

# EKOLOGIO DE HOMO EL SISTEMA VIDPUNKTO

Jurij N. SOKOLOV  
Habilitata doktoro de sciencoj  
Odessa 1996

Elkoran dankon al la aŭtoro por la permeso traduki kaj publikigi lian verkon.

Komento pri la versio en Esperanto:

Tatjana Aŭderskaja tradukis tiun-ĉi libron ĉ. je 2000 ĉar mankis teoria verko pri ekologio en Esperanto. Ŝi adaptis la tekston per propraj klarigoj, parte speciale taŭgaj por esperantistoj; ŝiaj kontribuoj troviĝas kursive en la teksto, indikitaj per "(Kom. T.A.: ...)" krome la eldoninto komentis - el sia vidpunkto (M.W.).

*"Vivi prudente aŭ morti --- kion ni elektos ? "*  
Tatjana Auderskaja

La verko donas koncizan rigardon en la bazojn de la Teoria Ekologio kun ampleksa glosaro kaj literaturo, krom ekz-e Odum (1976) kaj Haken (1985) plejparte devenas de orienteŭropaj sciencistoj. Pri ekologio kaj pri la rilato de la Homaro al la ekologio ekzistas pluraj libroj kaj diversaj artikoloj en la literaturo de Esperanto - ekz-e:

Hristov Marinov (komp.), "Ekofuturo", BEA, Sofio, (1984), 420 p.

Edgar Guhde, "Naturo kaj Socio", Esperanto-Centro, Paderborn, (1988), 170 p., ISBN 3-922570-40-2

Ralph Harry, "Ekologio, la alia Verda Movado", AEA, Sidnejo, (1992), 64 p.

Diversaj artikoloj en la jenaj ĵurnaloj aŭ libroj:

Apliko de Esperanto en la Scienco kaj Tekniko (AEST kaj KAEST, Prago)

Scienca Revuo (de ISAE), Monato, Kontakto, ktp.

Eldonita 2008 de AVE

(faka asocio, fondita 1984, kunlaboranta kun UEA kaj SAT)

Asocio de Verduloj Esperantistaj (AVE)

aktuala sekretario: Dr. Manfred Westermayer

Kandelstr. 62, DE-79194 Gundelfingen/Brsg.

ave@verduloj.org

www.verduloj.org

## Enhavtabelo

Enkonduko:.....	3
1. SISTEMA PREZENTO DE ANTROPOGENA LANDŜAFTO.....	6
2. OBJEKTOJ, KOMPONANTOJ KAJ KOMPLEKSOJ.....	11
2.1. KLASIFIKO KAJ DIFERENCIGO DE KOMPONANTOJ.....	11
2.2. KLASIFIKO KAJ DIFERENCIGO DE TERITORIAJ KOMPLEKSOJ.....	14
3. ECOJ DE KOMPONANTOJ KAJ KOMPLEKSOJ.....	16
3.1. ECOJ DE KOMPONANTOJ.....	16
3.2. ECOJ DE TERITORIAJ KOMPLEKSOJ.....	19
4. INTERRILATOJ EN EKOSISTEMOJ.....	22
4.1. KIEL PRISKRIBI LA INTERRILATOJN.....	22
4.2. SPECOJ DE LIGOJ.....	24
4.3. PRISKRIBO DE LIGOJ LAŬ LA GRANDECO.....	24
4.4. MODELO DE INTERKOMPONANTAJ LIGOJ.....	25
4.5. MODELO DE INTERKOMPLEKSAJ LIGOJ.....	25
5. PROCEZOJ.....	27
5.1. ŜANĜOJ EN STRUKTURO DE EKOSISTEMO, KUNLIGITAJ KUN LA TEMPO.....	27
5.2. DIVERSDIREKTAJ ŜANĜOJ EN EKOSISTEMOJ.....	28
5.3. KIALOJ DE RITMECO KAJ SENRITMECO.....	29
5.4. UNUDIREKTAJ ŜANĜOJ EN EKOSISTEMOJ.....	30
5.5. MEKANISMO DE EVOLUO KAJ DISVOLVIĜO DE LANDŜAFTO.....	31
5.6. DIVERĜAJ ŜANĜOJ.....	33
6. ENERGIO - LA KIALO DE ŜANĜOJ EN LANDŜAFTO.....	36
6.1. SPECOJ DE ENERGIO EN LANDŜAFTO.....	36
6.2. KLASIFIKO DE NATURAJ LANDŜAFTOJ SURBAZE DE INTERRILATOJ INTER LA ECOJ DE ILIAJ KOMPONANTOJ KAJ LA INFLUANTA ENERGIO.....	39
6.3. MEZURO DE KVANTO DE ENERGIO.....	40
6.4. LEĜOJ, LAŬ KIUJ ŜANĜIĜAS ENERGIO EN LANDŜAFTO.....	41
6.5. SINERGIAJ SISTEMOJ.....	45
6.6. PRINCIPOJ DE AKCEPTO DE ENERGIO PER ANTROPOGENA LANDŜAFTO.....	47
GLOSARO .....	50
BIBLIOGRAFIO.....	51

# EKOLOGIO DE HOMO - EL SISTEMA VIDPUNKTO

## Enkonduko:

Ekologio, same kiel ajna alia scienco, ne povas konsisti el hazarde kompilita ekzemplaro de negativaj postsekvoj de Hom-Natura interagado. Unu miso povas aperi hazarde, sed multaj misoj aperas ne nur pro komplikeco de la pristudata objekto, sed ankaŭ pro manko de komuna metodologio (metodaro) en la scienco. La ĉefa celo de disvolviĝo de l' homaro estas plivastigita reproduktado sur fono de konservo kaj plibonigo de l'naturu. "Nekontrolata disvolviĝo de produktivaj fortoj, bakĥanalio de homaj pasioj kaj deziroj devas esti ĉirkaŭpremita per limoj, kiuj garantias ko-evoluon" (17). Sub la nocio "koevoluo" (aŭ kunevoluo) ni subkomprenas komunan evoluon de la homaro kaj de l' naturo. Oni povas nomi tiujn celojn de la homaro laŭ prioritata ordo:

1. Homa sano;
2. Konservo kaj protekto de biosistemoj kontraŭ ruiniĝo;
3. Bonstato de homoj;
4. Foresto de negativaj ŝanĝoj kaj apartaj rompoj en ekosistemoj (11, 17).

Ĝis la mezo de la XXa jc bezonoj de homa socio disvolviĝadis, sed la homaro ne komprenis kaj ne konsciis eblecojn de ekosistemoj, ne pensis pri perdoj en natura medio, koncentrante ĉiujn siajn strebojn sur la rapideco de perfektigo de produktivaj fortoj. Do, la racia, pozitiva agado de homoj, celanta kontentigon de iliaj materiaj bezonoj, ofte alportadis malraciajn, negativajn rezultojn rilate al natura medio. Tiel okazis en fora antikveco; kaj eĉ pli grandskale tio okazas nun. La forhakado de arbaroj por plivastigo de agrikulturo ĉiam kondukis al erozio de grundo, inundoj aŭ dezertiĝo. Progreso de irigacio por la nobla celo de pligrandigo de rikoltoj, ofte kondukis al salitiĝo de grundo.

Uzado de akvaj resursoj en basenoj de riveroj Don kaj Kubanaj promociis la altiĝon de saliteco de Azova maro. Konstruo de Volga Hidroelektrejo elvokis signifajn perdojn en agrikulturo, malaperon de kverkejoj en Volga-Aĥtuba ebenaĵo, malabundon de acipenseridaj fiŝoj en Volga delto.

- a) Enmergiteco en la mondon - la Homo (1) estas parto de la mondo (2);
- b) La mondo kiel objekto de apliko de raciaj kaj fizikaj fortoj de la Homo;
- c) La mondo, kiu estas teorie enigita en la Homan memon - rompo kun la naturo estas memmortigo de la Homo.

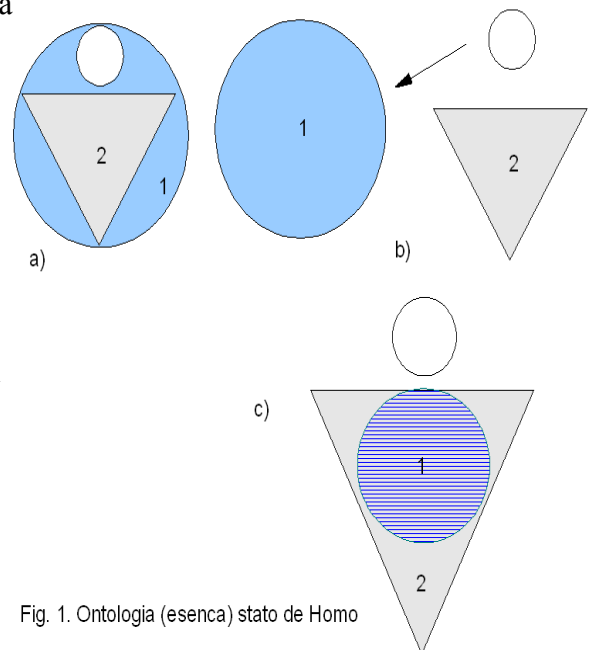


Fig. 1. Ontologia (esenca) stato de Homo

Tre gravas, kiamaniere Homo konscias siajn interrilatojn kun la mondo. Verŝajne, oni povas distingi 3 ontologiajn statojn de la Homo. En la unuaj etapoj de sia ekzisto (ĝis proksimume XVII-XYIIIa jc) Homo perceptis sin kiel parton de la mondo, estis "enmergita" en ĝin (Fig. 1a). Sed poste la Homo rifuzas sekvi la vojon de akomodigo, kaj elektis "la vojon de ribelo", sur kiu li transformas sin mem (4). Dum la procezo de tiu memtransformo okazas ontologia prikonscio de la mondo kiel de objekto por apliki homajn fortojn, mensajn kaj fizikajn (Fig. 1b). Sed en tiu procezo homaj celoj iĝas pli kaj pli kontraŭaj al la "celoj" de Naturo. Kaj rezulte de kompreno de tiu kontraŭstaro, la Homo jam en XXa jc forlasas la paradigmon "oni ne povas atendi favorojn de la naturo", kaj alprenas novan paradigmon, tiun de la gardo de Naturo kaj ĝia protekto fare de la Homo mem. La estonto de Homaro en nuntempa nivelo de disvolviĝo de civilizacio estas ebla nur premise de kompreno de Naturo kiel homa "memo" (Fig. 1c). Agoj kontraŭ Naturo alportas pereon al homo mem. Dum planado de ajna produktaĵo oni devas konsideri ne nur naturajn resursojn konsumotajn de la entreprenoj, sed ankaŭ eblecojn utiligi aŭ sekure enterigi rubaĵojn. Ekzemple, la tramo devus esti ne nur malkara, oportuna kaj ekologie pura, sed ankaŭ ĝia utiligo post fino de ekspluatado devas esti malkara kaj senruba. Dum plenakvo ne rivero kulpas, ke ĝi inundis la urbon, sed la Homo malbone projektis ĝin (aŭ tute neprojektite konstruis). Inundon oni nomas "hazarda terura katastrofo", sed ĝi okazis, ĉar dum mastrumado en apudrivera teritorio ne estis konsiderataj regulareco kaj profundeco de inundoj sur inundata tereno. Ne uzino forĵetas gasrubaĵon al aero, malpurigante la atmosferon, sed ĝia direktoro kune kun laboristaro uzas neĝustan teknologion, kaj do malbone zorgas pri estonteco kaj eĉ pri la nuna vivo de (siaj) infanoj. *(Kom. T.A: Iom transformante la Zamenhofan proverbon, oni povas diri, ke Petro neniam pensos kaj agos ekologie, se Peĉjo ne lernis tion siatempe. Kaj eble, en malpurigita medio Peĉjo tute ne naskiĝos.)*

La vorto "ekologio" devenas de la greka "oikos", kio signifas "domo, patrujo", kaj "logos" - "nocio, scienco, scio, vorto". Dekomence tiel nomiĝis branĉo de biologio, pristudenta medion, kie loĝas vivuloj. Sed poste ĝi transformiĝis <27> en la sciencon pri interagado de la eno (la centra membro de la analizo) kaj la ĉirkaŭanto (naturo aŭ ĉirkaŭa medio). Ambaŭ kunagantoj povas enhavi sociajn, teknikajn kaj naturajn komponantojn (vidu 2.1) aŭ kompleksojn (v. 2.2). Do, ekologio konsideras kiel la eno sociajn grupojn, socion mem aŭ eĉ la tutan homaron kune kun natura kaj tekno-farita komponantoj. La ĉirkaŭanto estas ankaŭ naturaj aŭ hom-influitaj naturaj komponantoj kune kun socia komponanto aŭ sen ĝi. La nuntempa (universala) ekologio kutime konsideras kiel la ena kaj la ĉirkaŭanta la kunaĵon de materiaj elementoj, t.e. ĝi estas ekologio de materia mondo. Tamen oni devas konsideri ankaŭ la ekologion de spirita mondo, se ni komprenas tion kiel interrilatojn de mondkoncepto (mitologio, religio, filozofio), etiko kaj estetiko kun elementoj de materia kulturo kaj kun la ĉirkaŭa medio, ankaŭ kun la naturo. Kaj ĝuste spiritaj eblecoj de la Homo devas determini liajn bezonojn, por ke tiuj bezonoj ne estu nocaj por la Naturo. Verŝajne, la ekologio de spirito devas iĝi la ŝtupo por ekologio de noosfero, aŭ noosferologio. La ekologio de materio enhavas ekologion de komponantoj kaj teritoriaj kompleksoj (landŝaftan ekologion). Se oni konsideras kiel enaj la artefaritajn komponantojn, kreitajn de la Homo, do tiu branĉo de scienco nomiĝas antropoekologio, aŭ ekologio de homfaritaj (artefaritaj) komponantoj (Fig.2). Se kiel ena objekto estas rigardata, ekz., urbo, do tiu branĉo nomiĝas ekologio de urbo, aŭ urboekologio. Kiam enas agrikulturo aŭ industrio, oni parolas pri agro- aŭ industriekologio. En sociekologio oni povas distingi ekologion de la socio, de socia grupo aŭ de la Homo. Se ni pliprofundigos la kvalifikon, do ekz., la ekologion de la Homo oni povas dividi je medicina ekologio (aŭ ekologio de malsanoj), higiena ekologio (ekologio de la sano), adapta ekologio ktp.

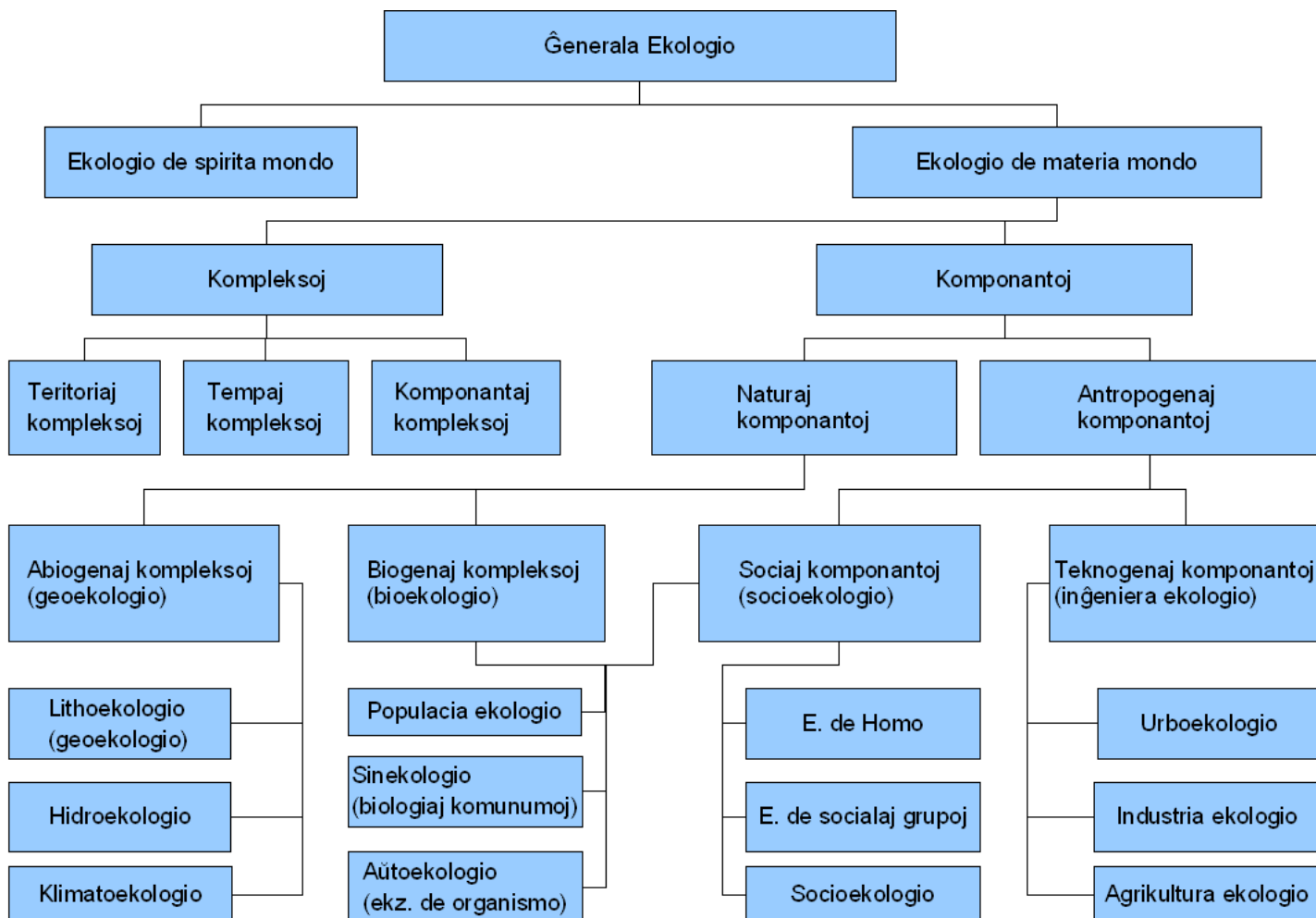


Fig. 2: Klasifiko de ekologiaj scioj surbaze de diversaj kriterioj.

El inter naturaj komponantoj oni kutime konsideras kiel enaj nur la biogenajn (naturfaritajn). Pri ili okupiĝas ekologio de biogenaj komponantoj (bioekologio). Ĝi dividiĝas je personekologio (organismo kaj ĉirkaŭanta ĝin medio), populacia, aŭ demografia ekologio (populacio kaj ĝia medio), kaj fine, sinergia ekologio (komunumo de organismoj kaj ilia medio). Oni povas ankaŭ sinergian ekologion dividi je ekologio de bestoj kaj ekologio de plantoj. Kaj en bioekologio, kaj en antropogena ekologio kiel ĉirkaŭaj rolas unuavice nevivaj komponantoj, sed povas partopreni ankaŭ la vivaj kaj antropogenaj. Ekz., urboekologio enhavas kiel la enan la antropogenajn (sociaj grupoj, entreprenoj, loĝdomoj) kaj naturajn (aero, akvaj objektoj, plantaro, grunda reliefo) komponantojn. La ĉirkaŭanto estas tiukaze aeraj kaj akvaj masoj, uzinoj, agrikulturaj entreprenoj, plantoj kaj bestoj ĉirkaŭ la urbo.

Oni ne konsideras kiel enaj nevivajn komponantojn en ekologio. La akvaj masoj, ĉirkaŭitaj de la aeraj, estas studobjekto de hidrologio aŭ meteologio. La riverfluo, kiun ĉirkaŭas aŭ enhavas fluejo aŭ akvokolekta tereno, estas objekto de hidrologio aŭ de geomorfologio. Verŝajne, ne havas sencon esplori enkadre de ekologio aerajn aŭ akvajn masojn, ĉirkaŭitajn de uzinoj, urbaj aŭ bestaj populacioj.

Kun ioma streĉo ni povas pritrakti la objekton de ekologio el vidpunkto de la ĉirkaŭo. En la kazo, kiam oni speciale esploras influon de nevivaj komponantoj al ia enaĵo, geografoj temas pri geoekologio kiel pri unu el sciencoj enkadre de ekologia ciklo. Se la ĉirkaŭa komponanto estas nur klimatogena, temas pri klimata, aŭ meteologia ekologio; se hidrogena aŭ lithogena (ŝton-farita), - do pri hidroekologio, aŭ geologia ekologio.

