstināta radona koncentrācija. Uz dzīvajiem organismiem tā var iedarboties pat stimulējoši. Sava noteikta dabiskā radioaktivitāte ir arī Zemes garozai un ūdeņiem.

Mākslīgā radioaktivitāte, ja tā iziet ārpus cilvēka kontroles, ir viens no kaitīgākajiem atmosfēras, ūdens, augsnes un pārtikas produktu piesārņotājiem. Tā rodas kodolieroču izmēģinājumos, ar šo kodolieroču ražošanu saistītajā rūpniecībā, atomreaktoru un AES darbības rezultātā, uzņēmumos, kur izmanto radioaktīvās vielas, radioaktīvo atkritumu dezaktivācijas stacijās, dažādo radioaktīvo atkritumu kapsētās (it īpaši — tos nepareizi glabājot).

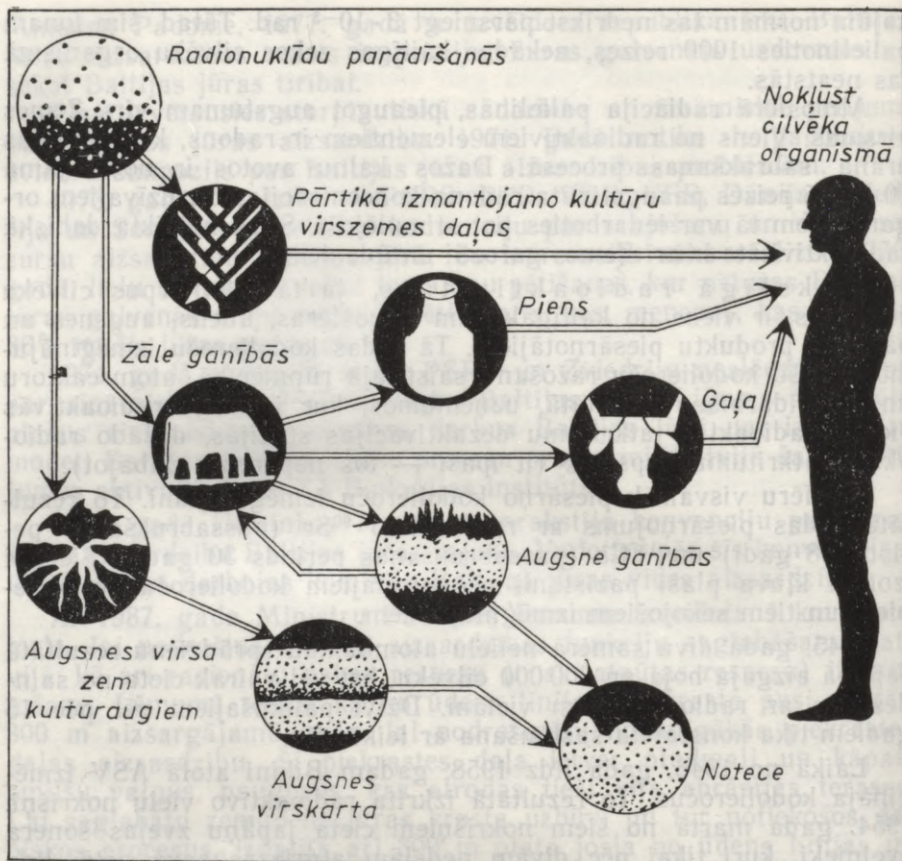
Biosfēru visvairāk piesārņo kodolieroču izmēģinājumi. To rezultātā rodas piesārņojums ar radioaktīvo ^{90}Sr (pussabrukšanas periods 28 gadi) un ^{137}Cs (pussabrukšanas periods 30 gadi). Šie abi izotopi kļuva plaši pazīstami pēc pirmajiem kodolieroču sprādzieniem un tiem sekojošiem izmēģinājumiem.

1945. gadā divu samērā nelielu atombumbu sprādzienu rezultātā Japānā aizgāja bojā ap 300 000 cilvēku, bet vēl vairāk cieta no saindēšanās ar radioaktīvajām vielām. Dzīvi palikušajiem vēl pēc 15 gadiem tika konstatēta saslimšana ar leukēmiju.

Laikā no 1946. gada līdz 1958. gadam Bikini atolā ASV izmēģināja kodolieročus. To rezultātā izkrita radioaktīvo vielu nokrišņi. 1954. gada martā no šiem nokrišņiem cieta japāņu zvejās šonera zvejnieki, kuri tikai pēc divām nedēļām atgriezās savā ostā, līdz ar to bija saņēmuši radiācijas dozu 27...440 rentgenus*. Pēc 7 nedēļām nomira radists Akiti Kubojama, bet radioaktīvās saindēšanās pazīmes, pirmām kārtām leukocītu skaita samazināšanās, bija visiem ekipāžas locekļiem. Cietuši bija ne tikai zvejnieki, arī sazvejotās zivis izrādījās radioaktīvas un lietošanai nederīgas, lai gan šoneris bija atradies 1300 km attālumā no sprādziena vietas. Izrādījās, ka kodolieroču sprādzienu produkti ar gaisa masām var tikt tālu pārnesti, nonākot ūdenī, tie savukārt ceļo gan ar straumi, gan arī ar dzīvajiem organismiem.

No dzīvniekiem radioaktīvās vielas vismazāk uzkrājas medūzās, visvairāk — nekustīgās, nepeldošās formās: ascīdijās, adatādaiņos, tārpos. Dzīvniekiem radioaktivitāte saglabājas ilgi pat tīrā ūdenī. Daudzi dzīvnieki radioaktīvās vielas akumulē. Klusajā okeānā izvejoto milzgliemeņu radioaktivitāte 2000 reizes pārsniedz ūdens radioaktivitāti, turklāt interesanti, ka šo gliemeņu radioaktivitāti veido ^{60}Co , kuru neizdevās konstatēt jūras ūdenī. Zivis radioaktīvās vielas

* Rentgens (pēc fiziķa V. Rentgena uzvārda), R — ārpussistēmas mērvienība rentgenstarojuma ekspozīcijas dozas mērīšanai.



6.9. att. Radioizotopu izplatīšanās ceļi vidē.

uzņē, barībā izmantojot bezmugurkaulniekus un aļģes. Šādas radioaktīvas zivis aizpeld ļoti tālu. Ar to arī saistīts japāņu aizspriedums pret tunčiem. Zivju radioaktivitāte dažos gadījumos ir izrādījusies pat 50 000 reižu augstāka nekā jūras ūdens radioaktivitāte.

Dažādās organisma daļās dažādi uzkrājas radioaktīvās vielas: visvairāk tās uzkrājas aknās, nierēs, mazāk — kaulos un asinīs, bet vismazāk — muskulatūrā.

Lapu un eskimosu organismos tika konstatēts radioaktīvais cēzijs 10...100 reižu lielākos daudzumos nekā mēreno platuma joslu iedzīvotājiem. Noskaidrojās, ka cēzijs tālo ziemeļu apgabalos nonāk ar nokrišņiem, tālāk akumulējas ķērpjos ziemeļbriežu ganībās. Tur tos apēd ziemeļbrieži, kuru gaļu vēlāk pārtikā lieto eskimosi.

Arī augsne uzkrāj radioaktīvās vielas (^{90}Sr , ^{14}C , ^{137}Cs u. c.). Augsnē tās nonāk ar radioaktīvajiem nokrišņiem pēc kodolsprādzie-

niem, ar radioaktīvajiem atkritumiem no zinātniskās pētniecības iestādēm. Radioaktīvās vielas ieslēdzas barības ķēdēs (6.9. att.) un tādējādi var nonākt arī cilvēka organismā (augšne→augš→dzīvnieks→cilvēks).

Radioaktīvās vielas dabas vidē nonāk arī dažādu avāriju rezultātā. Kad 1975. gadā cauruļvadu bojāšanās rezultātā no kodola degvielas rūpnīcas Anglijā jūrā iekļuva daudz ^{137}Cs , tad radioaktīvā cēzija saturs pieauga līdz $40,6 \cdot 10^{-9}$ Ci* uz 1 kg zivju. Atzīmēsim, ka gada radioaktīvā slodze cilvēka barībā nedrīkst pārsniegt $700 \cdot 10^{-9}$ Ci.

1986. gada aprīlī notika avārija Černobiļas AES 4. energoblokā. Avārijas rezultātā atmosfērā tika izmests daudz radioaktīvo vielu. Sabojātais reaktors vēl ilgu laiku turpināja izdalīt radiāciju. Cilvēkam bīstamā zona izveidojās gandrīz 3000 km² platībā. Šādas avārijas ir notikušas arī citās zemēs.

Akadēmiķis A. Saharovs ir ieteicis atomelektrostacijas celt pazemē, simt metru dziļumā, ja tās vispār ir jāceļ. Nekādā gadījumā tās nedrīkst celt biezi apdzīvotajos rajonos, pie upju iztekām, seismiski nedrošajos rajonos. Pirms AES celtniecības vienmēr jāveic vispusīga un ļoti rūpīga ekoloģiskā ekspertīze.

Radioaktīvos izotopus izmantojot zinātnē, medicīnā, tehnikā, atomenerģētikā, kā arī kara rūpniecībā, pasaulē nepārtraukti pieaug radioaktīvo atkritumu daudzums, kas rada atkritumu dezaktivācijas un uzglabāšanas problēmu. Pašreiz to dezaktivācija vēl ir atklāts, neatrisināts jautājums, ar kuru nākotnē nāksies nodarboties radiohigiēnas un profilakses speciālistiem.

Galvenais bīstamo radioaktīvo atkritumu avots ir atomreaktori un visdažādākās atomenerģētikā lietotās iekārtas (no urāna un torija rūdu iegūšanas līdz izlietotās kodola degvielas pārstrādei). Šajā gadījumā aizsardzības pasākumi ir ļoti sarežģīti, jo piesārņojošie elementi ir gan viela, gan arī enerģija.

Ir iespējamas trejādas radioaktīvo atkritumu kapsētas: zemes, jūras un okeāna, kosmosa dziļi.

Ir pazīstami *gāzveida, šķidrie un cietie radioaktīvie atkritumi*.

○ Gāzveida atkritumi veidojas šahtās, kur iegūst rūdas, pārstrādes rūpnīcās, kodolreaktoros u. c. Šo atkritumu aktivitāti samazina ar īpašu filtru palīdzību, kas aiztur sīkās radioaktīvās vielas daļiņas. Pēc šādas apstrādes gāzi caur pietiekoši augstiem (80... 120 m) skursteņiem laiž atmosfērā. Tas nodrošina radioaktīvo vielu izkliedēšanos lielā gaisa masā. Šī izkliedēšanās ir atkarīga arī no zemes reljefa un meteoroloģiskajiem apstākļiem.

○ Šķidrie radioaktīvie atkritumi ar zemu radioaktivitāti veidojas no uzņēmumu, laboratoriju, dezaktivācijas punktu notekūdeņiem. Augsta radioaktivitāte ir sāļu šķīdumiem, kas veidojas uzņēmumos,

* Kiri (pēc P. Kiri un M. Sklodovskas-Kiri vārda), Ci — ārpussistēmas mērvienība, ko lieto nuklīda aktivitātes mērīšanai radioaktīvā starojuma avotā.

kuros tiek realizēti radioaktīvo elementu ražošanas cikla pēdējie posmi. Sajos šķīdumos atrodamas arī tādas toksiskas vielas kā cianīdi, arsēns, svins, dzīvsudrabs.

Ļoti nopietns ir jautājums par šķidro un cieto atkritumu uzglabāšanu. Šķidro atkritumu dezaktivācijai izmanto modernizētas parasto notekūdeņu attīrīšanas metodes: ķīmiskās metodes (nogulsnešanu, koagulāciju), fizikāli ķīmiskās (adsorbciju, jonu maiņu), fizikālās (iztvaicēšanu, destilāciju). Šķidros atkritumus ar pieļaujamu (pietiekoši zemu) radioaktivitāti parasti iepludina upēs un jūrās vai arī ievada zemē. Šķidros un cietos atkritumus, kam augsta aktivitāte, savāc un uzglabā rezervuāros vai konteineros, kurus novieto pazemē, vecās šahtās vai arī iegremdē dziļi jūrās un okeānos, rajonos, kur nenodarbojas ar zvejniecību. Pret atkritumu iegremdēšanu jūrās un okeānos ir daudz iebildumu: konteineriem ar laiku bojājoties, tajos ieslēgtās vielas var nonākt jūras ūdenī un ar strauēm, kā arī ūdens dzīvniekiem izplatīties lielā attālumā, saindējot ūdeni. Lai to nepieļautu, ir realizēti vairāki likumdošanas akti. Tā 1958. gadā Ženēvā notika starptautiska konference par jūras tiesībām, kurā aizliedza jūru piesārņošanu ar radioaktīvajiem atkritumiem. 1972. gadā ASV prezidents R. Niksons parakstīja likumu, kas aizliedza augstas aktivitātes kara rūpniecības radioaktīvos atkritumus nogremdēt okeānu ūdeņos. Taču šis likums attiecās tikai uz kara materiāliem un neskāra miera atomenerģētiku.

Pastāv gluži fantastiski radioaktīvo atkritumu likvidēšanas un uzglabāšanas priekšlikumi. Tā ASV ir izstrādāts projekts šo atkritumu uzglabāšanai Antarktīdas ledājos. Visai neparasts šķiet priekšlikums augsti radioaktīvos atkritumus ar raķetēm nogādāt uz Saules.

Jāatceras, ka radioaktīvie atkritumi nav bīstami, kamēr tos glabā pareizi. Bīstamība rodas tad, ja tie ražošanas vai pētniecības iestāžu nolaidības dēļ, kā arī konteineru bojāšanās rezultātā nonāk biosfērā. Tāpēc katram radioaktīvo vielu lietotājam atbilstoši drošības tehnikas noteikumiem ir jārūpējas par radioaktīvo atkritumu dezaktivāciju un likvidāciju.

1963. gadā Maskavā tika noslēgts līgums par atomieroču izmēģinājumu aizliegšanu atmosfērā, kosmiskajā telpā un zem ūdens. Sākotnējiem PSRS, ASV un Anglijas parakstiem vēlāk pievienojās daudzas citas valstis. Vēl līdz šim līgumam nav pievienojušās Francija un Ķīna. Francijas kodolieroču sprādzieni Mururoa atolā nopietni apdraud Klusā okeāna rajona iedzīvotājus. Maskavas līgums ir ļoti svarīgs dokuments, tas pārtrauca plašo radioaktīvo vielu pieplūdumu atmosfērā. Jau 1964. gada martā presē bija publicēts PSRS Medicīnas ZA ziņojums, kurā teikts, ka kopējā radioaktivitāte nokrišņos samazinājusies 100 reizes salīdzinājumā ar laiku, kad notika kodolieroču izmēģinājumi.

1971. gadā Maskavā, Vašingtonā un Londonā tika parakstīts līgums, kas aizliedz jūru un okeānu dibenā un to dziļēs izvietot kodolieročus un cita veida masu iznīcināšanas ieročus. Līgumu bez minētajām valstīm parakstīja vēl 40 valstu pārstāvji.

Cīņa par mieru, par pasauli bez kodolieročiem reizē ir cīņa par biosfēru bez radioaktīvo vielu piesārņojuma. Šajā cīņā līdzās pārējām valstīm ievērojamu ieguldījumu ir devusi arī Padomju Savienība. 1987. gadā Maskavā notika starptautiskais forums «Par kodolbrīvu pasauli un cilvēces pastāvēšanu». 1988. gadā tika parakstīta un sāka realizēt PSRS un ASV vienošanās par noteiktas kategorijas raķešu likvidēšanu.

6.10. AIZSARGĀJAMĀS DABAS TERITORIJAS UN TO NOZĪME

Jau pagājušā gadsimtā bija jūtamas dabas nesaimnieciskas izmantošanas sekas. Sākās atsevišķu sugu medību dzīvnieku izzušana, augsnes erozija, ar to saistītā ražības pazemināšanās un citi procesi. Arvien aktuālāks kļuva jautājums gan par atsevišķu dabas elementu (iznikstošo augu un dzīvnieku sugu), gan arī par veselu dabas kompleksu (teritoriju) saglabāšanu. Līdz ar to dažādās valstīs sāka veidot dažādas kategorijas aizsargājamās dabas objektus. No tiem galvenie ir šādi: rezervāti, nacionālie parki, liegumi, dabas parki, parki un dendroloģiskie stādījumi, dzirnavdīķi, dabas pieminekļi, mikroliegumi. Sabiedrības un zinātnieku kustība par šādu objektu izdalīšanu sākās jau pagājušā gadsimta pirmajā pusē.

Rezervāti ir cilvēka darbības neskarti vai arī ļoti maz pārveidoti nogabali, kuru galvenais uzdevums — saglabāt ainavu un ekosistēmu dabisko stāvokli, kā arī dažādo sugu ģenētisko fondu. Padomju Savienībā rezervāti ir galvenā neskartās dabas aizsardzības forma. Padomju Savienībā rezervāti veidoti pēc principa, ka tie paredzēti tikai zinātniskās pētniecības darbam un ar to saistīto problēmu risināšanai. Rezervātu darbības principus nosaka «Nolikums par PSRS rezervātiem». Tajos

○ aizliegta jebkāda saimnieciskā darbība, kas kaitē rezervātu ekosistēmām un to elementiem;

○ rezervātus apmeklēt atļauts tikai ar speciālām to iestāžu vai resoru atļaujām, kas pārzina attiecīgos rezervātus.

Pašreiz eksistē trejāda tipa rezervāti: 1) *valsts rezervāti*, 2) *rezervāti — medību saimniecības* un 3) *biosfēras rezervāti*.

Valsts rezervāti ir dabas nogabali, teritorijas, kurās tiek saglabāts viss dabas komplekss kopumā. Šajos rezervātos galvenais pētījumu virziens ir dabas ekosistēmu un to elementu dinamikas pētījumi salīdzinājumā ar procesiem, kas norit antropogēnajā vidē. Rezervāti vienlaicīgi saglabā attiecīgo apgabalu vai republiku tipiskās un unikālās ainavas, palīdz nodrošināt reto un iznikstošo sugu genofonda saglabāšanu un atjaunošanu. Bez tam rezervātu teritorijas piedalās apgabala hidroloģiskā režīma un arī klimata regulēšanā. Parasti rezervātu teritorija nepārsniedz 30...70 tūkst. ha, tomēr var būt arī lielāki rezervāti un bieži apdzīvotās teritorijās — mazāki, kuru platība sniedzas līdz 5000 ha. Šim rezervātu tipam pieder lielais vairums Padomju Savienības rezervātu (1985. gadā — 141 valsts rezervāts).

Rezervāti — medību saimniecības ir rezervāti, kuros atsevišķu sugu medību dzīvnieku skaitu regulē ne tikai paša rezervāta štata personāls, bet arī ierobežotais mednieku kontingents. Lai sekmētu medību dzīvnieku atražošanu, tajos tiek veikti biotehniskie pasākumi. Padomju Savienībā ir 7 rezervāti — medību saimniecības ar kopplatību 230,6 tūkst. ha. Vairums šo rezervātu ir izveidoti 1957. gadā uz valsts rezervātu bāzes.

Biosfēras rezervāti ir rezervāti, kas paredzēti dažādo dabas procesu vispusīgiem pētījumiem nemainīgos un maz mainīgos biosfēras iecirkņos. Tos sāka organizēt 70. gados. Šādus rezervātus veido, vadoties pēc UNESCO starptautiskās programmas «Cilvēks un biosfēra». Tos izmanto ekosistēmu evolūcijas pētījumiem un uzskata par pašregulēties spējīgām dabas sistēmām. Tāpēc šiem rezervātiem jābūt pietiekoši lieliem un norobežotiem gan no blakus ekosistēmām, gan arī no atropogēnās ietekmes. Biosfēras rezervātos ietilpst globāla rakstura unikālas ekosistēmas un ainavas, kā arī retas un iznikstošas organismu sugas. Biosfēras rezervātu galvenais uzdevums ir nodrošināt dabisko un antropogēno sistēmu salīdzinošos ekoloģiskos pētījumus, vides globālā un valsts līmeņa monitoringu. Padomju Savienībā 1987. gadā bija 18 biosfēras rezervāti.

Dažkārt rezervātus veic zonēšanu. Pēc konkrētā rezervāta iecirkņa nozīmīguma, nolietojuma vai kāda cita rādītāja izšķir 3 zonas: stingrā režīma zonu, regulējamā režīma zonu un buferrežīma zonu.

Stingrā režīma zonu izveido, lai neskartā veidā saglabātu vēsturiski izveidojušos ekosistēmu, lai izdarītu izzūdošo un reto sugu ekoloģiskos pētījumus. Stingrā režīma zona parasti veido dotā rezervāta kodolu. Tajā ir aizliegta jebkāda darbība, kas nav saistīta ar zonas mērķiem un uzdevumiem un kas traucē ekosistēmu dabisko procesu norisi.

Regulējamā režīma zona ir izveidota, lai pētītu ekosistēmu struktūru un funkcijas un to pārmaiņas dabas procesu dabiskajā norisē, kā arī antropogēno faktoru ietekmē, lai veiktu pasākumus dabisko procesu zinātniskajā regulēšanā un ekosistēmu apstākļu mērķtiecīgā saglabāšanā.

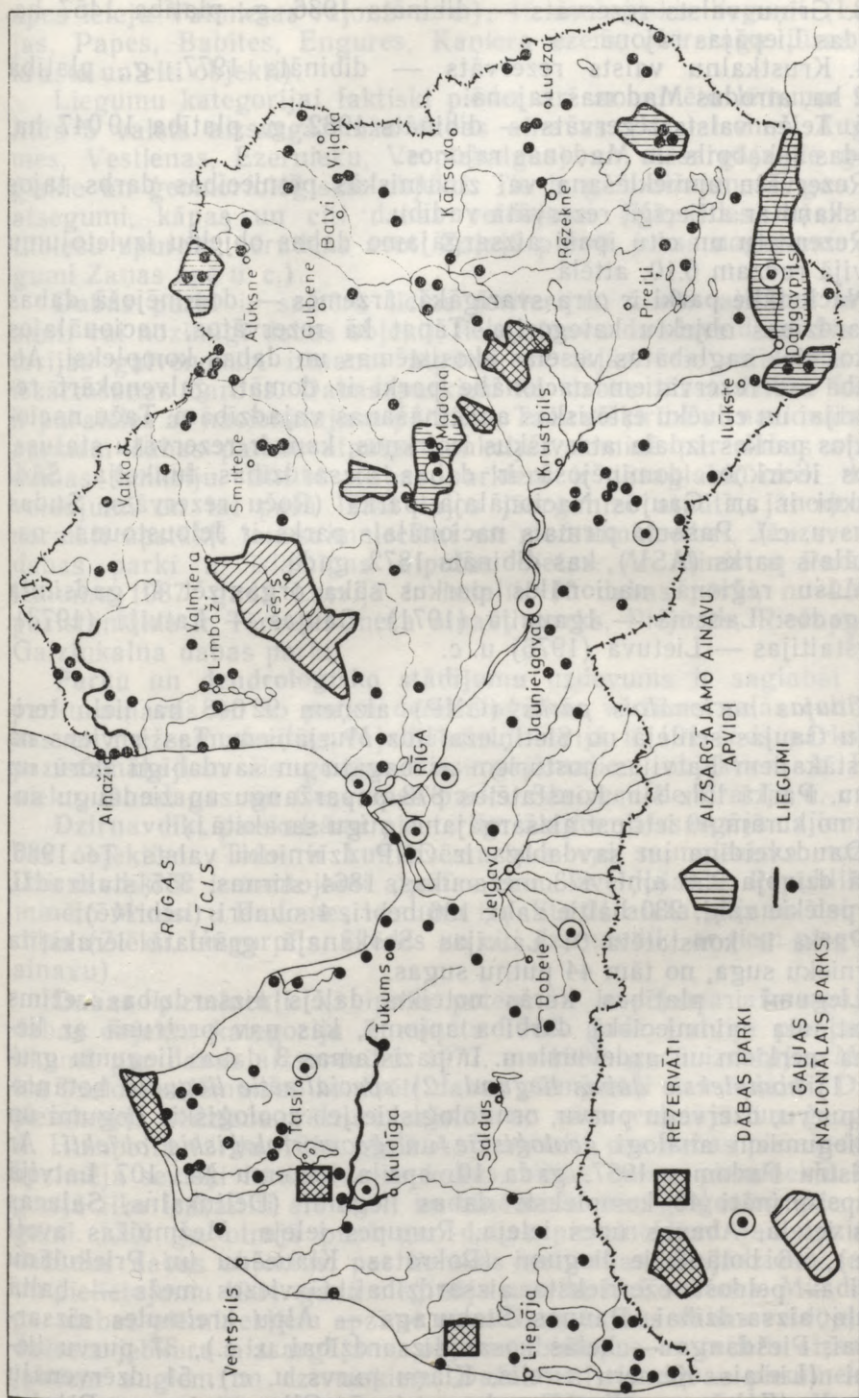
Buferrežīma zonu izveido, lai samazinātu intensīvās saimnieciskās darbības ietekmi uz stingrā un regulējamā režīma zonu dabiskajiem kompleksiem.

Vēsturiski pirmais rezervāts pasaulē ir izveidots Čehoslovākijā 1836. gadā. Tam seko Monteblo meža rezervāts Francijā 1861. gadā. Pirmais rezervāts Latvijas teritorijā ir Moricsalas rezervāts, kas izveidots 1912. gadā. Tas ir otrais izveidotais rezervāts Baltijā. Pirmais ir Vaika salu rezervāts (tagad Vilsandi rezervāts), dibināts 1910. gadā Igaunijā.

Latvijā pašreiz ir pieci rezervāti.

— 1. Moricsalas valsts rezervāts — platība 818 ha, atrodas Usmas ezerā Ventspils rajonā.

— 2. Slīteres valsts rezervāts — dibināts 1921. g., platība 15 037 ha, atrodas Talsu rajonā.



6.10. att. Īpaši aizsargājamo dabas objektu izvietojums Latvijā.

3. Grīņu valsts rezervāts — dibināts 1936. g., platība 1457 ha, atrodas Liepājas rajonā.

4. Krustkalnu valsts rezervāts — dibināts 1977. g., platība 2902 ha, atrodas Madonas rajonā.

5. Teiču valsts rezervāts — dibināts 1982. g., platība 19047 ha, atrodas Jēkabpils un Madonas rajonos.

Rezervātu apmeklēšana vai zinātniskās pētniecības darbs tajos jāsaskaņo ar attiecīgā rezervāta vadību.

Rezervātu un citu īpaši aizsargājamo dabas objektu izvietojumu Latvijā redzam 6.10. attēlā.

Nacionālie parki ir otra svarīgākā, ārzemēs — dominējošā dabas aizsardzības objektu kategorija. Tāpat kā rezervātos, nacionālajos parkos tiek saglabātas veselās ekosistēmas un dabas kompleksi. Atšķirībā no rezervātiem nacionālie parki ir domāti galvenokārt rekreācijai un cilvēku estētiskās audzināšanas vajadzībām. Taču nacionālajos parkos izdala atsevišķus iecirkņus, kam ir rezervātu statuss. Šajos iecirkņos dominējošā ir dabas aizsardzības funkcija. Šādi iecirkņi ir arī Gaujas Nacionālajā parkā (Roču rezervāts, Sudas purvs u. c.). Pasaulē pirmais nacionālais parks ir Jeloustounas nacionālais parks (ASV), kas dibināts 1872. gadā.

Mūsu reģionā nacionālos parkus sāka organizēt šī gadsimta 70. gados: Lahemā — Igaunijā (1971), Gaujas — Latvijā (1973), Augštaivijas — Lietuvā (1976) u. c.

Gaujas nacionālais parks (GNP) aizņem 92048 ha lielu teritoriju Gaujas senlejā no Sietiņieža līdz Murjāņiem. Tas ir viens no skaistākajiem Latvijas nostūriem ar bagātu un savdabīgu floru un faunu. Parkā līdz šim konstatētas 873 paparžaugu un ziedaugu sugas, no kurām 40 ietilpst aizsargājamo sugu sarakstā.

Daudzveidīga un savdabīga ir GNP dzīvnieku valsts. Te 1986. gadā dzīvoja 250 aļņi, 473 mežacūkas, 1864 stirnas, 355 staltradži, 375 pelēkie zaķi, 230 baltie zaķi, 136 bebri, 4 sumbri (nebrīvē).

Parkā ir konstatēta 61 Latvijas Sarkanajā grāmatā ierakstīta dzīvnieku suga, no tām 44 putnu sugas.

Liegumi ir platības, kurās noteikts daļējs aizsardzības režīms un atļauta saimnieciskā darbība apjomā, kas nav pretrunā ar lieguma mērķiem un uzdevumiem. Ir pazīstamas 3 dabas liegumu grupas: 1) *kompleksie dabas liegumi*, 2) *specializētie liegumi*: botāniskie, purvu, dzērveņu purvu, ornitoloģiskie jeb zooloģiskie liegumi un 3) liegumiem analogi *ģeoloģiskie* un *ģeomorfoloģiskie objekti*. Ar Ministru Padomes 1987. gada 10. aprīļa lēmumu Nr. 107 Latvijā ir apstiprināti 40 kompleksie dabas liegumi (Dēliņkalns, Salacas upes ieleja, Abavas upes ieleja, Ruņupes ieleja, Mežmuižas avoti u. c.), 46 botāniskie liegumi (Pokratas, Klaucānu un Priekulānu ezeri — peldošā ezerrieksta aizsardzībai, Gaviezes mežs — baltā āmuļa aizsardzībai, Raunas Staburags — Alpu kreimules aizsardzībai, Piešdanga — lielās kosas aizsardzībai u. c.), 37 purvu liegumi (Lielais Ķemeru tīrelis, Klāņu purvs u. c.), 51 dzērvenāju liegums (Zaļezera purvs Bauskas rajonā, Oļļas purvs ar Pīgeles

upes ieleju Valmieras rajonā u. c.), 15 zooloģiskie liegumi (Liepājas, Papes, Babītes, Engures, Kaņiera ezers, Mērsraga jūras piekraste un citi objekti).

Liegumu kategorijai faktiski pieder arī ar minēto lēmumu izdalītās 5 valsts aizsargājamās dabas ainavas (Veclaicenes, Augšzemes, Vestienas, Ezernieku, Vecpiebalgas) un aizsargājamie ģeoloģiskie un ģeomorfoloģiskie objekti. Tie ir gan dižakmeņi, gan iežu atsegumi, kāpas un citi dabas veidojumi (Kapsēdes dižakmens, Lībiešu upurāla, sērūdēns avoti Zaļajā purvā, jūras nogulumu atsegumi Zaņas upē u. c.).

Dabas parki ir samērā lielas teritorijas, kurās atrodas interesanti vai nozīmīgi dabas objekti, liela ainavu daudzveidība. Šīs teritorijas galvenokārt izmanto atpūtai un tajās veic attiecīgus labiekārtošanas darbus. Dabas parkiem kā dabas aizsardzības formai ir paralēles ar nacionālajiem parkiem. Taču atšķirībā no nacionālajiem parkiem dabas parkos atpūtas funkcijas dominē pār dabas aizsardzības funkciju. Būtībā dabas parkiem ir jāsauglabā izcili dabas veidojumi un tai pašā laikā tajos jāorganizē atpūta, jānodrošina normāli apstākļi lauksaimniecībai un mežsaimniecībai. Jāuzsver, ka dabas parki ir īslaicīgas atpūtas vietas. Ar Ministru Padomes lēmumu 1987. gadā Latvijā ir izdalīti 10 dabas parki, no kuriem pazīstamākie ir Tērvetes meža ainavu parks, Piejūras, Riežupes un Gaiziņkalna dabas parki.

Parku un dendroloģisko stādījumu uzdevums ir saglabāt veco parku ainavas un šo parku dendroloģiskās vērtības zaļās celtniecības un mežsaimniecības vajadzībām. Latvijā ir 191 šāds parks. No pazīstamākajiem šīs grupas aizsargājamajiem objektiem ir Burtnieku, Dundagas un Cesvaines parks, Skrīveru dendrārijs u. c.

Dzirnavdiķi pieskaitāmi pie teritoriālajiem aizsargājamajiem dabas objektiem. Tiem ir kultūrvēsturiska vai saimnieciska nozīme. Dzirnavdiķi ir izmantojami atpūtas zonu izveidošanai. Republikā ar minēto Ministru Padomes lēmumu izdalīts 21 aizsargājams dzirnavdiķis (Zlēku, Ungurpils, Šķēdes un citi dzirnavdiķi ar tiem pieguļošo ainavu).

Dabas pieminekļi kā īpaša potenciāli iespējama aizsargājamo dabas objektu kategorija ir minēta 1968. gadā Latvija pieņemtajā likumā par dabas aizsardzību. 1977. un 1987. gadā izdotajos Ministru Padomes lēmumos konkrēti dabas pieminekļi nav izdalīti. Dabas pieminekļa jēdziena vēsture saistās ar vācu ceļotāja un ģeogrāfa A. Humbolta vārdu. 1819. gadā A. Humbolts par dabas pieminekļiem apzīmēja sevišķi izcilus vecus kokus. Vēlāk dabas pieminekļu kategorijā tika ieskaitīti arī izcili un zinātniski vērtīgi ģeoloģiskie atsegumi. XIX gs. otrajā pusē par dabas pieminekļiem jau apzīmēja dažādus dabas objektus, pat lielākas teritorijas. Šī jēdziena saturu un pielietojumu 1904. gadā mēģināja noteikt H. Konvencs. Mūsdienās par dabas pieminekļiem apzīmē atsevišķus izcilus dabas veidojumus, dažreiz jebkuru aizsargājamo objektu, biotopus ar retiem aizsargājamiem augiem un dzīvniekiem. Dažās valstīs dabas pieminekļiem ir noteikts platības cenzs, piemēram, Vācijā — 5 ha. Kopumā

jāsecina, ka faktiski mūsdienās nav panākta šī jēdziena viennozīmīga lietošana un mēs no šī jēdziena izmantošanas atturamies.

Mikroliegumus jeb pagaidliegumus izveido uz kādu noteiktu laiku. To galvenā nozīme ir dzīvnieku aizsardzībā. Šādus liegumus izveido putnu ligzdošanas vietu, dzīvnieku vairošanās vietu aizsardzībai, retāk — augu aizsardzībai. Mikroliegumus agrāk pēc speciālistu ierosinājuma apstiprināja Latvijas Mežsaimniecības un mežrūpniecības ministrija, pašreiz tie nodoti rajonu un pagastu pārziņā. Pirmie šāda tipa liegumi zīdītāju aizsardzībai republikā noorganizēti 1979. gadā, piemēram, Ašķeres liegums Daugavas senlejā pie Skrīveriem, kurā mīt lielais susuris, un liegums Smiltenes MRS teritorijā brūnajam lācim. Mikroliegumi sīkspārņu aizsardzībai izveidoti Alūksnes un Cēsu rajonos. Vairāki mikroliegumi ir izveidoti melnā stārķa ligzdu aizsardzībai. Pašreiz Latvijā ir ap 150 mikroliegumu dzīvniekiem un ap 15 mikroliegumu augu aizsardzībai.

1990. gada 26. martā Latvijas Ministru Padome pieņēma lēmumu par Ziemeļvidzemes reģionālā dabas aizsardzības kompleksa izveidošanu. Tā uzdevums ir kardināli uzlabot ekoloģisko situāciju Salacas baseinā un Rīgas liča Ziemeļvidzemes piekrastē, kā arī radīt priekšnoteikumus biosfēras rezervāta organizēšanai šajā teritorijā.

6.11. SARKANĀ GRĀMATA

Dati par retajām un iznīkstošajām augu un dzīvnieku sugām tiek apkopoti Sarkanajā grāmatā. Pēc Starptautiskās dabas un dabas resursu aizsardzības savienības (SDAS) Reto un iznīkstošo sugu komisijas priekšlikuma sastāda starptautisko Sarkanā grāmatu. SDAS Sarkanajā grāmatā iekļautās sugas daļa vairākās kategorijās atkarībā no to sastopamības dabā un pastāvošo iznīkšanas draudu pakāpes. *Latvijas PSR Sarkanās grāmatas izdevumā* (1985) lieto šādu kategoriju klasifikācija:

0. *kategorija* — acīmredzot iznīkušas sugas, kuras nav sastopamas dabā vairākus gadus, taču, iespējams, saglabājušās atsevišķās vietās, kā arī nebrīvē vai kultūrā; nepieciešama īpaša valsts aizsardzība likumdošanas veidā;

1. *kategorija* — sugas, kurām draud iznīkšana, to turpmākā eksistence nav iespējama bez sevišķu pasākumu veikšanas; nepieciešama īpaša valsts aizsardzība likumdošanas veidā;

2. *kategorija* — retās sugas, kurām nedraud iznīkšana, bet tās sastopamas tik nelielā skaitā vai arī platības ziņā tik ierobežotās un specifiskās dzīvesvietās, ka var ātri iznīkt; nepieciešama īpaša valsts aizsardzība likumdošanas veidā;

3. *kategorija* — sugas, kuru indivīdu skaits samazinās un areāls sašaurinās vairākus gadus dabisku cēloņu dēļ vai cilvēku darbības rezultātā, vai arī abu minēto faktoru ietekmē; nepieciešama turpmāko skaita izmaiņu kontrole un izmantošanas stingra likumiska reglamentēšana;

4. *kategorija* — nepietiekami pētītas sugas; iespējams, ka tām draud iznīkšana, bet ziņu trūkuma pēc pagaidām nevar precīzi novērtēt to stāvokli; nepieciešama pastiprināta izpēte.

Pēdējos starptautiskās Sarkanās grāmatas variantos vietām ir apmainītas 2. un 3. kategorijas, kā arī nav lietota 0. kategorija. Sarkanās grāmatas oriģinālus parasti veido pārlietamā galda kalendāra veidā, turklāt informācija par dažādu kategoriju sugām tiek atspoguļota uz dažādu krāsu lapām: 0. kategorijas sugām ir melnas lapas, 1. kategorijas sugām — sarkanas, 2. kategorijas — baltas, 3. kategorijas — dzeltenas, 4. kategorijas — pelēkas. Sarkanās grāmatas pārlietamā galda kalendāra veidā veido tāpēc, lai vajadzības gadījumā atsevišķas lapas varētu izņemt vai arī ielikt jaunas lapas, kas atspoguļotu jaunāko informāciju. Sarkanā grāmata ir permanents dokuments. Tas nozīmē, ka tajā ietverto sugu skaits un sastāvs var mainīties atkarībā no konkrētās situācijas.

● Pirmā starptautiskā Sarkanā grāmata iznāca 1963. gadā 2 sējumos, tā bija veltīta putniem un zīdītājiem. No 1966. gada līdz 1971. gadam tika sagatavots šīs Sarkanās grāmatas otrais izdevums 3 sējumos, trešais izdevums publicēts, sākot ar 1972. gadu, bet ceturtais — no 1978. gada līdz 1980. gadam.

● Padomju Savienības Sarkanā grāmata nodibināta 1974. gadā. Tās izstrādāšana un izdošana tika uzticēta PSRS Lauksaimniecības ministrijas Galvenajai dabas aizsardzības, rezervātu, mežsaimniecības un medību saimniecības pārvaldei un Centrālajai dabas aizsardzības zinātniskās pētniecības laboratorijai.

PSRS Sarkanā grāmata iznāca 1978. gadā. Tajā bija ietvertas 62 zīdītāju, 63 putnu sugas un pasugas, 8 abinieku un 21 rāpuļu suga. Augus pārstāvēja 444 ziedaugu un paparžaugu sugas. Visi organismi bija dalīti 2 grupās: A — sugas, kam draud iznīkšanas briesmas, un B — retās sugas.

1984. gadā iznāca jauns PSRS Sarkanās grāmatas izdevums 2 sējumos. Pirmajā sējumā ietvertas 463 dzīvnieku sugas, otrajā — 603 augstāko augu sugas, 29 ķērpju, 20 sēņu sugas. Līdz ar to redzams, ka otrajā izdevumā PSRS Sarkanā grāmata ir ievērojami papildināta un paplašināta. Tas norāda uz faunas un floras augstāku izpēšanas pakāpi. Jaunajā PSRS Sarkanās grāmatas izdevumā ietvertas daudzas posmkāju, gliemju, tārpu un pat vairākas zivju sugas. Šajā PSRS Sarkanās grāmatas izdevumā ievietotie organismi dalīti 5 kategorijās.

1. *kategorija* — apdraudētās sugas (šajā kategorijā ietvertas arī agrākās 0. kategorijas sugas, piemēram, Vidusāzijas tīģeris).

2. *kategorija* — sugas, kuru indivīdu skaits samazinās.

3. *kategorija* — retās sugas.

4. *kategorija* — nepietiekami izpētītās sugas.

5. *kategorija* — dabā atjaunotās sugas.

Šis dalījums ir konsekventi izmantots PSRS Sarkanās grāmatas 2. izdevumā attiecībā uz dzīvniekiem (1. sējumā). Attiecībā uz augiem (2. sējumā) tas nav ievērots. Redakcija tur aprobežojusies ar vispārīgiem apzīmējumiem.

● Latvijas Sarkanā grāmata ar Ministru Padomes lēmumu nodibināta 1977. gadā. Tās sagatavošana un izdošana uzticēta ZA Bioloģijas institūtam. Sarkanās grāmatas vešanai tika nodibināta Sarkanās grāmatas padome. Sarkano grāmatu izstrādāja trīs gadus un apstiprināja 1980. gadā. Sākotnēji tajā bija ietvertas 112 augu un 119 dzīvnieku sugas. 1985. gadā izdevniecība «Zinātne» šādā sastāvā izdeva tipogrāfiski iespiesto Latvijas PSR Sarkano grāmatu. Vēlāk, 1985. gadā ar Sarkanās grāmatas padomes lēmumu tā ir papildināta ar 32 sēņu un 20 ķērpju sugām. No Sarkanās grāmatas 1987. gadā izslēdza 3 dzīvnieku sugas — ūdru, rubeni un medni. Līdz ar to pašreiz Latvijas Sarkanajā grāmatā ietvertas 116 dzīvnieku sugas. Tā sastāv no atsevišķām lapām ar augu un dzīvnieku sugu vai pasugu aprakstiem, kuros sniegtas šādas ziņas: sugas nosaukums latīņu, latviešu un krievu valodā, krāsains attēls, statuss, izplatība, biotops, populācija vai fitocenoze, ziņas par vairošanos, skaita un areāla izmaiņu cēloņi, pašreizējā aizsardzība, priekšlikumi par aizsardzību un tālāko izpēti, informācijas avoti, izplatības karte. Latvijas Sarkano grāmatu sastāda vienā oriģināleksempļārā, kas glabājas ZA Bioloģijas institūtā.

1984. gada 12. janvārī Ministru Padome pieņēma jaunu lēmumu par Latvijas Sarkano grāmatu. Tajā norādīts, ka Sarkanajā grāmatā ierakstītās augu un dzīvnieku sugas ir īpaši aizsargājamas visā Latvijas teritorijā un ka aizliegta to ieguve (vākšana), izņemot Latvijas likumdošanā paredzētos gadījumus.

Sarkanās grāmatas veido kā zinātniskus dokumentus, kuru uzdevums vērst speciālistu, sabiedrības, valsts iestāžu uzmanību uz atsevišķu sugu izdzīvošanas apdraudēto stāvokli, uz nepieciešamību šo sugu saglabāšanai veikt speciālus pasākumus. Juridisko aizsardzību Sarkanajās grāmatās ietvertās organismu sugas iegūst pēc tam, kad to saraksti apstiprināti ar valdības lēmumu. Tā Latvijas Sarkanajā grāmatā ietvertu sugu aizsardzība juridisko spēku ir ieguvusi ar Ministru Padomes 1987. gada 10. aprīļa lēmumu Nr. 107.

● Sarkanās grāmatas ir izstrādātas un publicētas Bulgārijā — 1984. g., VFR — 1984. g., Lietuvā — 1981. g., Igaunijā — 1982. g., Uzbekijā — 1982. g. (I d.), 1983. g. (II d.) u. c. Mūsdienās līdzās Sarkanajai grāmatai pastāv arī Zaļā grāmata. Tajā ieraksta retas un iznikstošas fitocenozes. Šāda tipa Zaļā grāmata publicēta Ukrainā (1987). Materiāli Zaļās grāmatas sastādīšanai tiek vākti arī Latvijā un citās republikās.

6.12. AUGU VALSTS RESURSI UN TO AIZSARDZĪBA

Augu valsts resursi ir nozīmīgi kā zaļie autotrofie augi, kuri producē skābekli un augu izcelsmes organiskās vielas. No augu atliekām, uzkrājoties tajās Saules enerģijai, ir veidojušies akmeņogļu slāņi un kūdra, kā arī nafta, slānekļis un citi izrakteņi. Mūsdienās dabas aizsardzības dažādie aspekti tieši vai netieši ir saistīti ar augu valsts aizsardzību. Uz Zemes ir zināms apmēram

500 000 augu sugu, no kurām vairāk nekā 350 000 sugu ir augstākie augi, bet apmēram 150 000 sugu pieder zemākajiem augiem (tradicionāli te pieskaitītas arī sēnes).

Padomju Savienības florā konstatētas ap 20 000 sēkļaugu un paparžaugu sugas. Latvijas florā atrastas ap 8100 sugas, kuras pa atsevišķām augu grupām sadalās šādi: sēnes — 3600 sugas (no tām ap 300 sugu ēdamo sēņu), aļģes — 2500 sugas, ķerpji — 464 sugas, sūnas — 460 sugas, paparžaugi — 48 sugas, sēkļaugi — 1648 sugas (no tām savvaļas augi — 1205 sugas, antropogēnās sugas — 316, bet 127 sugas pārstāv augus, kuri pāriet savvaļā). Latvijas florā sastopamas 240 ārstniecības augu sugas, 90 krās- vielas saturošas augu sugas, 100 indīgo augu sugas, 150 pārtikas augu un 250 dekoratīvo augu sugas. Ap 250 augu sugas novērtētas kā dārzu un tīrumu nezāles.

Mežs. Mežs ir ekosistēma, kurā galvenā organiskās vielas ražotāja ir mežaudze. Mežs, būdams dzīvās dabas sastāvdaļa, stipri ietekmē abiotisko vidi, tam ir milzīga nozīme gan dabas, gan cilvēku dzīvē. Ar to cieši saistīta daudzu pameža un zemsedzes augu, kā arī mikroorganismu, sēņu un dzīvnieku sugu eksistence. Mežs fotosintēzē uzkrāj Saules enerģiju. Aprēķināts, ka mērenās joslas apstākļos uz 1 ha nonāk $41,8 \cdot 10^{11}$ J Saules enerģijas. Platlapju mežs uz 1 ha uzkrāj 5...6 t masas, kas atbilst $209 \cdot 10^9$ J gadā. Šo enerģiju caur fotosintēzi nodrošina milzīgā koku lapu un skuju platība, kas 1 ha lielai ozolu audzei ir 6 ha, egļu audzei — 16 ha, bet priežu audzei — 17 ha.

Mežiem milzīga nozīme ir kā skābekļa producentiem. Fotosintēzē meži izmanto oglekļa dioksīdu, kas atmosfērā nonāk no visdažādākajiem avotiem.

Cilvēka dzīvē svarīga ir arī mežu sanitāri higiēniskā un kulturāli estētiskā loma. Meži cilvēkus nodrošina ar nepieciešamajiem koksnes resursiem. Koksne ir viena no universālākajām izejvielām, no kuras var izgatavot vairāk nekā 15...20 tūkst. dažādu izstrādājumu un produktu. Neskatoties uz to, apmēram pusi no pasaulē iegūstamās koksnes izmanto par kurināmo, bet trešo daļu izmanto gan zāgmateriāliem, gan arī citiem celtniecības materiāliem.

Latvijā 1982. gadā ir sagatavoti 3,9 milj. m³ koksnes. Rekordu koksnes iegūšanā republika uzrādīja 1970. gadā, kad, nokopjot 1967. un 1969. gadu vētru nodarītos postījumus, tika sagatavoti 7,3 milj. m³ koksnes, cirsmas izstrādājot 10...15 gadus uz priekšu. Republikas MRS kokapstrādes cehi sagatavo vairāk nekā 10 dažāda veida izstrādājumus: zāgmateriālus, baļķus, papīrmalku, stabus, stūtmalku u. c. Pirms priežu audžu izciršanas veic atsveķošanu. 1980. gadā republikas mežos savāktas 800 t sveķu. No tiem tālāk iegūst kolofoniju un terpentīnu. Tomēr, neskatoties uz to, ka ir pazīstami dažādi koksnes aizvietotāji, koksnes patēriņš nesamazinās, bet pieaug. Neviena saimniecības nozare nevar iztikt bez koksnes. Daudz koksnes izmanto ķīmiskajā rūpniecībā. Ļoti daudzveidīga ir produkcija, ko iegūst, ķīmiski pārstrādājot koksni, zarus, skuju, mizas un

celmus. Tā ir plastmasa, etiķskābe, metilspirts, mākslīgās šķiedras, acetons, formalīns, etilspirts, glikoze, lopbarības raugs, furfurols u. c.

Latvijas mežrūpsaimniecībā darbojas cehi, kas ražo karotīna pastu, skuju miltus, sveķus, miecvielas.

Viens no svarīgākajiem koksnes izmantošanas veidiem ir papīra ražošana. Tā 1982. gadā ražoja 61 000 t celulozes, 145 000 t papīra un 10 700 t kartona. Latvijas rūpnīcas deva 3% no PSRS ražotā papīra un 0,7% kartona.

Vispārzināma ir meža loma hidroloģiskā režīma regulēšanā un augsnes aizsardzībā.

Liela nozīme ir meža blakus izmantošanas veidiem: medībām, ogu, riekstu, ārstniecības augu un sēņu vākšanai. Tas papildina mūsu pārtikas krājumus, vienlaicīgi nodrošina pilnvērtīgu un veselīgu atpūtu.

Meži rada lieliskus apstākļus dziednīcu un sanatoriju ierīkošanai, atpūtas vajadzībām.

Meži pieder atjaunojamajiem dabas resursiem. Tomēr pasaulē vērojama tendence samazināties ar mežu aizņemtajām platībām. Tā pēdējos 100 gados (1880—1980), pēc ANO Pārtikas un lauksaimniecības organizācijas datiem, pasaules mežu platība samazinājusies par 1,5 mljrd. ha jeb par $\frac{1}{3}$. Pasliktinājies arī zemeslodes mežu kvalitatīvais sastāvs: pašreiz produktīvie meži aizņem tikai 1,9 mljrd. ha, kas sastāda 50% no mežu kopplatības. Daudzas rajonos vērojama katastrofāla mežu platības samazināšanās. Īpaši satraucoša ir Dienvidamerikas Amazones baseina mežu iznīcināšana. Jāņem vērā, ka tropu mežu atjaunošana ir daudz grūtāka nekā mūsu mežu atjaunošana, jo daudz komplikētāka ir to struktūra un tajos neuzkrājas trūdvielu rezerves. Savukārt tropu mežu iznīcināšana izraisa dažādas klimatisko parādību svārstības (viesuļvētras, sausumu, plūdus). Neskarti meži saglabājušies galvenokārt tikai kalnos vai citādi nepieejamos apgabalos, nacionālajos parkos un rezervātos.

PSRS vidējais mežainums sastāda 35,3%, lai gan mežu teritoriālais izvietojums ir ļoti nevienmērīgs un lielākie mežu masīvi atrodas taigā. Visus PSRS mežus pēc to saimnieciskās nozīmes, atrašanās vietas un funkcijām iedala 3 grupās.

○ I grupa — *saudzējamie meži*. Tajos ieskaitīti rezervātu, augsnes aizsardzības mežs un kūrortmežs, kā arī rekreācijas mežs (zaļās zonas ap pilsētām un rūpnīcām, aizsargjoslas gan jūrām, upēm, dzelzceļiem) u. c. Šiem mežiem ir sanitāra, dekoratīva, dabas aizsardzības un vēsturiska nozīme. Tajos atļautas tikai sanitārās cirtes.

○ II grupa — *meži, kuriem ir loma hidroloģiskā režīma un klimata regulēšanā*. Šajos mežos atļautas izmantošanas cirtes, kuru apjoms nedrīkst pārsniegt ikgadējo koksnes pieaugumu.

○ III grupa — *ekspluatējamie meži*. Tie pašreiz vēl nav pilnīgi apgūti. Šādi meži ir PSRS ziemeļu un austrumu apgabalos. Ciršanas apjoms tajos nav stingri noteikts. Mežu attiecības pa grupām

PSRS un Latvijas mežu sastāvs
atsevišķās mežu grupās 1978. gadā, %

	I grupas meži	II grupas meži	III grupas meži
PSRS Latvijā	18 53,6	7 46,4	75 —

pastāvīgi mainās, ir tendence palielināties I, bet samazināties III grupas mežiem. Pārskatu par šo mežu attiecībām sniedz 6.2. tabula.

Latvijas meži aizņem 26 000 km² jeb 40% teritorijas (1984). Republikas teritorijā vērojama tendence mežainumam pieaugt. Tā 1929. gadā mežainums sastādīja 29,2%, 1958. g. — 33%, bet 1983. g. — 41,1%. No kopējās mežu platības 65,3% apsaimnieko valsts, 19,1% atrodas kolhozu, 13,6% — padomju saimniecību pārziņā, bet 2% ir citi apsaimniekotāji. Valsts mežos pusi platības (50%) aizņem priede, veidojot augstražīgas un stabilas audzes. Pārējā teritorijā 17,3% aizņem egle, kas labvēlīgos augšanas apstākļos dod lielu ķīmiskai pārstrādei noderīgas koksnes ražu. Sakarā ar nelabvēlīgiem augsnes apstākļiem un klimata izmaiņām, kā arī cilvēka darbības ietekmē republikā stipri samazinājušās ozolu un ošu platības, tās sastāda tikai 0,7% no valsts mežu kopplatības. Mazās platībās sastopamas liepu audzes. Samērā lielas platības aizņem t. s. sekundārie meži, kurus veido bērzs (25,2%), apse (2,8%) un baltalksnis (1,5%). Melnalkšņu platības (2,5%) sastopamas gar strautiem un nelielām upēm, kā arī vietās, kur izplūst pazemes ūdeņi.

Lielāko daļu saudzējamo mežu kategorijas sastāda lauku un augsnes aizsardzības meži (32,6%), kā arī lieguma joslas gar upēm, ezeriem un citām ūdenstilpēm (8,6%). Joslas gar dzelzceļiem un šosejām sastāda 2,3%, kūrortmeži — 0,3%. Latvijas meži pieder pie produktīviem mežiem, jo koksnes pieaugums uz 1 ha gadā ir 3,1 m³.

Meža bagātību racionālas izmantošanas un aizsardzības pamati Latvijā formulēti 1968. gadā pieņemtajā likumā par dabas aizsardzību un 1978. gadā pieņemtajā Latvijas mežu kodeksā. Mežsaimnieku praktiskajā darbībā svarīgs ir Ministru Padomes 1969. gada lēmums Nr. 119 par ainavu saglabāšanu, veicot meliorācijas darbus. Daudzveidīgos mežsaimniecības un mežrūpniecības pasākumus (mežu atjaunošanu, mežu kopšanu, aizsardzību no uguns, kaitēkļiem un slimībām) republikā realizē Latvijas Republikas Mežu ministrija. Republikā darbojas zinātnes un ražošanas apvienība «Silaiva». Tās pētījumu galvenie virzieni ietver meža produktivitātes palielināšanu, meža koku selekciju un dabas aizsardzību, mežsaim-

niecības un mežrūpniecības ekonomiku, prognozēšanu un citus jautājumus.