Tamen ni ne daŭrigu tiun enprofundiĝon en klasifikado. La celo de la libro estas klarigi kaj priskribi metodologion, genezon, kreadon kaj elformigon de diversaj metodoj de esplorado kaj vidigado de interaktivaj Naturo kaj Socio. Ni pritraktos la aplikeblecojn kaj metodojn de uzado de sistema teorio pri ekologia pristudo de landŝaftoj.

Influante landŝaftojn, la Homaro strebas al jenaj celoj:

1. Organizo de produktado (je kiu eblas nebezonaĵaj ŝanĝoj de landŝafto kiel flankefiko);
2. Forigo de negativaj efikoj el antaŭa homa aktivado;
3. Ŝango de naturaj ecoj de landŝaftoj, kiuj estas nefavoraj por la homo.

Por atingi tiujn celojn kaj ricevi ne nur ekonomikajn, sed ankaŭ ekologiajn rezultojn, oni devas unuavice scii strukturon de landŝaftoj. Ĝuste al tiu celo estas dediĉita la verko. Post la ĝenerala karakterizo de sistema esplormetodo (ĉapitro 1) en la verko estas reprezentitaj aĵoj (komponentoj kaj kompleksoj, same teritoriaj kiel tempaj) - ĉapitro 2, iliaj ecoj - ĉapitro 3, ligoj inter aĵoj - ĉapitro 4, procezoj, ŝanĝoj de aĵoj kaj ligoj en tempa dimensio - ĉap. 5; kaj en la ĉap. 6 estas pritraktataj la kialoj de tiuj ŝanĝoj.

La prezentita verko povas esti interesa por instruisto, kiu influas menson de lernanto; por inĝeniero, kiu pristudas interagon de teknogenaj objektoj (uzino, agrikultura entereprenado aŭ urbo) kun ĉirkaŭa medio, entenanta sociajn kaj teknogenajn komponentojn. Tiu ĉi verko povas esti utila ankaŭ por administranto, kiu pensas ne nur pri ĉi-minutaj aferoj.

## 1. SISTEMA PREZENTO DE ANTROPOGENA LANDŜAFTO

En mirinda mondo de simfonia muziko, la ideo de la komponisto estas realigata ekde orkestra pupitro. Preciza plenumo de ĉiuj muzikistoj kunplektiĝas je la komuna belsono de simfonio. Violonoj, hobojoj kaj flutoj sekvas siajn partiojn, sed entute la orkestro esprimas unusaman ideon, senton, melodion. La aŭskultanto estas profunde impresita kaj animtuŝita. Jen tio estas sistema vidpunkto.

Kaj jen kontraŭa ekzemplo: malnova anekdoto pri "esploro" de elefanto far 5 blinduloj. Post diligenta pristudo de rostre, orelo, vosto, gambo kaj okulo, aperas diversaj rezultoj de 5 sendependaj specialistoj. Sed apenaŭ ili komprenas, ke temas pri la sama besto. Antaŭ ni brila ekzemplo de sen-sistema vidpunkto.

Sed ĉu ne simile aspektas tipa esplorado de urbo, riverbaseno, ripozeja zono? Estas malfacile koincidigi vidpunktojn de inĝeniero, medicinisto kaj arkitekto, kvankam ĉiuj ili pravos el sia vidpunkto kaj faris estimindan laboron. Dum diligenta studo de teknologiaj specialaĵoj aŭ dum reviziado de vara kvalito oni ofte preteratentas tiujn "detalojn", kiel altiĝinta nivelo de grundakvo aŭ malpurigo de aero. Sekvafoje ni certe konsideros tion. Sed ankaŭ sekvafoje oni denove ion preterlasas. Laŭvide tio estas hazarda, tute natura afero. Sed en vero, ĉiu miso estas rezulto de agoj sen sistemo. Ofte la diligenteo en kelkaj apartaj aferoj kaj neglekto al aliaj devenas el specialaj interesoj de la projektanto, sed ne el ĉefaj celoj kaj principoj de la projekto. Oni devas tamen diri, ke dum studado de simplaj objektoj la sensistema laboro ofte estas admitinda. Tio okazas, kiam esploranton tute ne interesas apartaj detaloj aŭ male, interesas nur neligitaj inter si apartaĵoj, kiam forestas bezono pristudi la objekton kiel tutecon.

Sed kiam oni esploras komplikitan multfacetan objekton, nepre estas bezonataj kunligo de apartaj detaloj, ilia hierarkio - do, oni devas pristudi la objekton sisteme, de la ĝeneralaj ecoj ĝis la apartaj trajtoj. Naturaj objektoj, precipe antropogenaj landŝaftoj, estas tre komplikaj, kaj sensistema pristudado de ili naskas bedaŭrindajn sekvojn.

Konsiderante eventualan multsignifecon de la vorto "landŝafto" (21), ni ekde nun uzu ĝin en la senco "reala, natura aŭ antropogena teritoria objekto de ajna rango". Se forestas antropogena komponento, t.e. rezultoj de ajna homa agado, do la landŝafto nomiĝas natura; se ĝi ĉeestas - la landŝafto estas antropogena.

Ni komprenu, ke natura kaj antropogena landŝaftoj estas objektoj de reala mondo, kun ties koloroj, sonoj kaj odoroj, dum la sistemo estas seka, strukturita kaj lakona imago pri la vivrealo, kreita de nia konscio. Do, la reala landŝafto rilatas al sistemo same, kiel ajna natura procezo rilatas al sia matematika modelo. Sufiĉe proksimaj inter si estas nocioj "ekologia sistemo" (ekosistemo) kaj "geografia sistemo" (geosistemo). Ili similas, ĉar samas la pristudataj elementoj kaj ligoj inter ili. Sed la nocioj tamen distingiĝas unu de la alia. Fakte, la distingon faras la problemo, solvenda en ĉiu kazo. Se oni esploras nur la internan strukturon de la sistemo, do temas pri geografia sistemo. Se oni solvas "eksteran" taskon, t.e. esploras interagadon de komponentoj aŭ de teritoria komplekso kun la ĉirkaŭanta medio, do temas pri ekologia sistemo. En ĉi-lastaj kazo ambaŭ partoj: kaj ena (subjekto, mastro), kaj enhavanta (objekto, ĉirkaŭanta medio aŭ naturo) povas konsisti el 3 grupoj da komponentoj. Ekzemple, interagado de komponentoj ene de la urbolimo estas rigardata kiel geosistemo; interrilatoj de la urbo kaj ĝia ĉirkaŭa

medio - ekosistemo.

Sinsekva prezentado de iu reala objekto en nia konscio reprezentas etapojn de sistema analizo. La plej gravaj trajtoj de sistema analizado estas:

- a) celkongruenco;
- b) tuteco;
- c) hierarkieco.

Pristudo de ajna sistemo (aro da objektoj kaj rilatoj inter ili) komenciĝu ekde celdifino. Ĝuste la celdifino devas esti la unua paŝo. Se bezonatas, oni difinu ne unu celon, sed kelkajn, aŭ celaron. En la sistema analizado oni povas preni kiel celon: rekonstruon; projektadon; ŝanĝon de ekspluata reĝimo por ricevi plian profiton; por plibonigi laborkondiĉojn; por plibonigi vivkondiĉojn de homoj, de bestoj, de plantoj; por ĝui naturbelecon. Do, la enhavanta parto estu uzino, urbo, regiono, rezervejo, ripozloko ktp. Tamen la tasko de sistema analizo ne povas esti esploro de iuj apartaj procezoj aŭ okazaĵoj en vivo de bestoj, esploro de klimato, de geologio, de socialaj aŭ kulturaj trajtoj de specifaj homgrupoj. Tiuj esploroj, certe, mem devas esti sistemaj rilate al siaj objektoj - sed en ĝenerala sistema analizo ili estas ne celo, sed rimedoj por la celo.

Kiam temas pri tuteco, ni konsideras la objekton kiel unuon. Esplorante ĝin pli kaj pli profunde, ni kvazaŭ "alproksimiĝas" al ĝi, kaj distingas pli kaj pli etajn detalojn. Sed tio estas jam sekvaj, kaj ne ĉiam nepraj etapoj de pristudado.

Kaj fin-fine, hierarkieco. Ĝi signifas, ke la tuto konsistas el subsistemoj, t. e. sistemoj de pli malalta nivelo, laŭorde de la alta ĝis malalta. Ni ne forgesu, ke dum sistema esploro la ekscio ĉiam okazas direkte de la komuna al la aparta.

Kaj samtempe, ajna pristudata sistemo estas parto de iu supersistemo, aŭ sistemo de pli alta nivelo. Ekz., la homaro konsistas el loĝantaro de apartaj landoj, kiuj, siavice, konsistas el diversaj grupoj: instruistoj, gepatroj, esperantistoj. Kaj eble, homaro estas nur parto de kosma loĝantaro... k. t. p.

La sistema analizo postulas striktan konsekvencon de la studetapoj. Konforme al la jam priskribitaj karakterizaĵoj de sistemo, oni distingas 3 sinsekvajn etapojn de sistema analizado:

- 1) Celdifino, aŭ difino de celaro;
- 2) Unuagrada strukturigo de la pristudata objekto, aŭ apartigo de ĝi el la ĉirkaŭa medio - (Fig. 1.1).
- 3) Duagrada strukturigo de la objekto, aŭ diskomponado. En ekologio oni kutime uzas materian aŭ duopan materi-teritorian diskomponadon (Fig. 1.2). Estas nekutima, sed principe ebla triopa materia-teritoria-tempa diskomponado.

Dum materia diskomponado sur unueca teritorio, la objekto estas dividata je siaj materiaj partoj, ekz., sociaj grupoj, geologiaj strukturoj, industriaj kompleksoj aŭ plantaj biocenozoj. Tiukaze, ni ripetas, la geosistemo estas rigardata kiel tuteca teritoria unuo (Fig. 1.1a), kiun karakterizas ĝiaj materiaj elementoj. Ekz., ravino esploratas kiel unueca teritorio kun specifa reliefo, grundoj, flaŭro kaj atmosferaj precipitaĵoj.

Dum teritoria diskomponado la teritorio mem estas dividata je parceloj, ĉiu kun siaj karakterizaj komponantoj, t. e. sociaj grupoj, geologiaj specifaj aŭ plantaj biocenozoj (Fig. 1.1b, 1.2). Ekz., ĉe ravino oni distingas ĝiajn supran, mezan kaj malsupran parton, ĉiu kun siaj apartaj trajtoj. La sama natura objekto povas esti diversmaniere diskomponita, depende de la esplorcelo. Se nin interesas ripoziga uzado de

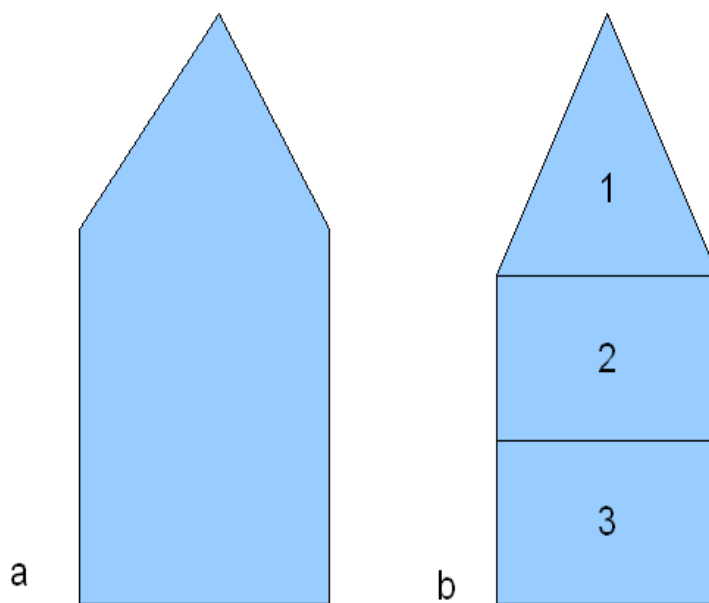


Fig. 1.1. Konturigo de landŝafto kaj ĝia komponado el vidpunkto de komponantoj kaj kompleksoj

a) komponanta, aŭ tuteca substancia karakterizo de nedividebla teritorio;

b) kompleksa karakterizaĵo - disdivido de la teritorio je specialaj partoj.

Kiel ekzemplo rolas ravina landŝafto, kaj en ĝi divideblas partoj :

1 - pinta, 2 - meza, 3 – malsupra parto.

iu lago, do ni esploru ĝiajn plaĝojn kaj ĉebordan zonon. Se ni volas uzi tiun lagon por fiŝbredado, ni certe esplorus ĝiajn profundaĵojn.

Ni povas esplori ne nur materiajn kaj teritoriajn, sed ankaŭ tempajn objektojn. Ekz., ni pristudas iun urbon dum lastaj 5-10 jaroj de ĝia ekzisto. Sed nin povas interesi ankaŭ, kia estis tiu urbo en la dua duono de XVa jarcento, aŭ, ekz., en la unua duono de V jarcento a.K. Nin interesas ne historio de la urbo, sed ĝuste ĝiaj specifaj trajtoj dum certaj tempaj periodoj.

Dum tiu apartigo oni klare distingas kaj difinas ĝiajn limojn (spacajn, tempajn, volumenajn, materiajn). Se temas, ekz., pri iu ŝtato, do oni pridifinas ĝian volumenon (teritorion, aeran spacon, subterajn kaj submarajn limojn) kaj la studan periodon (unu monaton, jaron, jarcenton).

Post tio oni faras la materian apartigon: esploras, ekz., nur socian konsiston de la loĝantaro, aŭ aldonas al ĝi ankaŭ

ekonomikajn, klimatajn, geologiajn aŭ iajn aliajn aspektojn de la problemo.

Dum ajna diskomponado, restas interrilatoj inter partoj de la sistemo, kiuj okazas en formo de materi-interŝanĝo, energi-interŝanĝo aŭ inform-interŝanĝo. Se la sistemo ne havas ligojn kun la ĉirkaŭa medio, do, ĝi estas difinata kiel izolita sistemo. (Fig. 1.3). Ekzemplo de tia sistemo estas ekosistemo.

Se ene de izolita sistemo okazas interŝanĝo nur de materio kaj energio, oni nomas tiun sistemon simpla. En la sistemo granda, aŭ malsimpla, aŭ komplika, al tiuj du aldoniĝas ankaŭ inform-interŝanĝo kiel interŝanĝo de donitaĵoj aŭ scioj. Komplika sistemo, krom funkciaj blokoj, entenas ankaŭ gvidan blokon.

Se ene de izolita sistemo okazas interŝanĝo nur de materio kaj energio, oni nomas tiun sistemon simpla. En la sistemo granda, aŭ malsimpla, aŭ komplika, al tiuj du aldoniĝas ankaŭ inform-interŝanĝo kiel interŝanĝo de donitaĵoj aŭ scioj. Komplika sistemo, krom funkciaj blokoj, entenas ankaŭ gvidan blokon.

Se ene de izolita sistemo okazas interŝanĝo nur de materio kaj energio, oni nomas tiun sistemon simpla. En la sistemo granda, aŭ malsimpla, aŭ komplika, al tiuj du aldoniĝas ankaŭ inform-interŝanĝo kiel interŝanĝo de donitaĵoj aŭ scioj. Komplika sistemo, krom funkciaj blokoj, entenas ankaŭ gvidan blokon.

Se ene de izolita sistemo okazas interŝanĝo nur de materio kaj energio, oni nomas tiun sistemon simpla. En la sistemo granda, aŭ malsimpla, aŭ komplika, al tiuj du aldoniĝas ankaŭ inform-interŝanĝo kiel interŝanĝo de donitaĵoj aŭ scioj. Komplika sistemo, krom funkciaj blokoj, entenas ankaŭ gvidan blokon.

Se ene de izolita sistemo okazas interŝanĝo nur de materio kaj energio, oni nomas tiun sistemon simpla. En la sistemo granda, aŭ malsimpla, aŭ komplika, al tiuj du aldoniĝas ankaŭ inform-interŝanĝo kiel interŝanĝo de donitaĵoj aŭ scioj. Komplika sistemo, krom funkciaj blokoj, entenas ankaŭ gvidan blokon.

Se ene de izolita sistemo okazas interŝanĝo nur de materio kaj energio, oni nomas tiun sistemon simpla. En la sistemo granda, aŭ malsimpla, aŭ komplika, al tiuj du aldoniĝas ankaŭ inform-interŝanĝo kiel interŝanĝo de donitaĵoj aŭ scioj. Komplika sistemo, krom funkciaj blokoj, entenas ankaŭ gvidan blokon.

Se ene de izolita sistemo okazas interŝanĝo nur de materio kaj energio, oni nomas tiun sistemon simpla. En la sistemo granda, aŭ malsimpla, aŭ komplika, al tiuj du aldoniĝas ankaŭ inform-interŝanĝo kiel interŝanĝo de donitaĵoj aŭ scioj. Komplika sistemo, krom funkciaj blokoj, entenas ankaŭ gvidan blokon.

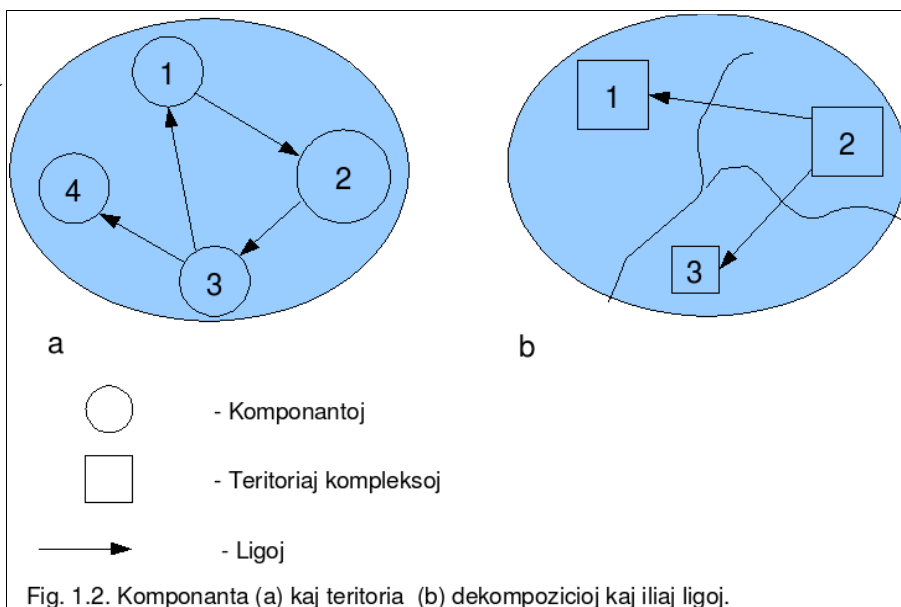


Fig. 1.2. Komponenta (a) kaj teritoria (b) dekompozicioj kaj iliaj ligoj.



Se neizolita sistemo interŝanĝas kun la medio nur energion, ĝi nomiĝas fermita. En malfermita sistemo okazas interŝanĝo kun la medio per energio kaj per materio.