Mežu produktivitātes celšanā republikā liela nozīme ir hidromelioratīvo pasākumu kompleksam. Pārmitro valsts mežu platības sastāda 9840 km². Hidromeliorācija atveseļo mežu ekosistēmas un dod vienā gadā apm. 1 milj. m³ lielu koksnes pieaugumu.

Ekoloģijas likumsakarību ievērošanu zinātniski pamatotā mežsaimniecībā sekmē meža tipoloģijas attīstība, meža biogeocenožu ar līdzīgu struktūru un sukcesiju apvienošana noteiktos meža augšanas tipos. Meža tipoloģijas sasniegumus izmanto, ne tikai risinot meža apsaimniekošanas stratēģijas problēmas, bet arī izstrādājot tehnoloģiskās shēmas un citus jautājumus.

Mežos atrodamas daudzas republikā aizsargājamas sēkļaugu, sēņu un ķērpju sugas. Tipiski meža augi ir dzeltenā dzegužkurpīte, Baltijas efeja, parastā īve, kalnu veronika (Latvijas Sarkanās grāmatas 1. kategorijas sugas); Eiropas kāpumielis, cepurainā neotianta (2. kategorijas); gada un vāļišu staipekņi, meža silpurene, daudzgadīgā mēnesene, ziemeļu linneja, mežlōks jeb lāksis (3. kategorijas).

No aizsargājamajām sēņu sugām un ķērpju sugām gandrīz visas ir meža apdzīvotājas.

Meža tipu etaloni saglabāti republikas īpaši aizsargājamajos dabas objektos — rezervātos, nacionālajā parkā, liegumos u. c.

Purvs. Purvs ir ekosistēma, kas ietver sauszemes nogabalu, kam raksturīgs pastāvīgs vai ilgstošs periodisks mitrums, īpatnēja veģetācija un īpatnējs augsnes veidošanās tips. Purvos veidojas kūdra, uzkrājoties augu atliekām ar dažādu sadalīšanās pakāpi.

Latvijas purvi sākuši veidoties leduslaikmeta beigū posmā. Vairums to ir pēcduslaikmeta veidojumi, kas radušies, sauszemei pārpurvojoties vai arī ūdeņiem aizaugot vai pāraugot. Šis process turpinās arī šobrīd. Latvijā purvu aizņemtā platība sastāda 6400 km² (ap 10% no republikas teritorijas). Lielākie purvu masīvi atrodas Piejūras zemienē un Austrumlatvijas līdzenumā.

Pēc veģetācijas rakstura, ūdens un minerālās barošanās režīma un kūdras nogulumiem izdala 3 purvu tipus: zāļu jeb zemos purvus, pārejas purvus un sūnu jeb augstos purvus.

○ *Zāļu purvi* (49,3%) veidojas tur, kur pieplūst gruntsūdeņi vai ar minerālvielām bagāti upju ūdeņi un izveidojas eitrofa vide. Zāļu purvi ir ļoti slapji ar stipri mineralizējušos un labi sadalījušos kūdrū. Tie izveidojas upju ieleju krastu terasēs, starppauguru ieplākās, un tiem ir raksturīga blīva, samērā daudzveidīga sūnu sega, neliels ziedaugu sugu skaits.

○ *Pārejas purvi* (6%) izveidojas tur, kur purvu barošanās procesā mazinājusies gruntsūdeņu nozīme, bet palielinājusies nokrišņu nozīme. Pārejas purvu fitocenozēs atrodami pieticīgākie zāļu purva augi un minerālvielu ziņā prasīgākie sūnu purva augi.

○ *Sūnu purvi* (44,7%) ir sausāki nekā zāļu purvi, taču kūdras mineralizācijas un sadalīšanās pakāpe tajos ievērojami zemāka.

Sūnu purvu kūdra ir ļoti skāba (pH 3,0...3,5). Tas viss nosaka šo purvu fitocenožu ekoloģisko raksturu. Faktiski visi sūnu purvu augi barības vielas iegūst vienīgi no nokrišņiem. Tāpēc arī sūnu purvu veģetācija sugu skaita ziņā ir ļoti nabadzīga un fitocenozēs atrodam ne vairāk par 12...15 ziedaugu sugām. Purvu centrālā daļa aug straujāk, jo sfagni tur bagātīgāk saņem nokrišņu ūdeni, bet purvu malās tas notek nost. Sakarā ar to arī sūnu purvi ar paaugstinātu centrālo daļu ir ieguvuši augsto purvu nosaukumu. Sūnu purvi Latvijā atrodami galvenokārt Piejūras zemienē, Ziemeļvidzemē, Austrumlatvijas vidusdaļā un ziemeļdaļā, galvenokārt zemienēs un lidzenumos.

Purvs, būdams viena no dabas ekosistēmām, piedalās biosfēras ekoloģiskā līdzsvara saglabāšanā, ūdens bilances regulēšanā. Purvs ir dzīves vieta daudziem ūdens un purva putniem. Tajā ligzdo vai pārlidojumu laikā uzturas ļoti retas vai iznikstošas putnu sugas. Latvijas purvos atrodamas vairākas aizsargājamo augu sugas: krūmu čuža, mušu ofrida, grīņu sārtene (1. kategorijas), mellenāju kārkls, pundurbērzs, purva sūnene, purvāju vienlape (2. kategorijas). Tāpēc daļu purvus ir nepieciešams saglabāt neskartus. Pasaules mērogā purvu aizsardzības jautājumi sākti risināt 1967. gadā, kad Starptautiskā dabas un dabas resursu aizsardzības savienība pieņēma lēmumu par pasaules purvu inventarizāciju, aizsardzībai ieteicamo purvu uzskaiti un izdalīšanu. Tādējādi radās starptautiskais purvu aizsardzības projekts «Telma».

Sie jautājumi tiek risināti arī Latvijā. Ar Ministru Padomes 1977. gada lēmumu pirmo reizi republikas teritorijā izdalīja aizsargājamus purvu masīvus un dzērveņu liegumus. 1982. gadā tika izdalīts Teiču rezervāts, kurš ietvēra lielo Teiču purva masīvu ar savdabīgajiem sūnu purva kompleksiem un purva putnu (dzērvju) ligzdošanas vietām. Ministru Padomes 1987. gadā publicētajā lēmumā Latvijā noteikti 25 purvu liegumi un 51 dzērveņu purvu liegums. Lieli vienlaidu purvu masīvi atrodas Slīteres valsts rezervāta un Gaujas nacionālā parka teritorijās.

Milzīga ir purvu nozīme tautsaimniecībā, tie ir kūdras resursu glabātāji. Mūsdienās pieaug kūdras izmantošana dažādās saimniecības un tehnikas nozarēs. Latvijas kūdras fondā reģistrētas 5799 kūdras ieguves vietas, kuru platība lielāka par 1 ha un kopējais jēlkūdras krājums ir 10,8 mljrd. m³, 1983. gadā kūdru republikā ieguva 83 atradnēs. Purvi ir arī saldūdens akumulētāji un glabātāji.

Negatīva nozīme purviem ir mežsaimniecībā un lauksaimniecībā, kur nav pieļaujama izmantojamo teritoriju pārpurvošanās. Tāpēc ir jāveic pasākumi pārpurvoto teritoriju meliorēšanai.

Plava. Plava ir platība ar daudzgadīgu lakstaugu (galvenokārt mezofītu) veģetāciju. Latvijas teritorija atrodas mežu joslā, tāpēc plavas (izņemot palieņu plavas) izveidojas mežu izciršanas un pastāvīgas plaušanas un ganīšanas rezultātā. Neizmantotas un cilvēka nekoptas plavas aizaug ar krūmiem, vēlāk to vietā izveidojas

mežs. Latvijā dabiskās pļavas aizņem 1% teritorijas un 2,7% no lauksaimniecībā izmantojamās zemes.

Latvijā ir sastopamas neapplūstošās un applūstošās, jeb palieņu pļavas.

○ *Neapplūstošās pļavas* atkarībā no novietojuma reljefā iedala sausieņu jeb sausleju un zemieņu jeb pārpurvotajās pļavās.

Sausieņu pļavas Latvijā veidojas galvenokārt mežu vietā līdzenumos un pauguru nogāzēs, kur ūdens režīms atkarīgs tikai no atmosfēras ūdeņu pieplūdes.

Zemieņu pļavas atrodas reljefa pazeminājumos, starppauguru ieplakās. To ūdens režīmu veido gan atmosfēras nokrišņi, gan arī gruntsūdeņi. Vājās ūdens noteces dēļ veidojas lieks mitrums, progresē pārpurvošanās.

○ *Applūstošās* jeb *palieņu pļavas* atrodas upju ielejās un ezeru krastos. Tās palu laikā periodiski applūst, ir ražīgākas un pēc sava sastāva sugām bagātākas nekā sausieņu pļavas. To veicina palu atnestie organiskie un minerālie uzskalojumi. Pļavas izmanto zāles pļaušanai un lopu ganišanai. Dabisko pļavu ražība visumā ir zema un atkarīga no pļavu novietojuma reljefā: sausieņu pļavās var iegūt 10...15 c/ha siena, applūstošajās pļavās — 20...25 c/ha, turpretī kultivēto zālāju, kā arī iekopto dabisko pļavu ražība sasniedz 40...60 c/ha.

Pļavu nozīme neaprobežojas tikai ar to izmantošanu lauksaimniecībā. Tās ir ainavas sastāvdaļa. Pļavās aug vairākas Latvijas Sarkanajā grāmatā ietvertās ārstniecības un dekoratīvo augu sugas. Pļavās sastop gandrīz 40% no Sarkanajā grāmatā ierakstītajām augu sugām: rūtainā fritilārija (1. kategorijas), zemeņu āboliņš, tumšzilā drudzene, piramidālais cekuliņš (2. kategorijas), krustlapu drudzene, jumstiņu gladiola, Sibīrijas skalbe (3. kategorijas).

Īpaša uzmanība jāveltī pļavās sastopamo ārstniecības un dekoratīvo augu saglabāšanai un aizsardzībai. Daudzi ārstniecības augi ir atrodami galvenokārt pļavās. Piemēram, ārstniecības baldriāns, pļavas ķimene, zalkšu sūrene, parastais rasaskrēsliņš u. c. Šo augu populāciju stāvoklis izraisa pamatotu satraukumu, jo samazinās to vitalitāte un atjaunošanās spējas, kas apdraud augu resursus un saglabāšanos.

Pļavās izzūd tādi dekoratīvie augi kā bezdelīgactiņa, Eiropas saulpurene, dažādas orhideju dzimtas sugas. Tas galvenokārt notiek tāpēc, ka tiek pārveidots pļavu biotops: tiek nosusinātas un uzartas mitrās pļavas, veidoti uzpludinājumi, iztaisnotas un meliorētas upes.

Lielāko efektu pļavās sastopamo aizsargājamo augu saglabāšanā dod atsevišķu pļavu nogabalu saglabāšana. Pļavu nogabali atrodami daudzos Latvijā izveidotajos īpaši aizsargājamajos dabas objektos (rezervātos, nacionālajā parkā, liegumos). Ministru Padomes 1987. gada lēmumā no šādiem objektiem ir ietvertas Randu pļavas (198,2 ha) Limbažu rajonā. Jāatceras, ka pļavu aizsardzība praktiski nav iespējama bez atbilstošiem saimnieciskiem pasākumiem (ganišanas, pļaušanas).

6.13. FLORAS AIZSARDZĪBA.

LATVIJĀ AIZSARGĀJAMIE AUGI UN SĒNES

Viens no svarīgākajiem dabas aizsardzības uzdevumiem ir saglabāt visas zemeslodes un ikvienas valsts, republikas un novada floras genofondu kopumā, saglabāt visu augu valsts daudzveidību nākamajām paaudzēm, nākotnes zinātnes un prakses vajadzībām. Augu valsts aizsardzības jautājumus risina trejādi:

- organizējot augu valsts resursu racionālu izmantošanu;
- optimizējot ainavu, nodrošinot augu segas aizsardzību industrializācijas un urbanizācijas rajonos;
- organizējot atsevišķu retu, iznikstošu un vērtīgu sugu un fitocenozu aizsardzību.

Pasākumus veģetācijas un floras aizsardzībai veic gan visas pasaules mērogā, gan atsevišķās valstīs. Ir izstrādāta konvencija par starptautisko tirdzniecību ar savvaļas faunas un floras sugām, kurām draud izzušana. Sai konvencijai 1976. gadā ir pievienojusies arī Padomju Savienība. No Latvijā sastopamajiem augiem tajā ir ietverti dzeloņsporū ezerene, parastā īve, Dortmana lobēlija un grīņu sārtene, kā arī visas orhideju sugas.

Tagadējā Latvijas flora izveidojusies leduslaikmeta beigu posmā un pēcloduslaikmetā, t. i., apmēram pēdējo 12 000 gadu laikā. Mainoties klimatiskajiem apstākļiem, mainījies arī flora. Tajā atsevišķas augu sugas gan izzudušas, gan arī ieceļojušas no apkārtējām teritorijām. Leduslaikmeta beigu posmā republikas teritorijā bija atrodama driāde, kas tagad pie mums vairs neaug. Daudzos purvos atrod kūdrā iekonservētus peldošā ezerrieksta augļus. Taču augošs ezerrieksts mūsu dienās republikā sastopams tikai 2 atradnēs.

Daudzu augu sugu izzušana ir saistīta ar cilvēka saimniecisko darbību un agrāko biotopu struktūras kardinālām izmaiņām. Sakarā ar mežu izciršanu un iegūtās platības kultivēšanu jau pagājušā gadsimta otrajā pusē pie Medumiem ir izzudusi cepurainā neotiante, pie Madonas iznikusi Sibīrijas mēlziede un citi augi. Pēdējā laikā nav ziņu par ziemas svērcijas, bezlapainās epipogijas, vairogu palēpes, šķēplapu ķiverenes un citu sugu augu atrašanos Latvijā.

Jāuzsver, ka dažkārt nesaudzīgi, pat apzināti ir iznīcinātas visretākās mūsu floras augu sugas. Tā, piemēram, Kalupes mežniecībā pēc mežu darbinieku rīkojuma izcirstas liepas, kuru zaros auga baltie āmuļi. Baltais āmulis ir ārstniecības augs, taču tik reti sastopams, ka nav pieļaujama šī auga vākšana ne ārstniecības, ne dekoratīviem nolūkiem. Latvijā šis augs sasniedz savas izplatības ziemeļu robežu.

No augiem, kuri republikas teritorijā kādreiz auguši, bet šodien uzskatāmi par izzudušiem, jāmin ozollapu embotiņš, Kaufmaņa jāņeglite, ziemeļu kaulene, sānziedu meringija, briežu rūgtdille un Igaunijas rūgtlape.

Cilvēka saimnieciskās darbības rezultātā samazinājušies daudzu vērtīgu sugu augu resursi. Pļavu iekultivēšana stipri samazinājusi

krāšņi ziedošās dzegužpirkstišu un dzegužpuķu sugas, sakarā ar izmantošanu telpu dekorēšanai mežos ir samazinājušies staipekņu resursi. Rīgas apkārtnes sausajos, smilšainajos priežu mežos gandrīz izzudusi meža silpurene. Pavasaros pastiprināti tiek postīta rūtainā fritilārija, pūpolvītols, parastā ieva, smilšukārklis, rudeņos — koki un krūmi ar krāsainām lapām un augļiem. No neapzinīgu cilvėku rīcības ir cietis Eiropas segliņš.

Cilvēks ar savu saimniecisko darbību ne tikai iznīcina floru, bet ir ievēdis un savairojis republikas teritorijā daudzus dažādus kokus, krūmus, lakstaugus, kuri papildina Latvijas floru gan kā mežu, gan arī kā dekoratīvie un pārtikas augi.

Dažādu krāšņumaugu ieviešana īpaši aktīvi norisinājās XIX gs., kad republikas teritorijā mēģināja iekultivēt vairāk nekā 500 kokaugu un ap 600 ziemciešu sugas. Dendrologi atzīmē, ka 1965. g. no republikā 640 introducētām kokaugu sugām apstādījumos diezgan izplatītas bija 39 skujkoku un 248 lapu koku un krūmu sugas.

Cilvēka saimnieciskās darbības rezultātā ar dažādām kravām ir ievestas un pārgājušas savvaļā daudzas t. s. adventīvo augu sugas, arī plaši izplatītas: smaržīgā kalme, maura kumelīte, Kanādas elodeja, sikziedu galinsoga u. c.

Dažkārt ir gadījies ieviest augu sugas, kas vēlāk kļūst nekontrolējamas un kļūst par vietējās floras nezāli un piesārņotāju. Latvijā tā ir noticis ar silosa augu — Sosnovska latvāni, kas daudzās vietās krūmājos un kūdrainās pļavās pārgājis savvaļā.

Ar augu aizsardzību mēs parasti saprotam floras pamatsastāva aizsardzību, t. i., vietējās floras genofonda un populāciju saglabāšanu nākotnē zinātnes un prakses vajadzībām. Tāpēc galvenokārt ir nepieciešams aizsargāt reto un iznīkstošo sugu populācijas, kuras atrodas uz sava areāla robežas un, iespējams, pārstāv atsevišķas formas vai pasugas.

● Ar Ministru Padomes 1957. gada 24. aprīļa lēmumu Nr. 219 Latvijā aizsargājamiem augiem tika pieskaitītas 5 ļoti retas augu sugas: Baltijas efeja, parastā īve, peldošais ezerrieksts, baltais āmulis un griņu sārtene.

● Ar Ministru Padomes 1977. gada 15. aprīļa lēmumu Nr. 241 Latvijā aizsargājamo augu kategorijai pieskaita 109 augu sugas.

● 1980. gadā republikas Sarkanajā grāmatā apstiprināja 112 sugas. Pa atsevišķām kategorijām tās sadalījās šādi:

0. kategorija — 4 sugas (vārpu ēnpararde, pušķainā jāņegļite, Igaunijas rūgtlape un kauslapu tofielldija);

1. kategorija — 27 sugas (palu staipeknītis, lielā kosa, parastā īve, krūma čuža, peldošais ezerrieksts, Baltijas efeja, Alpu kreimule, Sibīrijas mēlziede, rūtainā fritilārija, dzeltenā dzegužkurpīte u. c.);

2. kategorija — 28 sugas (parastā purvmirte, pundurbērzs, parastais skābardis, baltais āmulis, zemeņu āboliņš, Ruiša pūķgalve, dižā aslake, cepurainā neotianta u. c.);

3. kategorija — 35 sugas (apdzīra, gada un vālišu staipekņi, meža vizbulis, meža silpurene, daudzgadīgā mēnesene, mežābele,

Sibīrijas skalbe, smaržīgā naktsvijole, mežloks, ziemeļu linneja u. c.);

4. kategorija — 18 sugas (mūru sīkparade, parastais plakanstaipeknis un trejvārpu plakanstaipeknis, ūdensrozes: baltā un sniegbaltā, tūbainā roze, mainīgā vainadzīte, rudens vēlziede, margatonlilija u. c.).

● Informācija par šiem augiem ietverta arī 1985. g. publicētajā Latvijas Sarkanajā grāmatā. 1985. gadā Sarkanās grāmatas padome nolēma ieslēgt tajā 32 sēņu un 20 ķērpju sugas.

Aizsargājamās sēņu sugas pa kategorijām sadalās šādi:

0. kategorija — 3 sugas (milzu skropstzvaigzne, sarkanā tīklene un raupjā zemeszvaigzne);

1. kategorija — 13 sugas (parazītiskā samtbeķa, melnā zvīņbeķa, divkrāsā plīvurene, nošķeltā dižvālene u. c.);

2. kategorija — 11 sugas (milzu apaļpūpēdis, čemurenes: čemurainā, daivainā un milzu, zarainā dižadatene, krokainā kazbārde u. c.);

3. kategorija — 4 sugas (zemeszvaigznes: rūsganā, sīkā, skropstainā un vainagotā);

4. kategorija — 1 suga (kāpu tintene).

Aizsargājamās ķērpju sugas pa kategorijām sadalās šādi:

0. kategorija — 4 sugas (plašā lobārija, izplūdusi lobārija, lodveida sferoфора un visgarākā usneja);

1. kategorija — 11 sugas (divkrāsainā brīorija, cetrārijveida cetrēlija, lapveida kladonija, lentveida hipogimnija, dobumainā lobārija, dāsnā usneja u. c.);

2. kategorija — 4 sugas (melnā cistokoleja, slaidā parmēlija, nabiņveida parmēlija un ādainā parmēlija);

3. kategorija — 1 suga (plašā lobārija jeb plaušu ķērpis).

● 1987. gada 10. aprīlī Ministru Padome pieņēma lēmumu Nr. 107 par īpaši aizsargājamiem dabas objektiem Latvijas teritorijā. 13. pielikumā ir doti aizsargājamo augu, sēņu un ķērpju saraksti (109 augu, 30 sēņu un 16 ķērpju sugas).

Augu un sēņu aizsardzība praktiski realizējama, aizsargājot biotopus, kuros šie augi sastopami. Tāpēc reto un iznikstošo sugu saglabāšanā liela nozīme ir dažādiem īpaši aizsargājamiem dabas objektiem — rezervātiem, dabas pieminekļiem, nacionālajiem un dabas parkiem, liegumiem. Augu sugu aizsardzība bez biotopu aizsardzības ir mazefektīva un praktiski nereāla. Ar lielu augu un sēņu bagātību izceļas Moricsalas, Slīteres, Grīņu, Krustkalnu un arī Teiču rezervāti.

Slīteres valsts rezervātā sastop 38 aizsargājamo augu sugas, piemēram, Baltijas efeju, grīņu sārteni, parasto īvi, Eiropas kāpu miezi, dzelteno dzegužkurpīti, kalnu veroniku, daivaino un Brauna cietpapardi, daudzgadīgo mēneseni, purvāju vienlapi u. c. No ķērpjiem te atrasta plašā lobārija, lapveida kladonija, daudzlapu umbilikārija, no sēnēm — zarainā dižadatene, zemeszvaigznes: vainagotā un sekstainā.

Moricshalas rezervātā ietilpstošajā Lužikērtē sastop dzeloņsporu ezereni. Moricshalā sastop vairāk nekā 400 ziedaugu un paparžaugu sugu. No aizsargājamām augu sugām te sastop dobo cīrulīti, mežloku jeb laksi, smaržīgo naktsvijoli u. c. No ķērpjiem salā aug dāsnā usneja, smalkā parmēlija, bet no sēnēm — čemurainā un daivainā čemurene, kā arī parazitiskā samtbeka.

Grīņu valsts rezervāta lielākais floristiskais retums ir grīņu sārtenē. Tas ir atlantisks augs, kurš sastopams Viduseiropā, kur arī atrodas likuma aizsardzībā. No citām aizsargājamo augu sugām Grīņu rezervātā aug parastā purvmirte, krāsu zeltlape, Sibīrijas skalbe un citi augi.

Krustkalnu valsts rezervāts ir floristiski bagāts un daudzveidīgs ar savu veģetāciju. Tajā konstatētas 32 aizsargājamo augu sugas, arī mūsu floras retumi — Sibīrijas mēlziede un pļavas linlape. Krustkalnu rezervāta teritorijā praktiski aizsargātas ir unikālas un vērtīgas fitocenozes.

Teiču valsts rezervāts — Latvijas jaunākais rezervāts, galvenokārt pazīstams kā putnu rezervāts. Taču arī tajā atrodamas aizsargājamas augu sugas, piemēram, jumstiņu gladiola, pundurbērzs u. c.

Gaujas nacionālais parks ir bagāts aizsargājamajām augu sugām (sastop 20% no aizsargājamajām sugām). Tajā atrod parasto milteni, parasto zalkteni, daudzgadīgo mēneseni, apdziras, staipekņus: gada un vālišu, kā arī citas sugas. No ķērpjiem parka teritorijā aug melnā cistokoleja, lentveida hipogimnija, dzīslainā peltigera, plaušu lobārija u. c., no sēnēm — milzu skropstzvaigzne, čemurenes: daivainā un milzu, zarainā dižadatene u. c.

Floristiskā ziņā bagāti ir arī atsevišķi dabas parki un citas aizsargājamās teritorijas.

No *dabas parkiem* jāatzīmē Tērvetes meža ainavu parks, kurā sastopamas 24 aizsargājamo augu sugas. Tā ir viena no zināmajām vietām republikā, kur aug cepurainā neotiante. Krūmājos gar Tērvetes upi aug lielā zvaigznīte, kaļķainos saulainos uzkalniņos — krustlapu druzdene, meža vizbulis. No citām aizsargājamo augu sugām te sastop martagonliliju, apdziras, staipekņus: vālišu un gada, parasto plakanstaipekni, smaržīgo naktsvijoli, parasto ozolīti, meža silpurenī, ziemeļu linneju un citus augus. No aizsargājamām sēņu sugām parkā atrastas zemeszvaigznes: rūsganā, sekstainā un skropstainā. Floras un aizsargājamo augu saglabāšanu sekmē kompleksie liegumi.

Kompleksie liegumi ir bagāti ar aizsargājamiem augiem, piemēram, Salacas ieleja, Abavas ieleja, Zebrenes un Svētes ezeri, ozu grēdas «Lielie Kangari», Vecdaugavas un citi kompleksie liegumi. Tā Lielo Kangaru kompleksajā liegumā ir liela pontisko sugu bagātība: smiltāju esparsete, Ruiša pūķgalve, parastā ozolīte, meža vizbulis, apkārtējā mežā un purvā atrod dzelteno dzegužkurpīti un pundurbērzu.

Botāniskajiem liegumiem ir īpaša nozīme republikā. Tie izveidoti gan atsevišķu aizsargājamo sugu, gan arī veselu aizsargājamo

augu sugu kompleksu aizsardzībai. Piemēram, lielās kosas aizsardzībai izveidots liegums Ventspils rajona Zlēkās, Piešdangā Ventas labajā krastā, liegums baltā āmuļa aizsardzībai — Liepājas rajonā t. s. Gaviezes Mazais mežs, liegums peldošā ezerrieksta aizsardzībai — Balvu rajonā Pokratas ezers u. c.

Augu sugu kompleksu aizsardzībai pastāv botāniskie liegumi: Ežezera salas Krāslavas rajonā, Randu pļavas Limbažu rajonā un citi objekti.

● Ar Ministru Padomes 1987. gada 10. aprīļa lēmumu Nr. 107 Latvijā ir aizsargāti 191 parks un dendroloģiskais stādījums, kā arī dižkoki, kuru apkārtmērs 1,3 m augstumā pārsniedz: ozolam un vītolam — 5 m, liepai, osim, gobai, vīksnai — 4 m, kļavai un melnalksnim — 3,5 m, priedei, eglei un bērzam — 3 m, kadiķim — 0,8 m. Aizsargājami ir arī koki ar neparastiem zaru saaugumiem vai izaugumiem, vēja slotām, dendrofloras relikti un sugas, kas atrodas uz savas izplatības robežas. Jāsaudzē svešzemju koki, kam zinātniska un praktiska nozīme mežsaimniecībā, zaļajā celtniecībā un selekcijā.

Lai saudzētu krāšņi ziedošo savvaļas augu un vērtīgo ārstniecības augu bagātības, ar Rīgas pilsētas Tautas deputātu padomes izpildu komitejas 1984. gada 10. oktobra lēmumu Nr. 323 Rīgā ir aizliegts pārdot šos augus (zilā vizbulīte, kreimene, bezdelīgactiņa, Eiropas saulpurene u. c.). Pats par sevi saprotams, ka nedrīkst pārdot visus Sarkanajā grāmatā ierakstītos augus.