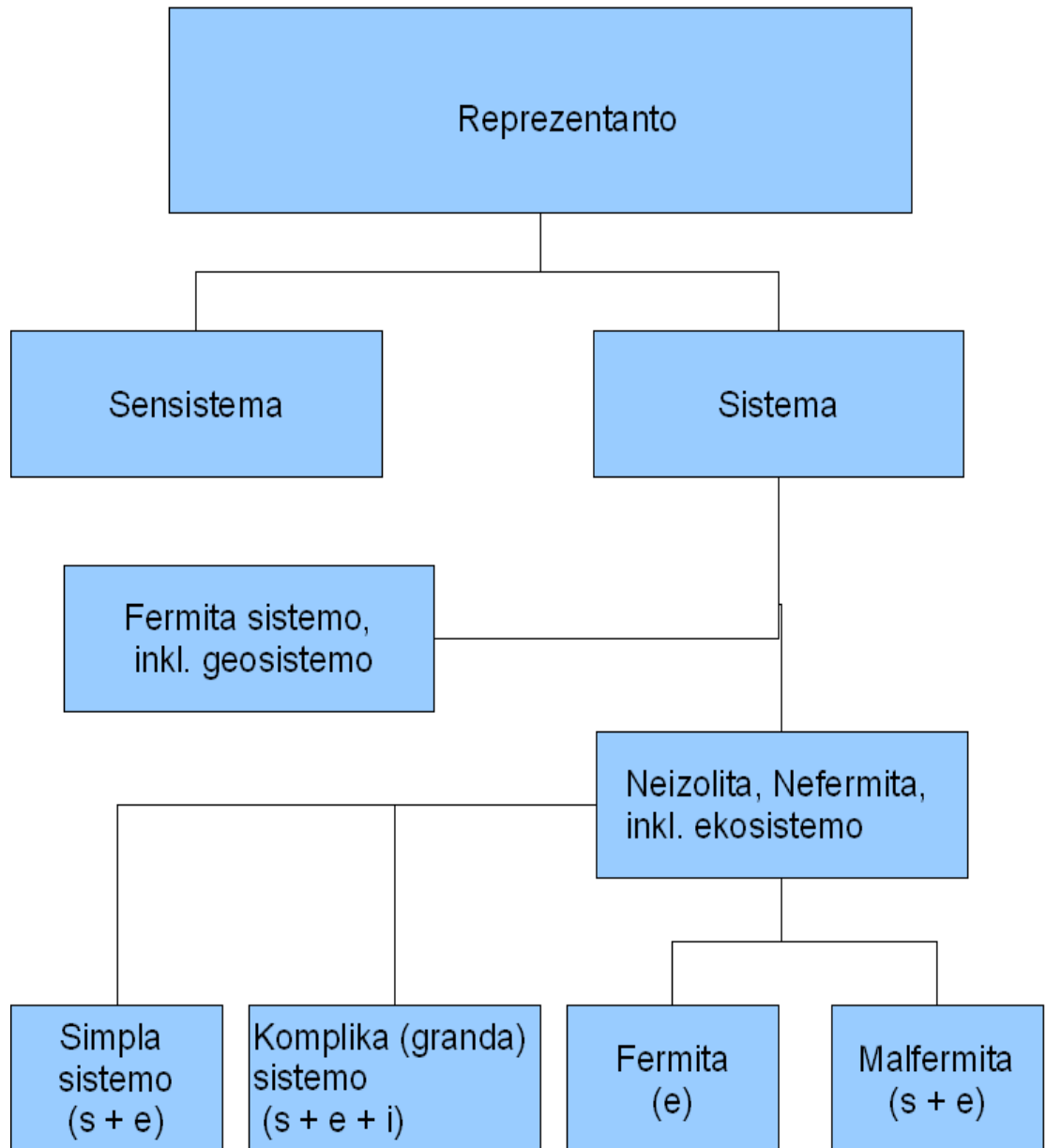


Fig. 1.3. Rimedoj de reprezento de landŝaftoj kaj tipoj de sistemoj.  
s – substanco, e - energio, i - informo

La sekva etapo de sistema analizado estas parametrigo de la komponantoj (2.1) kaj iliaj kompleksoj (2.2) ene de la landŝafto, kaj poste - difino de interrilatoj inter ili (ĉapitro 4). La komponantoj, kompleksoj kaj rilatoj ne estas konstantaj dum iu periodo, kaj iliaj ŝanĝoj povas esti kaj divers-direktiaj, kaj sam-direktitaj. La strukturo (15, 28, 32) de geosistemo kiel tuteco de elementoj, aperintaj rezulte de diskomponado, de interligoj kaj de ŝanĝoj de ĉiuj ili, povas esti skeme prezentita kiel izometriaĵo (Fig. 1.4).

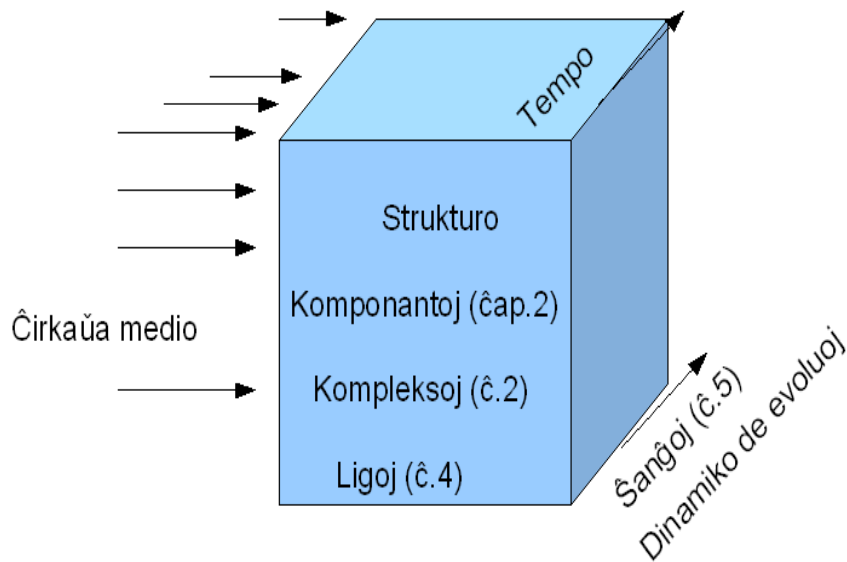


Fig. 1.4. Skemo de substanca-spaca-tempa strukturo de landŝafto en formo de izometrio.

La lasta etapo de sistema analizo de landŝafto estas modelado en formo de grafikaĵo (Fig. 1.5), algoritmo aŭ komputila programo. Ĉiuj pliaj priesploroj de certa landŝafto devas havi kiel bazo la ĝeneralan strukturan skemon de la geosistemo, kaj nur plidetaligi kaj pliprofundigi ĝin.

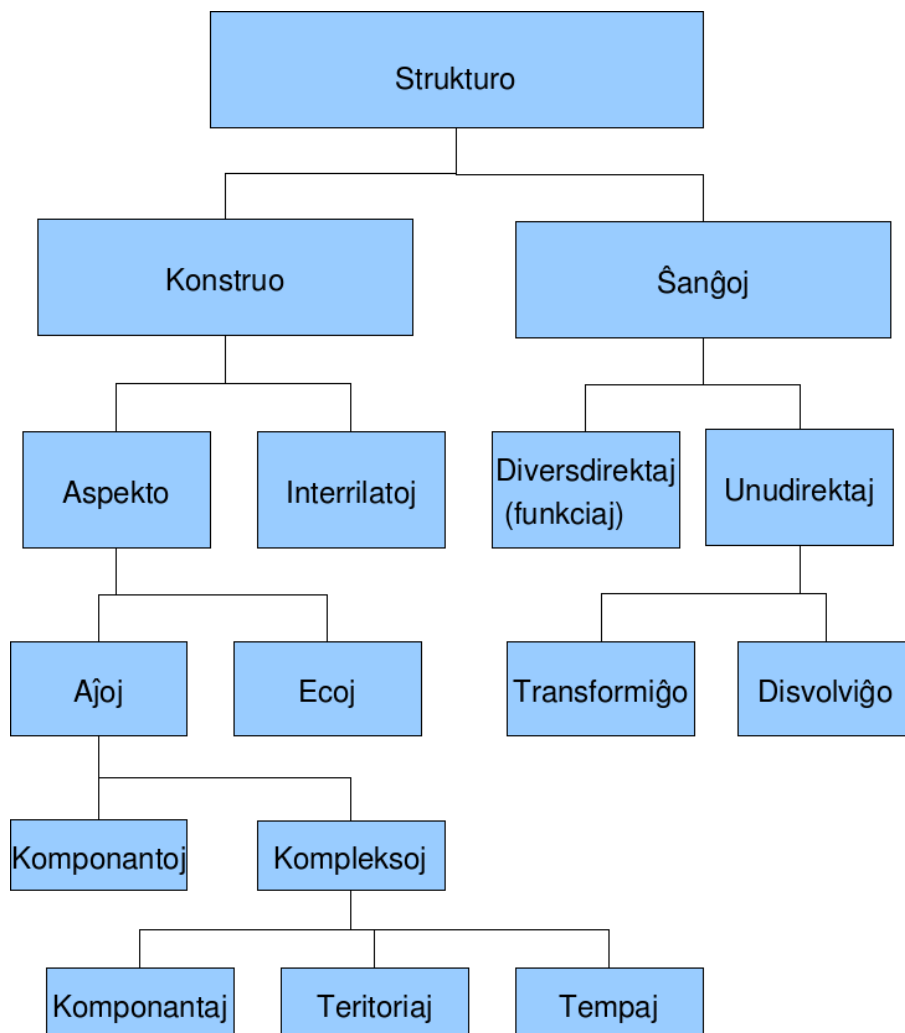


Fig. 1.5. Grafika strukturo de antropogena landŝafto.

## 2. OBJEKTOJ, KOMPONANTOJ KAJ KOMPLEKSOJ

Komence de instruado de ajna studobjekto oni difinas ĝiajn esencajn, bazajn nociojn. Ili apartenas al grava filozofia kategorio "OBJEKTO" (38). Realaĵoj, aĵoj, substancoj, aferoj - ĉio estas objektoj. Depende de iliaj disting-kategorioj, temas pri objektoj kvalitaj, spacaj kaj tempaj. La unuaj havas konkretajn kvalitajn trajtojn, kiel, ekz., temperaturo, denseco, fekundeco. Spacaj objektoj havas kvantajn trajtojn: longecon, larĝecon, altecon, volumenon, daŭron. Tamen kvantaj kaj kvalitaj limoj de iu objekto ne ĉiam estas klaraj.

Objektoj de ekologio kutime estas komponantoj aŭ kompleksoj. Komponantoj estas karakterizataj per siaj kvalitoj. Ili estas sufiĉe simplaj objektoj. Kompleksoj estas pli komplikaj. Ili povas konsisti el komponantoj (komponentaj kompleksoj), el teritoriaj strukturoj (teritoriaj kompleksoj) kaj el tempaj strukturoj (tempaj kompleksoj). Teritoriaj strukturoj povas esti karakterizataj per siaj komponantoj; tempaj - per siaj komponantoj kaj teritorioj.

### 2.1. KLASIFIKO KAJ DIFERENCIGO DE KOMPONANTOJ

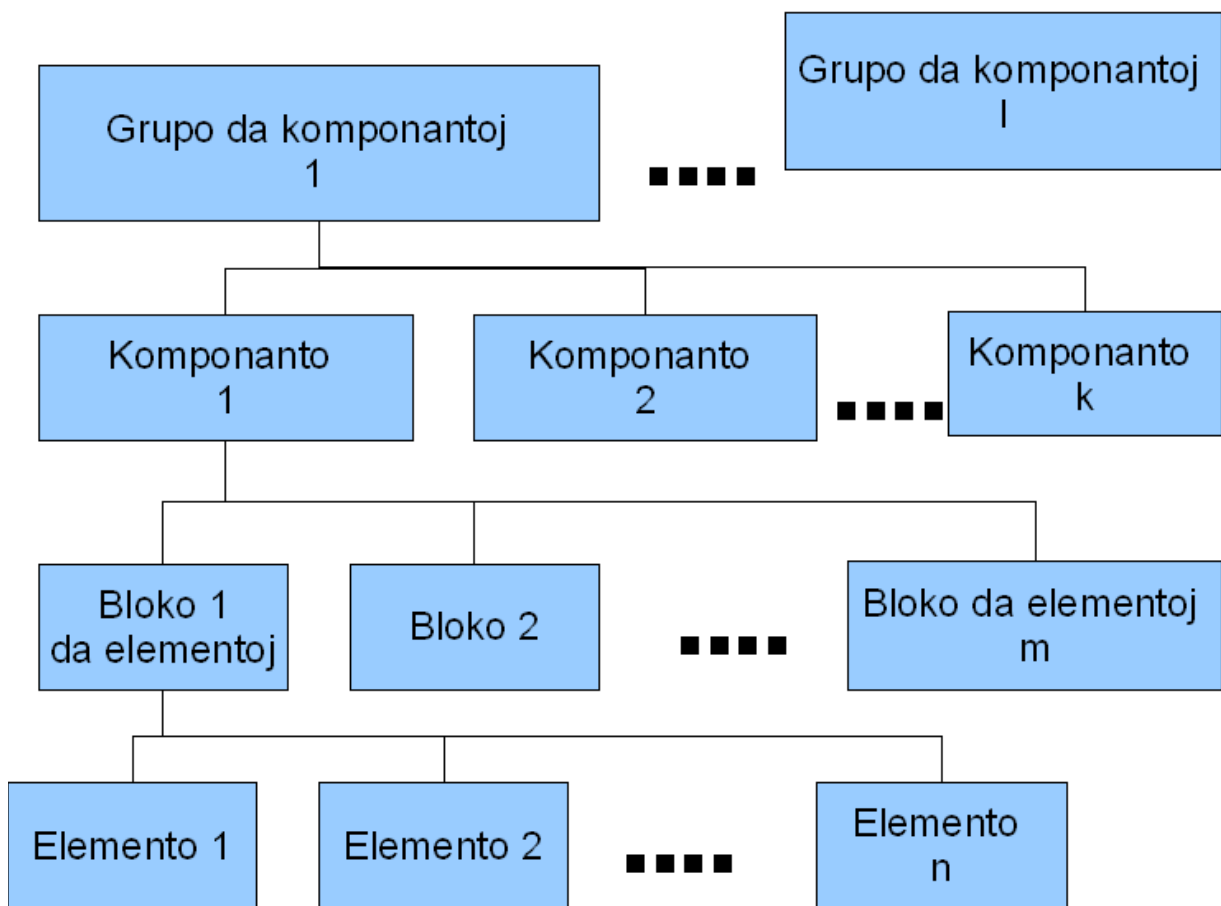


Fig. 2.1. Grafikaĵo de komponanta konsisto de ekosistemoj.

Oni pristudas komponantan strukturon de antropogena landŝafto enkadre de unu teritoria komplekso, t. e. enkadre de tuteca teritoria unuo. La komponantoj estas materiaj, kvalite apartaj substancoj, kiuj diferencas unu de la alia per organiza formo aŭ substanca stato (solida, likva aŭ gasforma). En speciala literaturo oni uzas ankaŭ terminojn "vertikala", "substanca", "laŭnivela" komponado. En biologia literaturo al la vorto "komponanto" korespondas la vorto "ekotopo" aŭ "biotopo" (5).

Tab. 2.1. Klasifiko de komponantaj kompleksoj							
Taksonomaj unuoj	Klasifiko de komponantaj kompleksoj						
Komponantaj kompleksoj (grupoj da komponantoj)	Naturaj					Artefaritaj	
	Ne-vivaj (abiotikaj)			Vivaj (biotikaj)		Raciaj (antropogenaj)	
Komponantoj	Lithogena	Klimatogena	Hidrogena	Fitogena (plantoj)	Zoogena (bestoj)	Teknogena	Socia
Blokoj da elementoj (ekzemploj)	Montaj mineraloj	Aeraj masoj	Rivera fluo	Herbeja vegetaĵo	Populacio; fiŝoj	Uzino	Komunumo
Elementoj (ekzemploj)	Sedimento	Nubo	Sablo-benka	Ranunkoloj	Primitoj	Bird-korto	Socia grupo

Ekzistas jenaj niveloj de komponantoj: grupo da komponantoj; unu komponanto; blokoj da elementoj de unu komponanto kaj la elementoj mem. La samon oni povas diri pri kompleksoj: grupo da kompleksoj; unu komplekso; ĝiaj blokoj kaj elementoj mem (Fig. 2.1, Tab. 2.1). Grupoj da komponantoj povas esti naturaj kaj artefaritaj, depende de la partopreno de homo en ili.

Laŭ la formo de organizo de substanco, oni dividas grupojn da komponantoj je:

1. abiotikaj (neviva substanco, fiziotopo);
2. biotikaj (biogena viva substanco, biocenotopo);
3. pensantaj (antropomorfa, antropa).

Abiotika grupo da komponantoj konsistas el lithogena, aŭ geomorfologia; klimatogena (klimatopo) kaj hidrogena (hidrotopo) komponantoj. Biotika grupo da komponantoj konsistas el fitogena, aŭ planta komponanto (fitotopo) kaj zoogena, aŭ faŭnogeno komponanto (zootopo). Antropogena komplekso entenas teknogenajn kaj sociajn komponantojn.

Siavice, komponantoj sin dividas je blokoj da elementoj. Ekz., la klimatogena komponanto povas esti dividita je tiaj blokoj: aeraj masoj, nubaj sistemoj, atmosferaj precipitaĵoj; la zoogena - populacioj, grupoj de organismoj.

Kaj fin-fine, blokoj da elementoj konsistas el elementoj. Ekz., bloko "atmosferaj precipitaĵoj" konsistas el jenaj elementoj: pluvaj precipitaĵoj, grajlo, unu aparta pluvo. Do, elemento estas individua objekto; komplika, nedividebla, izolita, mezurebla unuo.

Ankaŭ elemento havas komplikan strukturon, t. e. povas konsisti el pli malgrandaj partoj; tamen, tiuj partoj jam ne estas ekologiaj objektoj (18, 19). Ekz., unu el horizontalaj niveloj de plantaro povas esti biogena elemento, sed aparta arbo, ĉiu ĝia branĉo, ĉiu folio - ne. Ja, elemento estas nedividebla sistemo, kaj oni ne pristudas ĝian enan strukturon enkadre de ekologio. Tamen tiu nedividebleco estas sufiĉe relativa: tio, kio estas nedividebla en certa sistemo, povas facile dividiĝi en iu alia. Ekz., homoj estas elementoj de socia aŭ nacia grupo; ĉeloj kaj histoj - elementoj de homa organismo. Sed la plej baza elemento de socia ekologio estas ĝuste la homo, ĉar ĝia ena strukturo apartenas jam al alia scienco, al la anatomio.

Se ni prenos por pli detala pristudo la teknogenan komponanton, ĝi povas esti dividita je tiuj blokoj: industriaj branĉoj, uzinoj; ĉiu el ili enhavas elementojn kiel konstruaĵoj, maŝinoj, teknologioj. Kiel socia komponanto povas roli loĝantaro de urbo aŭ distrikto; tiam ĝiaj elementoj estos inĝenieroj de iu uzino aŭ lernejoj de certa distrikto. Oni ne devas anstataŭigi elementojn per iliaj karakterizaj trajtoj aŭ koncernaj matematikaj variantoj. Ekz., elemento "pluvo" estas karakterizata pere de sia intenseco,

longeco, temperaturo, sed tiuj trajtoj ne estas elementoj mem.