Augu valsts krāšņums un augu valsts resursu racionāla izmantošana praktiski iespējama, kompleksi plānojot un realizējot celtniecības, meliorācijas un citus vides pārveidošanas darbus.

6.14. DZĪVNIĒKU VALSTS RESURSI UN TO AIZSARDZĪBA

Dzīvnieku valsts resursi pieder atjaunojamiem dabas resursiem. Tāpat kā augu valsts, arī dzīvnieku valsts ir veidojusies ilgstošas evolūcijas gaitā. Dzīvnieki un augi ir neatņemama biosfēras sastāvdaļa. Visa cilvēces vēsture nesaraujami saistīta ar šo resursu izmantošanu. Sākotnēji tās bija medības un zveja. Vēlāk cilvēks pieradināja dažu savvaļas sugu dzīvniekus, līdz ar to sāka attīstīties lopkopība.

Savvaļas dzīvnieku sugu skaitu un resursus ir grūti precizēt. Šodien pasaulē zināms ap 1,5 milj. dzīvnieku sugu (no tiem ap 1 milj. sugu sastāda kukaiņi). Taču, neskatoties uz sugu daudzveidību, visas biosfēras dzīvnieku biomasa salīdzinājumā ar augu biomasu sastāda nelielu daļu — tikai 1%. Tas nemazina dzīvnieku nozīmi dabā un tajā noritošajos procesos, kā arī cilvēka dzīvē.

Padomju Savienības faunā ir konstatēts ap 90 000 dzīvnieku sugu, bet Latvijas faunā — apmēram 12 600 sugu, kuras pieder 11 tipiem. Nozīmīgākie no tiem ir zīdītāji — 60 sugas, putni — 308 sugas, zivis — 70 sugas un posmkāji — ap 11 000 sugas (to skaitā ap 10 000 kukaiņu sugas).

Vissenākās dzīvnieku atliekas Latvijā atrastas apakšējā kembrija nogulumos, un to vecumu vērtē ap 500 milj. gadu. Tagadējā Latvijas fauna ir veidojusies pēclodus laikmetā, t. i., apmēram 10 000... 12 000 gadu laikā. Šajā laika posmā faunas sastāvā ir notikušas lielas un nozīmīgas izmaiņas, kuras saistāmas ar vairākiem faktoriem. Tie varētu būt šādi: dabiskie iemesli, medības, ievestie plēsēji, citi ievestie dzīvnieki, biotopu izjaukšana un dzīvesvietu iznīcināšana.

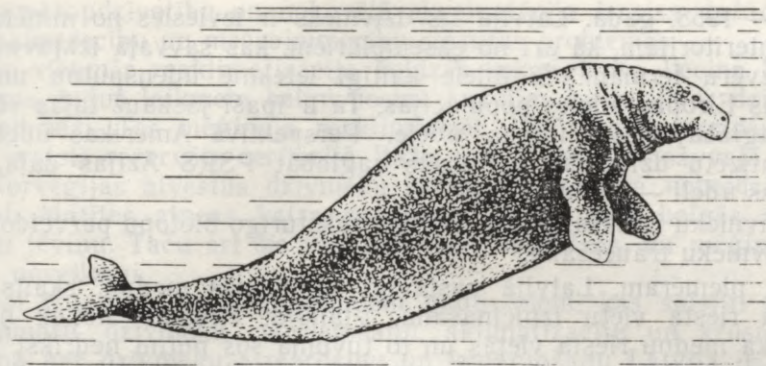
○ Dabiskajiem iemesliem ir jāpieskaita klimata izmaiņas. Ornitologi uzskata, ka ar klimata izmaiņām ir saistāmas izmaiņas putnu faunā. Tā pēdējā laikā republikas teritorijā konstatētas 13 jaunas putnu sugas, biežāk nekā agrāk sastopamas apmēram 30 putnu sugas, bet no jauna kā perētājas parādījušās vairāk nekā 20 sugas. Republikas teritorijā parādās dienvīdņu un dienvidrietumu faunas sugas, bet zūd tundras un taigas faunas elementi.

○ Daudzas dzīvnieku sugas izzudušas medīšanas rezultātā. P. Martins (1967), runājot par lielo pleistocēna dzīvnieku iznīkšanu, norāda, ka to iznīkšana precīzi sakrīt ar laiku, kad šo dzīvnieku dzīves vietas sāka apdzīvot paleolīta mednieki. Tas attiecas uz tādiem dzīvniekiem kā senais bizons, zobentīģeris, mamuts u. c. Mamuta zobi un skeleta daļu atliekas atrastas arī Latvijā pēcloduslaikmeta nogulumos. 1741. gadā Bēringa ekspedīcija Komandoru salu rajonā atklāja jūras govī, kas vēlāk ieguva Stelleru jūras govī nosaukumu. Tas bija zālēdājs dzīvnieks, kas pārtika no jūras aļģēm, galvenokārt laminārijām. Jūras govī sasniedza 9 m garumu, un tās masa bija ap 3,5 t. Taču pēdējais šis sugas dzīvnieks tika nošauts jau 1768. gadā (6.11. att.).

Viens no spilgtākajiem zīdītājdzīvnieku iznīcināšanas piemēriem ir Amerikas bizona iznīcināšana. Sie dzīvnieki bija izplatīti Ziemeļamerikas līdzenumos prērijās un mežos. Sākotnēji to skaitu vērtēja ap 75 miljoniem. Iznīcināšana sākās ar 1730. gadu. Vispirms bizonus iznīcināja, lai apgūtu teritorijas un apmierinātu cilvēku vajadzības. Baltie izmantoja bizonu ādas, indiāņi ēda arī to gaļu. Ap 1830. gadu sākās bizonu iznīcināšana, lai, likvidējot indiāņu pārtikas krājumus, iznīcinātu indiāņus pašus. Tika uzceltas dzelzceļa līnijas no Amerikas austrumu piekrastes uz rietumu piekrasti. Dzīvniekus sāva gluži vienkārši tieši no vagonu logiem. Ap 1890. gadu bija palicis apmēram 5,5 milj. dzīvnieku. Tagad bizoni ir ataudzēti Jeloustounas nacionālajā parkā, Ziemeļkanādas rezervātā u. c. Līdz mūsdienām saglabājušies apmēram 40 tūkstoši dzīvnieku.

Eiropā no šādiem dzīvniekiem minami tauri un sumbri. Tauri bija tagadējās mājas govī priekšteči. Eiropā tie dzīvoja vēl XVI gs. un bija nozīmīgi medību dzīvnieki. Pēdējā tauru govī iznīcināta 1627. gadā Polijā. Par tauru kādreizējo esamību Latvijas teritorijā liecina skeletu un ragu atliekas pēclodus laikmeta nogulumos 25 vietās, kā arī vietu nosaukumi Taurkalne un Taurupe.

Sumbra atliekas Latvijā atrastas Riņņu kalnā Salacas krastā un citās vietās.



6.11. att. Stellera govus jeb jūras govus.

Vēlāk medībās iznīcināti staltbrieži, meža cūkas un Eirāzijas bebrs, kuri mūsdienās sekmīgi reaktivizēti.

○ Vietējai faunai bieži ir izrādījusies kaitīga ievesto plēsēju un citu dzīvnieku aklimatizācija, nerunājot nemaz par daudzajiem nepārdomātas aklimatizācijas gadījumiem un to lomu vietējo ekosistēmu stabilitātes izjaukšanā. Šāda aklimatizācija lielu launumu ir nodarījusi Okeānijas salu, Galapagu un Antiļu salu, Jaunzēlandes, Austrālijas, Madagaskaras un citu salu faunām. Tur ievestie dzīvnieki bieži vien nodarījuši lielu postu tāpēc, ka šo salu biocenozes ir ļoti vienkāršas, kā arī tāpēc, ka tajās ietilpstošās sugas ir ar augstu specializācijas pakāpi un ļoti niecīgiem areāliem. Šie dzīvnieki viegli krita par upuri atvestajiem suņiem, kaķiem, cūkām un žurkām. Tādā veidā Stefensa salā Kuka jūras šaurumā 1894. gadā bākas sarga kaķis pilnīgi iznīcināja kādu Jaunzēlandes paceplīšu sugu.

Līdzīgi žurkas un mangusti iznīcināja daudzus dzīvniekus Antiļu salās.

Latvijas teritorijā 1948. gadā nepārdomāti aklimatizēja jentotsuni. Toreiz Smiltenes un Lubānas MRS teritorijā izlaida 100 dzīvniekus. Tagad jentotsuns praktiski atrodams visos republikas rajonos un ir viens no biežāk sastopamajiem plēsējiem. Jentotsuns zināmā mērā ierobežo pelveidīgo grauzēju un kukaiņu skaitu. Taču vairākums speciālistu uzskata, ka gan no medību saimniecības, gan arī veselības aizsardzības un dabas aizsardzības viedokļa jentotsuns ir nevēlams dzīvnieks. Tas bieži iznīcina ūdensputņus, piekrastes putņus, uz zemes ligzdojošos putņus un to ligzdas. Jentotsuņi ir nevēlami arī no epidemioloģiskā viedokļa, jo izplata trakumsērgu, kašķi, trihinelozi, piroplazmozi, tie gandrīz vienmēr ir inficēti ar bīstamiem ektoparazītiem — ērcēm, blusām.

Latvijā bez Eiropas ūdeles pašreiz sastopama arī Amerikas ūdele, kura ir ieviesta mūsu kaimiņteritorijās: Lietuvā — 1950. un 1953. gadā, Baltkrievijā — 1953. gadā, Igaunijā un Ļeņingradas apga-

balā — 1958. gadā. Latvijā šis dzīvnieks ir ieviesies no minētajām kaimiņteritorijām, kā arī no eksemplāriem, kas savvaļā izklūvuši no kažokzvēru fermām. Šī ūdele kaitīgi ietekmē ūdensputnu un arī vietējās Eiropas ūdeles populācijas. Tā ir īpaši jāskauž tajās vietās, kur saglabājusies Eiropas ūdele. Perspektīvā Amerikas ūdeli kā aklimatizētu dzīvnieku paredzēts saglabāt PSRS Āzijas daļā, bet Eiropas ūdeli — Eiropas daļā.

○ Dzīvnieku iznīkšanu veicina tiem raksturīgo biotopu pārveidošana un dzīvnieku traucēšana.

Tā, piemēram, Latvijā pastāvīgi samazinās medņu skaits, ko izraisa riesta vietu iznīcināšana. Plānojot cirsmas, netiek ņemts vērā, ka medņu riesta vietās un to tuvumā šos putnu nedrīkst traucēt ziemas otrā pusē un pavasarī. Medņu skaitu varēs palielināt tad, ja būs iespējams saskaņot apsaimniekotāju un meža izmanto-tāju intereses.

Sakarā ar ligzdošanai noderīgu biotopu izzušanu purvu nosu-sināšanas un izstrādes rezultātā, degradējoties purvu ekosistēmām, republikā pastāvīgi samazinās arī pelēkās dzērves populācija. Lat-vijā dzērves populācijas saglabāšanā liela nozīme ir Teiču valsts rezervātam, kā arī atsevišķajiem purvu un dzērvenāju liegumiem.

Eiropas valstīs un arī Padomju Savienībā samazinās zaķu skaits. Tas notiek dažādu antropogēno faktoru ietekmē, kas nelabvēlīgi iz-maina ekoloģisko situāciju, noārda vietējo zaķu populāciju pašre-gulācijas mehānismus. Lauksaimniecības intensifikācija, pieaugošā mehanizācija un ķimizācija novedusi zaķa populāciju kritiskā eko-loģiskā situācijā. Zaķu skaits Latvijas rajonos no 1978. gada līdz 1988. gadam samazinājies par 60...70%, GNP — par 49,4%.

Sobrīd bez zaudējumiem republikas fauna tiek arī atjaunota un papildināta. Sekmīgs reiklimatizācijas piemērs ir bebrns. Kā liecina arheoloģiskie izrakumi un daudzie vietvārdi, šis dzīvnieks Latvijā sākotnēji ir bijis plaši izplatīts. Nežēlīgas medīšanas rezultātā XIX gs. bebrus Latvijā teritorijā pilnīgi iznīcināja. Pēdējie bebbri tika nošauti ap 1871. vai 1873. gadu Rauzas upītē pie Smiltenes. Divus bebru pārus no jauna Latvijā ievada 1927. gadā no Nor-vēģijas. Tos ielaida Stendes upē, kas ietilpst Irbes upes baseinā. 1952. gadā divus Voronežas bebru pārus ielaida Sločenē, vienu pāri Baņģavā, kas caur Usmas ezeru savienojas ar Irbes upes baseinu, bet divus pārus Abavas pietekā Krojupē. 60. gadu sākumā bebbri Latvijā ienākuši arī no Baltkrievijas, Lietuvas un Krievijas. Repub-likā veikti pasākumi bebru izplatīšanai Gaujas un Daugavas ba-seinos.

Sodien Latvijā bebrus varam uzskatīt par pilnīgi reiklimatizē-tiem. Bebbri lieliski pielāgojušies mūsdienu apstākļiem, izmantojot ne tikai upes un strautus, bet arī meliorācijas sistēmas, dzelzceļu uzbē-rumus, tiltus un citas vietas. Bebru pašreizējais pieaugums Latvijā sastāda 25%. Tas nozīmē, ka bebru skaits ik piecos gados trīskār-šojas. Bebru skaits Latvijā ir pieaudzis no 100 bebbriem 1940. gadā līdz 12500 bebbriem 1987. gadā. Bebru rīcības pēdas dabā norāda

uz to pārapsdzīvotību un nokavētā ekspluatācija izraisa dažādas ar lauksaimniecību un mežsaimniecību saistītas problēmas.

Ne vienmēr reaklimatizācija beidzas sekmīgi. Kā liecina fosilās atliekas, ledus laikmeta beigu posmā Latvijas teritorijā ir dzīvojuši ziemeļbrieži. Tos mēģināja reaklimatizēt, 1935. gadā tagadējā Slīteres valsts rezervātā teritorijā Bāžu purvā palaižot savvaļā divus no Norvēģijas atvestus dzīvnieku pārus. Jau vasarā nobeidzās abi tēviņi. Mātiņas atnesa katra pa teļam. 1935. gada beigās atveda jaunu tēviņu. Taču arī šie visi dzīvnieki nobeidzās, un mēģinājums cieta neveiksmi.

Lai izvairītos no nepatīkamiem gadījumiem, kas saistīti ar nepārdomātu dzīvnieku pārvietošanu, aklimatizāciju un krustošanu, likumā par dzīvnieku aizsardzību un izmantošanu Latvijā ir teikts, ka pārvietot dzīvniekus uz jaunām dzīves vietām, aklimatizēt faunai netipiskas jaunas dzīvnieku sugas, kā arī izdarīt dzīvnieku krustošanu zinātniskās pētniecības un saimnieciskos nolūkos drīkst, ievērojot attiecīgo zinātnisko organizāciju atzinumus, ar atļauju, ko izsniegušas speciāli pilnvarotas dzīvnieku aizsardzības un izmantošanas regulēšanas valsts iestādes.

Medības ir viens no galvenajiem savvaļas dzīvnieku resursu izmantošanas veidiem. To uzdevums ir, iegūstot maksimālo medību produkciju, nodrošināt optimālo dzīvnieku skaitu populācijā un radīt tiem optimālus dzīves apstākļus. Pareizi organizēta medību saimniecība rūpējas ne vien par medību faunas racionālu izmantošanu, bet arī veic dažādus no dabas aizsardzības viedokļa nepieciešamus pasākumus medību faunas saglabāšanai.

Medību saimniecība ir viena no tautas saimniecības nozarēm. Tā ietver medību pārvaldīšanu, medību platību izveidošanu un apsaimniekošanu, medību faunas dzīvnieku pavairošanu, piebarošanu, aizsardzību un uzskaiti, kā arī medību organizēšanu, faunai kaitīgo dzīvnieku (plēsoņu, klejojošo suņu un kaķu) iznīcināšanu, malumedniecības apkarošanu.

Izšķir trīs medību veidus: rūpnieciskās, sporta jeb rekreatīvās un zinātniskās medības. Līdz ar to praktiski ir izveidojušies divi dažādu medību saimniecību veidi:

○ valsts, kooperatīvās un kolhozu rūpnieciskās medību saimniecības Padomju Savienības Ziemeļu un Tālo Austrumu apgabalos;

○ valsts un sabiedrisko organizāciju sporta jeb rekreatīvās medību saimniecības pārējos bieži apdzīvotajos valsts apgabalos un republikās.

Latvijā ir atļautas tikai sporta medības un medības zinātniskos nolūkos. Savukārt pēc sava organizācijas veida var būt individuālās un kolektīvās medības, kurās piedalās ne mazāk kā pieci mednieki.

Medību saimniecības organizēšana un vadīšana jāveic kompleksi, ievērojot mežsaimniecības un lauksaimniecības intereses. Dzīvnieki ir meža ekosistēmu neatņemama sastāvdaļa, un medību saimniecības jāveido par nozīmīgu dzīvās dabas resursu kompleksas

izmantošanas veidu, kas dod iespēju izmantot citās saimniecības nozarēs neizmantotos augus un dzīvniekus.

Medību faunas racionāla izmantošana pamatojas uz zinātnes atziņām, ievērojot atsevišķu sugu populāciju ekoloģiju, medijamo sugu produktivitāti, populāciju struktūru un dinamiku. Tāpēc jāveic sistemātiski pētījumi, jāseko arī dzīvnieku skaitam. Latvijā to dara, ik gadu apkopojot datus par medijamo dzīvnieku skaitu.

Latvijā dabas apstākļi ir piemēroti intensīvas sporta medību saimniecības attīstīšanai. Šim nolūkam izveidotas vairākas sabiedriskas mednieku organizācijas, starp kurām centrālo vietu ieņem Mednieku un maksšķerņnieku biedrība.

Latvijas medību saimniecībai ir raksturīga augsta produktivitāte (izsaka ar iegūto kažokādu un gaļas vērtību rubļos uz 100 ha medību platības). Latvijā šis rādītājs 1985. gadā sastādīja 632,77 rubļus (Igaunijā — 502,08, Lietuvā — 446,32 rubļus, bet Padomju Savienībā — 59,39 rubļus).

1985. gadā republikas medību saimniecība devusi kažokādu produkciju par 839,6 tūkst. rubļu, pie tam vislielākais īpatsvars ir bijis no bebrim — 35% no kopējās kažokādu vērtības. Medībās 1985. gadā iegūtas 1852 t gaļas.

Medību saimniecības darbību un medības regulē republikā pieņemtie un apstiprinātie likumdošanas akti: Mednieku un maksšķerņnieku biedrības medību noteikumi, kas apstiprināti 1977. gadā, Ministru Padomes lēmums par medību saimniecību un dzīvnieku aizsardzības pastiprināšanu, kas pieņemts 1984. gadā, kā arī nolikums par medībām un medību platību apsaimniekošanu.

Bez minētajiem likumdošanas aktiem medības un medību saimniecību republikā regulē arī citi nolikumi, kas nav pretrunā ar likumu par dzīvnieku aizsardzību un racionālu izmantošanu.

Medību saimniecības darba koordinēšanu Latvijā līdz 1988. gadam veica Mežsaimniecības un mežrūpniecības ministrija, bet pēc ministrijas likvidēšanas, Latvijas republikāniskā mežsaimnieciskās ražošanas apvienība «Latvijas mežs». Šobrīd šīs funkcijas veic Latvijas Republikas Vides aizsardzības komiteja. Tā kontrolē medību nolikuma ievērošanu, organizē valsts medību fonda uzskaiti, pārvietošanu un pavairošanu, nosaka nomedijamo dzīvnieku skaitu, kā arī medību sākuma un beigu termiņus, realizē medību fonda apsardzību, epizootiju apkarošanu un daudzus citus medību saimniecības pasākumus.

Apmēram $\frac{3}{4}$ no zemeslodes aizņem ūdeņi. To ekosistēmām ir raksturīgs milzīgs dzīvnieku sugu skaits. Pasaules okeānā aprakstītas apmēram 180 000 dzīvnieku sugas, no kurām ap 16 000 ir zivju, 7800 vēžu, bet 49 000 gliemju sugas. Cilvēks pašreiz izmanto 70...80 milj. t. šīs bagātības gadā.

Zveja ir viens no ūdens dzīvnieku iegūšanas veidiem. Lie-lāko daļu zivju produkcijas (80%) iegūst okeānos un jūrās, 5% sastāda zivis caurceļotājas, bet saldūdeņu produkcija nepārsniedz 14%.

Bagātākie nozvejas rajoni atrodas kontinentālo šelfu rajonā, t. i.,

tajā piekrastes daļā, kuras vidējais dziļums ir no 100...200 m, bet platums no dažiem km līdz 1300 km un kur vērojama biogēnām vielām bagātu ūdens slāņu pieplūde. Šelfs aizņem 8% no Pasaules okeāna dibena platības, taču tajā koncentrēti 82% bentosa iemītnieku. Šelfā nozvejo 90% Pasaules okeāna kopējās produkcijas. Daudzas valstis tagad ir noteikušas savās piekrastēs 200 jūdžu zvejas un ekonomiskās zonas. Līdz ar to stipri samazinājušās starptautiskās zvejas akvatorijas. Tas liek meklēt iespējas celt jūru un okeānu produktivitāti, kā arī plašāk izmantot iekšējos ūdeņus.

Tiek prognozēts, ka jūru un okeānu zivju produktivitāte paaugstināsies, nodibinot jūras zivsaimniecības, kuras nodarbosies ar zivju mazuļu izaudzēšanu.

Tālajos Austrumos Pētera Lielā licī PSRS ZA Tālo Austrumu zinātniskā centra Jūras bioloģijas institūta speciālisti izstrādājuši biotehniskus pasākumus jūras ķemmītes mazuļu izaudzēšanai un savākšanai.

Zivju, bezmugurkaulnieku un aļģu audzēšanu jūras ūdenī sauc par *marikultūru*, bet saldā vai iesālā ūdenī — par *akvakultūru*. Daudz uzmanības šīm kultūrām veltī ASV, Japānā, Austrālijā. Japānā marikultūras produkcija no 1950. gada līdz 1966. gadam bija palielinājusies 8 reizes un zivju nozveja tajā sastādīja 6%.

Padomju Savienības ūdeņos dzīvo ap 1400, tai skaitā saldūdeņos — 320, bet Latvijas ūdeņos — ap 70 zivju sugas. Padomju Savienības zivju faunā ir daudz vērtīgu zivju, piemēram, stores, kalugas, belugas, kuru garums sasniedz 4...5 metrus, bet masa — tonnu un vairāk.

1985. gadā PSRS kopējā nozveja Pasaules okeānā un kontinentālajos ūdeņos bija 10,7 milj. t. zivju un citu ūdens dzīvnieku. Svarīgs nozvejas rajons ir Baltijas jūra, kur 1975. gadā nozvejoja 0,3 milj. t. zivju (visas Baltijas jūras valstis te nozvejoja 1 milj. t zivju gadā). Pēckara gados Baltijas jūrā un Rīgas licī 90% nozvejas sastādīja reņģes un mencas. Šodien zvejniecībā nozīmīga ir gan Baltijas jūra, gan arī Rīgas līcis, kur zvejo reņģes, mencas, brētliņas, salakas, plekstes, bet lielo upju grīvu rajonos arī zušus un lašus, no apaļmutniekiem — upes nēģus.

Zivju resursus negatīvi ietekmē dabiskās cikliskās klimata un hidroloģiskā režīma izmaiņas, eitrofikācija, piekrastes zonas piesārņošana, upju hidrotehniskā regulēšana un ekspluatācijas intensitāte. Tā 70. gadu beigās Baltijas baseinā sākās 14...15 gadus ilgs klimatiskais periods, kam raksturīgi daudz nokrišņu, liela upju notece un līdz ar to sāluma samazināšanās jūrā. Eitrofikācijas rezultātā Baltijas jūrā biežāk kļuva vērojami skābekļa deficīta periodi. Skābekļa deficīts un sāluma izmaiņas visvairāk ietekmē mencas un plekstes. Ja Baltijas jūrā spēcīgi ieplūst svaigi Ziemeļjūras ūdeņi, tas nodrošina sekmīgu mencu nārstu. Tā rezultātā no 1979. gada līdz 1983. gadam bija vērojams mencu skaita pieaugums un liela mencu nozveja. Sešdesmitajos un septiņdesmitajos gados tā sastādīja tikai 150...250 tūkst. t, bet 80. gadu sākumā sasniedza 450 tūkst. t.

Brētliņu nozveja 60. gadu vidū bija ap 70 tūkst. t, bet 70 gados strauji pieauga līdz 250 tūkst. t. Taču nelabvēlīgu nārsta apstākļu, intensīvās zvejas un mencu savairošanās dēļ (aprēķināts, ka mencas gadā apēd 330 tūkst. t šo zivju) brētliņu nozveja 80. gadu sākumā samazinājās līdz 40 tūkst. t.

Sobrīd reņģu krājumus nelabvēlīgi ietekmē nārsta vietu piesārņošana piekrastē. Taču nozveja Baltijas jūrā vēl stabili turas 400... 450 tūkst. t līmenī, samazinoties, piemēram, Rīgas līcī, kur ir strauji pasliktinājusies ekoloģiskā situācija.

Lašu nozveja 60. un 70. gados bija no 2,5 līdz 3,5 tūkst. t, bet līdz 80. gadu sākumam lēni samazinājās. Tam savukārt sekoja nozvejas pieaugums līdz 4 tūkst. t gadā. Ar upju hidrotehniskajām būvēm lielā mērā ir likvidētas lašu dabiskā nārsta iespējas. Tāpēc 80. gadu otrajā pusē ik gadu jūrā tiek izlaisti ap 5 milj. lašu mazuļu (tie vēlāk sastāda līdz 80% no lašu nozvejas), jo saglabāties dabiskais nārsts gadā dod tikai ap 1 milj. mazuļu.

Zivju kopējās nozvejas pieaugums Baltijas jūrā liecina, ka zinātnes un zvejniecības sadarbība devusi pozitīvus rezultātus. Vienlaicīgi arī jāuzsver, ka pašreizējais intensīvais zivju krājumu ekspluatācijas līmenis saspringtā ekoloģiskā situācijā ir uz kritiskas robežas.

Latvijas zivju nozvejā savu ieguldījumu dod arī iekšējie ūdeņi, kurus veido 90 000 ha ezeru, 103 000 ha ūdenskrātuvju (t. sk. 3 Daugavas HES ūdenskrātuves ar kopējo platību 95 500 ha), 855 upes (garākas par 10 km) ar kopgarumu 18 600 km un zivju diķi ar 9200 ha platību.

Dažos ezeros (Dzirnezers, Sasmakas) nodarbojas ar varavīksnes foreļu audzēšanu igvātīs, vērtīgu caurceļotāju zivju nozveja notiek Gaujās, Salacas un citu upju grīvās.

Zivju nozvejai visintensīvāk tiek izmantoti ezeri. Ar Ministru Padomes 1986. gada lēmumu Latvijā vairāk nekā 84 000 ha ezeru platības nodots dažādām zivsaimnieciska un cita rakstura iestādēm un organizācijām. Tas sastāda 78% no ezeru platības kopējā fonda. Galvenokārt tie ir ezeri ar platību virs 50 ha. Praktiski visos republikas ezeros notiek amatieru un sporta zveja.

Upes parasti izmanto amatieru un sporta zvejai. Tai tiek izmantotas arī visas ūdenskrātuves, izņemot Daugavas, kurās nelielos apmēros notiek rūpnieciskā zveja. 1987. gadā dažādas organizācijas kopā iekšējos ūdeņos nozvejojušas 880 t zivju (bijusī Zivsaimniecības pārvalde — 516 t, Mednieku un makšķernieku biedrība — 181 t, Zvejnieku kolhozu apvienība — 202 t, Agrorūpniecības komiteja — 10 t, kooperatīvi — 36 t, r/a «Latvijas mežs» — 5 t). Republikā ir ap 200 000 zvejnieku amatieru, t. sk. ap 40 000 organizēto. Teorētiskie aprēķini par amatieru un sporta zveju liecina, ka to nozveja sastāda 800... 1000 t gadā.