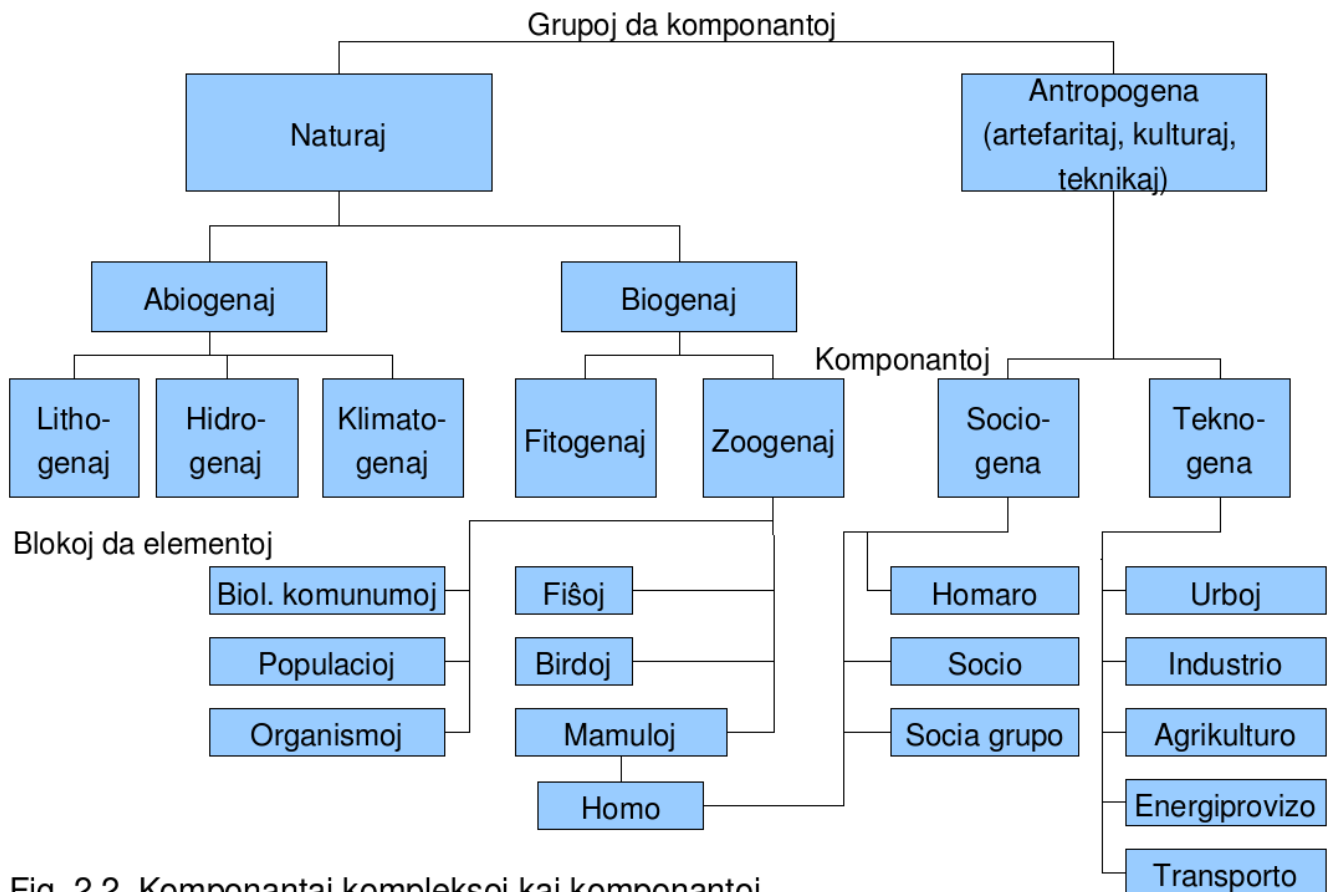


Fig. 2.2. Komponentaj kompleksoj kaj komponantoj.

Ni vidas, ke distingi elementojn kaj iliajn blokojn estas sufiĉe malfacila tasko. Solvante ĝin, ni devas laŭvoje venki problemojn de:

- a) trovo de ĝusta skalo,
- b) distingo de limniveletoj,
- c) identigo,
- d) apartigo.

En literaturo ekzistas diversaj vidpunktoj rilate al graveco de komponantoj en la landŝafto. A. I. Solncev formulis la leĝon pri neegaleco de sinsekvaj komponantoj. La t.n. "vico de Solncev" estas sinsekvo de naturaj komponantoj, de la "plej forta" al "plej malforta": ŝtona (lithogena), klimatogena, hidrogena, fitogena kaj zoogena. Sed laŭ N. A. Miĥajlov, ĉiuj komponantoj estas egalvaloraj. Laŭ L. S. Berg, la abiogenaj komponantoj estas gvidantaj, kaj la biogenaj - gvidataj. Tiuj diversaj vidpunktoj ŝajnas esti kontraŭaj, tamen, en diversaj landŝaftoj ĉiu el ili povas esti aplikata.

Ĉar komponanto estas multelementa, do, ĝi estas kunmetita, vektora objekto. Konsistecon de la komponanto determinas la nombro da elementoj en ĝi aŭ la nombro de ĝiaj karakterizaj kvalitoj. Do, la komponanta vektoro povas esti:

- a) unukonsista, kiam ĝi estas karakterizata de unu elemento aŭ unu kvalito. Tiu vektoro nomiĝas skalaro. Ekzemploj de skalaro estas kvanto da pluvo aŭ aera temperaturo.
- b) dukonsista, kiam ĝi entenas du elementojn, ekz., vektoro de situo (longitudo kaj latitudo de la loko), aŭ vektoro de direkto kaj de rapideco de la vento.
- c) n-konsista, kiam ĝi enhavas n elementojn. Ekz., la vetero estas 9-elementa vektoro kaj do karakteriziĝas per 9 kvalitoj: aera temperaturo, humideco, nubkvanto ktp.

Dum interago de multkonsistaj komponantoj okazas ilia sumiĝo, kiu ne ĉiam estas simpla matematika adicio. Ekz., du river-alfluantoj de unua ordo post kunfluiĝo formas riveron de dua ordo. Akvokvanto en tiu rivero egalas al la algebra sumo de akvokvantoj de ambaŭ alfluantoj; tamen, fluejaj procezoj sur la rivero de la dua ordo tute ne estas sumo de fluejaj procezoj sur ambaŭ unuaordaj alfluejoj.

Ekzistas tri metodoj de vektora sumigo:

- 1) simpla, algebra adicio. Ĝi okazas dum interagado de sendependaj eventoj, kaj la rezulta efiko egalas al algebra sumo de adiciatoj;
- 2) adicio kun malpliigo, kiam rezulta efiko estas malpli granda, ol algebra sumo de adiciatoj, ĉar ili parte koincidas inter si mem;
- 3) adicio kun pliigo, kiam rezulta efiko estas pli granda, ol algebra sumo de adiciatoj, ĉar influo de unu varianto kreskas en ĉeesto de la alia.

Kiel ekzemplo por ni estu procezoj sur deklivo. Sur iu teritorio formiĝas deklivo pro falantaj atmosferaj precipitaĵoj kaj defluo de la akvo disde pli alte situata loko. Se sur formiĝanta deklivo forestas kavetoj, do defluo en ĝia malsupra parto egalas al desupra defluo plus kvanto de falantaj precipitaĵoj. Sed se ioma kvanto de precipitaĵoj falas en kavetojn kaj plenigas ilin, do defluo en malsupra parto estas malpli granda, ol sumo de desupra defluo kaj kvanto de falantaj precipitaĵoj, aŭ okazas adicio kun malpliigo. Kaj se eroziigo la akumulantaj sulkoj, do defluo en malsupra parto estos pli granda, ol sumo de precipitaĵoj plus defluo de supra parto, aŭ okazas adicio kun pliigo.

Uzante la sciojn, ricevitajn dum studo de fiziko, kemio, geologio, geomorfologio, klimatologio, hidrologio, grundologio, biologio, urboekologio, industria ekologio, socia ekologio, oni mem povas sisteme karakterizi socian, teknogenan, lithogenan, klimatogenan, hidrogenan, fito- aŭ zoogenan komponantojn. Oni uzu por tio jenan skemon:

- 1) Partoj de la komponanto (elementoj kaj iliaj blokoj). Iliaj nomoj kaj karakterizoj, inkluzive mezureblaj trajtoj kaj metodoj de mezurado.
- 2) Rilatoj kaj ligoj inter elementoj de unu komponanto kaj inter elementoj de diversaj komponantoj.
- 3) Samdirektaj kaj diversdirektaj ŝanĝoj de elementoj kaj de rilatoj inter elementoj de certa komponanto kaj inter elementoj de du diversaj komponantoj.

## 2.2. KLASIFIKO KAJ DIFERENCIGO DE TERITORIAJ KOMPLEKSOJ

Teritoriaj kompleksoj estas skema, plateca, teritoria karakterizo de landŝafto. Ni povas uzi ankaŭ sinonimojn: morfologia karakterizo, horizontala, spaca <37>. Analoge al komponantoj (fig. 2.1), ankaŭ teritoriaj kompleksoj havas hierarkion: grupoj da kompleksoj, kompleksoj mem, blokoj da elementoj kaj elementoj mem de kompleksoj. Tamen naturaj landŝaftaj kompleksoj enhavas certan dualecon <1,2>:

- a) homogenecon, ĉar ili povas esti unuspecaj, teritorie unuecaj, tempe kaj space unikaj;
  - b) heterogenecon, ĉar ili ankaŭ povas esti diversspecaj, teritorie diversaj, teritorie kaj space regulaj.
- Tial oni diferencigas ilin per du metodoj: <5, 10> kaj <37>, (Tab. 2.2), indikante regionajn kaj tipologiajn kompleksojn.

Disdivido de teritorio	Baza nocio de disdivido	Speco de mapoj	Ecoj de la dividitaj eroj	Taksonomiaj rangoj (partoj)	Signifo de la termino "landŝafto"
Regiona (individua)	Komunaj ecoj	Fizikaj kaj ekonomio-geografiaj	Tuteco, unukontureco	Landŝafto, loko, lokejo, parcelo	Plej alta ŝtupo de taksonomia vico
Tipologia	Diverseco	Landŝaftaj	Mozaikeco, multkontureco, diseco	Tipo, klaso, grupo, sekco	Ajna el lokaj kompleksoj

Dum regiona diferencigo oni dividas kompleksojn je iom da tutecaj konturoj (Fig. 2.3) laŭ la plej elstara komuna kvalito de la teritorio. Ekz., sur la konturo 1 (Fig. 2.3) ekzistas parceloj da herbejo kaj marĉo, tamen la plej rimarkinda komuna trajto de la teritorio estas arbaro, tial do ni indikas tiun konturon kiel arbaran.

Dum tipologia diferencigo oni distingigas ĉiujn apartajn parcelojn de herbejo, arbaro, marĉo (Fig. 2.2b) kaj do ricevas mozaikan, multkonturan landŝaftan mapon.

Hierarkio laŭ regiona diferencigo aspektas jene: landŝafto, loko, parcelo. Laŭ tipologia diferencigo ĝi estas: tipo, klaso, grupo kaj speco.

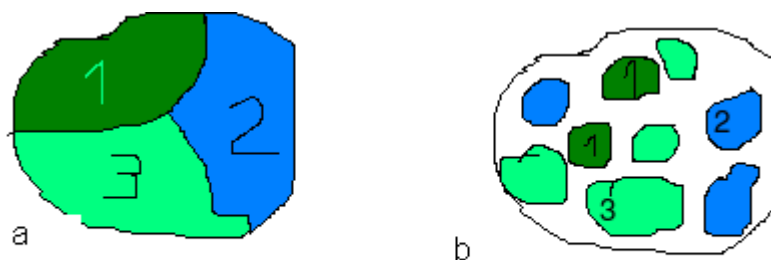


Fig. 2.3. Disdivido de teritorio laŭ regiona (a) kaj tipologia (b) principoj: 1 - arbaro, 2 - marĉo, 3 - herbejo.

La termino "landŝafto", de si mem, havas diversan senco depende de la klasifiko. En regiona klasifiko, landŝafto estas la plej supera nocio en hierarkio; en tipologia - ajna.

En ĉi-libro ni konsideras vorton "landŝafto" nur en tipologia senco. En antropogenaj landŝaftoj, teritorian komplekson de ajna hierarkia nivelo karakterizas kaj naturaj, kaj artefaritaj (antropogenaj) komponantoj. Dum mapado oni povas konsideri jenajn parcelojn: nur loĝlokojn; loĝlokojn plus industriajn zonojn; nur industriajn zonojn; agrikulturajn zonojn; agrikulturajn plus brutbredajn; nur brutbredajn; ripozigajn.

Loko, kiel grupo da proksimaj parceloj, povas inkluzivi grandajn formojn de reliefo, kiel riverdividajn regionojn, valojn, terasojn, loĝlokojn kaj ankaŭ deklivajn kaj ravinajn teritoriojn.

## 2.3. TEMPAJ KOMPLEKSOJ

Komponentoj, teritoriaj kompleksoj kaj mem ekosistemoj ŝanĝiĝas kun la tempo. Sed dum certa difinita periodo ili restas stabilaj. Tiu ŝanĝata stabileco, aŭ relativa konstanteco de certaj ecoj dum kontinuaj ŝanĝoj nomiĝas "invarianta" stato. La termino "invarianto" signifas ne inan, sed neŝanĝeblan varianton: Ekz., lago dum certa periodo persistas ĝuste kiel lago, malgraŭ regula glaciigo, kovriĝo per kanejoj kaj ankaŭ konstanta elvapiĝo. Do, tempa komplekso estas invarianta stato de ekosistemo, kiu restas neŝanĝebla dum certa tempa periodo. En antropogenaj landŝaftoj, tiu neŝanĝebleco povas esti kaŭzita de relativa stabileco de sociaj komponantoj aŭ de ligoj inter naturaj kaj sociaj komponantoj. Kiel ekzemplojn de tempaj kompleksoj ni prenu antikvecon, mezepokon, nuntempon... Ŝajnas, ke tio estas objektoj de historio; tamen, ankaŭ en antropoekologio tiuj nocioj nepre devas esti prikonsiderataj. Kiam ni enkadre de tiu scienco pristudas iujn komponantojn, kompleksojn aŭ ekosistemojn, ni ĉiam metas por la studado iujn tempajn limojn, kvankam ne ĉiam klare konscias tion. Dum pristudo de nuntempaj ekosistemoj ni svage kaj nebule, tamen nepre konsideras iun tempan periodon, kiam tiu ekosistemo rolas kiel "nuntempa". Kutime tio estas 10-60 jaroj.

Planante novan antropogenan sistemon, kio nun ofte okazas, ni devas elplonĝi el nebula senkonscio, kaj klare kaj racie difini tempajn limojn de la planato: ni kreu ne "por jarcentoj", sed por 40, 100 aŭ 200 jaroj. Kaj krome, dum projektado de teknogenaj komponantoj (uzino, urbo) oni devas samtempe konsideri naturajn (grundaj akvoj, alta akvo (inundo) kaj sociajn (grupoj, asocioj) komponantojn, kaj nepre pristudi interdependojn inter ili. Tio devas okazi en la samaj por ambaŭ komponantoj tempolimoj; do, la tempa konturado devas nepre okazi antaŭ la projektado.

## 3. ECOJ DE KOMPONENTOJ KAJ KOMPLEKSOJ

Komponentoj kaj kompleksoj estas karakterizataj de multaj ecoj, kaj ĉiu eco karakterizas ne la tutan objekton, sed iun flankon ĝian. Sed eĉ tiam ili dividiĝas je ĉefaj kaj duagradaj. La ĉefaj ecoj determinas ĉefajn, specifajn trajtojn de objekto, kaj se ili ŝanĝiĝos, do ŝanĝiĝos la objekto mem, ĝi transformiĝos en alian objekton. Duagradaj ecoj ne havas tian decidan rolon distingi la objektojn unu de la aliaj.

La ĉefaj ecoj nomiĝas ankaŭ "kvalitoj". Ekz., se oni varmigas glacieron ĝis 0 °C kaj pli, do ĝi ŝanĝos sian kvaliton kaj transformiĝos en akvon. La ĉefaj ecoj ĉi-rilate estas varmokapacito kaj varmokonduktivito; kaj, ekzemple, solideco kaj elasteco ĉi-kaze ludas nenian rolon. Sed se oni provos dispecigi glacieron, do ĝuste solideco kaj elasteco estos ĉefaj ecoj por distingi monolitan glacieron disde splita glacio.

Ankoraŭ ekzemploj de ŝanĝoj rilate al ĉefaj ecoj: dum radioaktiva disfalo radiumo transformiĝas en radonon; dum metamorfozo raŭpo iĝas larvo, kaj larvo - papilio; dum ŝanĝo de naturaj kondiĉoj marĉo iĝas herbejo, kaj herbejo - arbaro; dum lernado malgrandaj infanoj iĝas adoleskaj abiturientoj.

### 3.1. ECOJ DE KOMPONENTOJ

Abiotikaj komponantoj havas fizikajn kaj kemiajn ecojn (Tab. 3.1). Se dum antaŭpriskribitaj transformiĝoj de akvo la ĉefan rolon ludas temperaturo, do dum pritrakto de industria akvoj la ĉefaj ecoj povas esti, ekz., mineralkonsisto de akvo, kvanto de Hg, Zn en ĝi.

La ĉefa eco, kiu distingas biotikajn komponantojn disde abiotikaj, estas ebleco reproduktiĝi. "Ne vivo kaj morto, sed morto kaj renaskiĝo" <4>. Se preni nur socian komponanton, en iuj kazoj ĝia ĉefa eco estas mona enspezo, en aliaj -- mondkoncepto. Estas tre malfacile elekti la ĉefajn kvalitojn inter komplikega interplektiĝo de ecoj de teknogena kaj socia komponanto de unu flanko, kaj natura de alia flanko. Certe, la ĉefaj ecoj de industrio estas kvanto kaj kvalito de ĝia produkto, ekonomia efektiveco, rendimento ktp. Sed se konsideri la komunan evoluon (kun-evoluon) de homo kiel socia fenomeno kaj de la naturo, do la ecoj, rilataj al tiu kunevoluo, estas kvalito kaj kvanto de konsumata natura resurso kaj de neuzablaj forĵetaĵoj, kiuj malplibonigas naturan komponanton. Aparte malfacile estas distingi ĉefajn ecojn de socia komponanto, karakterizajn por homo, socia grupo, socio kaj homaro. Unue, ĉiu elemento de socia komponanto havas siajn specifajn celojn, kaj la celoj de unu aparta homo kaj celoj de la homaro ne ĉiam koincidas, sed ofte eĉ kontraŭas unu al la alia. Ekz., homaro penas eviti "ozonajn truojn", malpermesante produktadon de freonoj, dum aparta homo ne volas imagi sian vivon sen fridujoj kaj



ŝpruciloj, kie uzatas tiuj freonoj (Kom. M.W.: freono jam en pluraj partoj de la mondo malpermesata).

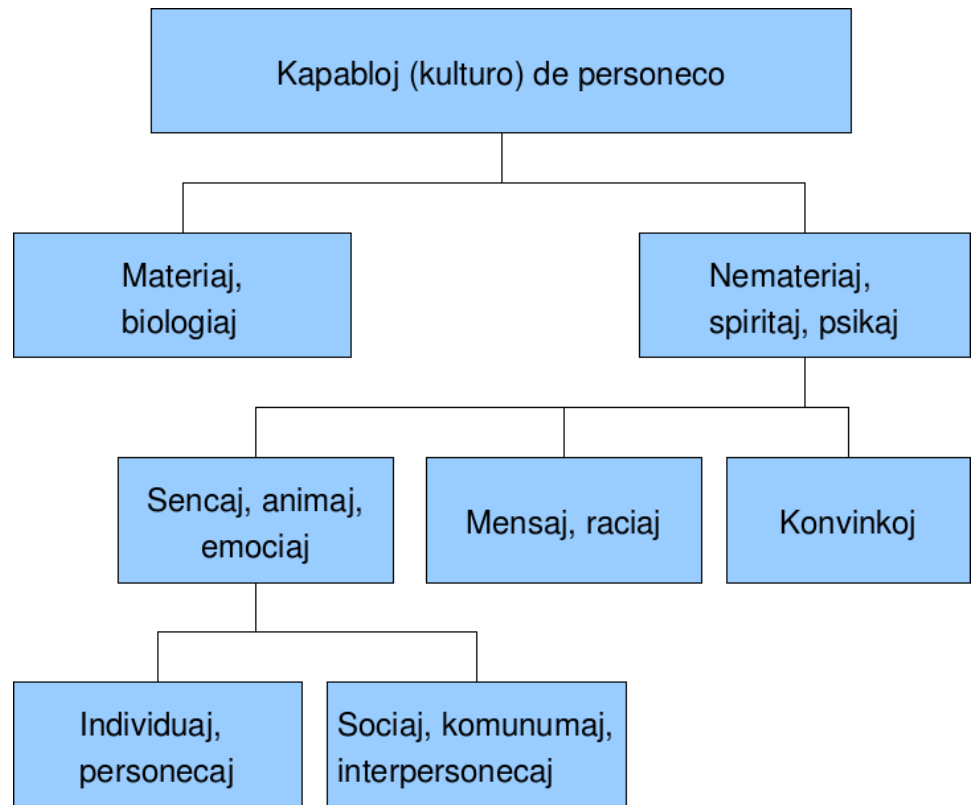
<b>Tab. 3.1. Ekzemploj de ecoj de komponantoj</b>					
Elementoj de komponantoj	Mekanikaj	Varmecaj	Lumaj, elektromagnetaj	Kemiaj	Biologiaj
Aero, inkl. oksigeno kaj azoto	Difuzo, denseco	Varmokapacito, varmokonduk-eco	travidebleco, elektrokonduk-eco	Inerteco	—
Akvo	Viskozeco, inercieco	(la sama)	Albedo	—	—
Rokaj mineraloj	Kunligiteco, firmeco				
Rokaj mintavoloj	Kohereco, kun-eco, firmeco	(la sama)	(la sama)	Dissolveblec, pH, oksidigaj-maloksidigaj kondiĉoj	—
Solidaj, kunecaj grundoj	Imuneco kontraŭ erozio				
Nesolidaj, nekoheraj grundoj, glacio	Grandeco de eroj, denseco, firmeco, elasteco, rondeco de formoj				
Plantoj	Rezisto: aerodinamika, hidrodinamika; strukturaj ecoj, protektaj ecoj, firmeco, elasteco	Varmokreo, malvarmo-rezisto	(la sama)	—	Energikapacito, biomaso, fekundeco, regenerado
				—	Metabolo, destruktiveco
Bestoj	Movebleco (tretantaj bestoj, terfosantaj bestoj)	(la sama)	—		

Due, la ecoj, karakterizantaj socian komponanton, simple tro-tro multas. Al fizikaj, kemiaj, biologiaj aldoniĝas ankaŭ psikaj ecoj, dependaj de mensaj kaj sentaj specifajoj de homo kaj de plej diversaj sociaj trajtoj de ege diversa homaro.