Iekšējos ūdeņos sastopamas 57 zivju sugas, 39 no tām izmanto pārtikā, taču vairākas ir sastopamas nelielā daudzumā, un tās galvenokārt ķer amatieri. Rūpnieciska nozīme ir 22 sugām, piemēram, lasim, varavīksnes forelei, līdakai, plaudim, vimbai, karpai, zutim,

bet no apaļmutniekiem — upes nēģim. Nozvejas pamatmasu sastāda tikai 7 zivju sugas: plaudis, līdaka, plicis, asaris, rauda, karūsa un karpa. Šīs zivis sastāda 87% no bijušās zivsaimniecību pārvaldes nozvejas un pa atsevišķām sugām sadalās šādi: rauda — 35%, plaudis — 30%, līdaka — 10%, plicis — 4...5%, asaris — 4%, karūsa — 3%, karpa — 0,7%. Ēzeros, kuros zvejo Mednieku un makšķernieku biedrība, nozvejoto sugu attiecība ir citāda: plaudis — 50%, līdaka — 22%, plicis — 10%, līnis — 9%, zutis, zandarts — 4%, rauda — 3%. Šādas atšķirības izskaidrojamas ar to, ka dažādos ezeru tipos izmanto dažādus zvejas rīkus. Taču galveno vietu nozvejā ieņem līdaka un karpveidīgās zivis, no kurām dominē plaudis un rauda.

Īpašu vietu starp rūpnieciskajiem ezeriem ieņem t. s. kultūras ezeri, kuros barošanai ielaiž vērtīgas zivju sugas: karpu, sudraba karūsu, līdaku.

Ezeru rūpnieciskā ihtiofauna atspoguļo ūdeņu kvalitatīvo stāvokli — līdakas, raudas, plauža un karūsas pārsvars norāda uz ūdens kvalitātes pazemināšanos, skābekļa režīma pasliktināšanos un biogēnu palielināšanos notekūdeņu un minerālo mēslojumu iespaidā.

Pašreizējā zivsaimniecība daļēji jāuzskata par ekstensīvu, jo ne visi ezeri ir apzvejoti vai arī tie ir nekvalitatīvi apzvejoti, citi turpretī cieš no pārzvejas. Daudzos ezeros savairojas mazvērtīgās zivis, kas ir zivsaimniecības nepareizas regulēšanas rezultāts. Aplams ir uzskats, ka, pārtraucot rūpniecisko zveju, palielināsies upju un ezeru produktivitāte.

Ezeros ne tikai zvejo, bet arī pavairo zivis, izaudzējot zivju mazuļus ielaišanai zvejas ūdeņos vai arī tos iepērkot no speciālām zivaudzētavām, kas veic lielu darbu zivju atražošanā un ihtiofaunas pilnveidošanā. Tādas ir Tomes, Kārļu, Salacas, Rūjas, Braslas un Pelču zivaudzētavas, kuras katru gadu iekšējos ūdeņos ielaiž lielu daudzumu zivju, galvenokārt lašu un taimiņu mazuļus. Plaviņu zivaudzētavā pie HES ūdenskrātuves audzē zandartus, plaužus un vimbas.

● Dabisko ūdenstilpju produktivitāte varētu būt daudz augstāka. Stāvokli ir iespējams uzlabot.

○ Jāpaplašina mākslīgi pavairoto zivju mazuļu izlaišana dabiskajās ūdenstilpēs.

○ Stingri jāievēro zvejniecības noteikumi, lai aizsargātu jaunās nepieaugušās zivis, kā arī nārstojošās zivis un to nārsta vietas.

○ Jāievēro arī ierobežojumi un zvejniecības noteikumi attiecībā uz zvejas termiņiem, nozvejas normām, zvejas tīklu acu minimālais lielums, zvejas aizliegumi noteiktās vietās.

○ Ievērojamus zaudējumus zivsaimniecībai nodara malu zvejniecība. Jāpaplašina cīņa pret to.

○ Ļoti lielus zaudējumus zivsaimniecībai nodara ūdeņu piesārņošana ar kaitīgām vielām. Tīru ūdeņu saglabāšana — svarīgs priekšnoteikums zivsaimniecības nodrošināšanai.

6.15. FAUNAS AIZSARDZĪBA. LATVIJĀ AIZSARGĀJAMIE DZĪVNIKI

Dzīvnieku valsts sastāva un atsevišķu dzīvnieku sugu skaita saglabāšana pieder nozīmīgākajām dzīvās dabas aizsardzības problēmām. To realizē, ar attiecīgu likumdošanu regulējot savvaļas dzīvnieku iegūšanu un izmantošanu, iekļaujot Sarkanajā grāmatā dzīvnieku sugas un šo sugu juridisko aizsardzību nodrošinot ar valdības lēmumiem. Iznīkstošo dzīvnieku, tāpat kā iznīkstošo augu sugu aizsardzībā pamatnoteikums ir to dzīves vietu saglabāšana. Tāpēc pirmšķirīga nozīme ir rezervātiem, nacionālajiem parkiem, liegumiem, mikroliegumiem un citām īpaši aizsargājamām dabas teritorijām. Šāda aizsardzības forma nodrošina veģetācijas saglabāšanu, kas ir ļoti svarīgi dzīvniekiem, jo augi lielā mērā veido to dzīves vidi un ir trofisko ķēžu sākumposms.

Latvijas teritorijā dzīvniekus aizsargā vairāki likumdošanas akti un dokumenti.

● Vispārīgie dzīvnieku aizsardzības principi ir formulēti 1981. gadā pieņemtajā likumā par dzīvnieku aizsardzību un izmantošanu. Šī likuma 9. pantā par dzīvnieku aizsardzības un izmantošanas pamatprasībām ir teikts, ka, plānojot un veicot pasākumus, kas var ietekmēt dzīvnieku dzīves vidi un faunas stāvokli, ir jāievēro šādas pamatprasības.

○ Dzīvnieku sugu daudzveidības saglabāšana brīvībā dabiskos apstākļos.

○ Dzīvnieku dzīves vides, vairošanās apstākļu un migrācijas ceļu aizsargāšana.

○ Dzīvnieku dabisko kopu veseluma saglabāšana.

○ Zinātniski pamatota, racionāla dzīvnieku izmantošana un ataudzēšana.

○ Dzīvnieku skaita regulēšana, lai aizsargātu iedzīvotāju veselību un novērstu zaudējumus tautas saimniecībai.

● Pirmais likumdošanas akts pēckara Latvijā, kas atsevišķām dzīvnieku sugām nodrošināja juridisku aizsardzību, bija Ministru Padomes 1957. gada 24. aprīļa lēmums Nr. 219 par pasākumiem dabas aizsardzības pastiprināšanai. Šajā lēmumā par aizsargājamām dzīvnieku sugām bija atzītas visas bišu dzimtas sugas (it īpaši mājas bites un kamenes), upespērlene, vīngliemezis, lielais tritons, sarkanvēdera ugunsrupis, kokvarde, purva bruņurupcis, gludenā čūska, visi gulbji, visas pūces, ērgļi, stārķi: melnais un baltais, trīspirkstu dzenis, Sibīrijas vāvere, lidvāvere, bebrs, Sibīrijas stirna, visas sikspārņu sugas un ezis. Šajā lēmumā, lai sekmētu putnu aizsardzību un zivju ataudzēšanu, apstiprināti noteikumi par Babītes un Engures ezeru izmantošanu.

● Nākamajā Ministru Padomes lēmumā 1977. gada 15. aprīlī valsts aizsargājamo dzīvnieku sarakstā bija izdalītas trīs dzīvnieku grupas.

1. grupa — sevišķi retie, izzūdošie dzīvnieki (20 sugas).

2. grupa — retie dzīvnieki un dzīvnieki ar lielu estētisku nozīmi (58 sugas).

3. grupa — derīgie dzīvnieki. Šī grupa ietver 6 apakšgrupas ar daudzām sugām, piemēram, visas putnu sugas (arī to ligzdas un olas), kas nav norādītas 1. un 2. grupā, izņemot žagatu, vārnu un kraukli.

● 1980. gadā republikas Sarkanajā grāmatā tika ierakstītas 119 dzīvnieku sugas. Pa atsevišķām kategorijām tās sadalījās šādi:

0. kategorija — 1 suga (dižā briežvabole);

1. kategorija — 28 sugas (lidvāvere, pelēkais ronis, jūrasērglis, lielais piekūns, meža balodis, ūpis, kokvarde, purva bruņurupucis, upespērlene, dižais koksngrauzis, cīrulišu dižtauriņš u. c.);

2. kategorija — 51 suga (12 sikspārņu sugas, dārza susuris, melnais stārķis, ziemeļu un mazais gulbis, paipala, pelekā dzērve, baltā pūce, apodziņš, trīspirkstu dzenis, lielā čakste, sarkanvēdera ugunskrupis, smilšu krupis, gludēnā čūska, medicīnas dēle u. c.);

3. kategorija — 15 sugas (ūdrs, rubenis, mednis, grieze, zivju dzenītis, sila ķirzaka, platspīļu vēzis u. c.).

Jāatzīmē, ka 1987. gadā ar Sarkanās grāmatas padomes lēmumu ūdrs, rubenis un mednis no Latvijas Sarkanās grāmatas tika svītroti. Šo dzīvnieku aizsardzību un izmantošanu pašreiz nosaka medību noteikumi;

4. kategorija — 24 sugas (ciršļi: mazais un meža, lijās: melnā, stepes un niedru, vistu vanags, zvirbuļu vanags, laukirbe, ausainā pūce, ūdensstrazds, purva varde u. c.).

● Ar Ministru Padomes 1982. gada 11. novembra lēmumu Nr. 596 tika ieviestas izmaiņas 1977. gada lēmumā, ņemot par pamatu 1980. gadā apstiprināto Latvijas Sarkanā grāmatā. Šajā lēmumā dzīvnieki iedalīti 3 grupās.

1. grupa — retie dzīvnieki un dzīvnieki, kam draud iznīkšana. Šo dzīvnieku iegūšana republikas teritorijā aizliegta. Grupā ietvertas Sarkanās grāmatas 1. un 2. kategorijā ieskaitītās 79 dzīvnieku sugas.

2. grupa — dzīvnieki, kas nav ne medību, ne zvejas objekti. To iegūšana atļauta tikai ar speciālām atļaujām. Raksturojot šo grupu izdalīti 11 apakšpunkti, kuros minētas gan atsevišķas dzīvnieku sugas (pogaīnais ronis, ezis, meža susuris), gan arī atsevišķas dzīvnieku grupas (visi abinieki, visi rāpuļi u. c.);

3. grupa — dzīvnieki, kuri ir medību un zvejas objekti.

● Pašreiz spēkā ir Ministru Padomes 1987. gada 10. aprīļa lēmums Nr. 107. Šajā lēmumā ietverta praktiski visa Latvijas fauna. Tas arī piešķir juridisku spēku *Sarkanajā grāmatā* minēto dzīvnieku aizsardzībai. Lēmumā pa atsevišķām Sarkanās grāmatas kategorijām uzskaitīti aizsargājamie dzīvnieki:

1. kategorijā — 28 dzīvnieku sugas;

2. kategorijā — 51 dzīvnieku suga;

3. kategorijā — 12 dzīvnieku sugas;

4. kategorijā — 24 dzīvnieku sugas.

Tālāk lēmumā minētas tās dzīvnieku sugas, kuras atļauts iegūt tikai ar speciālām atļaujām:

○ visas putnu sugas, kuras nav medību objekts un kuras nav ierakstītas republikas Sarkanajā grāmatā, izņemot žagatu, vārnu un kraukli;

○ pogaīnais ronis;

○ ezis;

○ ģimenes vai kolonijas veidojošie kukaiņi:

rudās mežskudras — 3 sugas,

kamenes — 22 sugas,

bišu vientuļnieču kolonijas;

○ visi rāpuļi;

○ visi abinieki;

○ parku vīngliemezis.

Lēmumā ietverti arī tie dzīvnieki, kuri ir *medību un zvejas objekti*. To izmantošanu regulē Latvijas likumdošana par medībām un medību saimniecību, kā arī par rūpniecisko un amatieru zveju.

Aizsargājamo dzīvnieku, it īpaši putnu aizsardzībā liela nozīme ir Latvijas rezervātiem.

Slīteres valsts rezervātam ir raksturīga bagāta fauna. Tajā dzīvo zīdītājdzīvnieki alnis, mežacūka, stirna, staltbriedis, dažkārt iekļūst arī vilks, lūsis. Sastopamas daudzas un retas aizsargājamo putnu sugas, piemēram, ūpis, svītrainā pūce, bikšainais apogs, pupuķis, trīspirkstu dzenis u. c. No ligzdotajiem rezervātā ir sastopams čūsku ērglis un klinšu ērglis, bezdelīgu piekūns, purva pūce, pelēkā dzērve, melnais stārķis un meža balodis. Kolkas rajonā sastopams retais un aizsargājamais smilšu krupis.

Teiču valsts rezervātā ir konstatēta bagātīga aizsargājamo putnu fauna. Tajā sastop lielo piekūnu un purva piekūnu, baltirbi, melnkakla gārgali, pļavu liju, dzelteno tārtiņu un citas sugas. Rezervāts ir galvenā pelēkās dzērves ligzdošanas vieta Baltijas republikās, kur ik gadu regulāri ligzdo 20...25 šo putnu pāri. Tā ir arī galvenā lietuvaiņa ligzdošanas vieta Latvijā.

Aizsargājamo dzīvnieku sugu saglabāšanā īpaša nozīme ir 15 zooloģiskajiem liegumiem, kuri izdalīti ar Ministru Padomes 1987. gada 10. aprīļa lēmumu. Zooloģisko liegumu kategorijā izdalīti seklie Piejūras līdzenuma ezeri: Papes, Babītes, Engures un Kaņiera. Tajos sastopama liela ūdensputnu koncentrācija. Engures ezerā atrodas galvenais republikas ūdensputnu populāciju ilggadējo novērojumu stacionārs, kam liela zinātniska nozīme pasākumu izstrādāšanā ūdensputnu aizsardzībā un racionālā izmantošanā.

Smilšu krupja aizsardzībai izdalīts Karateru liegums Limbažu rajonā.

Pēdējā laikā liela uzmanība tiek pievērsta bezmugurkaulnieku aizsardzībai. Tie ir dzīvnieki, kuriem liela nozīme dabas un cilvēka dzīvē (skudras — meža sanitāri, bites — dažādu augu apputeksnētājas), kā arī dzīvnieki, kas atrodas uz savas iznīkšanas robežas. Runājot par kukaiņu aizsardzību, īpaši jāuzsver, ka to aizsardzība cieši saistīta ar noteiktu augu sugu saglabāšanu, kuru apputeksnētāji ir šie kukaiņi. Tāpat būtiska nozīme atsevišķu kukaiņu sugu

saglabāšanā ir to barības augiem. Republikas Sarkanajā grāmatā (1985) ierakstītas 13 bezmugurkaulnieku sugas, to skaitā 10 kukaiņu sugas, kā arī medicīnas dēle un platspīļu upesvēzis. Ministru Padomes 1987. gada lēmumā par īpaši aizsargājamiem dabas objektiem Latvijas teritorijā ir minētas Sarkanajā grāmatā ierakstītās sugas, kā arī 3 rudo mežskudru sugas, 22 kameņu sugas, bišu vientuļnieču kolonijas, kā arī vīngliemezis. Stučkas rajonā izdalīta aizsargājama Ozolkalna bišu vientuļnieču un kameņu atradne, kuras biotopā konstatētas 77 bišu vientuļnieču un kameņu sugas.

6.16. LATVIJAS DABAS AIZSARDZĪBAS VĒSTURE

Dabas aizsardzībai Latvijas teritorijā ir senas tradīcijas. Pirmie likumi un noteikumi par meža izmantošanu izdoti jau XVI un XVII gadsimtā. XIX gs. veikti pasākumi, lai nostiprinātu Baltijas jūras un Rīgas līča piekrastes kāpas. Pēc Vidzemes gubernas pārvaldes izdotā rīkojuma 1838. gadā visā Baltijas jūras piekrastē bija jābūt 320 m platai, bet sevišķi bīstamās vietās līdz 510 m platai aizsargmeža joslai. Smilšu nostiprināšana un smiltāju apmežošana plašākā mērogā turpinājās XX gadsimtā.

Aizsargājamo dabas teritoriju izdalīšana sākta XX gs. sākumā. 1905. gadā Moricsalā aizliedza mežu ciršanu, bet 1912. gadā pēc Rīgas Dabaspētnieku biedrības iesnieguma sala tika izsludināta par dabas pieminekli. 1907. gadā nodibinātā Latvijas Skolotāju biedrība aicināja izvērst dabas un tās bagātību pētišanu, saudzēt dabas pieminekļus (skolotāji P. Kūla, Z. Lancmanis, K. Melnalksnis). Liela uzmanība Latvijā tika veltīta meža bagātību saglabāšanai. 1919. gada 26. februārī Zemkopības komisariāta mežu nodaļa izdeva īpašu instrukciju visu Latvijas pagastu izpildkomitejām. 1919. gada martā nodibinājās Latvijas Zemes un tautas pētišanas biedrība, uzņēmoties Latvijas dabas un vēstures izpēti un dabas aizsardzības darba organizēšanas centra funkcijas. Latvijas Republikas laikā dabas aizsardzības pasākumi galvenokārt bija saistīti ar aizsargājamo teritoriju vai atsevišķu objektu izdalīšanu. Šajā laikā dabas aizsardzības jautājumus risināja Izglītības ministrija un tās Pieminekļu valde, Zemkopības ministrija, Mežu departaments, kā arī vairākas biedrības (Rīgas Dabas pētnieku biedrība, Latvijas Dabaszinātņu biedrība, Latviešu Izglītības biedrība u. c.). 1923. gadā pieņemtais Latvijas mezaizsardzības likums noteica, ka par dabas pieminekļiem atzīstami tādi meža novadi vai nogabali, kas vēsturiskās nozīmes, skaistuma, zinātniskās vērtības vai reto koku sugu dēļ uzglabājami dabiskos apstākļos. Bija izdots arī Medību likums, Zvejniecības likums, likums par pieminekļu aizsardzību. Pastāvēja īpaši «Noteikumi par bebru aizsardzību» (1927), «Noteikumi par aļņu aizsardzību» (1931). Valsts dabas pieminekļi atradās Zemkopības ministrijas pārziņā. Ministrijai bija tiesības dabas pieminekļus, arī parkus un alejas nodot valsts iestādēm vai privātpersonām lietošanā

un īpašumā. Medību likums sargāja noteiktas dzīvnieku sugas, aizliegdamu to medišanu vai nu uz laiku, vai pavisam. Tādu pašu funkciju veica zvejniecības likums.

Latviešu Izglītības biedrības Augstskolu sekcija 1923. gadā izdeva Latvijas dabas un vēstures pieminekļu tipu sarakstu, kurā bija minēti 7 dabas un vēstures pieminekļu tipi (arī 1921. gadā nodibinātais Slīteres dabas piemineklis 1100 ha platībā). Līdz 1928. gada 1. aprīlim Latvijā jau bija izsludināti 54 dabas pieminekļi (ievērojamākie: Moricsala, Slītere, Zilais kalns, 7 Ineša salas). Līdz 1936. gadam par aizsargājamām bija izsludinātas 12 augu, 2 dzīvnieku sugas, 5 ģeoloģiskie pieminekļi, 7 rezervāti, nacionālie parki un dabas pieminekļi (Latvijas un Kokneses nacionālais parks, 1936. gadā nodibinātais Grīņu rezervāts), 53 salas 17 ezeros un citi objekti.

Piecdesmitajos gados republikas zinātnieki izstrādāja priekšlikumus aizsargājamo dabas objektu sistēmas izveidošanai.

Latvijas Republikas Augstākā Padome un Ministru Padome ir pieņēmušas virkni lēmumu par dabas bagātību aizsardzību un saprātīgu izmantošanu.

1957. gadā Ministru Padome pieņēma lēmumu «Par pasākumiem dabas aizsardzības pastiprināšanā», ar kuru apstiprināja republikas aizsargājamās dabas objektus (Moricsalas, Slīteres, Grīņu un Ķemeru rezervātus) un noteica to saglabāšanas režīmu. Šajā lēmumā tika noteikti arī citi aizsargājami dabas objekti (6 senleju posmi, 4 kalni, 12 ezeri un to salas, 5 mežu masīvi, 14 ģeoloģiskie objekti, 27 parki, 3 medību liegumu rajoni, 5 aizsargājamo augu, daudzas dzīvnieku sugas, 12 dižkoki u. c.).

1959. gada 27. novembrī Augstākā Padome pieņēma pirmo Likumu par dabas aizsardzību Latvijā.

Otrais papildinātais variants tika pieņemts 1968. gada 20. decembrī. Šī likuma 1. pantā «Aizsargājami dabas objekti» teikts: «Latvijas PSR teritorijā valsts aizsardzībā ir visas dabas bagātības, gan saimniecības apgrozībā iesaistītās, gan arī neekspluatējamās.»

Likuma 12. pantā «Aizsargājamo dabas objektu kategorijas» minētas galvenās šo objektu kategorijas republikā: valsts rezervāti, pastāvīgie un pagaidu liegumi, nacionālie parki un dabas parki, kā arī dabas pieminekļi. Šajā pantā arī norādīts, ka konkrētu aizsargājamo dabas objektu sarakstu un režīmu nosaka Ministru Padome. Pārējos pantos aplūkota atsevišķu resursu aizsardzība, to uzskaites, kontroles jautājumi, zinātniskās pētniecības darbs, dabas aizsardzības propaganda un citi jautājumi. Dabas aizsardzības darba izvērtēšanā republikā likumam neapšaubāmi ir bijusi liela pozitīva nozīme. Mūsdienu skatījumā likuma galvenais trūkums saistāms ar tajā neatspoguļotajiem ekoloģiskajiem aspektiem (ekoloģiskās situācijas novērtēšana, ekoloģiskās ekspertīzes, dabas aizsardzības aktu izpildes kontrole un citi jautājumi).

1973. gada 10. aprīlī Ministru Padome pieņēma lēmumu «Par dabas aizsardzības pastiprināšanu un dabas resursu labāku izmantošanu», kas republikas apstākļos konkretizēja 1972. gada lēmumus.

1976. gadā Ministru Padome pieņēma lēmumu «Par komplekso programmu «Latvijas PSR dabas aizsardzība un dabas resursu racionāla izmantošana». Kompleksā programma ietvēra 6 pamatdarbības apakšprogrammas (ūdens resursu aizsardzība un racionāla izmantošana, gaisa baseina aizsardzība, zemju aizsardzība un racionāla izmantošana, meža resursu aizsardzība un racionāla izmantošana, zivju bagātību aizsardzība un atjaunošana, aizsargājamo teritoriju attīstīšana) un 5 nodrošinošās darbības apakšprogrammas (mēru un kontroles tīkla attīstīšana, kompleksās programmas nodrošināšana ar informāciju, zinātniskās pētniecības darbs, kadru sagatavošana un inženiertehniskā personāla kvalifikācijas paaugstināšana, propagandas un kultūrizglītības darbs). Tās izstrādāja Valsts plāna komiteja sadarbībā ar republikas ministrijām un resoriem, Vissavienības pakļautības uzņēmumiem, pilsētu un rajonu tautas deputātu padomēm un to izpildkomitejām, Latvijas Dabas un pieminekļu aizsardzības biedrību, kā arī ciešā saistībā ar PSRS ZA un Latvijas zinātniekiem. Līdz ar to kompleksā dabas aizsardzības programma ietvēra republikā veiktos dabas aizsardzības pasākumus pa resoriem.

1977. gada 15. aprīlī Ministru Padome pieņēma lēmumu «Par valsts aizsargājamo Latvijas PSR teritorijā esošo dabas objektu apstiprināšanu». Tā pielikumā ietverti aizsargājamo dabas objektu saraksti pa kategorijām, kā arī nolikumi, kas katrai kategorijai un atsevišķiem objektiem un kategorijām nosaka aizsardzības režīmu, mērķi un uzdevumus. Ar šo lēmumu Latvijas PSR Zinātņu akadēmijai tika uzdots radīt Latvijas PSR Sarkanā grāmatu. Zinātņu akadēmijas Sarkanās grāmatas padome 1980. gada 18. janvārī pieņēma Latvijas PSR Sarkanā grāmatu (apstiprināta ar LPSR ZA Prezidija 1980. gada 31. janvāra lēmumu). Tajā sākotnēji bija ierakstītas 112 paparžaugu un sēklaugu un 119 dzīvnieku sugas.

1979. gadā republikā notika rezervātu reorganizācija. Tās rezultātā tika izveidots Slīteres valsts rezervāts ar administratīvo aparātu un zinātnisko līdzstrādnieku štatu, kura uzdevumos ietilpa veikt sistemātiskus stacionārus ekosistēmu pētījumus Latvijas rezervātu teritorijās.

1982. gadā ar Ministru Padomes lēmumu tika izdalīts Teiču valsts rezervāts.

70. un 80. gados arvien lielāku sociālu un ekonomisku nozīmi ieguva dabas aizsardzības likumdošana. Zinātnes un tehnikas progresa apstākļos, pastiprinoties cilvēka iedarbībai uz dabu, radās nepieciešamība novērst šīs iedarbības ekoloģiskā ziņā kaitīgās sekas, lai saudzētu veselību, atpūtas vietas, lai Latvijas daudzveidīgā daba un tās resursi saglabātos nākamajām paaudzēm.

Dabas aizsardzības likumdošanas sistēmu republikā veido kodeksi, likumi, Ministru Padomes lēmumi. Šie normatīvie akti noteic

dabas lietotāju tiesības un pienākumus, plānveidīgas un mērķtiecīgas resursu sadales un izmantošanas kārtību, valsts kontroli pār resursu izmantošanu un aizsardzību, kā arī tiesisko atbildību par zemes un tās dziļu, ūdeņu, mežu, savvaļas dzīvnieku un atmosfēras gaisa izmantošanas un aizsardzības noteikumu pārkāpšanu.

Latvijas PSR Augstākā Padome ir pieņēmusi šādus likumus un kodeksus, kas saistīti ar dabas aizsardzību:

- «Latvijas PSR zemes kodekss» (1970);
- «Latvijas PSR ūdeņu kodekss» (1972);
- «Latvijas PSR Zemes dziļu kodekss» (1976);
- «Latvijas PSR mežu kodekss» (1978);
- «Latvijas PSR likums par atmosfēras gaisa aizsardzību» (1981);
- «Latvijas PSR likums par dzīvnieku aizsardzību un izmantošanu» (1981).

Dabas aizsardzības darbu Latvijā no 1955. gada līdz 1961. gadam pārzināja un vadīja LPSR ZA Dabas aizsardzības komisija, no 1961. gada līdz 1965. gadam — Latvijas PSR Ministru Padomes Dabas resursu racionālas izmantošanas un aizsardzības komiteja. No 1965. gada līdz 1988. gadam to pārzināja un vadīja tās ministrijas un resori, kuru pārziņā bija attiecīgās dabas bagātības un aizsargājami dabas objekti.

Arī citi valsts orgāni piedalās dabas aizsardzībā. Tie ir Latvijas Republikas Augstākā Padome, Augstākās Padomes Prezidijs, Ministru Padome, Latvijas Republikas Hidrometeoroloģijas pārvalde, Veselības aizsardzības ministrija, Latvijas Republikas Ministru Padomes Galvenā tehniskās uzraudzības pārvalde, Latvijas Republikas Ģeoloģijas pārvalde u. c. Nozīmīgas dabas aizsardzības funkcijas ir vietējām tautas deputātu padomēm un to izpildkomitejām (tās nosaka aizsargājamās vietējās nozīmes dabas objektus, kā arī kontrolē, vai kolhozi, padomju saimniecības, uzņēmumi, iestādes un citas organizācijas, kā arī pilsoņi ievēro dabas aizsardzības likumdošanu un veic pasākumus, lai saglabātu un atjaunotu dabas resursus).

Likumu, lēmumu projektus sagatavo un konkrētus dabas un vides aizsardzības jautājumus izskata Latvijas Republikas Augstākās Padomes Apkārtējās vides aizsardzības komisija, Latvijas Republikas Vides aizsardzības komiteja un Valdības administrācija.

Ekonomikas ministrijas Tautsaimniecības departamentā ir izveidota Teritoriju atbilstības un vides daļa.

Šobrīd dabas aizsardzības darbu kopumā republikā pārziņā un koordinē, kā arī veic kontroles pasākumus Latvijas Republikas Vides aizsardzības komiteja (izveidota 1988. g.). Tai jārealizē vienota ziņātniski tehniska politika vides aizsardzībā un dabas resursu racionālā izmantošanā, jāorganizē ekoloģiskā ekspertīze un jānodrošina kontroles funkcijas — ekoloģiskā inspekcija. Republikas rajonos ir izveidotas 9 reģionālās dabas aizsardzības komitejas (Rīgas, Daugavpils, Jelgavas, Liepājas, Madonas, Valmieras, Ventspils, Ogres un Rēzeknes), kuru darbs aptver 2...4 rajonus. Bez tam republikā ir izveidotas ūdenskrātuvju ekspluatācijas uzraudzības pārvalde,

jūras aizsardzības valsts inspekcija un ekoloģisko pētījumu un informācijas centrs.

Latvijas Republikas Vides aizsardzības komiteja *ekoloģisko ekspertīzi* realizē, pamatojoties uz likumu par ekoloģisko ekspertīzi un vajadzības gadījumā pieaicinot speciālistus arī no ārzemēm.

Veicot ekoloģisko ekspertīzi, cilvēka darbības un dabas ekoloģiskā stāvokļa novērtējums jāpamato ar precīziem rādītājiem. Pastāv gan vispārīgie, gan speciālie ekoloģiskie kritēriji, ar kuru palīdzību nosaka nelabvēlīgo antropoloģisko ietekmi uz konkrētiem dabas objektiem. Galīgo vērtējumu iegūst, secīgi izpētot visus sarežģītā mehānisma iedarbības posmus teritoriālajā sistēmā «iedzīvotāji—saimniecība—daba». Šī mehānisma izpētišanai mūsdienu pasaules praksē iesaka šādu shēmu:

○ saimnieciskās darbības kā cilvēka un dabas mijiedarbības mehānisma izpēte;

○ dabā notiekošo izmaiņu izpēte (galveno dabas sociāli ekonomisko funkciju izpēte; resursu atražošana, vides veidošanās, genofonda aizsardzība);

○ antropogēno seku izpēte, nosakot nepieciešamību regulēt cilvēka un dabas mijiedarbību.

Rezervātus un īpaši aizsargājamus teritoriālos dabas objektus pārzina Latvijas Republikas Vides aizsardzības komiteja.

Zivju bagātību racionālu izmantošanu un atjaunošanu kontrolē Baltijas baseina zivju aizsardzības, pavairošanas un zvejas regulēšanas inspekcija.

1959. gadā tika nodibināta Latvijas Dabas un pieminekļu aizsardzības (sākotnēji kā Latvijas PSR Dabas un vēstures) biedrība kā brīvprātīga, sabiedriska masu organizācija. Biedrības galvenie uzdevumi ir apzināt, pētīt, aizsargāt un propagandēt Latvijas dabas un kultūrvēsturiskās vērtības, organizēt un realizēt sabiedrības kontroli pār dabas un pieminekļu likumdošanas ievērošanu. Biedrības nodaļas izveidotas republikas pilsētās un rajonos, bet pirmorganizācijas — praktiski visos republikas uzņēmumos un iestādēs. Biedrības darbu vada Centrālā padome un prezidijs. Organizatoriskā un metodiskā darba veikšanai izveido dažādas komisijas (organizatoriskā darba, propagandas darba, jaunatnes u. c.) un sekcijas (floras, faunas aizsardzības, ainavu un zaļo zonu aizsardzības u. c.).

Tajās aktīvi darbojas zinātnieki, tautas saimniecības speciālisti, dabas un pieminekļu aizsardzības darbinieki. Biedrība organizē dabas aizsardzības likumu un noteikumu ievērošanas pārbaudes reidus, konkursus, skates, konferences un seminārus, izstādes un ekskursijas. Biedrība izdod «Dabas un vēstures kalendāru», brošūru sēriju par dabu «Daba un mēs», organizē Tautas universitātes Dabas aizsardzības fakultātes darbu un citus pasākumus.

Lai dzīvnieku resursi tiktu racionāli izmantoti un pareizi atjaunoti, lielu darbu veic 1945. gadā dibinātā Latvijas PSR Mednieku un makšķernieku biedrība. Šis biedrības ietvaros izveidotas rajonu un pilsētu nodaļas. Biedrības galvenais uzdevums — vadīt medību un makšķerēšanas saimniecību, attīstīt medību un makšķerēšanas

sportu. Biedrības biedri veic plašu biotehnisko pasākumu kompleksu, kas ietver medijamo dzīvnieku piebarošanu, dzīvnieku barībai un putnu perēšanas vietām noderīgo koku un krūmu saglabāšanu, ūdensputnu skaita palielināšanu, ūdenstilpju meliorāciju, nārsta vietu iekārtošanu, kaitīgo dzīvnieku apkarošanu u. c.

Bez oficiālajām biedrībām, kuras nodarbojas ar dažādo dabas aizsardzības aspektu risināšanu, mūsdienās gan ārzemēs, gan arī pie mums arvien plašāku darbību izvērš neformālās organizācijas. Lielu popularitāti studējošās jaunatnes vidū, organizējot konferences, seminārus pieredzes apmaiņai, studentu celtnieku vienības dabas aizsardzības pasākumu veikšanai, ir guvis Latvijas Universitātes ekoloģiskais centrs.

Republikā nozīmīgu darbu veic Vides aizsardzības klubs. Neformālās dabas aizsardzības organizācijas savu autoritāti gūst nelokāmi, bez kompromisiem cīnoties par konkrētu jautājumu atrisināšanu, sakopjot konkrētus dabas un kultūras objektus.

Neskatoties uz daudzajiem likumiem un organizatoriskajiem pasākumiem, republikā 80. gadu beigās ir izveidojusies visai kritiska ekoloģiskā situācija, jo likumi tiek izdoti, bet ne vienmēr tiek pildīti.

Smags ir stāvoklis pilsētu un apdzīvoto vietu notekūdeņu attīrīšanā. Atbilstoši normatīvu prasībām tiek attīrīta tikai viena trešdaļa notekūdeņu. 1989. gadā 75% iekšējo ūdeņu un Rīgas līcis neatbilda normatīvajām prasībām. Piesārņojums konstatēts arī vairāk nekā 80 lokālās gruntsūdeņu piesārņojuma vietās. Gruntsūdeņos ir konstatēts palielināts slāpekļa savienojumu saturs. Steidzami pasākumi nepieciešami mazo upju saglabāšanai, to tīrības un bioloģiskās daudzveidības nodrošināšanai.

Kā liecina kontroles dienestu dati, atmosfēras piesārņojuma līmenis astoņdesmitajos gados būtiski nav mainījies. Rūpnieciskās ražošanas un transporta attīstības izraisīto papildu piesārņojumu līdzsvaro veiktie dabas aizsardzības pasākumi. Taču arī tajos atzīmējami visai būtiski trūkumi un nepilnības. Pēdējā laikā kaitīgo vielu ievadīšana atmosfērā ir palielinājusies vairāk nekā 150 republikas uzņēmumos. Organismam kaitīgo vielu koncentrācijas palielinās rajonos, kur izveidoti lielle rūpniecības uzņēmumi (Bolderāja, Sloka, Olaine, Ventspils).

Vides piesārņojuma pakāpe ļoti cieši saistīta ar cilvēku veselību. 1988. gada beigās, izanalizējot Ventspils, Jūrmalas un Olaines iedzīvotāju saslimstību pēdējos 10 gados, konstatēja stabili pieaugumu vairākās slimību grupās: bērnu iedzimto patoloģiju skaits palielinājies 3,5 reizes, bronhiālā astma — 2 reizes, grūtnieču anēmija — 10 reizes, alerģiskie dermatīti — 2,5 reizes utt.

Olainē un tās apkārtņē 5...20% gaisa analīžu sālsskābes, sērskābes, formaldehīda, fenola, acetona, metanola un citu vielu pieļaujamās normas pārsniegtas vairāk nekā 2,5 reizes.

Ventspils ostas rūpnīcā un tās apkārtņē 1000 m rādiusā kālija sāls saturs gaisā atsevišķos gadījumos pieļaujamās normas pārsniedza pat 34 reizes.

Visiem uzņēmumiem, kas iepludina atmosfērā kaitīgas vielas, nav izstrādāti un netiek ievēroti maksimāli pieļaujamie izplūdes normatīvi. 1988. gada beigās tādi normatīvi bija tikai 56%.

Lauksaimniecībā iezīmējas negatīvas tendences sakarā ar lieljaudas tehnikas izmantošanu, nepareizu minerālmēsļu un pesticīdu lietošanu un glabāšanu, bieži fermu šķidrās mēslojums kļūst par vides piesārņojuma avotu.

Negatīvās tendences dabas aizsardzības problēmu risinājumā republikā pastiprina apstākļi, ka pusotras desmitgades (no 1976. gada) šīs problēmas risināja, realizējot resorisko pieeju, t. i., praktiski nerisināja. Tagad republikai kopumā un arī Rīgai tiek izstrādāta Dabas aizsardzības kompleksā shēma.

Lai radušos situāciju uzlabotu, nepieciešams palielināt Latvijas Republikas Vides aizsardzības komitejas pilnvaras, koncentrējot tās rokās visus ar dabas aizsardzības pasākumu izpildes kontroli saistītos jautājumus. Nepieciešams arī, lai republika varētu pilnīgi suverēni risināt visus jautājumus, kas nodrošinātu dabas resursu racionālu izmantošanu un vides aizsardzību, tādējādi nodrošinot visiem iedzīvotājiem veselīgu dzīves un darba apstākļus.

6.17. DABAS AIZSARDZĪBAS STARPTAUTISKIE ASPEKTI. MONITORINGS

Dabas aizsardzības jautājumus nav iespējams risināt vienas valsts ietvaros. Kaut vai tāpēc, ka ir daudz dzīvnieku, kuri pārceļo — putni, zivis, jūras dzīvnieki. Atsevišķu valstu rūpniecības izdalījumi atmosfērā un ūdeņos iet pāri šo valstu robežām un bieži vien piesārņo starptautiskos ūdeņus un citu valstu teritorijas. Sajā sakarībā ļoti zīmīgi ir amerikāņu ekologa un sabiedriskā darbinieka L. Koldvela vārdi, ka šobrīd jēdziens «biosfēra» ir kļuvis par vispasaules politikas pamatkonceptiju vides aizsardzībā. Un, ja biosfēra ir vienota sistēma, tad tās aizsardzībai ir nepieciešami starptautiski pasākumi.

Jo vairāk valstu piedalīsies starptautiskajā dabas aizsardzībā, jo tā būs auglīgāka. Īpaša nozīme starptautiskai sadarbībai ir, izstrādājot ilgtermiņa dabas aizsardzības programmas, piemēram, par atmosfēras, pasaules okeāna, ceļojošo zivju un putnu aizsardzību.

Starptautisko pasākumu iedīgļi meklējami vairāk nekā pirms simts gadiem. Vienu no pirmajām konvencijām 1839. gadā noslēdza Francija un Lielbritānija par austeru zveju.

1868. gadā vācu Mežkopju un lauksaimnieku kongress ierosināja noslēgt starptautisku vienošanos par sīko ceļojošo kukaiņēdāju putnu aizsardzību. Tajā laikā Vācijā sāka izlikt būrīšus un piesaistīt putnus, sekmīgi cīnījās ar mežu un lauksaimniecības kultūru kaitēkļiem. Šo putnu starptautiskie aizsardzības pasākumi kļuva nepieciešami, jo šos putnus pēc to pārlidošanas pār Alpiem itāli masveidīgi ķēra, izliekot gigantiskus tīklus, un gatavoja no tiem pasētēti.

1897. gadā Krievija, ASV un Japāna noslēdza vairākas konvencijas un vienošanās par zivju zveju.

1902. gadā 11 valstis noslēdza Parīzes konvenciju par lauksaimniecībai derīgo putnu aizsardzību. Krievija piedalījās līguma teksta izstrādāšanā, taču līgumu neparakstīja, jo nevarēja piekrist bišu dzeņa aizsardzībai Krievijas konkrētajos apstākļos, kur tas bija kaitīgs.

Jau no pirmajiem pastāvēšanas gadiem Padomju valsts slēdza starptautiskas vienošanās, ņemot vērā principu, ka katrai valstij ir suverēnas tiesības savā teritorijā izmantot dabas resursus. Tā tika noslēgta vienošanās ar Somiju par zvejniecību pierobežas ūdeņos, ar Afganistānu — par ūdens resursu izmantošanu, ar Afganistānu un Irānu — par cīņu ar siseņiem u. c.

Ipaši plaši šī sadarbība ir izvērsusies pēc Otrā pasaules kara. Milzīga nozīme ir 1963. gadā noslēgtajam Maskavas līgumam par kodolieroču izmēģināšanas aizliegumu atmosfērā, kosmiskajā telpā un zem ūdens.

1973. gada oktobrī Maskavā notika Vispasaules miera spēku kongress, kurā darbojās komisija «Sadarbība vides aizsardzībā». Akadēmiķis J. Fjodorovs uzsvēra, ka vides aizsardzības problēmas ir cieši saistītas ar atbrūņošanās problēmām, sadarbības un stingra miera nodrošināšanas problēmām. PSRS ir noslēgusi daudzas divpusējas vienošanās dažādos dabas aizsardzības aspektos gan ar sociālistiskajām, gan arī ar kapitālistiskajām valstīm.

1951. gadā tika noslēgta Parīzes konvencija par putnu aizsardzību.

1959. gadā Tokijā PSRS un Japāna vienojās par lašveidīgo zivju zvejas mērogiem un zvejas vietām.

Nozīmīga ir arī konvencija, kas ierobežo tirdzniecību ar retajām un iznīkstošajām augu un dzīvnieku sugām.

Ipašu nozīmi PSRS piešķir starptautiskajai zinātniski tehniskajai sadarbībai ar sociālistiskajām valstīm, izstrādājot programmu kopīgiem pētījumiem dabas aizsardzībā un dabas resursu racionālā izmantošanā. 1971. gadā SEPP valstis pieņēma kompleksu programmu «Pasākumu izstrādāšana dabas aizsardzībai», kurā ietverti šādi galvenie jautājumi:

- dabas aizsardzības higiēniskie aspekti;
- ekosistēmu (biogeocenožu) aizsardzība;
- atmosfēras aizsardzība no piesārņojuma;
- ūdens resursu aizsardzība;
- sadzīves un rūpniecības atkritumu likvidācija un utilizācija;
- dabas aizsardzības sociālekonomiskie un organizatoriski tiesiskie aspekti.

Vēlākajos gados SEPP valstu sadarbība ir paplašinājusies un konkretizējusies. 1985. gadā SEPP locekles pieņēma zinātniski tehniskā progresa Komplekso programmu līdz 2000. gadam, lai kopīgiem spēkiem risinātu daudzas zinātniski tehniskas problēmas, kas saistītas ar efektīvu un paplašinātu primāro un sekundāro resursu

izmantošanu, biotehnoloģijas attīstības paātrināšanu, pārtikas resursu palielināšanu.

Lielu darbu valsts un sabiedrisko organizāciju apvienošanā, globālu dabas aizsardzības jautājumu risināšanā, vienošanos sagatavošanā un pieredzes apmaiņā veic starptautiskās dabas aizsardzības organizācijas.

Lielu vērību dažādu dabas aizsardzības aspektu risināšanai velti ANO un tās iestādes.

1962. gadā ANO Ģenerālās Asamblejas XVII sesijā pieņēma rezolūciju «Ēkonomiskā attīstība un dabas aizsardzība». Tajā bija uzsvērts, ka dabas aizsardzība ir ikvienas valsts tiešs pienākums un ka pasākumi dabas resursu aizsardzībai jāveic vienlaicīgi ar ekonomisko attīstību.

1972. gadā Stokholmā sanāca ANO konference par vides aizsardzības jautājumiem. Šī konference pieņēma Deklarāciju par vides aizsardzību un izsludināja 5. jūniju par Starptautisko vides aizsardzības dienu.

Nozīmīgākie ANO orgāni, kas nodarbojas ar starptautisku dabas aizsardzības jautājumu risināšanu, ir

- Pārtikas un lauksaimniecības organizācija (FAO);
- Vispasaules veselības aizsardzības organizācija (WHO);
- Izglītības, zinātnes un kultūras organizācija (UNESCO) u. c.

No starptautiskajām dabas aizsardzības organizācijām plaša darbība un liela autoritāte raksturīga UNESCO *Starptautiskajai dabas un dabas resursu aizsardzības savienībai* (SDAS). Tā dibināta 1948. gadā kā Starptautiskā dabas aizsardzības savienība, bet 1956. gadā pārdēvēta par Starptautisko dabas un dabas resursu aizsardzības savienību. Tā ir starptautiska konsultatīva starpvaldību organizācija, kas pakļauta ANO un darbojas tās speciālo iestāžu ietvaros. Savienības uzdevums ir veicināt sadarbību dabas un tās resursu aizsardzības jautājumos starp valstu valdībām, nacionālajām un starptautiskajām organizācijām un atsevišķiem zinātniekiem. Par SDAS locekļiem var būt atsevišķu valstu valdības, valsts iestādes un sabiedriskās organizācijas. PSRS šajā savienībā darbojas no 1956. gada, un to pārstāv PSRS Agrorūpniecības komiteja (agrāk Lauksaimniecības ministrija), Viskrievijas dabas aizsardzības biedrība un Turkmēnijas dabas aizsardzības biedrība. 1981. gadā šī organizācija apvienoja vairāk nekā 400 nacionālo zinātnisko un valsts iestāžu un organizāciju no 110 valstīm, 24 starptautiskas organizācijas. Savienībā darbojas 6 pastāvīgās komisijas:

- reto un iznīkstošo sugu aizsardzības komisija;
- nacionālo parku un citu aizsargājamo teritoriju komisija;
- izglītības komisija;
- ekoloģijas komisija;
- ainavu plānošanas komisija;
- dabas aizsardzības politikas komisija.

Jāatzīmē, ka pēc reto un iznīkstošo sugu aizsardzības komisijas iniciatīvas un direktīvām tiek izstrādāta un papildināta Sarkanā grāmata. SDAS regulāri sasauc starptautiskas konferences un

simpozijus par aktuāliem dabas un vides aizsardzības jautājumiem, sekmē starptautisku līgumprojektu un zinātniskās pētniecības programmu izstrādāšanu un realizēšanu, vāc, analizē, apkopo un izplata jaunāko informāciju par dabas aizsardzības jautājumiem.

Sodien pasaulē tiek realizētas vairākas starptautiskas dabas aizsardzības programmas. Viena no šādām programmām ir «*Cilvēks un biosfēra*» (MaB). Šo starptautisko programmu 1970. gadā pieņēma UNESCO 16. sesija. To vada starptautiska koordinācijas padome, bet atsevišķās valstīs — nacionālās komitejas. Šāda nacionālā komiteja izveidota arī Padomju Savienībā, tās sastāvā ietilpst PSRS ZA, savienoto republiku ZA, Medicīnas ZA, VĻLZA un citu ieinteresēto iestāžu un organizāciju speciālisti. Kopējiem pētījumiem ieteikti 14 projekti. Sākotnēji programma ietvēra 13 projektus. 1974. gadā pēc padomju zinātnieku iniciatīvas tika pievienots 14. projekts «*Vides piesārņojuma izpēte un tā ietekme uz biosfēru*». 8. projektā «*Dabisko rajonu un tajos esošā ģenētiskā materiāla saglabāšana*» izveidoti 2 apakšprojekti: 1) biosfēras rezervātu izveidošana, 2) biosfēras sugu izpētīšana un to produktivitāte noteiktos areālos. Pamatojoties uz 8. projekta 1. apakšprojektu, visās pasaules valstīs tiek veidoti biosfēras rezervāti. Veikto pētījumu rezultātā jāveido biosfēras izmaiņu prognozes un jāizstrādā rekomendācijas saprātīgai cilvēka darbībai, kas dod iespēju apvienot cilvēku materiālās un garīgās vajadzības ar normālu biosfēras darbību.

Programma «*Cilvēks un biosfēra*» izmanto citas, jau agrāk realizētās starptautiskās programmas (Arīdo zemju pētīšanas programma, Starptautiskā bioloģiskā programma), taču atšķiras ar to, ka tā ir starpvaldību programma un domāta, lai risinātu konkrētas dabas resursu problēmas. Šīs programmas izstrādāšanā tiek iesaistīti visdažādāko zinātnes disciplīnu speciālisti, arī sociologi un ekonomisti. Tai ir spilgti izteikts starpdisciplinārs raksturs.

Valstu starptautiskās sadarbības attīstīšanā un veicināšanā liela nozīme ir arī ANO *vides programmai* (UNEP). To apstiprināja ANO Stokholmas konference 1972. gadā. Šīs programmas galvenais mērķis ir vides aizsardzība un uzlabošana tagadējās un nākotnes paaudžu interesēs. Vides programma ietver šādus galvenos darbības virzienus: gaisa aizsardzību pret piesārņošanu; augsnes un ūdeņu aizsardzību; pasaules okeāna aizsardzību; augu un dzīvnieku valsts, kā arī to ģenētisko resursu aizsardzību; starptautiskās sadarbības attīstīšanu enerģijas ieguvē ar videi nekaitīgām metodēm; vides aizsardzībai noderīgu tirdzniecības, ekonomisko un tehnoloģisko pasākumu realizēšanu; ekoloģiskās audzināšanas un izglītošanas jautājumu risināšanu. Šī programma paredzēja daudzu vides pētījumu organizēšanu un koordinēšanu, arī monitoringa sistēmas izveidošanu, lai varētu sekot biosfēras stāvoklim visā pasaulē.

1980. gada 5. martā 30 pasaules valstīs (arī PSRS) atklātībai tika nodota «*Vispasaules dabas aizsardzības stratēģija*» — dokuments, kuru izstrādāja SDAS vadībā vairāk nekā 700 zinātnieki un eksperti no 100 valstīm. Tā iezīmē jaunu posmu dabas aizsardzības darbā, uzsverot, ka par dabas aizsardzību jā rūpējas ne tikai entu-

ziastiem, tai jākļūst par katras valsts, katra cilvēka rūpēm. «Vispasaules dabas aizsardzības stratēģija» brīdina —, ja nenotiks šāds izšķirošs pavērsiens, cilvēka nākotni nav iespējams paredzēt. Dabas degradācija norisinās tik strauji, ka jau tieši apdraud daudzu cilvēku labklājību un valstu stabilitāti. Dokumentā uzsvērts, ka dabas mērķtiecīgas saglabāšanas koncepcija ietver sevī arī aktīvas pārvaldes principu, norāda galvenos uzdevumus:

○ noskaidrot un pievērst uzmanību tām ekosistēmām un bioloģiskajām sugām, kas prasa neatliekamu tūlītēju rīcību to saglabāšanai;

○ izstrādāt dzīvās dabas aizsardzības galvenās prasības un ieteikt pasākumus to īstenošanai;

○ skaidri un uzskatāmi pamatot visu dabas komponentu aizsardzības nepieciešamību un nozīmīgumu, dot ieteikumus, kā izplatīt un ieviest šīs atziņas.

1982. gadā ANO plenārsēdē tika pasludināta «Pasaules dabas aizsardzības harta» — dokuments, kas postulē mūsdienu dabas aizsardzības pamatprincipus. Tajā uzsvērts, ka cilvēce, uzskatot sevi par dabas daļu, atzīst sevi par atkarīgu no netraucētas dabas sistēmu darbības, kas mūs nodrošina ar enerģiju un pārtikas produktiem. Civilizācija pamatojas uz dabu, kas sekmē cilvēces kultūras, mākslas un zinātnes attīstību. Tikai harmoniska cilvēka un dabas līdzāspastāvēšana nodrošina vislabākās iespējas radošo spēju attīstībai un atpūtai.

Katra dzīvības forma ir unikāla un saudzējama, neskatoties uz to, kā šo formu pašreiz novērtē cilvēki. Ar savu aktīvu darbību vai tās sekām cilvēks spēj pārveidot dabu un izsmelt tās resursus. Tieši tāpēc ir nepieciešams apzināti saglabāt dabas stabilitāti, aizsargāt tās resursus. Dabas sistēmu degradācijas, pārmērīgas vai neracionālas dabas resursu izmantošanas rezultātā tiek ārdīti civilizācijas ekonomiskie, sociālie un politiskie pamati.

Hartā izvirzīti šādi vispārīgie dabas aizsardzības principi.

○ Pret dabu jāizturas ar cieņu, nedrīkst izjaukt tās galvenos procesus.

○ Dzīvības ģenētiskos priekšnoteikumus uz Zemes nav iespējams pakļaut kompromisa lēmumiem. Tāpēc arī visu dzīvības formu populācijām jāsauglabā to eksistencei nepieciešamie ekoloģiskie apstākļi.

○ Atbilstoši šīm prasībām visi zemeslodes sauzemes un jūras rajoni ir aizsargājami. Ipaša aizsardzība nepieciešama unikālām dabas teritorijām, kompleksiem, dažāda tipa ekosistēmām, kā arī tiem dabas nogabaliem, kur atrodas retas vai iznīkstošas sugas.

○ Ekosistēmas un bioloģiskās sugas, tāpat arī sauszemes, Pasaules okeāna un gaisa baseina resursi jāizmanto tā, lai saglabātu to optimālo pastāvīgo produktivitāti, neradot draudus citu ekosistēmu integritātei, kā arī reto un iznīkstošo sugu atradnēm.

○ Jāveic pasākumi, lai pasargātu dabu no bojājumiem un degradācijas kara un citas vardarbības rezultātā.

Hartā ieteiktas konkrētas darbības formas vides saglabāšanai, dabā norītošo un tehnogēno procesu kontrolēšanai, dabas resursu

racionālai izmantošanai un atjaunošanai, kā arī speciālistu un visu iedzīvotāju ekoloģiskai izglītošanai.

Starptautiska izcelsme ir arī **monitoringa sistēmai**. Termins «monitorings» parādījās ANO konferencē par vides aizsardzības problēmām 1972. gadā. Sākotnēji pieņemtie principi attiecās uz ANO vides programmu (UNEP). 1974. gadā tika noorganizēta pirmā starptautiskā apspriede par monitoringa problēmām, kurā piedalījās arī padomju delegācija. Globālā vides monitoringa sistēma ir izveidota 1975. gadā Vides programmas lēmumos. Angļu vārds «*monitor*» nozīmē pavērst, dot padomu, kontrolēt, pārbaudīt, sekot kārtībai. Ar monitoringu šodien saprot biosfēras stāvokļa novērojumus. Cilvēka iedarbība uz dabu ieguvusi globālu raksturu un turpina pieaugt. Par to liecina arī fakti, ka cilvēks savas darbības rezultātā sācis piesārņot pat tuvāko kosmisko telpu. Dabas pārveidojumu mērogi un tempi ievērojami pārsniedz mūsu zināšanas par šo pārveidojumu sekām dažādās zemeslodes ekosistēmās. No teiktā var saprast, kāpēc monitoringa pēta biosfēras antropogēnās izmaiņas, ko izraisa cilvēka darbība. Protams, nepieciešams arī sekot dabiskajai (vismaz relatīvi), mazizpētītajai dabai, lai būtu salīdzināšanas objekti, novērtējot antropogēnās darbības izraisītās izmaiņas. Monitoringa dienesta uzdevumos ietilpst arī noteikt cilvēkam pieļaujamās iekļaušanās robežas biosfēras procesos. Monitoringa sistēma ietver 4 pakāpes: *novērojumus, eksperimentus, stāvokļa novērtējumu un prognozi.*

Pēc saviem apjomiem izšķir lokālo, nacionālo un globālo monitoringu.