Rilate al naturaj komponantoj, la plej ĝeneralaj karakterizaĵoj de socia komponanto estas, verŝajne, bezonoj kaj kapabloj. Bezonoj estas ecoj de personeco, de socia grupo aŭ de socio, kiuj esprimas iun neceson kaj do stimulas al aktivado, al akiro de la bezonato. Nerealigitaj bezonoj estas kaŭzo de disvolviĝo de kapabloj. Siavice, kapabloj estas ecoj aŭ potencialaj ecoj de personeco (Fig.3.1) aŭ de socio (Fig.3.2), kiuj ebligas kontentigi bezonojn.

Bezonoj kaj kapabloj dividiĝas je materiaj kaj nemateriaj (idealaj, spiritaj). Materiajn bezonojn oni povas ankaŭ nomi biologiaj, vivonecesaj. Ili estas:  
 a) bezono je manĝo kaj aliaj konsumataĵoj;  
 b) bezono je propra sekureco;  
 c) bezono je propra reproduktiĝo.

Laŭgrade de kontentigo de bezonoj, disvolviĝas ankaŭ kapabloj en "nia" senco de la vorto, kiu tre proksimas al nocio "kulturo" en ĝia vasta senco. Laŭgrade de disvolviĝo de kapabloj, ekz., de scienco, teknologioj, artoj, la socia komponanto povas kontentigi pluajn novajn, kreskantajn bezonojn, inkluzive idealajn.



Do, bezonoj kaj kapabloj estas Fig. 3.1. Hierarkio de kapabloj (kulturo) de personeco.

interligitaj laŭ principo de suplementoj. Bezonoj estas gvidaj rilate al kapabloj. Laŭgrade de disvolviĝo de socio, ĉiam pli kaj pli gravan rolon ludas interrilato inter ĝiaj materiaj kaj spiritaj kapabloj.

Spiritaj kapabloj estas mondkoncepto, scienco, etiko kaj estetiko. Mondkoncepto, kiel ideologio, influas en certa maniero etikon, estetikon kaj sciencon. De unu flanko, mondkoncepto sin montras per mitologio, religio kaj filozofio, de alia - per sistemoj de potenco, kiel ŝtato, formoj de posedo kaj manieroj rilati kun la naturo. Laŭgrade de la disvolviĝo de homaro, ĝia rilato al naturo ŝanĝiĝas de adaptiĝo, tra konkero, ĝis kompreno de ĝia samvaloro, de egaleco kaj sameco de homo kaj naturo (Fig. 3.1).

Estetiko enhavas unuflanke la arton kiel kreado, kaj duaflanke - sencan ekkonon, admiron, kunpercepton danke al la jam ekzistanta kreaĵo.

Scienco estas logika ekkono de natura kaj artefarita mondo, kaj do estas ponto inter materia kaj nemateria kulturo. Hipertrofio de materiaj homaj kapabloj, disvolviĝo de energiaj kaj teknikaj riĉfontoj je la konto de la spirita gvidas homaron "laŭ la vojo de Kaino", kiel diris fama rusa poeto M. Voloŝin <3>.

Pere de militoj, neniigo de naturo, elĉerpigo de naturaj resursoj en senĉesaj senspiritaj cikloj de "bezonoj kaj kapabloj" povus okazi memekstermo de homaro. Ju pli granda estas energio, posedata de homo, des pli danĝera estas homa

senspiriteco. Ni iras nun laŭ la "vojo de Kaino"; sed ekzistas alia vojo por homaro, la vojo de promocio kaj disvolvo de siaj spirita bezonoj. Sed pri tiu vojo ni parolu pli detale aliloke.

Kiam la ĉefaj ecoj de socia komponanto, kiuj interagis kun natura kaj teknogena komponantoj, jam estas distingitaj, bezonatas ilia mezurado. Ni ne priskribos ĉi tie la problemon detale; nur diros, ke materiajn kapablojn kaj energi- kaj teknobezonojn oni povas esprimi en formo de energi-kvanto aŭ kvanto de produktaĵo (kilokalorioj, aŭ tunoj/persono, aŭ kg/m<sup>2</sup>). Elementoj de spirita kulturo transformiĝas en simbolajn formojn de la materia kulturo: ekz., religia mondkoncepto influas religian arkitekturon; etikaj normoj - kodeksoj de eldonitaj leĝoj; estetiko - skulptarton, pentrarton, poezion; scienco kaj teknologio - sciencajn eldonaĵojn kaj uzajn aparatarojn.

Ŝajnas, ke estas facile mezuri (kalkuli) spirita riĉaĵojn: templojn, leĝojn, skulptaĵojn, librojn ktp por unu persono aŭ por spacunu. Sed tio estus stulte, ĉar ne respegulas la plej gravan - la spiritecon. Eble, iom pli taŭga por pritaksi la spiritecon de socio estas kvanto de Nobel-laŭreatoj.

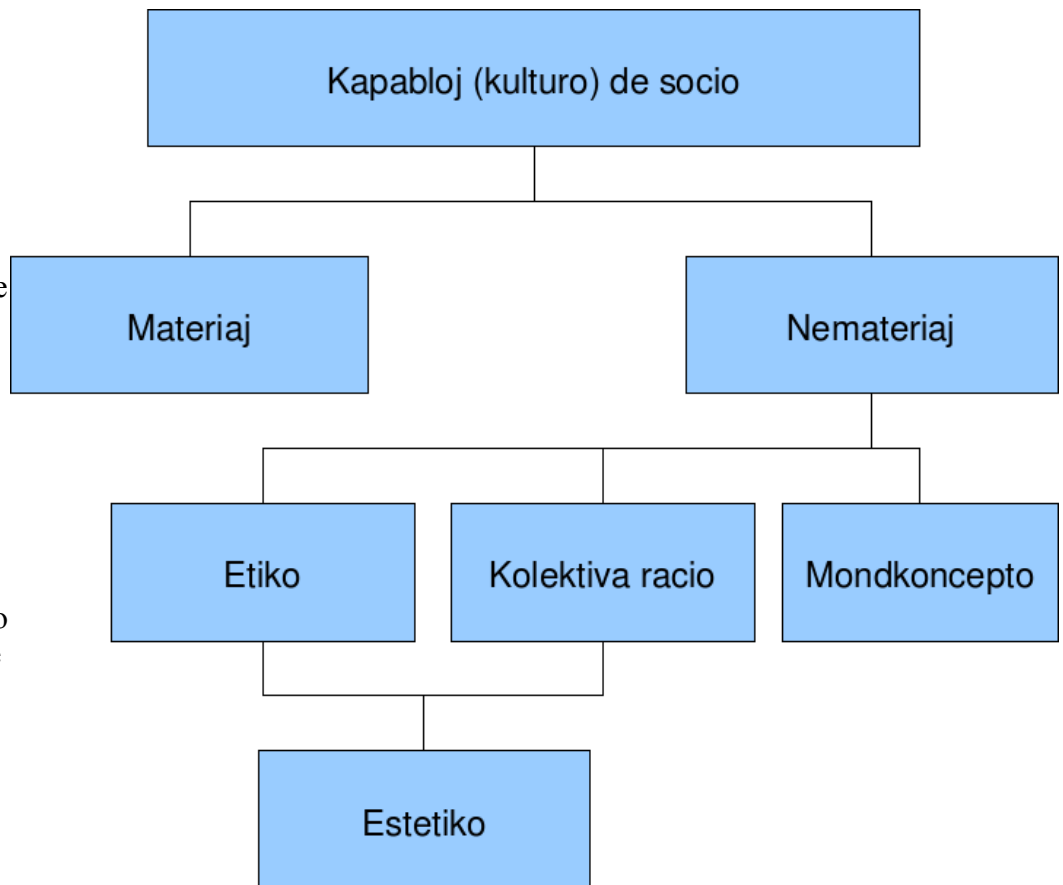


Fig. 3.2. Hierarkio de kapabloj (kulturo) de socio

### 3.2. ECOJ DE TERITORIAJ KOMPLEKSOJ

Teritoriaj kompleksoj estas karakterizataj per ecoj de komponantoj kaj per morfologiaj trajtoj. La komponantaj ecoj de ajna aro de teritoriaj kompleksoj oni priskribas same kiel ecojn de ĉiu aparta komplekso (v. Fig.3.1). Morfologiajn trajtojn de unu teritoria komplekso aŭ ilia aro oni priskribas pere de morfometriaj karakterizaĵoj.

Geometriaj ecoj de komplekso estas dimensioj aŭ formo. Ekzistas liniaj, surfacaj kaj volumenaj dimensioj de kompleksoj. La liniaj estas: longeco, larĝeco, perimetro kaj iliaj mezumaj kaj ekstremaj (minimumaj kaj maksimumaj) valoroj. Surfacaj kaj volumenaj dimensioj estas, respektive, spaco kaj volumeno. Ekz., por priskribi morfologie apartan landŝafton, oni uzas, ekz., tiujn karakterizaĵojn: perimetro de la insulo, larĝeco de la valo; volumeno de la lago; areo de la herbejo. Se ni karakterizas morfologie ne apartan teritorian komplekson, sed grupon da ili, do, krom priskriboj de formo (linia, izomorfa, asimmetria, oblonga ktp), oni povas uzi ankaŭ tiujn karakterizaĵojn, kiel totala kvanto de

kompleksoj, kvanto de kompleksospecoj, interrilatoj inter kompleksaj dimensioj <6, 7, 33>. Oni povas ankaŭ priskribi morfologie limojn inter kompleksoj, laŭ iliaj trajtoj:

- a) formo;
- b) kontrasteco;
- c) ekzisto de komunaj limoj.

Laŭ formo, limoj inter diversaj kompleksoj povas esti rektaj, kurbaj, volvantaj ktp. Laŭ kontrasteco, oni distingas limojn akrajn (A), klarajn (K), neklarajn (N) ktp. Se kalkuli, kiom da % el la tuta longeco de limoj konsistigas ĉiu aparta limospeco, do ni ricevos formulon, ekz.:

$$M = 60K + 20A + 20N \quad (3.1)$$

kie M - mezurebla eco de kontrasteco. La komunecon de limoj ni povas prezenti kiel % el totala limolongeco de ĉiuj grupoj de kompleksoj. Laŭ reprezento de diversaj kompleksoj en strukturo de landŝafto ni povas diri pri ilia fona reprezento aŭ pri domino de iu komplekso kun era (marĝena) reprezento de la aliaj.

### 3.3. ECOJ DE TEMP AJ KOMPLEKSOJ

Same kiel areo kaj distanco estas atributoj de spaco, daŭro estas atributo de tempo. Ekzistas direktita kaj nedirektita daŭro. Se en retransformebla sistemo ekzistas tempa simetrio (vidu ĉ.5), do la tempo estas nedirektita. Alie ni povas diri, ke en dinamikaj sistemoj la trajektoriojn de la ŝanĝo influas nur gradiento. En neretransformeblaj sistemoj, se ekzistas tempa asimetrio, do ĝi signifas direktitan daŭron de tempo. Tiukaze N.N. Moisejev <16> diras pri "sago de la tempo". Direktitan daŭron oni komencas kalkuli ekde certa tempa momento, t.e. ĝi estas relativa.

Tre multaj procezoj en landŝafto estas karakterizataj de diverslongaj tempaj periodoj. Ekz., lavangoj en montaro daŭras nur sekundojn, sed karstaj procezoj - milionojn da jaroj! Kutime oni konsideras 1 jaron kiel universala mezurunuo de tempo.

La aĝo estas grava eco de ekosistemo. Aĝo de ekosistemo estas daŭro de ekzistado de certa landŝafto. Ajna geosistemo estas tempe mozaika, ĉar ĝiaj komponantoj, kompleksoj kaj interligoj estas diversaj. Por difini la aĝon de geosistemo, oni konsideras tempodaŭron de ĉefaj strukturaj komponantoj, kompleksoj kaj ligoj. Ekz., tempo de ekzisto de ravina landŝafto estas difinata ne per la aĝo de bazaj grundoj, kaj ne per daŭro de loĝado de certaj animalspecoj tie, sed per longeco de ekzistado de ravinaj krutaj deklivoj, kvanto de herbaro sur deklivoj, koncentritaj akvovojoj ktp..

### 3.4. STABILECO KIEL ĈEFA ECO DE EKOSISTEMO

Stabilecon de ekosistemo ni komprenas kiel ĝian econ konservi invarianton dum konstantaj ŝanĝoj. Sinonimoj de tiu vorto estas: elasteco, vivkapableco, sekureco. La sistemo montras stabilecon ĉe:

- 1) naturaj influoj;
- 2) antropogenaj influoj.

Ĉe naturaj ŝanĝoj, influitaj de en-landŝaftaj kaj de eksteraj kondiĉoj, la stabileco estas imanenta al la landŝafto mem. Ĉe antropogenaj influoj, same pozitivaj kiel negativaj, la landŝafto iĝas komplika celdirektita ekosistemo. Stabileco de ekosistemo okazas dank' al ĝia memreguligo:

- a) memrestaŭrigo de reliefo kaj vivantaro;
- b) mempurigado de grundo, akvo, aero kaj vivantaro.

Ekz., post la regulaj forhako, paŝtado, falĉado ktp, la arbaro kaj herbejo post ioma tempo restaŭriĝas. Post forĵeto de limigita kvanto da rubaĵo en riveron aŭ en la aeron, la kvalito de aero kaj akvo post kelka tempo ankaŭ restaŭriĝos. La potenco de memreguliga kapablo de la landŝafto dependas de:

- 1) ĝia diverseco;
- 2) komplikeco de ĝia strukturo;
- 3) proksimeco al sojlaj ŝarĝoj.

Ju pli diversfaceta kaj komplika estas la landŝafto, ju pli malproksima ĝi estas de siaj sojlaj ŝarĝoj, des pli stabila ĝi estas. La diverseco povas esti kvanta, spaca kaj tempa. Kvanta diverseco esprimiĝas per multnombro de komponantaj kaj kompleksaj elementoj kaj ligoj inter ili. Spaca diverseco karakteriziĝas per varieco de komponantoj, kompleksoj kaj iliaj ligoj sur la teritorio. Tempa diverseco dependas de

varieco de elementoj kaj ligoj en la tempo.

Komplikeco de strukturo de landŝafto estas determinata per:

- a) ĉeesto de diversaj energi-akumuliloj;
- b) multnombroco de ligoj de diversaj specoj: reaj, ciklaj, nerektaj;
- c) dominado en ekosistemoj de ne funkciaj, sed korelativaj ligoj, kiuj lasas certan gradon de libero dum interagado de elementoj.

Ekz., kvankam sezonaj migradoj de birdoj principe estas konstantaj en la tempo kaj spaco, tamen iliaj kondiĉoj povas varii depende de vetero kaj abundeco de nutraĵo. Tiu foresto de severa determino pligrandigas la protekton de migrantaj birdoj kontraŭ rabobestoj.

Kaj la tria karakterizaĵo, relativa proksimeco al sojraj ŝarĝoj, nun iĝas pli kaj pli grava. Ekz., alta grado de polucio en Nord-Okcidenta parto de Nigra maro plimalgrandigas ĝian mepurigan kapablon. Ju pli malklara estas la akvo, des malpli da suna radiado penetras ĝis la profundo de 4-6 m, kie loĝas akvopurigantaj moluskoj, kaj do ili ne povas normale kaj sufiĉe purigi la akvon.

Alia ekzemplo povas esti situacio, kiu okazis en Norda Moravio, Ĉeĥio. Dum nokto al la 1a Januaro 1979, la temperaturo de aero abrupte falis de +5 °C ĝis -20 °C. Post kelkaj tagoj revenis varmo, sed printempe evidentiĝis, ke sur grandaj teritorioj, precipe sur montaj krestoj, pereis ne nur fruktaj ĝardenoj, sed ankaŭ naturaj arbaroj, junaj kaj plenkreskaj abioj kaj fagoj. Kial? Ja ankaŭ en pasinteco okazadis similaj temperatursaltoj, sed sen katastrofaj ekologiaj postsekvoj. Evidentiĝis, ke la ĉefa kialo de la nuna katastrofo estas antropogena malpurigo de grundoj per malpezaj metaloj kaj de aero per sulfuroksidoj. Tio signife malaltigis nivelon de sojraj ŝarĝoj por arbaroj, kaj ili iĝis pli vundeblaj por malsanoj kaj veteraj kondiĉoj. Por mezuri landŝaftan stabilecon, oni uzas la ekvacion:

$$S = \Delta R / \Delta F \quad (5)$$

kie  $\Delta R$  estas la ekstreme tolerebla influo, post kiu ekosistemo jam perdas sian stabilecon kaj disfalas; ekz., tiagrada polucio de rivero, post kiu ĉiu vivaĵo en ĝi pereas; aŭ tiagrada erozio de supra tavolo de deklivo, ke la deklivo transformiĝas en ravinon.  $\Delta F$  - la ekstera influo al la ekosistemo, ekz., polucio aŭ akva erozio. Ju pli granda estas dinamiko de ekosistemo, des pli malgranda ĝia stabileco; se  $\Delta F > \Delta R$ , do  $S > 1$ . Ju pli multe da erupcioj, dekrustiĝoj, erozioj kaj subfosoj (unuvorte, vunditaj eroj) troviĝas en ekosistemo, des pli verŝajna estas ĝia transiro al alia invarianto. (*Kom. T.A: Se ni altigas produktivecon de kulturaj cenozoj, ni devas pagi pro tio per malpliigo de spaca kaj tempa diverseco kaj do, per malpliigo de stabileco.*)

Se ekosistemo estas uzata de homo en sia natura aŭ en artefarite ŝanĝita stato, do ĝin ni konsideru, kune kun sistemoj teknikaj, sociaj kaj vivantaj, kiel celdirektitan sistemon. Ĉe fortaj antropogenaj influoj, ni ŝanĝu nocion "stabileco" al la nocio "sekureco". Ekzistas 3 formoj de sistema sekureco:

- 1) projekta, kiu entenas ĉiujn antaŭajn kondiĉojn de natura aŭ regulita evoluo;
- 2) mastruma, kiu karakterizas perspektivan eblecon konservi certan landŝafton dum antropogenaj aŭ naturaj ŝanĝoj;
- 3) operacia, aŭ ekspluata, kunligita kun la senpera uzado de la landŝafto.

Prenu ni kiel ekzemplo la herbejan ekosistemon, uzatan por mastrumaj celoj. Ĝia projekta sekureco baziĝas sur la antaŭa evoluo kaj agrikultura influo al fekundeco kaj grunda strukturo. Mastruma sekureco esprimas probablecon konservi konstantajn ecojn de la grundo per moderna teknologio: regula ŝanĝo de kulturherboj, akvumado, fekundigo kaj uzado de pesticidoj (*Kom. M.W.: necesas tre saĝa elekto inter "pesticidoj"*). Kaj, fine, ekspluata sekureco pritaksas realajn ŝancojn je bona rikolto ĉe nuntempa grunda produktiveco, kun nuntempa teknologio de kulturado, dum ŝanĝantaj meteologiaj kondiĉoj de la nuna vegeta periodo.