Lokālais monitoringa aptver vienas valsts atsevišķus apgabalus, štatus vai savienotās republikas.

Nacionālais monitoringa — monitoringa sistēma, kas izveidota vienas valsts, piemēram, PSRS ietvaros. Nacionālo monitoringu sistēmu unifikācija dod iespēju atrisināt globālās monitoringa sistēmas izveidošanas problēmu. Vienlaicīgi jāstūde un jāveido arī globālā monitoringa metodoloģiskie pamati.

Globālā monitoringa ideja paredz universālu visu pasaules valstu starptautisku sadarbību. Pašreizējos apstākļos to ir grūti, pat neiespējami realizēt, jo katrai valstij ir savas ekonomiskas, dabas un klimata īpatnības, savī specifiski uzdevumi cīņā ar piesārņotājiem, savs zinātniskais un tehniskais potenciāls, savas kultūras un vēstures tradīcijas. Jāņem vērā arī tas, ka atšķiras daudzu valstu politiskās un saimnieciskās sistēmas. Tomēr pastāv reāla iespēja izveidot starptautisko novērošanas tīklu, organizējot un pilnveidojot monitoringa nacionālo tīklu.

Izšķir trīs globālā monitoringa veidus: fizikālo, ķīmisko un bioloģisko monitoringu.

Fizikālais monitoringa ietver novērošanas sistēmu par biosfēras ģeofiziskā stāvokļa izmaiņām, to mērījumus (sauszemes un ūdeņu platība, urbanizācijas pakāpe, cilvēku skaits, zemeslodes kultivējamās platības, dati par atjaunojamajiem un neatjaunojamajiem dabas resursiem, hidrobioloģisko stāvokli u. c.). Fizikālais monitoringa



Meža silpurene (D. Vimba)



Palu staipeknitis (E. Vimba)



Lielā kosa (E. Vimba)



Dzeltenā dzegužkurpīte (E. Vimba)

(E. Vimba)



Tērvetes ainava (E. Vimba)

E. Vimba



Sikā zemeszvaigzne (D. Vimba)



Daivainā čemurene (D. Vimba)



Parazītiskā samtbeķa (D. Vimba)



Bebru mītne (E. Vimba)

(E. Vimba) Bebru mītne



Lauku piekūns (V. Klīpiņš)



Pelēkā dzilna (V. Klimpiņš)



Mazais zīriņš (V. Klimpiņš)

1952. gada 27. jūlijs



Bikšainais apogs (V. Klimpiņš)



Tērvetes meža ainavu parkā (D. Vimba)



Moricsalas ainava (E. Vimba)



Slīteres valsts rezervāta ainava (E. Vimba)

(admiV 3) nva /a ch

ietver arī datus par dažādiem piesārņojumiem un atkritumiem un to daudzumu biosfērā.

Ķīmiskais monitorings dod vides stāvokļa novērtējumu, pamatojoties uz ķīmiskajiem parametriem. Tas attiecas uz visām vides sfērām, bet īpaša nozīme ir tām sfērām, kuras nodrošina ķīmisko elementu pārvietošanos no vienas vietas uz citu. Tas attiecas galvenokārt uz atmosfēru un hidrosfēru.

Bioloģiskais monitorings zināmā mērā ir iepriekšējo divu monitoringa veidu atvasinājums. Tā uzdevums ir globālā mērogā novērot dabas ekoloģisko sistēmu bioloģiskās produktivitātes izmaiņas, to stabilitātes traucējumus, ko izraisījusi cilvēka veiktā fizikālā un ķīmiskā dabas pārveidošana. Bioloģiskā monitoringa novērošanas objekti ir attiecīgās bioloģiskās sistēmas un vides faktori, kas uz tām iedarbojas. Bioloģiskajam monitoringam jāietver gan novērošana, gan arī eksperiments. Tas dod iespēju monitoringam piešķirt prognostisku nokrāsu.

Izejot no monitoringa mērķiem, atsevišķas valstis izveido savas monitoringa novērošanas sistēmas, kuras risina visaktuālākos jautājumus. Padomju Savienībā izveidots valsts novērošanas un kontroles dienests, kas seko vides piesārņojuma līmenim un tādējādi veic nacionālās monitoringa sistēmas funkcijas un uzdevumus.

6.18. EKOLOĢISKĀ IZGLĪTĪBA UN EKOLOĢISKĀ AUDZINĀŠANA

Aktuāls mūsdienu uzdevums ir audzināt un veidot cilvēku ar augstu ekoloģisku kultūru, kurš saprātīgi un saudzīgi izmanto dabu un tās resursus, kurš spēj izprast un kritiski novērtēt konkrētās ekoloģiskās situācijas.

Pareizas ekoloģiskas orientācijas izveidošana ir cieši saistīta ar cilvēku tikumisko attieksmi pret dabu, morāles regulatīvo ietekmi uz cilvēka un dabas attiecībām. Lai to sasniegtu, ikvienam pilsonim jāiegūst noteikts zināšanu minimums un noteiktas kultūras iemaņas.

Ekoloģiskās audzināšanas uzdevums ir ieaudzināt pilsoņos pareizu valstisku attieksmi pret dabu un tās bagātībām. Ekoloģiskās izglītības un ekoloģiskās audzināšanas mijiedarbībā veidojas ekoloģiskā kultūra. Tā īpašu nozīmi un aktualitāti iegūst mūsdienās, kad arvien vairāk zūd cilvēka tiešā saikne ar dabu, tas it īpaši vērojams pilsētu apstākļos. Jāuzsver, ka ekoloģiskā audzināšana un dabas aizsardzība cieši pamatojas uz patriotisko un estētisko audzināšanu.

Pirmo ekoloģisko audzināšanu un pirmās zināšanas par dabu sniedz ģimene. Viens no galvenajiem nosacījumiem ģimenē gan pilsētā, gan laukos ir ieaudzināt jaunajos pilsoņos saudzīgu attieksmi pret ikvienu dzīvību. Šajā ziņā būtiska nozīme ir vecāku paraugam. Pilsētas apstākļos bērnu un jauniešu tuvināšanos dabai sekmē mājdzīvnieku turēšana, augu audzēšana, to kopšana. Taču mājdzīvnieku (īpaši suņu un kaķu) turēšana nedrīkst pārvērsties par bērnu īslai-

cīgu aizraušanos (dzīvnieki-rotalietas) vai ģimenes reprezentācijas vai prestiža lietu. Ekoloģisko izglītību un audzināšanu veic mazbērnu iestādes, vispārizglītojošās skolas (galvenokārt bioloģijas, ģeogrāfijas, ķīmijas un fizikas stundās), speciālās vidusskolas atbilstoši dabas aizsardzības un ekoloģiskās audzināšanas programmām, kā arī augstskolas. Augstskolās šodien lasa ekoloģijas un dabas aizsardzības kursus ne tikai bioloģiem, ģeogrāfiem un juristiem, bet arī filologiem, ķيميķiem, ekonomistiem un citiem topošajiem speciālistiem. Daudzās augstskolās ir izveidotas īpašas ekoloģijas vai dabas aizsardzības katedras, kuru uzdevums ir sagatavot augsti kvalificētus speciālistus valsts pārvaldes iestādēm, zinātniskajiem institūtiem, tautas saimniecībai. Ekoloģiskās izglītības un audzināšanas darbu augstskolās pilnveido un paplašina pasākumi mācību un arodnieciskajās praksēs, studentu iesaistišanās zinātniskās pētniecības darbā.

Nozīmīgs ekoloģisko zināšanu nostiprināšanas un ekoloģiskās audzināšanas faktors ir darbs, kas saistīts ar dabas aizsardzību, ekoloģisko problēmu risināšanu.

○ Tas ir darbs, lai sakoptu un uzturētu kārtībā savu tuvāko apkārtni — bērnu dārzu, skolu, rūpnīcu, dzīvesvietu.

○ Tas ir darbs, kas ir saistīts ar īpaši aizsargājamu dabas objektu — dižkoku, dabas parku — apkopšanu, mācību taku ierīkošanu.

○ Tā ir skolēnu darbība zaļajās un zilajās patruļās, skolēnu un studentu specializētajās dabas aizsardzības vienībās.

○ Tā ir dabas resursu vairošana un atražošana lauksaimniecībā, mežsaimniecībā, zivju audzētavās, dārzniecībās, kokaudzētavās u. c.

Liela nozīme bērnu un jauniešu ekoloģiskajā audzināšanā ir pieaugušo pozitīvajam paraugam — saudzīgai un taupīgai attieksmei pret dabas bagātībām, tās produktiem un izstrādājumiem. Īpaši svarīgi ir, lai pieaugušo saimnieciskā darbība atbilstu ekoloģiskajām, dabas aizsardzības un estētiskajām prasībām.

Iedzīvotāju ekoloģiskās izglītības un audzināšanas jautājumus galvenokārt risina Tautas universitāšu Dabas aizsardzības vai Ekoloģisko zināšanu fakultātes. Liela nozīme ekoloģisko zināšanu propagandā ir dažādām lekcijām, semināriem, publikācijām presē, speciālajā presē, kā arī informācijai, kuru saņemam pa radio un televīziju.

ИТЕИСАМАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Astaņins L., Blagosklonovs K. Dabas aizsardzība. — R.: Zinātne, 1982. — 197 lpp.
2. Bioloģija augstskolu reflektantiem / A. Ilziņa, A. Krūmiņa, I. Liepa u. c.: sast. V. Egle. — R.: Zvaigzne, 1985. — 385 lpp.
3. Bušs K. Meža ekoloģija un tipoloģija. — R.: Zinātne, 1981. — 68 lpp.
4. Daba, cilvēks, sabiedrība (Ekoloģijas sociālie aspekti). — R.: Zinātne, 1983. — 239 lpp.
5. Dabas aizsardzība / J. Danilāna redakcijā. — R.: Zinātne, 1980. — 288 lpp.
6. Ģērķe L. Ekoloģiskās audzināšanas pamatproblēmas. — R.: Zvaigzne. — 1983. — 75 lpp.
7. Ipaši aizsargājami dabas objekti Latvijas PSR teritorijā / Latvijas PSR Mežsaimniecības un mežrūpniecības ministrija. — R.: Avots, 1989. — 100 lpp.
8. Kronītis J. Dabas aizsardzība. — R.: Avots, 1982. — 351 lpp.
9. Latvijas PSR Sarkanā grāmata. — R.: Zinātne, 1985. — 527 lpp.
10. Mežals G., Skujāns R., Freivalds V., Bambergis K. Augsnes zinātne un Latvijas PSR augsnes. — R.: Zvaigzne, 1970. — 524 lpp.
11. Ramans K., Nikodemus O. Mazo ģeokompleksu pētījumu metodika: Mācību līdzeklis. — R.: P. Stučkas LVU, 1982. — 131 lpp.
12. Strautmanis J. Daba. Morāle. Likums. — R.: Avots, 1983. — 119 lpp.
13. Андерсон Дж. М. Экология и наука об окружающей среде: биосфера, экосистемы, человек. — Л.: Гидрометеониздат, 1985. — 165 с.
14. Будыко М. И. Глобальная экология. — М.: Мысль, 1977. — 327 с.
15. Горышина Т. К. Экология растений. — М.: Выс. шк., 1979. — 368 с.
16. Вернадский В. И. Биосфера. — М.: Мысль, 1967. — 376 с.
17. Дажо Р. Основы экологии: Перев. с франц. — М.: Прогресс, 1975. — 416 с.
18. Дорст Жан. До того как умрет природа. — М.: 1968. — 415 с.
19. Дрѐ Ф. Экология: Перев. с франц. — М.: Атомиздат, 1976. — 165 с.
20. Коммонер Б. Замыкающийся круг: природа, человек, технология. — Л.: Гидрометеониздат, 1974. — 279 с.
21. Круть И. В., Забелин И. М. Очерки истории представлений о взаимоотношений природы и общества. — М.: Наука, 1989. — 416 с.
22. Культиасов И. М. Экология растений: Учебник. — М.: Изд-во МГУ, 1982. — 384 с.
23. Лархер В. Экология растений: Перев. с немецк. — М.: Мир, 1978. — 384 с.
24. Меллума А. Ж., Рунгуле Р. Х., Эмсис И. В. Отдых на природе как природоохранная система. — Р.: Зинатне, 1982. — 157 с.
25. Миланова Е. В., Рябчиков А. М. Использование природных ресурсов и охрана природы. — М.: Высшая школа, 1986. — 280 с.

26. Наумов Н. П. Экология животных. — Высшая школа, 1963. — 618 с.
27. Никитин Д. П., Новиков Ю. В. Окружающая среда и человек. — М.: Высшая школа, 1980. — 424 с.
28. Об охране окружающей среды. Сборник документов партии и правительства 1917—1981 гг. — М.: Изд. политической литературы, 1981. — 384 с.
29. Одум Ю. Экология: в 2-х т. Т. 1.: Перев. с англ. — М.: Мир, 1986. — 328 с.
30. Одум Ю. Экология в 2-х т. Т. 2.: Перев. с англ. — М.: Мир, 1986. — 376 с.
31. Охрана природы: Справочник / Под ред. К. П. Митрюшкина. — М.: Агрометеоиздат, 1987. — 269 с.
32. Пианка Э. Эволюционная экология: Перев. с англ. — М.: Мир, 1981. — 400 с.
33. Пономарева И. Н. Общая экология. — Л.: Изд-во ЛГПИ им. А. И. Герцена, 1975. — 162 с.
34. Рамад Ф. Основы прикладной экологии: Перев. с франц. — Л.: Гидрометеоиздат, 1981. — 544 с.
35. Риклефс Р. Основы общей экологии: Перев. с англ. — М.: Мир, 1979. — 424 с.
36. Спуур С. Г., Барнес Б. В. Лесная экология: Перев. с 3-го англ. изд. — М.: Лесн. пром-сть, 1984. — 480 с.
37. Сытник К. М., Брайон А. В., Гордецкий А. В. Биосфера. Экология. Охрана природы: Справочное пособие. — Киев: Наукова думка, 1987. — 524 с.
38. Уиттекер. Сообщества и экосистемы: Перев. с англ. — М.: Прогресс, 1980. — 328 с.
39. Федоров В. Д., Гильманов Т. Г. Экология. — М.: Изд-во МГУ, 1980. — 464 с.
40. Чернова Н. М., Былова А. М. Экология: 2-е изд. — М.: Просвещение, 1988. — 272 с.
41. Яблоков А. В. Популяционная биология: Учеб. пособие. — М.: Высш. шк., 1987. — 303 с.
42. Hugh G. G. Multivariate analysis in community ecology. — London, New York, Sydney: Cambridge Univ. Press, 1982.

ALFABĒTISKAIS RĀDĪTĀJS

- Abiotiskie faktori 14
Abisāle 56
Acidofilie augi 76
Aerofiltri 237
Aeroplanktons 63
Aerosoli 220
Aerotanki 237
Aficīdi 210
Akaricīdi 210
Aktīvais skābums 75
Aktīvie periodi 27
Aktivitātes zonas 19
Albedo 28
Amensālisms 97
Anemofilija 63
Anemohorija 63
Antagonisms 37
Antropogēnie faktori 15
Apmaiņas fonds, elementu 154—155
— skābums 75
Aprite, fosfora 157—188
— oglekļa 160—161
— sēra 158—159
— slāpekļa 155—157
Apūdeņošanas lauki 237
Apvērstās piramīdas 136
Arboricīdi 210
Arīdās teritorijas 46
Ariditātes indekss 47
Asimilācijas efektivitāte 135
Atkritumi, radioaktīvie 245
Atmosfēra 219
Atmosfēras ūdens 44
Atraktanti 210
Augsne, smilts 73
— smilšmāla 73
Augsnes agregāti 74
— briešana 83
— īpatnējā masa 82
— lipīgums 83
— makrofauna 89
— megafauna 90
— mezofauna 88
— mikrofauna 87
— mitrums 83
— plastiskums 82
— porainība 82
— profils 69
— sēšanās 83
— skelets 72
— struktūra 74
— tilpummasa 81
— ūdens 44
— — bilance 84
— — ietilpība 83
— vējerozija 64
Auksotrofi 133
Autekoloģija 14
Autotrofi 129
Bakterioplanktons 56
Baktericīdi 210
Barības ķēdes 133
Bars 112
Batiāle 55
Bazofilie augi 76
Bentāle 54
Bentoss 54
Bergmaņa princips 7
Biezība 103
Biocenoze 128
Biofāgi 130
Biofiltri 237
Biogēnā ģeokīmiskā enerģija 146
— viela 150
Biogeocenoloģija 132
Biogeocenoze 132
Biogeokīmiskais princips 146
Biogeokīmiskie cikli 154—166
Bioloģiskais inertums 20
— spektrs 44
Bioloģiskā metode 215

- Bioloģiskie dīķi 236
 Bioluminescence 32
 Biomasas piramīdas 136
 Biosfēra 11, 145—155
 Biosistēma 14
 Biotiskais potenciāls 119
 Biotiskie faktori 15
 Biotops 128
 Botāniskie liegumi 264
 Bruto efektivitāte 135
Cenopopulācija 102
 Cilmiezis 68
 Cilvēkpopulācija 178, 180
 Cilvēks un biosfēra 286
 Citopātiskais spoguļefekts 146
Dabas aizsardzība, diferencētā 191
 — — integrētā 192
 — parki 251
 — pieminekļi 251
 — resursi, atjaunojamie 195
 — — izsmeļamie 194, 195
 — — neatjaunojamie 195
 — — potenciālie 193
 — — reālie 193
 Dabassaimniecība 191
 DDT 212—215
 Deflācija 64
 Defloranti 211
 Defolianti 211
 Dendroloģiskie stādījumi 251
 Desikanti 211
 Destrukcija 238
 Destruktori 131
 Determinanti 137
 Detrita slānis 69
 Detritofāgi 130
 Detrits 15
 Diapauzes 40
 Disipatīvās struktūras 60
 Diversitāte 139
 Divstāvu nosēdbaseīni 235
 Dziļūdens oāzes 55
 Dzīvība 103
 Dzimumstruktūra 105
 Dzirnāvdiķi 251
 Dzīvā viela 151
 Edifikatorefekts 15
 Edafiskais klimakss 144
 Edafiskie faktori 14
 Efektīvais starojums 30
 Efemerī 53
 Efemeroidi 53
 Eiribionti 18
 Eitrofie ezeri 60
 Eitrofikācija 59, 219
 Ekoloģiskais spektrs 18
 Ekoloģiskā amplitūda 18
 — efektivitāte 135
 — niša 138
 — piramīda 135
 — struktūra 116
 — valence 18
 — vide 14
 Ekoloģiskie faktori 14
 Ekosistēma 128
 Ekosistēmas lieluma piramīdas 136
 — noturība 142
 Ekosistēmu evolūcija 172, 173
 Ekotops 128
 Ekspertīze, ekoloģiskā 183, 184
 Ekspluatatīvās koācijas 92
 Eksponeciālā augšana 118
 Ekstinkcija 28
 Ekstrakcija 238
 Ektobionti 99
 Ektoparazīti 99
 Elodeīdi 51
 Eluviālais horizonts 71
 Emšeri 235
 Encieši 35
 Endobionti 99
 Endoparazīti 99
 Enerģijas pārvešana 153
 — piramīdas 137
 Enmīļi 35
 Entomofīlija 95
 Entropijas indekss 141
 Epifīti 43
 Epilimnions 57
 Epipelagiāle 56
 Erozijs 206
 — tehnogēnā 208
 — ūdens 207
 — vēja 206
 Etoloģiskā struktūra 110

- Fagotrofi 130
 Faktorekoloģija 14
 Fanerofīti 43
 Faunas aizsardzība 274
 Fenofāze 24
 Fenoloģiskās kartes 24
 Filtrācijas lauki 236
 Fitobentoss 54
 Fitocenoze 128
 Fitofāģija 94
 Fitoplanktons 56
 Fizioloģiskā radiācija 31
 — valence 18
 Fiziskā smiltis 72
 Fiziskais māls 72
 Fotofilie organismi 35
 Fotofobi organismi 35
 Fotoperiodisms 34
 Fotosintētiski aktīvā radiācija 31
 Fotosintēze 28
 Fototrofi 129
 Fototropisms 33
 Freoni 223, 226, 227
 Fungīcīdi 210

 Galējās ražības likums 217
 Ganāmpulks 112
 Gejas hipotēze 170, 171
 Gleja horizonts 71
 Glejs 71
 Grupas efekts 126

 Ģenerācija 109
 Ģenētiskā struktūra 116
 Ģeobionti 87
 Ģeofīli 87
 Ģeoksēni 84
 Ģimene 110

 Halofīti 80
 Hamefīti 43
 Hasmofīti 73
 Heliofīti 35
 Helofīti 51
 Hemikriptofīti 43
 Hemosterilanti 210
 Hemotrofi 129
 Herbicīdi 210
 Hemosintēze 28

 Hermafroditisms 105
 Heterofīlija 50
 Heterotermi 37
 Hidrobionti 53
 Hidrofīli 50
 Hidrofīti 50
 Hidrosfēra 230
 Hiperhalīnie ūdeņi 53
 Hipolimnions 57
 Hlorfluormetāni 226
 Holopelagiāli organismi 57
 Homohidri 50
 Homoosmotiskie dzīvnieki 59
 Homotermi 37
 Homotermiskie organismi 37
 Hormonpreparāti 210
 Humīdās teritorijas 46
 Humifikācija 68
 Humusa horizonts 71
 Humuss 68

 Iesāļūdeņi 59
 Ietekmes cikliskums 20
 — dinamika 20
 — periodiskums 20
 — struktūra 16
 — temporālā heterogenitāte 27
 Iluviālais horizonts 71
 Indikatoraugi 18
 Infrasarkanais starojums 30
 Iniciālā stadija 142
 Insekticīdi 210
 Integrētā sistēma 216
 Izdzīvotība 104
 Izoetīdi 51
 Izofēnas 24

 Jonosfēra 220

 Kanibālisms 93
 Kardinālie punkti 16
 Klejotāji 116
 Klimakss 144
 Klimatiskais klimakss 144
 Klimatiskie faktori 14
 Klimatogramma 47
 Koagulācija 238
 Koakcijas 92
 Koli indekss 233, 234

Koli titrs 233, 234
Kolonija 113
Komensālisms 96
Komunāli 110
Koncentrs 138
Konkurence 97
Konsorcija 137
Konsorti 137
Konsumenti 130
Koprofāgi 130
Kriofili 36
Kriofilie organismi 36
Kriofīti 53
Kriptofīti 43
Kritiskais mitrums 83
Kserofili 50
Kserofīti 50
Kūdras kārtā 69
Kvantitatīvās kompensācijas likums 170

Lemnīdi 51
Liegumi 250
Limacīdi 210
Limitējošo faktoru princips 17
Litofīti 73
Litorāle 26, 55, 57

Maitēži 130
Makrobentoss 54
Makroelementi 77
Makroplanktons 57
Makroreljefs 90
Makrosistēma 132
Māla augsne 72
Mālsmilts augsne 73
Mangrove 26
Masas efekts 120
Mediāli 58
Medības 269
Megaplanktons 57
Meroplagiāli organismi 57
Mēsļēži 130
Metalimnions 57
Metāntanki 236
Mezobentoss 54
Mezoeosistēma 132
Mezofili 50
Mezofīti 50
Mezopelagiāle 56

Mezoplanktons 56
Mezoreljefs 91
Mezosfēra 220
Mežs 255
Mežu grupas 256
Migrācija 104
Mikoriza 48
Mikrobentoss 54
Mikrobocenoze 128
Mikroekosistēma 132
Mikroelementi 77
Mikroliedzumi 252
Mikroplanktons 56
Mikroreljefs 91
Miksohalīnie ūdeņi 59
Minerālmēsli 216
Minimuma likums 17
Mirstība 103
Modeļi, imitācijas 186, 187
Monitoringa sistēma 288
Monitorings, bioloģiskais 289
— ekoloģiskais 182, 183
— fizikālais 288
— ķīmiskais 289
Monogāmija 111
Morēna 68
Motorsārņojums 229
Mutuālisms 95
Nacionālie parki 250
Nanoplanktons 56
Neaktīvie periodi 27
Nedzīvā zemsega 69
Neitrālie organismi 35
Neistons 57
Neitrālisms 98
Nekrofāgi 130
Nematocīdi 210
Neotēnija 107
Neritiskais apgabals 55
Neto efektivitāte 135
Nimfeīdi 51
Nitrāti 217, 218
Nitrīti 218
Nitrozoamīni 218
Nokrišņi 44
Nometnieki 114
Noosfēras koncepcija 176
Nosēdumu cikls 162, 163

Notekūdeņu attīrīšana 234
— — bioloģiskā 236
— — mehāniskā 235
— attīrīšanas metodes 235
Oglekļa dioksīds 222
— monoksīds 223
Oligotrofie ezeri 60
Ombrotermiskā diagramma 47
Optimuma punkts 19
— zona 19
Optiskais starojums 31
Organizētības līmeņi 147—150
Ornitofilija 95
Orogrāfiskie faktori 14
Oršteins 71
Ozona caurums 227
— ekrāns 226
Ozonosfēra 220
Paaudze 109
Paraģenēze 148
Parazīti 99
Parazitisms 94
Parki 251
Pārsāļinātie ūdeņi 59
Pārstāvības izlīdzinātības indekss 141
Partenogēneze 105
Partnerība 94
Pasaules dabas aizsardzības harta 287
Pastiprinātāja princips 152, 181
Patēriņa efektivitāte 135
Pelagiāle 54, 56
Perioda ilgums 21
Permanentais bars 112
Pesticīdi 210, 211
PHD 214, 215
Piesārņojums, radioaktīvais 242
Piesārņotāji 131
Piromorfoloģiskā analīze 71
Planktons 56
Pleistons 57
Plēsonība 93
Pļava 259
Podzolētais horizonts 71
Poikilohidri 50
Poikilosmotiskie dzīvnieki 59
Poikilotermi 37
Poikilotermiskie organismi 37

Poliandrija 111
Poligāmija 111
Poliginija 111
Polutanti 131
Populācija 102
Populācijas blīvums 102
— dinamika 118
— lielums 102
— pieaugums 104
— struktūra 105
Primārā produkcija 129
Producenti 129
Produktīvais mitrums 84
Produktivitāte, bioloģiskā 166
Profundāle 57
Prognoze, ekoloģiskā 184—186
Projektīvais segums 103
Proteroandrija 105
Proterogīnija 105
Protokooperācija 96
Psihrofīti 53
Purvi, pārejas 258
— sūnu 258
— zāļu 258
Pusparazitisms 94
Radioaktivitāte, dabiskā 242
— mākslīgā 243
Recirkulācijas koeficients 165
Reducenti 131
Regulētā skrejuguns 67
Reģenerācija 238
Reģionālais dabas aizsardzības kompleks 252
Rekultivācija 209
Relatīvais gaisa mitrums 46
Repelenti 210
Reproduktīvais potenciāls 119
Retardanti 211
Rezervāti 247
— biosfēras 248
— medību saimniecības 248
— valsts 247
Rezerves fonds, vielu 154, 155
Ripāle 57
Rizosfēra 68
Romā klubā ziņojumi 186
Rūsakmens 71

- Saldūdeņi 59
 Samums 64
 Sāncensība 97
 Saprofāgi 130
 Saprotrofi 130
 Sarkanā grāmata 252
 Sastopamības koeficients 103
 Saules konstante 28
 Saulmīži 35
 Sausvējš 64
 Sciofīti 35
 Sekundārā produkcija 130
 — produktivitāte 167
 Septiņi 235
 Sēra savienojumi 221
 Seriālā stadija 143
 Sigmoidālā augšana 120
 Siltumnīcas efekts 223
 Siltumsārņi 232
 Simbionti 99
 Simbioze 94
 Sinekoloģija 128
 Sinekoloģiskā valence 18
 Sinoikija 37
 Skābekļa patēriņš, bioķīmiskais 233
 Skābie lieti 222
 Sklerofīti 51
 Skrejuguns 66
 — noturīgā 66
 — virsējā 66
 Slāpekļa oksīdi 224
 Smalkzeme 72
 Smogs, fotoķīmiskais 225
 — Londonas tipa 225
 Sociālā ekoloģija 176
 Solārā konstante 28
 Solodi 80
 Solonci 80
 Solončaki 80
 Sorbeija 238
 Sozoloģija 190
 Starojuma kvalitāte 29
 — spektrs 29
 Stenobionti 18
 Stratosfēra 60, 220
 Stromatolīti 171
 Sublitorāle 55
 Sugas ekoloģiskā individualitāte 20
 Sukcesija 142
 Sukulenti 51
 Summārā radiācija 29
 Supralitorāle 54
 Taksonomiskā daudzveidība 139
 Tehnosfēra 174
 Teritoriālā struktūra 114
 Terminālā stadija 144
 Termofīli 36
 Termofīlie organismi 36
 Termoperiodisms 41
 Termosfēra 220
 Terofīti 44
 Tolerances intervāls 18
 — likums 17
 Transpirācijas koeficients 48
 — produktivitātes rādītājs 48
 Trešais vilnis 177, 178
 Trihogramma 215
 Trofiskā piramīda 135
 — struktūra 132
 Trofiskais tīkls 132
 Trofiskās ķēdes 133
 Trofiskie limeņi 132
 Troposfēra 60, 220
 Trūda horizonts 71
 Trūds 68
 Tvana gāze 223
 Ūdens bioloģiskais piesārņojums 232,
 233
 — fizikālais piesārņojums 232
 — ķīmiskais piesārņojums 232
 Ultraabisāle 56
 Ultravioletais starojums 30
 Umbrofīti 35
 Urbanizācija 198
 Vainaguguns 66
 Vecumspektrs 109
 Vecumstruktūra 106
 Vējgāzes 64
 Vējlauzas 64
 Vielas aprites ātrums 166
 Vide 14
 Vides ekoloģiskā kapacitāte 120
 — pretestības koeficients 120
 Vientuļnieki 110

3.3. Populācijas dinamika	181
Vispasaules dabas aizsardzības stratēģija 286	Zemdega 67
Višanas mitrums 83	Zemes resursi 203
	Zoobentoss 54
	Zoocēnoze 128
Zaļā grāmata 254	Zoocīdi 210
Zaļā revolūcija 201	Zooplanktons 56
4.2.1. Trofiskā tīkla	182
4.2.2. Konservatīva ekoloģiskā tīkla	183
4.3. Biocenozes funkcionālās grupas	184
4.4. Sukcesija	185
1.1. Ekoloģijas priekšvēsture līdz elementu XVIII—XIX gs. sākumam	186
1.2. Ekoloģijas attīstības jautājumi	187
1.3. Ekoloģijas pamatprincipu veidošanās	188
1.4. Bioloģijas pamatprincipu izveidošanās	189
2.1. Ekoloģijas jautājumi un tās risināšana	190
2.2. Ekoloģijas jautājumu risināšana	191
2.3. Ekoloģijas jautājumu risināšana	192
2.4. Ekoloģijas jautājumu risināšana	193
2.5. Ekoloģijas jautājumu risināšana	194
2.6. Ekoloģijas jautājumu risināšana	195
2.7. Ekoloģijas jautājumu risināšana	196
2.8. Ekoloģijas jautājumu risināšana	197
2.9. Ekoloģijas jautājumu risināšana	198
2.10. Ekoloģijas jautājumu risināšana	199
2.11. Ekoloģijas jautājumu risināšana	200
2.12. Ekoloģijas jautājumu risināšana	201
2.13. Ekoloģijas jautājumu risināšana	202
2.14. Ekoloģijas jautājumu risināšana	203
2.15. Ekoloģijas jautājumu risināšana	204
2.16. Ekoloģijas jautājumu risināšana	205
2.17. Ekoloģijas jautājumu risināšana	206
2.18. Ekoloģijas jautājumu risināšana	207
2.19. Ekoloģijas jautājumu risināšana	208
2.20. Ekoloģijas jautājumu risināšana	209
2.21. Ekoloģijas jautājumu risināšana	210
2.22. Ekoloģijas jautājumu risināšana	211
2.23. Ekoloģijas jautājumu risināšana	212
2.24. Ekoloģijas jautājumu risināšana	213
2.25. Ekoloģijas jautājumu risināšana	214
2.26. Ekoloģijas jautājumu risināšana	215
2.27. Ekoloģijas jautājumu risināšana	216
2.28. Ekoloģijas jautājumu risināšana	217
2.29. Ekoloģijas jautājumu risināšana	218
2.30. Ekoloģijas jautājumu risināšana	219
2.31. Ekoloģijas jautājumu risināšana	220
2.32. Ekoloģijas jautājumu risināšana	221
2.33. Ekoloģijas jautājumu risināšana	222
2.34. Ekoloģijas jautājumu risināšana	223
2.35. Ekoloģijas jautājumu risināšana	224
2.36. Ekoloģijas jautājumu risināšana	225
2.37. Ekoloģijas jautājumu risināšana	226
2.38. Ekoloģijas jautājumu risināšana	227
2.39. Ekoloģijas jautājumu risināšana	228
2.40. Ekoloģijas jautājumu risināšana	229
2.41. Ekoloģijas jautājumu risināšana	230
2.42. Ekoloģijas jautājumu risināšana	231
2.43. Ekoloģijas jautājumu risināšana	232
2.44. Ekoloģijas jautājumu risināšana	233
2.45. Ekoloģijas jautājumu risināšana	234
2.46. Ekoloģijas jautājumu risināšana	235
2.47. Ekoloģijas jautājumu risināšana	236
2.48. Ekoloģijas jautājumu risināšana	237
2.49. Ekoloģijas jautājumu risināšana	238
2.50. Ekoloģijas jautājumu risināšana	239
2.51. Ekoloģijas jautājumu risināšana	240
2.52. Ekoloģijas jautājumu risināšana	241
2.53. Ekoloģijas jautājumu risināšana	242
2.54. Ekoloģijas jautājumu risināšana	243
2.55. Ekoloģijas jautājumu risināšana	244
2.56. Ekoloģijas jautājumu risināšana	245
2.57. Ekoloģijas jautājumu risināšana	246
2.58. Ekoloģijas jautājumu risināšana	247
2.59. Ekoloģijas jautājumu risināšana	248
2.60. Ekoloģijas jautājumu risināšana	249
2.61. Ekoloģijas jautājumu risināšana	250
2.62. Ekoloģijas jautājumu risināšana	251
2.63. Ekoloģijas jautājumu risināšana	252
2.64. Ekoloģijas jautājumu risināšana	253
2.65. Ekoloģijas jautājumu risināšana	254
2.66. Ekoloģijas jautājumu risināšana	255
2.67. Ekoloģijas jautājumu risināšana	256
2.68. Ekoloģijas jautājumu risināšana	257
2.69. Ekoloģijas jautājumu risināšana	258
2.70. Ekoloģijas jautājumu risināšana	259
2.71. Ekoloģijas jautājumu risināšana	260
2.72. Ekoloģijas jautājumu risināšana	261
2.73. Ekoloģijas jautājumu risināšana	262
2.74. Ekoloģijas jautājumu risināšana	263
2.75. Ekoloģijas jautājumu risināšana	264
2.76. Ekoloģijas jautājumu risināšana	265
2.77. Ekoloģijas jautājumu risināšana	266
2.78. Ekoloģijas jautājumu risināšana	267
2.79. Ekoloģijas jautājumu risināšana	268
2.80. Ekoloģijas jautājumu risināšana	269
2.81. Ekoloģijas jautājumu risināšana	270
2.82. Ekoloģijas jautājumu risināšana	271
2.83. Ekoloģijas jautājumu risināšana	272
2.84. Ekoloģijas jautājumu risināšana	273
2.85. Ekoloģijas jautājumu risināšana	274
2.86. Ekoloģijas jautājumu risināšana	275
2.87. Ekoloģijas jautājumu risināšana	276
2.88. Ekoloģijas jautājumu risināšana	277
2.89. Ekoloģijas jautājumu risināšana	278
2.90. Ekoloģijas jautājumu risināšana	279
2.91. Ekoloģijas jautājumu risināšana	280
2.92. Ekoloģijas jautājumu risināšana	281
2.93. Ekoloģijas jautājumu risināšana	282
2.94. Ekoloģijas jautājumu risināšana	283
2.95. Ekoloģijas jautājumu risināšana	284
2.96. Ekoloģijas jautājumu risināšana	285
2.97. Ekoloģijas jautājumu risināšana	286
2.98. Ekoloģijas jautājumu risināšana	287
2.99. Ekoloģijas jautājumu risināšana	288
3.00. Ekoloģijas jautājumu risināšana	289

SATURS

Ievads	3
1. Iss pārskats par ekoloģijas vēsturi (A. Mauriņš)	5
1.1. Ekoloģijas priekšvēsture, tās elementi XVIII—XIX gs. zinātnē	5
1.2. Ekoloģijas zinātnes tapšana	6
1.3. Ekoloģijas pamatvirzienu veidošanās	8
1.4. Biosfēras mācības izveidošanās. Teorētiski matemātiskā un eksperimentālā virziena iedibināšana	10
2. Autekoloģija (L. Liepa)	14
2.1. Vide. Ekoloģiskie faktori	14
2.2. Vides ietekmes struktūras kopējās likumsakarības	16
2.3. Vides ietekmes dinamikas kopējās likumsakarības	20
2.4. Klimatiskie faktori	28
2.4.1. Gaisma	28
2.4.2. Temperatūra	36
2.4.3. Mitrums	44
2.4.4. Ūdensvide	53
2.4.5. Gaiss	60
2.4.6. Uguns	65
2.5. Edafiskie faktori	68
2.5.1. Augsne	68
2.5.2. Augsnes mehāniskais sastāvs un struktūra	72
2.5.3. Augsnes ķīmiskās īpašības	74
2.5.4. Augsnes fizikālās īpašības	81
2.5.5. Augsnesvide	86
2.6. Orogrāfiskie faktori	90
2.7. Biotiskie faktori	92
2.7.1. Koakcijas	92
2.7.2. Biovide	99
3. Demekoloģija (I. Liepa)	102
3.1. Populācija	102
3.2. Populācijas struktūra	105
3.2.1. Dzimumstruktūra	105
3.2.2. Vecumstruktūra	106
3.2.3. Etoloģiskā struktūra	110
3.2.4. Teritoriālā struktūra	114
3.2.5. Ekoloģiskā un ģenētiskā struktūra	116

3.3. Populācijas dinamika	118
3.3.1. Augšanas tipi	118
3.3.2. Sigmoidālās modifikācijas	121
3.3.3. Blīvuma fluktuācijas un stabilitāte	125
4. Sinekoloģija (I. Liepa)	128
4.1. Ekosistēma	128
4.2. Ekosistēmas trofiskā struktūra	132
4.2.1. Trofiskais tīkls	132
4.2.2. Konsorcija. Ekoloģiskā niša	137
4.3. Biocenozes taksonomiskā daudzveidība	139
4.4. Sukcesija	142
5. Mācība par biosfēru (A. Mauriņš)	145
5.1. Biosfēras jēdziens	145
5.2. Biosfēras organizētības līmeņi	147
5.3. Biosfēras viela un enerģētiskā bilance	150
5.4. Biogeoķīmiskie cikli, to izmaiņas antropogēno faktoru ietekmē	154
5.5. Sauszemes un okeāna bioloģiskā produktivitāte	166
5.6. Biosfēras stabilitāte un evolūcija	169
5.7. Biosfēras pāreja noosfērā. Antropoekoloģijas problēmas	173
5.8. Ekoloģiskais monitorings un prognozēšana	181
5.8.1. Biosfēras izmaiņu novērtēšanas problēma	181
5.8.2. Monitorings — vienota novērošanas un prognozēšanas sistēma	182
5.8.3. Ekoloģiskā ekspertīze un prognozēšana	183
6. Dabas aizsardzība (E. Vimba)	188
6.1. Dabas aizsardzības virzieni	188
6.2. Dabas resursi, to klasifikācija un izmantošanas īpatnības	193
6.3. Iedzīvotāju pieaugums un dabas resursi. Urbanizācija	196
6.4. Zemes resursi un to aizsardzība	203
6.5. Pesticīdi un cīņa par lauksaimniecības ražu saglabāšanu	210
6.6. Minerālmēsli un to lietošanas ekoloģiskās sekas	216
6.7. Atmosfēra un tās aizsardzība	219
6.8. Ūdens resursi un to aizsardzība	229
6.9. Biosfēras radioaktīvais piesārņojums	242
6.10. Aizsargājamās dabas teritorijas un to nozīme	247
6.11. Sarkanā grāmata	252
6.12. Augu valsts resursi un to aizsardzība	254
6.13. Floras aizsardzība. Latvijā aizsargājami augi un sēnes	261
6.14. Dzīvnieku valsts resursi un to aizsardzība	265
6.15. Faunas aizsardzība. Latvijā aizsargājami dzīvnieki	274
6.16. Latvijas dabas aizsardzības vēsture	277
6.17. Dabas aizsardzības starptautiskie aspekti. Monitorings	283
6.18. Ekoloģiskā izglītība un ekoloģiskā audzināšana	289
Ieteicamā literatūra	291
Alfabētiskais rādītājs	293

118	3.3. Populācijas dinamika
118	3.3.1. Augšanas tipi
121	3.3.2. Skaitliskās modifikācijas
122	3.3.3. Mūvuma lūktājus un stabilitāti
122	4. Sinoloģija (I. Liepa)
128	4.1. Ekosistēmas
132	4.2. Ekosistēmas trofiskā struktūra
132	4.2.1. Trofiskais tīkls
137	4.2.2. Konsoģija. Ekoloģiskā niša

Imants Liepa, Artūrs Mauriņš,
Edgars Vimba

EKOLOĢIJA UN DABAS AIZSARDZĪBA

Māksl. redaktore A. Meiere,
Tehn. redaktore Dz. Skvarnaviča,
Korektore I. Liberte,
Vāku zīm O. Bērziņš.

Izdevniecība «Zvaigzne», 226013, Rīgā,
K. Valdemāra ielā 105.
Licence 000065. Izdevn. Nr. 8096/DM-6.
Metiens 5000 eks.
Iespiesta
Rīgas Paraugtipogrāfijā, 226004, Rīgā,
Vienības gatvē 11.
Pasūt. Nr. 102653. Cena 1 rbl. 30 kap.

142	5. Mācība par biosfēru
142	5.1. Biosfēras jēdziens
147	5.2. Biosfēras organizācija
150	5.3. Biosfēras vides apstākļi
154	5.4. Biogeogrāfiskie reģioni
166	5.5. Saules enerģija biosfērā
169	5.6. Biosfēras stabilitāte
173	5.7. Biosfēras gāzes
181	5.8. Ekoloģiskais monitoringa un prognozēšanas jēdziens
181	5.8.1. Biosfēras izmaiņu novērtēšanas metodikas
182	5.8.2. Monitoringa tīklu novērtēšanas un prognozēšanas sistēmas
182	5.8.3. Ekoloģiskā ekspertīza un prognozēšana trofiskā cikla veidā
189	6. Dabas aizsardzība (E. Vimba)
189	6.1. Dabas aizsardzības veidveidi
193	6.2. Dabas resursu to klasifikācija un izmantošanas ierobežojumi
198	6.3. Iedzīvotāju pārvienību un dabas resursu izpauzējamība
202	6.4. Zemes resursu un to aizsardzība
2210	6.5. Pestīdību un citu par kaitniecību kaitu sekas izpauzējamība
218	6.6. Minerālūdeņu un to izmantošanas ekoloģiskās sekas
219	6.7. Atmosfēras un tās sastāvdaļu svārstību izpauzējamība
220	6.8. Ūdens resursu un to aizsardzība
242	6.9. Biosfēras radioaktīvās piesārņotības ierobežojumi
247	6.10. Aizsargājamas dabas teritorijas un to nozīme cilvēcei
252	6.11. Saikana tīmeklis
254	6.12. Augu vaišu resursu un to aizsardzība
281	6.13. Floras aizsardzība. Latvijas aizsargājamo augu un dzīvnieku saraksts
295	6.14. Dzīvnieku vaišu resursu un to aizsardzība
274	6.15. Faunas aizsardzība. Latvijas aizsargājamo dzīvnieku saraksts
292	6.16. Latvijas dabas aizsardzības vēsture
292	6.17. Dabas aizsardzības administratīvās aspekti. Monitoringa jēdziens
299	6.18. Ekoloģiskā rādītāju un ekoloģiskā audzināšanas jēdziens
291	7. Ietekmju līvērtība
292	7.1. Atbilstības rādītāji

Liepa I., Mauriņš A., Vimba E.

Li 260 Ekoloģija un dabas aizsardzība. — R.: Zvaigzne, 1991. —
301 lpp.

ISBN 5-405-00365-4

Grāmatā apskatīts ekoloģijas priekšmets un uzdevumi, aplūkojot ekoloģiju gan kā zinātņi, gan kā mācību priekšmetu. Sniegta ekoloģijas īsa vēsture un tās šodienīgs traktējums. Tiek veikta ekoloģisko faktoru analīze un aplūkota to iedarbība uz biosistēmām. Grāmatas noslēgumā analizēti dabas aizsardzības un tās racionālas izmantošanas principi.

Grāmatu atļauts lietot par mācību līdzekli Latvijas Universitātes Bioloģijas fakultātes studentiem. To var izmantot arī citu fakultāšu un augstskolu studenti, kā arī aspiranti, skolotāji, zinātniskie darbinieki un praktiķi, kas nodarbojas ar dabas aizsardzības jautājumiem.

Imants Liepa, Arvīds Mauriņš,
Edgars Vimba

ĒKOĻOĢIJA UN DABAS AIZSARDZĪBA

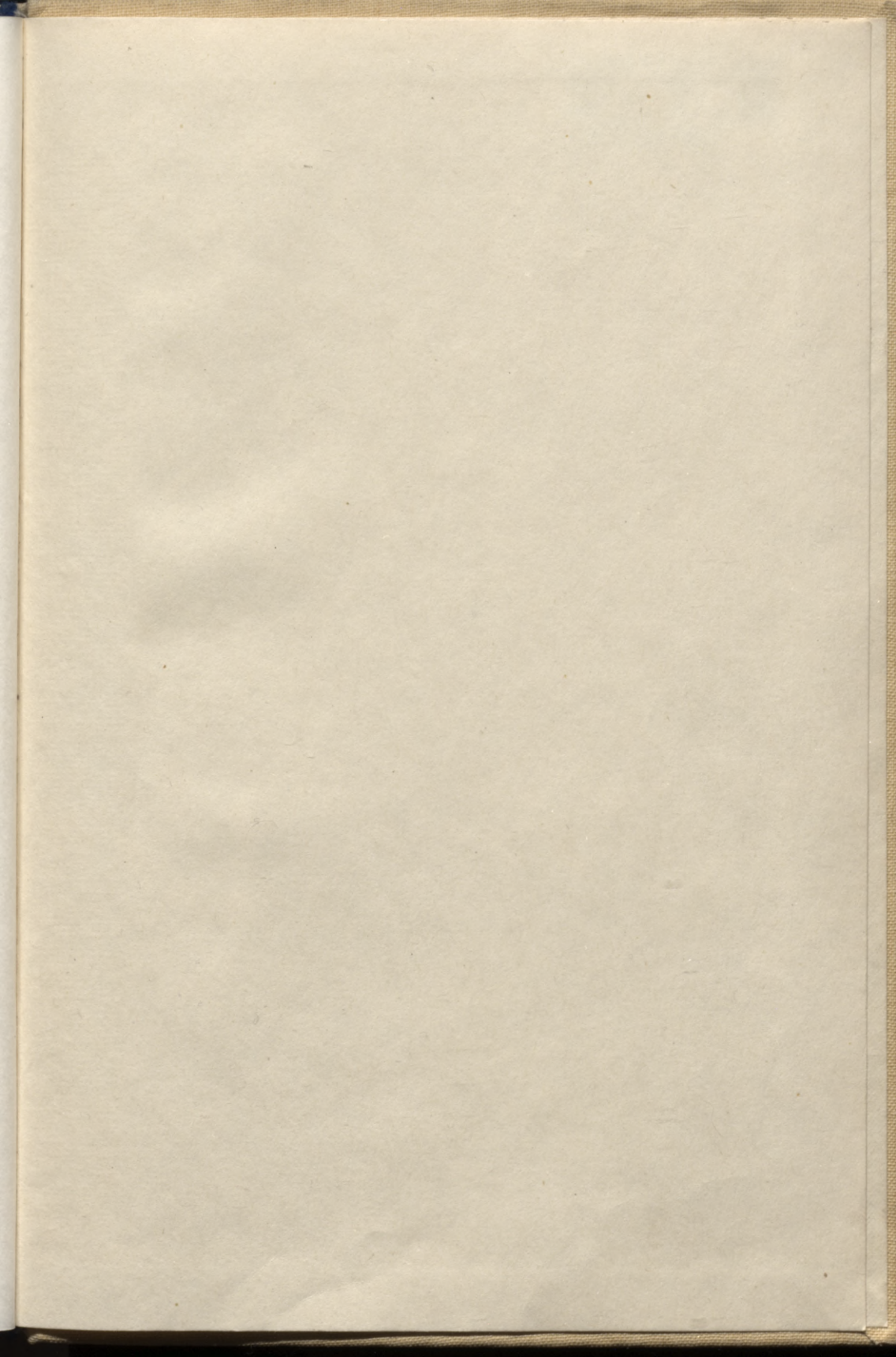
Māksl. doktora A. Mauriņa,
Tehn. zinātnieka Dk. Edgara Vimba,
Kandidāta I. Liepa,
Vēst. zin. D. Bērziņa,

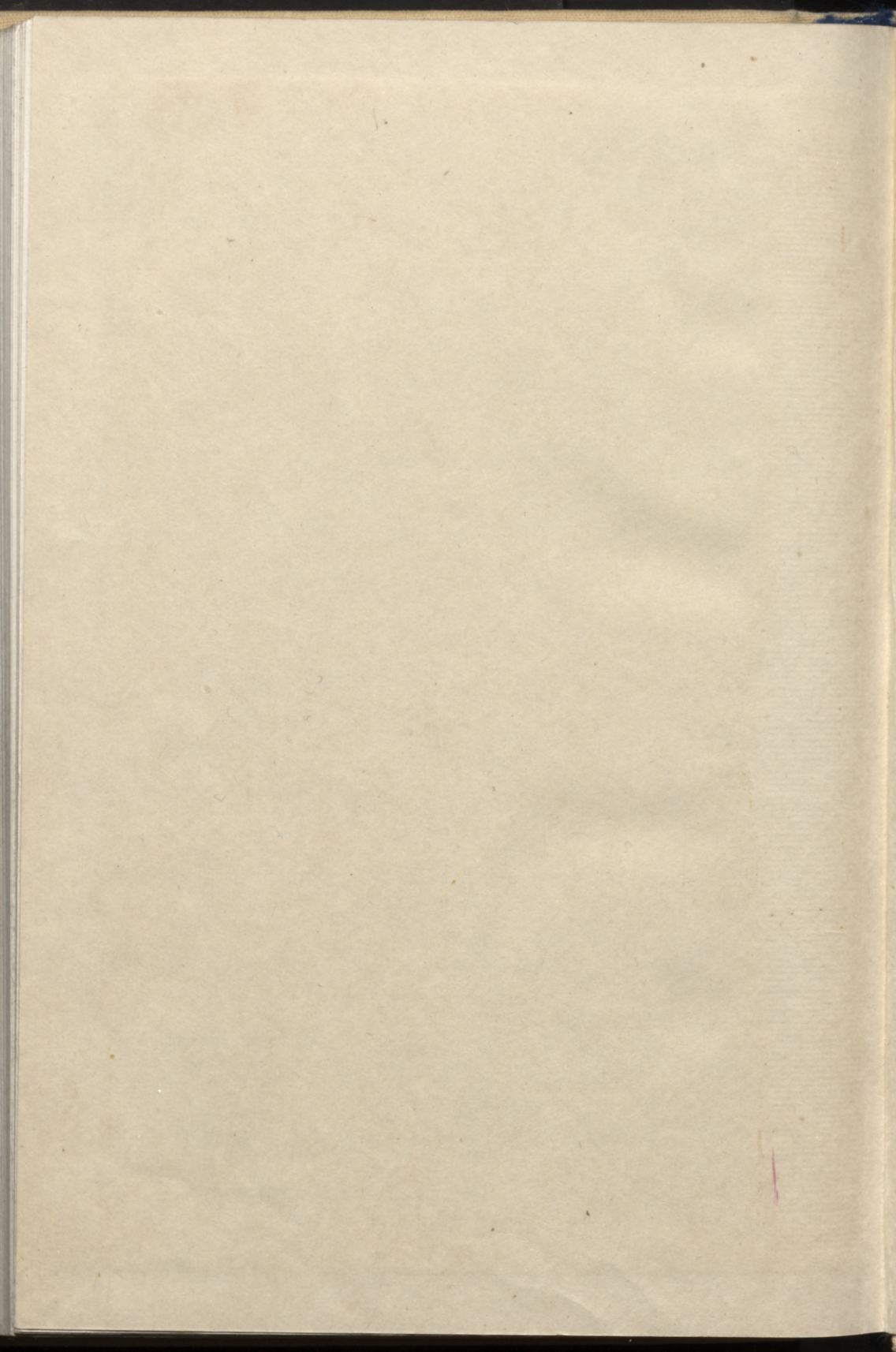
Informācijas izdevums, 220015, Rīga,
K. Valdemāra ielā 105,
Lielais nams, tālrunis Nr. 206/DA-0,
Mēneša 2000 kr.

Ēkoloģijas katedra,
Rīgas Pārvaldības ielā 20, Rīga,
Vēstnesis Nr. 10003,
Pasūt. Nr. 10003, Cena 2,00 kr.

Li 200
301 pp.
ISBN 5-405-00365-4
Ēkoloģija un dabas aizsardzība. — R.: Zvaigzne, 1991. —

Grāmata apskatīta ekoloģijas priekšmetā un nodēvēta, epiloģot āko-
loģiju kā tā zinātni, kas tā mēdzu priekšmetā. Zinātnē ekoloģijas las
vēsture un tās šobrīdējais stāvoklis. Tiek veikta ekoloģisko faktoru ana-
līze un aplūkots to iedarbība uz biosistēmām. Grāmatas nosaukums
analīzē dabas aizsardzības un tās racionalizācijas ieviešanas principus.
Grāmatu raksturo ieviešana par mācību līdzekli Latvijas Universitātes
Bioloģijas fakultātes studentiem. To var izmantot arī citi fakultāšu un
augstskolu studenti, kā arī aspiranti, ekoloģijā zinātniskās darbības un
praktiskās nodarbošanās ar dabas aizsardzības jautājumiem.





LATVIJAS NACIONĀLA BIBLIOTEKA



0305052768