Ni povas plialtigi sekurecon de ekosistemo, se ni:

- 1) plialtigos sekurecon de apartaj ĝiaj elementoj,
- 2) enigis en la sistemon aldonajn elementojn por sekurigi ĝin.

Ekz., artefarita fekundigo de grundo per fosforo plialtigas ĝian produktivecon, dependan de tiu elemento. Regula akvumado sekurigas kontraŭ foresto de naturaj pluvoj. Se okazas paneo, t.e. troŝarĝoj superis sekurecon de la sistemo kaj kaŭzis ĝian disekvilibron, tamen ne la tutan pereigon de la landŝafto, do oni devas restaŭri sekurecon. Tion eblas fari per biotikaj kaj abiotikaj rimedoj. Tiuj biotikaj rilatas al memreproduktiĝo de vegetaloj; abiotikaj - al reveno de la tuta ekosistemo al normala stato. Abiotikaj antropogenaj rimedoj estas, ekz., teknikaj, kemiaj aŭ biologiaj rekultivadoj de landŝafto.

## 4. INTERRILATOJ EN EKOSISTEMOJ

### 4.1. KIEL PRISKRIBI LA INTERRILATOJN

Se aferoj transformiĝas unu je la alia, do ili troviĝas en iuj interrilatoj. La transformataj elementoj povas esti aĵoj ( $A_1, A_2, \dots, A_n$ ). Ankaŭ iliaj ecoj ( $\alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_m$ ). Tiam ilia interrilato  $R$  aspektas kiel <38>:

$$R(A_1^{\alpha_1}, A_1^{\alpha_m}, A_n^{\alpha_1}, A_n^{\alpha_m}) \quad (4.1)$$

Interrilatoj povas esti prezentitaj pere de reciproka situo de aĵoj (ekz., pli suden, okcidente, proksime, fore, 3 km nordorienten) aŭ ilia komparo (ekz., ekvacio, malegaleco, identeco,  $A_1$  estas kvinoble pli peza ol  $A_2$ , volumeno de  $\alpha_1$  estas malpli granda ol volumeno de  $\alpha_2$ ).

La plej oftaj estas kaŭzaj interrilatoj; ni nomu ilin ligoj. Poste ni uzos tiun nocion en la senco "interkomponentaj" aŭ "interkompleksaj ligoj" en ekosistemo. Dum pritrakto de interkomponentaj (v. 4.4) kaj interkompleksaj (v. 4.5) modeloj, ni montras ĝiajn ligojn per saĝetoj, kunligantaj koncernajn erojn.

Objektoj estas kunligitaj, se ili reciproke influas unu la alian, reciproke interdependas. Se elementoj ne dependas unu de la alia, do ili ne havas ligojn, kaj ne estas organizitaj je unu sistemo. En antropogenaj landŝaftoj ligoj realiĝas en formo de fluoj de substanco (materio), de energio kaj de informo.

Interkomponentaj ligoj ene de unu komplekso aŭ inter kelkaj kompleksoj realiĝas en formo de ajna el superdiritaj fluoj; morfologiaj interrilatoj - prefere en formo de informaj fluoj. Oni povas klasifiki materiajn kaj energiajn fluojn laŭ la kvanto de elementoj kaj laŭ la grado de ilia denseco. Laŭ kvanto de elementoj ni distingas fluojn (kaj ligojn) unuelementajn kaj miksitajn. Unuelementaj fluoj estas, ekz., akvaj, aeraj, neĝaj, glaciaj, ŝtonaj, sablaj, biotikaj (migradoj de birdoj, fiŝoj). Ankaŭ ĉi tien ni metu fluojn trafikajn, teknologiajn, piedirantajn. La miksitaj fluoj povas enteni 2, 3 aŭ pli da komponantoj: aer-neĝaj lavangoj, akvo-koto-ŝtonaj kotlavangoj, ŝarĝ-pasaĝeraj trafikaj fluoj, aero-sablo-polvaj blovadoj ktp..

Laŭ grado de denseco de la substanco aŭ de la energio, la fluoj estas dividataj je densaj kaj maldensaj. La unuaj estas eventuale pli regeblaj: fluo de akvo en rivero, migrado de bestoj dum fajro, moviĝo de neĝa lavango, migrado de urbanaro en trafiko-kulminaj horoj.

Pli oftaj kaj pli disvastigitaj estas maldensaj fluoj, ekz., migrado de bestoj en serĉo de manĝado, livero de suna radiado, migrado de urbanoj kaj de trafikiloj nokte aŭ post forta neĝado. Pli precize oni devus priskribi densecon per gradiento (ĉ.5) de la substanco aŭ de la energio; tiam oni povus pli detale karakterizi la densecon. La denseco dependas de la direkto de la fluo, kaj ĝi ŝanĝiĝas laŭ la tempo. Ekz., dum maturado de plantoj, fluo de iliaj malpezaj sekaj semoj distribuiĝas konforme al ventodirekto. Interkomponentaj kaj interkompleksaj interrilatoj estas priskribataj laŭ ilia grandeco kaj direkto. Tiuj karakterizoj povas esti kaj kvantaj, kaj kvalitaj. Dum kvanta priskribo de direkto de ligoj, oni uzas radialan aŭ angulan mezuron. Dum kvalita, vorta priskribo, la direkto de ligoj estas orientita laŭ koordinatoj (nordo, sudo ktp) aŭ laŭ horizonto (horizontalaj kaj vertikalaj ligoj) (Fig. 4.1).

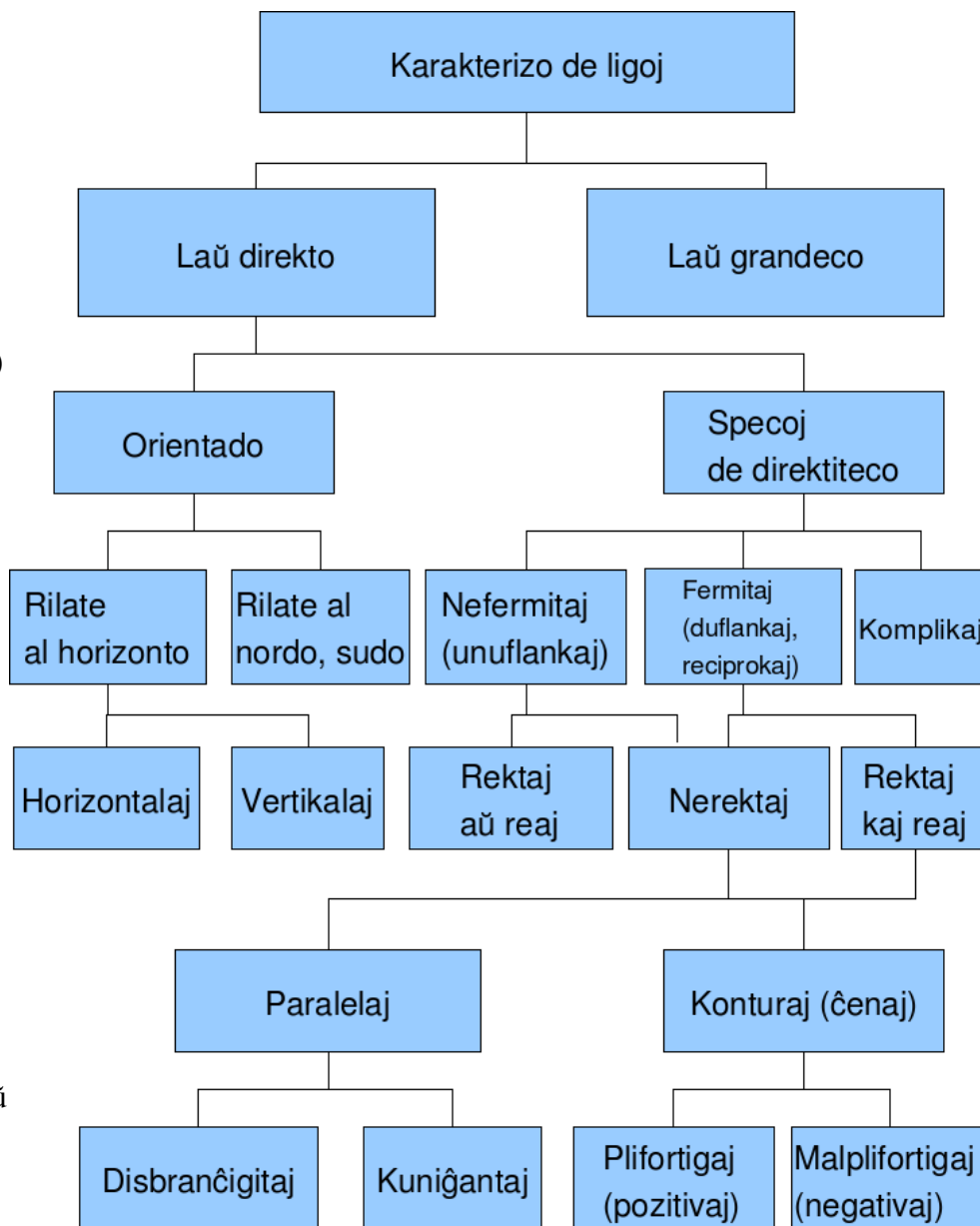


Fig. 4.1. Klasifiko de ligoj laŭ iliaj direktoj.

## 4.2. SPECOJ DE LIGOJ

Laŭ kontakta ebleco, oni distingas unuflankajn (nefermitajn), duflankajn aŭ reciprokajn (fermitajn) kaj kompleksajn ligojn (v. Fig. 4.1). Ligoj inter defluo kaj precipitaĵoj estas ekzemplo de unuflankaj ligoj; inter borda kaj plaĝa landŝaftoj - duflankaj. Kaj unuflankaj, kaj reciprokaj ligoj povas esti rektaj kaj nerektaj. Ĉe nerektaj ligoj unu elemento influas la alian ne rekte, sed tra iu interstica elemento. Ekz., formiĝo de akva defluo en la supra parto de ravino rekte influas sedimentadon de aluvio en ĝia malsupra parto. Bezonoj de iu socia grupo rekte influas la specon de uzina produktado, kaj nerekte, tra elĵeto de produktaj gasoj, promocias malpurigon de homa medio.

Rektaj kaj nerektaj ligoj povas esti, siavice, paralelaj kaj ĉenaj. Se du elementoj samtempe influas la trian, do ĉeestas kunaj paralelaj ligoj; se unu elemento influas du aliajn - disaj paralelaj ligoj. Ekzemplo de kunaj paralelaj ligoj: kvanto da likvaj precipitaĵoj kaj biomaso de vegetaĵo difinas deklivan erozion. Ekzemplo de la disaj: likvaj precipitaĵoj, kiuj formas surfacan erozion kaj plimultigas biomason de vegetaĵoj.

Interligoj ekzistas, kiam unu elemento influas duan, dua trian, kaj la tria - la unuan. La interligoj povas esti plifortigaj (pozitivaj) kaj plimildigaj (negativaj). Ekz., sub influo de minusa temperaturo de aero okazas malaltiĝo de temperaturo de akvo ĝis apero de glacio, kiu preventas pluan malvarmiĝon de la akvo, do interligo negativa. Falinta solida precipitaĵo (neĝo, grajlo) promocias formiĝon de firno, kaj formiĝanta glaciejo mem plifortigas precipitadon, do interligo pozitiva. Reklamo, influanta homajn bezonojn, promocias produktadon, kiu siavice malpurigas la medion - do, interligo pozitiva (rilate la produktadon). Antireklamo de "verduloj", kiuj avertas pri tiaj problemoj, agas kiel negativa interligo.

## 4.3. PRISKRIBO DE LIGOJ LAŬ LA GRANDECO

Dum karakterizo de ligoj laŭ grandeco eblas priskribi ilin de kvanta kaj de kvalita vidpunkto. Ĉe kvalita priskribo oni vortumas tiel: la ligoj estas tre fortaj, mezfortaj, feblaj kaj tre feblaj. La kvanta karakterizo de grandeco de ligoj povas esti determinita kaj stohastika, grafika kaj analiza. Ĉe probableca (stokastika) priskribo, ligoj inter komponantoj kaj kompleksoj estas esprimataj pere de koeficientoj kaj mezurindikoj, kiuj karakterizas interligitecon, signon kaj sentivecon de la ligo. La plej ofta karakterizo de interligiteco en la ligo estas korelacia koeficiento. Se la interdependo aspektas kiel rekta linio, do sentiveco de la ligo estas esprimata kiel tangento de la klina angulo. La signo (+ aŭ -) montras rektan aŭ inversan interdependecon inter elementoj.

Kaj funkcia, kaj mezurindika priskribo de ligoj povas havi diversajn nombrojn de dimensioj: de unudimensia ĝis n-dimensia ligoj. Nombro de dimensioj de ligo dependas de la nombro de dimensioj de vektoroj, (v. 3.1), kiuj karakterizas la kunagantajn elementojn. Ekz., grafikaĵo aŭ analiza interdependeco inter precipitaĵoj kaj surfaca defluo estas unudimensia vektoro, kaj tiu inter klimatogena kaj hidrogena komponantoj - n-dimensia vektoro, se ĉiu el la komponantoj estas karakterizata de sia n-dimensia vektoro.



#### 4.4. MODELO DE INTERKOMPONANTAJ LIGOJ

La modelo de interkomponentaj ligoj (la monosistema modelo, laŭ terminaro de V. S. Preobraĵenskij) (23, 24) estas diagramo de komponantoj kaj ligoj inter ili en iu certa komplekso. Se en iu geosistemo indiki ĉiujn komponantojn per ringeto, kaj ĉefajn ligojn inter ili per sagetoj, do ni ricevos modelon de interkomponentaj ligoj (Fig. 4.2).

Ĉiu el  $n$  komponantoj povas esti kunligita kun ĉiuj aliaj, do kun  $(n-1)$  komponantoj. Tiam la maksimuma kvanto  $S$  de eblaj ligoj inter la komponantoj egalas al:

$$S = n(n - 1)$$

(4.2)

Ekz., se  $n = 3$ , do  $S = 6$ ;  
kaj se  $n = 5$ , do  $S = 20$ .

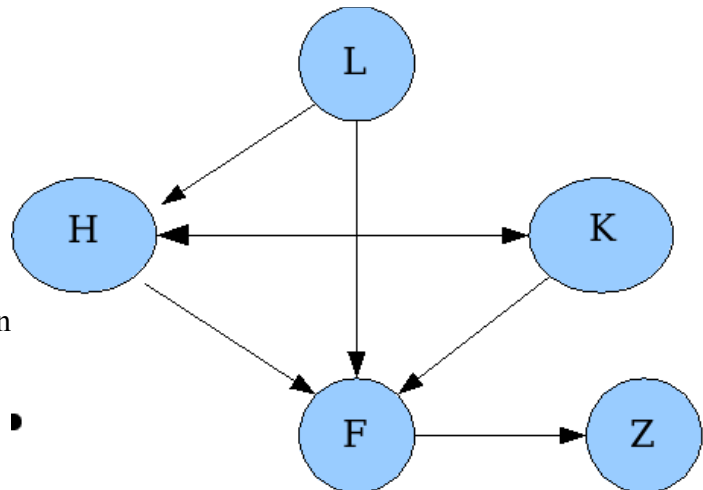


Fig. 4.2. Modelo de interkomponentaj ligoj:

L – lithogena, K – klimatogena,

F – fitogena, Z - zoogena.

#### 4.5. MODELO DE INTERKOMPLEKSAJ LIGOJ

Du aŭ pli kompleksoj interagis per interŝanĝo de maso kaj energio inter iliaj komponantoj. Ekz., dum formado de surfaca defluo desur deklivo okazas marĉiĝo de la fundo de valo. Aliel ni povas diri, ke hidrogena komponanto de dekliva komplekso influas litho- kaj fitogenan komponantojn de la vala fundo. Ankoraŭ ekzemplo: en intermonto dum klara sennuba nokto okazas malvarmiĝo de apudgrunda tavolo de aero, ĉar pli malvarma aero fluas laŭ la deklivoj al la valo, kie malaltiĝas temperaturo kaj do prokrastiĝas vivaj cikloj de vegetaĵo. Aliel ni povas diri, ke klimatogena komponanto de unu komplekso influas klimato- kaj fitogenajn komponantojn de dua komplekso pere de interŝanĝoj de energio kaj maso. Apud la suprediritaj ligoj pere de maso- kaj energio-interŝanĝoj, povas ekzisti ankaŭ ligoj inter morfologiaj karakterizaĵoj de kelkaj kompleksoj. Depende de la uzataj morfologiaj mezurindikoj, karakterizaj por unu aŭ por kelkaj kompleksoj, povas ekzisti diversaj interrilatoj inter ili. Pli ofte oni atentigas ligojn inter du liniaj aŭ unu linia kaj unu surfaca mezurebla eco (mezurindiko). Ekz., longeco de delta zono de rivero estas rekte proporcia al ĝia akvokolekta tereno. Oni konsideras ankaŭ interrilatojn inter formo de partopreno kaj koeficiento de komplikeco de kompleksoj. Sufiĉe ofte oni analizas tiujn ligojn, kiuj aperas ĉe ŝanĝo de iu mezurindiko, dimensio aŭ formo dum transiro de unu komplekso al alia; ekz., ŝanĝo de larĝeco aŭ de longeco de iu insulo sur rivero Dnestro.

Modelo de interkompleksaj ligoj estas analoga al modelo de interkomponentaj ligoj (v. 4.4); kaj reprezentanto de kompleksoj kaj ligoj inter ili <25>. Se en iu ekosistemo ni signos ĉiun komplekson per rektangulo, kaj ĉefajn ligojn inter ili per montriloj, do ni ricevos modelon de interkompleksaj ligoj. Ekz., se en geosistemo "ravino", kiu konsistas el 3 kompleksoj, (supra, meza kaj malsupra), la mekanika energio de akva torento estas transprenata de unu komplekso al la alia, do multsistema modelo aspektas kiel 3 rektanguloj, kunligitaj sinsekve per montriloj (Fig. 4.3).

Modelo de interkompleksaj ligoj, en kiu ĉiuj kompleksoj apartenas al la sama nivelo, ekz., grupo da lokejoj, estas ununivela modelo. Se iuj el kompleksoj aŭ ĉiuj kompleksoj konsistas el subkompleksoj de kelkaj niveloj, ekz., kontaktantaj objektoj konsistas el grupoj kaj specoj, do la modelo estas multnivela.

Analizante komponantajn kaj morfologiajn trajtojn de kompleksoj, ni povas rimarki iliajn diversdirektitajn aŭ samdirektitajn ŝanĝojn. Ekz., dum 50 jaroj okazis morfologiaj ŝanĝoj de lago Blanka, situata en Dnestra delto: ĝia surfaco malpliigis duoble. Tio okazas dank' al interŝanĝo de masoj inter apartaj komponantoj; ĉi-kaze, dank' al interŝanĝo de masoj de akvo kaj solidaj aluviaĵoj inter la lago kaj apuda rivero Turunĉuk.

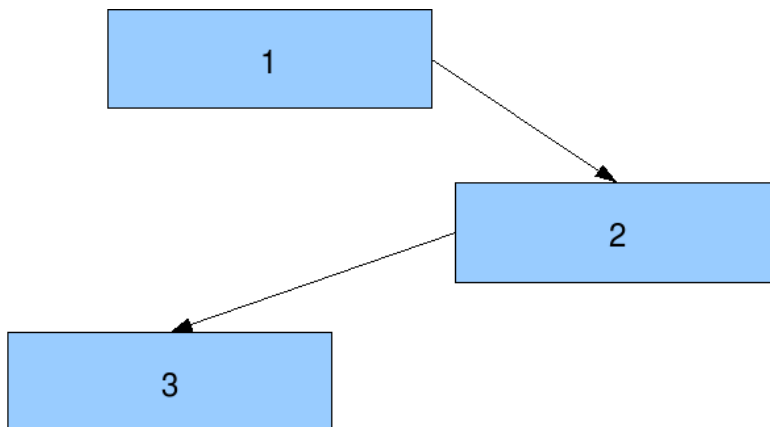


Fig. 4.3. Modelo de interkompleksaj ligoj

Kiel ekzemplo rolas ravina landŝafto (vidu Fig. 1.1b)

## 5. PROCEZOJ

### 5.1. ŜANĜOJ EN STRUKTURO DE EKOSISTEMO, KUNLIGITAJ KUN LA TEMPO

Se oni rigardas el vidpunkto de unuopa homa vivo, la ŝanĝoj ne estas rimarkeblaj; kaj se jes, do nur ciklaj. La montoj ĉiam staras sur la sama loko; tiaj ilin vidis mia avo, kaj tiaj ilin vidis ankaŭ miaj nepoj. Kvankam la akvo en rivero fluas, sed la riverlito, kiel videble, ne ŝanĝas sian pozicion. Homoj naskiĝadas, kreskadas kaj mortadas, sed socia sistemo ŝajne restas senŝanĝa. Tiel pensis laikoj, pensuloj kaj regantoj en ĉiuj tempoj. Kaj tiu oportuna mito pri la konstanta mondo kaj senŝanĝa kaj senmova ĝia centro - la Tero - estis subfosita fare de N. Kopernik nur en 1543 j. p.K.

Alia "subfosanto de mitoj" estis diplomito de teologia fakultato de Kembriĝa Universitato, Charles Darwin [Ĉarls Darvin]. (*Kom. T.A: La navigado mem de la "Beagle" [Bigl] okazis por subteni per novaj sciencaj pruvoj biblian rakonton pri kreado de la mondo kaj posta diluvo.*) Sed propraj esploroj konvinkis Darwin'on, ke en naturo okazas ŝanĝoj, kaj ĝuste neciklaj ŝanĝoj. En 1859 j. dum unu tago estis venditaj 1250 ekzempleroj de libro "Genezo de specioj dank' al natura selekto". Okazis eksplodo en socia opinio. Ĝi kaŭzis multajn maloportunaĵojn por la kutima pensmaniero, ĉar sekvi la ŝanĝojn ĉiam estas pli pene, ol resti surloke, en dolĉa nenifrado.

Sufiĉe proksima laŭ la senco al la nocio "ŝanĝo" estas nocio "moviĝo"; kompreneble, en la vasta senco de la vorto, ne nur mekanika. La landŝafton karakterizas ĝiaj aspekto kaj ligoj (ili estas ĝia konstruo), kaj ĝiaj laŭtempaj ŝanĝoj (ĝia strukturo) (Fig. 1.4 kaj 1.5). Ĝis nun ni pritraktis certan staton de landŝafto ( $K_1$ ), t.e. ĝiajn komponantojn, kompleksojn kaj ligojn en iu certa momento de la tempo. Tamen ofte nin interesas ne unusola stato, sed stataro en diversaj momentoj  $K_1, K_2, K_3 \dots K_n$ . Tiam oni pritraktas iun trajektorion de ŝanĝoj en konstruo de landŝafto  $K_1 \rightarrow K_2 \rightarrow K_3 \rightarrow \dots \rightarrow K_n$ . La stataro tiam estos esprimita kiel  $K_t$ , kie  $t = 1, n$ . Ekz., ni povas esplori kiel trajektorion de la stato de arbara ekosistemo la gradon de foliabundo sur arboj dum 1 jaro, kun la tempa paŝo je 1 monato, aŭ la ŝanĝojn en aĝa konsisto de arbaro dum 60 jaroj, kun la tempa paŝo je 5 jaroj. Tiu laŭsekva ŝanĝo de statoj de komponantoj, kompleksoj, ligoj en iu ekosistemo aŭ de la ekosistemo mem, nomiĝas "procezo". La vorto "procezo" devenas de latina "procesus", kiu signifas "moviĝo, iro antaŭen". Do, la procezo estas moviĝo, iro, fluo, ŝanĝo de stadioj, statoj, aŭ stataro. Depende de partopreno de homo, ĉiuj procezoj povas esti dividitaj je:

- a) naturaj;
- b) artefaritaj;
- c) nature-artefaritaj.

Do, stadioj de ŝanĝo de arbaro kiel de natura objekto estas natura procezo. Se la arbaro estas plantita de homo, kaj tie oni regule organizas forstumajn dehakadojn, sed la grundaj kaj klimataj kondiĉoj restas senŝanĝaj, do la procezo estas nature-artefarita. Se en la homfarita parko okazas dehakadoj, akvumado, tondado de kronoj, sterkado, plantado de novaj plantoj, troviĝas specialaj asfaltitaj vojetoj kaj placetoj, do en ĝi okazas artefarita procezo. Certe, la limoj inter la menciitaj procezoj ne estas striktaj.

Entute, sistemoj povas partopreni en du tipoj de procezoj. Unue, tio estas transformiĝoj en la sistemo mem, aŭ transformiĝoj de ĝia interna stato. Due, eblas mekanika translokiĝo, rilate al aliaj sistemoj, de la tuta sistemo kiel de makroskopio korpo en la spaco. Ajna landŝafto estas senmova rilate al apudaj teritorioj, sed ĝi partoprenas moviĝon en la Kosmo kune kun la planedo Tero. Do, fakte interesas nin nur la internaj transformiĝoj en landŝaftoj. Tiuj ŝanĝoj okazas sub la influo de diversaj kondiĉoj, kiam energio agas aŭ deekstere, aŭ ene de la sistemo mem.

Povas okazi temperaturaj, elektromagnetaj, biologiaj, sociaj, mekanikaj ŝanĝoj. En mekaniko oni distingas statikan (senmovan) kaj dinamikan (movantan) statojn. En aliaj ŝanĝoj ni povas vidi ankaŭ du statojn: ekvilibrigitan, do senŝanĝan, kio en biologio estas morto, kaj neekvilibrigitan. La lasta povas enteni diversdirektitajn (funkcionado) kaj samdirektitajn ŝanĝojn.

Dum funkcionado, la ŝanĝoj de komponantoj, kompleksoj, iliaj ecoj kaj ligoj, kaj eble la ŝanĝoj de la tuta ekosistemo oscilas ĉirkaŭ la ĉefa akso de la tendenco, jen tien, jen alidirekten. La diversdirektitaj ŝanĝoj kutime ne elvokas radikalajn ŝanĝojn de strukturo de landŝafto (Fig.5.1). La samdirektitaj (adaptaj) procezoj estas laŭgradaj, poiometaj, ofte malrapidaj procezoj, kiuj kondukas al plikomplikiĝo de la strukturo de ekosistemo. Ili kongruas kun la "celoj" de la Naturo aŭ de la Homo.

## 5.2. DIVERSDIREKTAJ ŜANĜOJ EN EKOSISTEMOJ

La ŝanĝoj, kiuj havas nedifinitivan karakteron kaj ne kondukas al radikala ŝanĝo de la strukturo de landŝafto, nomiĝas diversdirektitaj, aŭ diversdirektaj, ŝanĝoj, aŭ funkcionado (Fig.5.1). Tiuj ŝanĝoj estas variantoj enkadre de invarianto. Ekz., evolua procezo de malprofunda laga landŝafto, poiomete transformanta ĝin en la marĉan landŝafton, tute ne interrompiĝas pro la tagnoktaj ŝanĝoj de temperaturo, sezonaj ŝanĝoj en vegetado de laga flaŭro kaj pro ekzisto de glacia tavolo sur la surfaco de la lago. Se konsideri evoluajn procezojn kiel ĉefan tendencon de disvolviĝo, do diversdirektaj ŝanĝoj aspektas kiel hazardaj dekliniĝoj de la komuna tendenco. Diversdirektaj ŝanĝoj ne koincidas kun la fluo de adapta procezo laŭ sia rapideco, kaj iam ankaŭ laŭ sia direkto. La fazoj de funkciado, kiuj estas direktitaj for de la linio de evolua ŝanĝo, nomiĝas ascendaj, kaj tiuj direktitaj al ĝi - descendaj. Laŭ la rilato de diversdirektitaj procezoj al la evoluaj, oni distingas transformigajn kaj stabiligajn ŝanĝojn. Transformigaj ŝanĝoj ĉiam estas direktitaj al la mala direkto (ĉu pluse ĉu minuse) de la ĉefa evolua tendenco. Tiuj ŝanĝoj okazas pro la eksteraj al la landŝafto kondiĉoj: pro energio (v. 6.1), liverata de la Suno aŭ de iu apuda landŝafto. La kialoj de la stabiligaj ŝanĝoj fontas de la landŝafto mem. Ekz., ondoj sur la surfaco de lago (transformiga ŝanĝo) aperas sub influo de energio de vento, kiu iras de apuda landŝafto; sed la glatigo de la akva surfaco (stabiliga ŝanĝo) post ĉeso de ventaj influoj okazas pro la fortoj de surfaca surtirado kaj pro elasteco de akvo sub gravitaj kondiĉoj. Depende de interrilato de ŝanĝaj periodoj ( $\tau$ ), la funkciado de landŝafto povas esti ritma aŭ senritma. Se periodoj de diversdirektitaj ŝanĝoj estas egalaj ( $\tau_1 = \tau_2$ ), do la funkciado nomiĝas ritma; se ne ( $\tau_1 \neq \tau_2$ ), do, senritma.

## 5.3. KIALOJ DE RITMECO KAJ SENRITMECO

La kialoj de ritmececo de diversdirektaj ŝanĝoj en landŝafto estas kutime ne nur eksteraj, sed vere eksteraj, aŭ Kosmaj (Tab. 5.1).

Ekzistas la t.n. diurnaj ritmoj, kun periodo 24 horoj, kiuj aperas pro turniĝo de nia Tero ĉirkaŭ ĝia propra akso. La diurnaj ritmoj kaŭzas alternon de tago kaj nokto, ritmojn de lumo kaj temperaturo, dormon kaj viglon ĉe bestoj, migrojn de urba loĝantaro. Ekzistas ankaŭ lunaj tajdaj ritmoj, kun periodo 24.8 horoj, kiujn kaŭzas turniĝo de Luno ĉirkaŭ la Tero. Alteco de tajdoj en diversaj lokoj varias de kelkaj cm en Mediteraneo ĝis pli ol 10 m en Nordo.

Pli gravaj por la funkciado de landŝaftoj estas jaraj aŭ sezonaj ritmoj, kun periodo 1 jaro, kiujn kaŭzas turniĝo de Tero ĉirkaŭ la Suno. Kun tiuj ritmoj estas kunligitaj tempodaŭro de tago kaj nokto, sezonaj osciloj de meteorologiaj kondiĉoj kaj adaptigaj strategioj de biologiaj estaĵoj: perdo aŭ apero de foliaro, aktiveco aŭ vintra dormo, ŝanĝoj de feloj, de plumoj, de koloroj, kaj ankaŭ funkciado de entreprenoj (feria tempo).

**Tab. 5.1. Karakterizoj de ritmaj procezoj**

Tipo de ritmeco	Periodo	Ekzemploj
Diurna	24 horoj	Lumo, - termo-, bioperiodeco
Sezona	1 jaro	Daŭro de tago kaj nokto; adaptigaj strategioj (stato de foliaro, bioaktivecoj)
Luno-diurna	24,8 horoj	Periodeco de tajdoj kaj lumperiodeco; heleco
Luno-monata	29,5 tagoj	(same)
Multjara	11 jaroj	Klimata periodeco (precipitado, temperaturo), El Niño (3 - 7 jaroj)
Kosma	76 jaroj 1 jaro	Hallej'-Kometo Meteoraj fluoj
Geologia	230 mln. jaroj	Delokiĝo de la gravita kampo de la Tero Delokiĝo de la polusoj de la Tero

La 11-jaraj ritmoj de la Suna aktiveco kaŭzas periodojn de dezertiĝo, inundojn ktp. Indas atenton la hipotezo pri regula pliintensiĝo de meteorita falado sur la Teron post ĉiuj 76 jaroj, kion kaŭzas la kometo de Halley. La falo de Tungusa meteorito en Orienta Siberio en 1908 ankaŭ koincidis kun la 76-jara ciklo. Sed same kiel la kosmo, la periodecon povas krei ankaŭ surteraj, biologiaj kialoj; ekz., regule alternas naturaj ekosistemoj de arbaro kaj herbejo. Ekzistas ankaŭ kosma hipotezo, kiu kunligas evoluon de specioj kun la kosma influo. Laŭ ĝi, sur la Tero regule ŝanĝadis la kondiĉoj por la Vivo. Tio okazis pro la influo de fona radiado dank' al traigo de la Suno trans certaj zonoj en Lakta Vojo aŭ pro eksplodoj de supernovaoj. Pro tiuj ŝanĝoj okazis ofte mutagenezo, kaj do, ŝanĝo de regantaj specioj sur la Tero (v. Tab.5.2).

Dum periodeco, aŭ ritmeco, estas kaŭzita de kosmaj kialoj, senritmeco de landŝafto dependas de eksteraj, internaj kaj miksitaj kialoj. Eksteraj, nelandŝaftaj kialoj de senritmeco estas ankaŭ kosmaj, aŭ pli precize, sunaj: ekflamoj, kirliĝoj kun temperaturo 20.000 °C kaj sunaj makuloj kun temperaturo ĉ. 6.000 °C efikas tiel, ke ne ĉiuj elĵetoj de energio okazadas laŭ 11-jara ciklo. Irante de Suno al Tero, la energio trairas magnetajn kampojn en interastra kaj ĉirkaŭtera spaco, kaj ankaŭ interaktivajn gravitajn kampojn de la Suno, la Tero kaj la Luno. Tiu suna energio determinas komplikajn cirkuladon de atmosfero kaj oceano en formo de neperiodaj procezoj.

Ne pli malgrandan signifon havas internaj landŝaftaj kialoj, kiuj aperas pro interrilatoj de liverata energio kaj la strukturo de landŝafto mem. Kaj miksitaj kialoj aperas pro kunmetiĝo de ritmaj osciloj. Ekz., post interfero de 11-jara, sezona kaj diurna sinusoidaj ritmoj, oni ricevas tre komplikajn kaj jam ne plene ritman dinamikan bildon. Hazardaj dinamikaj eventoj, ekz., arbaraj aŭ stepaj incendioj, kondukas al senritmeco. Plimulto de eksteraj ŝanĝoj en landŝafta dinamiko, ekz., precipitado, vento, ondoj estas tiel neantaŭvideblaj, ke oni povas konsideri ilin hazardaj.

**Tab. 5.2. Kosma hipotezo pri la periodeco de la formorto de specioj sur la Tero**

Milionoj jaroj	Malapero de specioj pro la pligrandiĝo de fona radiado sur la Tero
650	Malapero de multaj formoj de unu-ĉelaj algoj
450	Malapero de plimulto de oceanaj kirasuloj
230	Abrupta elimino de gigantaj reptilioj (saŭroj)
65	Formorto de granda nombro da specioj kaj "eksplodo" de nova specia genezo
Nuntempo	Novaj formoj de malsanoj de homo kaj de bestoj rezulte de antropogena influo al la biosfero

## 5.4. UNUDIREKTAJ ŜANĜOJ EN EKOSISTEMOJ

Unudirektaj, aŭ samdirektaj procezoj (Fig.5.1a) estas laŭgradaj, malrapidaj, konstante plikomplikiĝantaj, neinverseblaj ŝanĝoj en la strukturo de antropogena landŝafto, kiuj kaŭzas ĝisfundan rekonstruon de tiu landŝafto. Influo de diversdirektaj hazardaj osciloj al tiuj procezoj estas tute nerimarkinda. Aliel ni povas nomi tiujn procezojn adaptigaj.

Ju pli simpla estas ekosistemo, des pli facile okazas unudirektaj procezoj. Lago poiomete transformiĝas en marĉon, dum okazas abunda kreskado de vegetaĵo kaj sedimentado de ŝlimo. Deklivo transformiĝas en ravinon pro erozia procezo. Vilaĝo, dank' al disvolviĝo de industrio, iĝas dekomence urbeto, kaj poste, kiam sufiĉe pligrandiĝos kvanto de loĝantaro, el urbeto rezultiĝas urbo.

Unudirektaj ŝanĝoj en antropogena landŝafto konsistas el kunligitaj, sed diversdaŭraj ŝanĝoj de komponantoj, kompleksoj kaj ligoj inter ili. Unudirektaj procezoj konstante interplektiĝas kun diversdirektaj, sed ĉiam restas konstanta certa aro de ecoj de ekosistemo. Ekz., urbo, malgraŭ homaj migradoj, veno de printempo, ekonomiaj krizoj, ne perdas sian individuecon kiel urbanizita landŝafto. Tiu konstanteco de ecaro sur la fono de senĉesaj ŝanĝoj de apartaj ecoj nomiĝas invarianta stato.

Enkadre de invarianta stato, unudirekta procezo havas 3 stadiojn: komenco, stabiliĝo (maturado) kaj renoviĝo. En komenca stadio, ekz., sur la novaperinta insulo, okazas unue ekloĝiĝo de novaj plantoj kaj bestoj, poste ilia disvolviĝo, pligrandigo de biodiverseco, formiĝo de grundo. Dum matura stadio okazas komplikiĝo de la jam establita ekosistemo ĝis la plena stabiliĝo.

Kaj dum renoviga stadio, sub influo de ŝanĝoj en ĉirkaŭa medio (klimato, tektoniko, inundoj ktp) povas okazi disstabiligo de establitaj interrilatoj. Kutime okazas funkciaj dekliniĝoj de unudirektaj ŝanĝoj enkadre de invarianto. Sed eblas ankaŭ transiro al nova tipo de landŝafto, post kio ĉiuj stadioj ripetiĝas en sia nova kvalito. La mezuroj por rapideco de ŝanĝoj enkadre de ajna stadio estas aktiveco kaj aktivigo. Aktiveco estas pligrandigo de ŝanĝo de maso aŭ de energio dum certa tempounuo. Aktiveco ĉe ŝanĝo de energio nomiĝas kapacito kaj estas esprimata en W (Vatto, Ŭato) aŭ ĉevalopovoj. Aktivigo estas pligrandigo de aktiveco dum certa tempounuo; do, se aktivecon ni povas analogi al rapideco, do aktivigon - al akcelo. Ekz., kiel aktiveco de ŝanĝoj de vegetaĵo en herbeja landŝafto ni konsideras pligrandigon de biomaso de la vegetaĵo dum monato aŭ dum jaro, kaj kiel aktivigo - pligrandigon de aktiveco de tiu procezo dum la samaj tempoperiodoj. Aŭ alia ekzemplo: esplorante la bazajn tertavolojn apud antikva urbo 'Ĥersones', en Krimeo, oni rimarkis, ke enmerĝo de la bordo, aŭ malaltiĝo de bazaj teritorioj, okazis ekde IXa jc a.K. ĝis XIa jc p.K. kun rapideco 50 cm dum 100 jaroj <30>. Sed post la XIa jc malaltiĝo ĉesis, kaj komenciĝis altiĝo de tiuj tavoloj, t.e. okazis aktivigo de la procezo, kaj do ŝanĝiĝis ne nur la ritmo, sed ankaŭ la signo de aktiveco (de - al +).

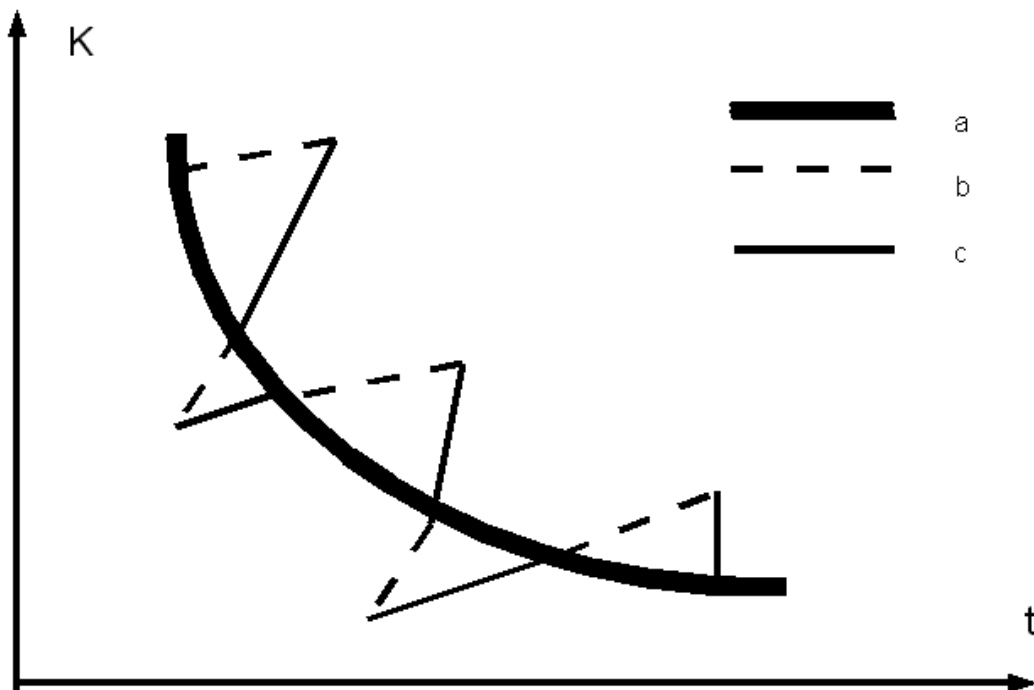


Fig. 5.1. Samdirektaj (a), kaj diversdirektaj (b, c) evolujaj ŝanĝoj:  
 b - ascendoj de la kurbo, c - descendaj al la kurbo. Fazoj de funkcionado.  
 Ŝanĝoj en la tempo (t) de iu integra mezurindiko (k).

## 5.5. MEKANISMO DE EVOLUO KAJ DISVOLVIĜO DE LANDŜAFTO

N. N. Moiseev <16> formulis koncepton de evoluo kaj disvolviĝo de landŝafto surbaze de fama triado de Ch. Darwin: variado, heredeco, selekto. Variado kaj selekto estas adaptigaj reagoj de landŝafto al influo de ĉirkaŭa medio. Post eventualaj ŝanĝoj de medio landŝafto ricevas elastecon, aŭ adaptiĝemon. Ju pli grandaj estas la ŝanĝoj, des pli multe devas adaptiĝi landŝafto.

Variado estas premiso por selekto kaj heredeco; se ĝi ne ekzistus, eblus nek evoluo, nek disvolviĝo.

Hazardeco (hazarda komponanto  $F(t)$  en ekvacio (6.7) (v. 6.5.2 kaj 5.2) povas esti de du tipoj. Unue, ĝi povas esprimi necertecon, ĥaoson, neordigitecon, kiu estas kunligita kun kresko de entropio kaj montras proksimiĝon de izolita sistemo al ekvilibrigita stato. Tiukaze la sistemo estas interne hazarda, probableco estas kontinua, t.e. de 0 ĝis 1. Ĉi tie probableco estas objektiva trajto de la realo, interna eco de la sistemo, sed ne simpla respiegulo de nia nescio. Ekzemploj de tia probableco estas hazardaj kunpuŝiĝoj de Brown'a moviĝo aŭ neadekvata konduto de frenezulo.

Kaj due, probableco en neizolita sistemo povas esti kunligita kun nestabileco de eksteraj influoj. Tiuj influoj ŝanĝas sian grandecon kaj direkton en la tempo kaj en la spaco. Se ĉirkaŭanta medio estas stabila, do evoluo malrapidiĝas aŭ eĉ ĉesas. En la kazo de eksteraj influoj, probableco estas sufiĉe ofte subjektiva, ne kaŭzita de objektivaj kialoj. Ĝi povas aperi ankaŭ, ĉar apartaj trajektorioj ne estas konataj, ekz., ĉe hidrologiaj, meteorologiaj serioj de observoj, en sociologiaj esploroj. Probableco tie ne estas esenca trajto de la sistemo, sed rezulto de multaj eksteraj influoj, de nescio kaj nekompreneo de realaj procezoj kaj ŝanĝoj.

Probableco de abiotikaj komponantoj ĉiam estas nehereda. Vivantaj multĉelaj organismoj havas probablecon kaj heredan kaj neheredan; la hereda povas esti mutacia kaj rekombina. Mutacian heredecan kreas ŝanĝoj en genotipo (genaj, ĥromosomaj), rekombinan heredecan - interŝanĝo de aleloj. Nehereda variado (probableco) ĉe vivantaj estaĵoj povas aperi dank' al migrado de genoj, t.e. ilia intermiksiĝo; dank' al geomorfologiaj aŭ klimataj ŝanĝoj en loĝlokoj de vivantuloj; dank' al kvanta dinamiko de iliaj populacioj. Krom tiuj, en populacioj de bestoj ekzistas multaj hazardaj aferoj, kiuj aperas pro grupa aŭ grega (socia) konduto.

Eĉ pli varias aro de hazardaj aferoj ĉe homo kaj homa socio. Probablecojn heredajn, neheredajn kaj

sociajn kreas multegaj eventoj: interhomaj rilatoj, sciencaj malkovroj, artaj eventoj, revolucioj, militoj, kaj tre variaj homaj ecoj. Hazardecoj, kiuj aperas pro specifaj kaj bezonoj, povas esti kaj heredaj, kaj akiritaj dum edukado.

Se varieco estas nepra kondiĉo de ajna evoluo kaj disvolviĝo, do selekto estas ĝia sufiĉa kondiĉo. Selektado estas regularo, movantaj fortoj, principoj, filtriloj, kialoj, kiuj kreas stabilajn aferojn. Nepreco, determineco ankaŭ signifas selekton. Selektado sekvas variecon, ajna formo de selekto estas limigo de varieco el vidpunkto de celkongruo, kiam la celo estas stabileco de komponanto, komplekso, ligo aŭ de la tuta landŝafto.

Kiel ekzemplo de abiotika selekto en rivera landŝafto ni esploru transiron de rekta riverlito al la kurba. En rekta rivera fluejo (riverlito) la probableco de apero de kurbiĝo en la certa loko kaj je la certa tempo estas senlime malgranda kaj egale ebla por ajna loko kaj tempo. Sed, se la procezo de kurbiĝo jam komenciĝis sur iu certa loko, do ĝia daŭrigo praktike plene dependas de centrifugaj fortoj. Ju pli kreskas meandro, des pli la probableco de ĝia evoluo en tiu ĉi loko altiĝas kaj proksimiĝas al 1.

La selekto, de kiu dependas stabileco de abiotikaj komponantoj de landŝafto, okazas konforme al fizikaj leĝoj (v. ĉ. 6). Post apero de biotika komponanto, la formoj de selekto plikomplikiĝas: estas konsiderataj ne nur fizikaj kaj kemiaj, sed ankaŭ biologiaj leĝoj, ekz., la leĝo de konservo de homeostazo. Apud la adaptiga principo de landŝafta evoluo ekzistas ankaŭ la "disforkiga" principo, t.e. selekto permesas diversajn vojojn de disvolviĝo.

Multĉelaj organismoj estas karakterizataj de la "batalo pro ekzisto" en formoj "parazito - mastro", "rabobesto - predo", fekundeckonkuro, konkuro pro manĝado, pro loĝloko; kaj ankaŭ ekzistas ĉe ili natura selekto: adaptiga, integriga, probableca.

Interna reguliteco de selekto ĉe populacio estas malpli severa, ol ĉe aparta organismo. Ĝi okazas enkadre de "grega instinkto" en formoj de sistemo de pariĝoj (intersekse selekto), interpopulacia kaj enpopulacia izolado, speciala elekto de nutraĵoj, konservativa konduto de apartaj individuoj.

La Homo, kiel biologia estaĵo, submetiĝas al biologia selekto sur terenoj de dupieda starado, disvolviĝo de mano, de cerbo, de receptoroj kaj efektoroj. Selektado ĉe homo kiel socia estaĵo (animhava individuo) okazas en formoj de disvolviĝo de homaj interrilatoj kaj ideoj pri naturo, socio kaj la homo mem. Tiu socia selekto okazas sur la bazo de konsidero de homa kapablo formigi kaj kontentigi siajn bezonojn. Sur ĉiuj etapoj de homa civilizacio, la selekton gvidis nemateria (mondpercepto, etiko, estetiko, scienco) kaj materia (posedo de energio kaj tekniko, rilatoj kun naturo) kulturo. Tiuj "atingoj" de civilizacio, kiuj strebas nur al kontentigo de materiaj bezonoj, gvidas al senspirita vivo, al antagonismaj rilatoj kun la naturo. Kaj pro tio iĝas pli kompreneble, ke civilizacioj kun dominado de spirita kulturo fin-fine estas pli stabilaj kaj vivopovaj.

Sur ĉiuj etapoj de evoluo kaj disvolviĝo de landŝafto, la rimedo por selekti estis eliminado, aŭ eligo, neniigo de malutila informo en formo de forigo, mortigo de neadaptita individuo, grupo, specio. La sama principo devas funkcii kaj nun, kaj ankaŭ en estonto, dum plirapidiĝanta evoluo. En la nuna periodo de kunevoluo, la Homo mem respondecas pri disvolviĝo. Do, se li ne volas antaŭvidi la morton de la homaro, li devas elimini multajn aferojn per siaj direktaj kaj gvidantaj influoj. Jen ekzemploj de tiuj influoj: plidensigeco de informo, modelado de estontaj situacioj, perfektigo de konduto, de adaptiĝemo, inkluzive de spirita adaptiĝemo. Ekzemploj de nunaj direktaj influoj estas ideoj pri ŝtataj limoj (pri ilia postulata stabileco, eventuala trairebleco), pri "nova pensmaniero" - solvo de internaciaj problemoj sen militoj, rilato al naturo kiel al si mem ktp.

Ni jam diris ion pri varieco kaj selekto; jen venis tempo paroli pri heredeco. Evolua sukceso, kiu pligrandigas ŝancojn por vivo kaj konservo de propraj strukturaj specifaj kaj funkcioj de landŝafto aŭ organismo - jen kio estas heredeco. Ju pli distanciĝas ni de diverĝa punkto, des pli granda estas probableco kaj absoluteco de heredeco. Ekz., se jam komenciĝis formiĝo de ravino, do estas predestinita ĝia disvolviĝo en estonto. Jen estas heredeco, la dua elemento de la Darwin'a triado, rilate al geosistemo: estonta ĝia stato dependas de ĝia pasinta evoluo. Jen ankoraŭ ekzemploj: en rivera fluejo hazardeco estas turbulenta deflankiĝo de rivera fluo, selekto - centrifuga forto, heredeco - jam formiĝinta meandro. En amo: hazardeco - "unua rigardo", hazarda renkontiĝo; selekto - allogeco, kapablo ami, intelekto aŭ, por iuj, kapablo bonguste baki aŭ bonhavaĵo sur banka konto; heredeco - familio, infanoj, kutimoj, genepoj, loĝejo.

## 5.6. DIVERĜAJ ŜANĜOJ

Diference de malrapidaj, fluaj, unudirektaj ŝanĝoj, la ŝanĝoj diverĝaj, aŭ ĉesojlaj, estas tiaj, kiuj gvidas al abruptaj, diversdirektaj, kaj sur unuaj etapoj eĉ neantaŭvideblaj ŝanĝoj de strukturo. Oni povas nomi ilin ankaŭ "forkaj" ŝanĝoj. Sufice proksimaj al ili estas "katastrofaj" ŝanĝoj, kies malkovranto estas franca paleontologo G. Cuvier [Kuvje]. Dum longa tempo lian teorion oni pritraktis sendepende kaj eĉ kontraŭe al evolua teorio. Sed en vero, flua evoluo, proksimiĝante al la diverĝa punkto, lasas lokon al forkaj ŝanĝoj (Fig.5.2). Post la "sojlo" okazas akra kvalita transformiĝo de aktualaj procezoj, kaj la vojelekto post tiu punkto estas hazarda, neantaŭvidebla. Ne ekzistas jam la vojo malantaŭen, ĉar sistemo "ne memoras" sian estinton. Sed laŭvoje de la diverĝa punkto, ju pli poste, des pli stabila iĝas la elektita trajektorio, kaj en certa distanco de la "sojla punkto" ĝi povas esti konsiderata kiel stabila unudirekta ŝanĝo en nova invarianta stato. La sojlaj ŝanĝoj sin dividas je:

- 1) duvojaj;
- 2) multvojaj.

Se post la sojla punkto eblas nur unu el du statoj, do la transformiĝo estas duvoja. Se post la sojla punkto eblas kelkaj trajektorioj, do la transformiĝo estas multvoja. Ekzemplo de duvojaj transformiĝoj: ĉe akvo post la sojla punkto povas okazi fazaj transiroj, depende de la tempo, temperaturo kaj premo: de likva akvo al gasa aŭ solida stato; de glacio al akvo aŭ al akvovaporo; de akvovaporo al likva aŭ solida stato. Aŭ alia ekzemplo: sur natura, ne kovrita per herbotavolo deklivo, malgranda fendo post pluvego transformiĝas al erozia sulko. Post ĉiu pluvo ĝi pliprofondiĝas, ĝis kiam ĝi, jam granda sulko, proksimiĝas al diverĝa punkto, kie estas du eblecoj:

- 1) evolui laŭ reguloj de sulka evoluo;
- 2) transformiĝi en ravinon.

Kiam la procezo transiras la sojlon, komenciĝas jam unudirektaj ŝanĝoj enkadre de evoluo de ravinoj. Dum la sekvaj 20-50 jaroj la ravino pliprofondiĝas kaj plivastiĝas, ĝis kiam aperos survoje nova diverĝa punkto, post kiu jam okazas procezo de platiĝo de ravino. Do, proksimiĝo al sojla punkto kondukas al kriza situacio, post kiu okazas transiro al renovigita, aŭ, eble, tute nova strukturo de landŝafto. El vidpunkto de homaj celoj, tiu renovigo de landŝafto plej ofte kondukas al negativaj aŭ eĉ katastrofaj rezultoj. En kondiĉoj de nuntempa civilizo, eĉ se elementoj de teknogena komponanto estas adaptitaj al naturaj landŝaftoj, tio estas adaptiĝo al evoluaj, sed ne al postsojlaj ŝanĝoj. Tiel okazas, ĉar postsojlaj ŝanĝoj kutime ne havas retrospektivajn vicajn de observoj kaj do estas malfacile antaŭvideblaj.

En antropogenaj landŝaftoj proksimiĝo al "forka punkto" okazas sub influo de naturaj aŭ antropogenaj komponantoj, kaj povas havi tre negativajn teknikajn aŭ sociajn rezultojn. Tiam forka punkto ofte koincidas kun la katastrofa. Laŭ la difino <27>

katastrofo estas subita malfeliĉo, kiu gvidas al malfacilaj teknikaj kaj sociaj postsekvoj. Postsekvoj de naturaj aŭ antropogenaj katastrofoj minacas per teknogenaj kaj ekologiaj plagoj. Ekz., "nuklea vintro" estas ekologia katastrofo, kiu gvidus al memekstermo de homaro.

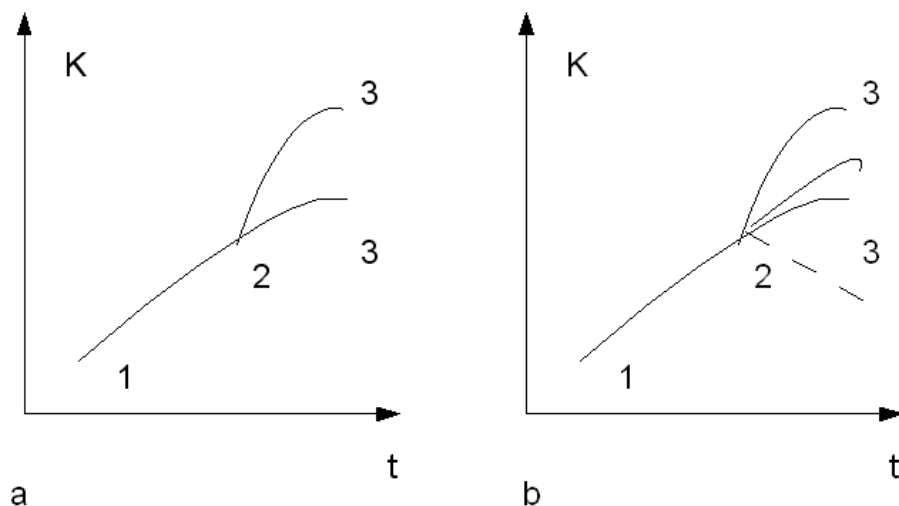


Fig. 5.2. Sojlaj ŝanĝoj en landŝafto:

a) unuforkaj, b) multforkaj.

1 - Samdirektaj ŝanĝoj, 2 - Sojla punkto, 3 - Forkaj ŝanĝoj.

K - certa integra trajto de landŝafto, t - tempo.



Kialoj de naturaj katastrofoj povas esti dividitaj je kosmaj kaj planedskalaj. La kosmaj katastrofoj estas: pligrandigo de radioaktiva fono de la Tero rezulte de eksplodo de supernovaj steloj; ŝanĝoj en magneta kampo de la Tero; faloj de grandaj aerolitoj; abruptaj ŝanĝoj de klimato. Planedskalaj naturaj katastrofoj estas erupcioj de vulkanoj, tertremoj, uraganoj, inundoj, sekecoj, amasaj ondoj de nocaj insektoj, amasaj pereoj de poleno-kolektaj insektoj kaj epidemioj. Laŭ informo de UNO, la plej danĝera natura plago estas tropikaj ciklonoj. De 1947 ĝis 1970 j j ili iĝis kialo de pereoj de 754 mil homoj, dum inundoj kaŭzis pereojn de 173 mil homoj, tertremoj - de 151 mil, vulkanaj erupcioj - de 72 mil homoj. En la jaroj 1972-75 pro grandega sekeco en zono de Sahel (sude de Saharo) pereis preskaŭ ĉiuj infanoj en aĝo ĝis 2 jaroj. Sed apud naturaj plagoj, ekzistas ankaŭ katastrofoj, kies kialoj estas antropogenaj, do teknikaj kaj sociaj. Ne nur katastrofaj akcidentoj (de atomaj elektrocentraloj, de naftoŝipoj ktp), sed ankaŭ troa forprenado de resursoj (de nafto, de balenoj) kondukas al akre malbonaj ŝanĝoj en medio. Eĉ pli danĝeraj estas sociaj katastrofoj. Militoj, sendepende de iliaj celoj (akiri teritorion, solvi internacian, aŭ interreligian, aŭ interetnan konflikton), portas en si danĝeron ne nur de amasa homekstermo, de ekonomiaj kaj kulturaj ruinigoj. En la lasta tempo pli kaj pli teruraj iĝas iliaj ekologiaj postsekvoj (milito en Persa golfo, bombardado de Jugoslavio). Ankaŭ revolucioj kaj puĉoj havas katastrofajn postsekvojn.

## 5.7. DIVERĜO KAJ KONVERĜO

Ni jam diris, ke post unudirektaj ŝanĝoj povas okazi ilia diverĝo. Tiun econ  $a(x)$ , kiu ŝanĝiĝas en 3-dimensia spaco, eblas karakterizi per operatoro de Hamilton:  $\nabla = (\partial/\partial x; \partial/\partial y; \partial/\partial z)$ . Se diverĝo de ecoj okazas en vektora kampo, ĝi nomiĝas diverĝo

$$\operatorname{div} a = \nabla a = \sum_{i=1}^n (\partial a_i / \partial x_i) \quad (5.1)$$

Por 3-dimensia kampo  $n = 3$ .

La diverĝo de ecoj de biotikaj kaj abiotikaj komponantoj gvidas landŝaftojn de monotoneco al diverseco; kaj ju pli divers-eca la landŝafto, des pli facile ĝi akceptas energiojn. Se diverĝo okazas enkadre de natura selekto, ĝi kondukas al bunta biodiverseco en biogeosistemo. Se diverĝo estas artefarita, ĝi kondukas al multnombro de kulturaj specioj kaj rasoj de plantoj kaj dombestoj. Ĉe diverĝo, la simileco inter specioj aperas pro ilia deveno de samaj prauloj, kaj la malsameco pro ilia adaptiĝo al diversaj ĉirkaŭaj kondiĉoj. Ekz., leporo, sciuro kaj dipodo ĉiuj apartenas al ronĝuloj, do havas homogenajn organojn; sed, sub influo de eksteraj kondiĉoj, tiuj organoj plenumas tute diversajn funkciojn. En hidrodinamiko oni difinas diverĝon kiel limon de proporcio inter fluo de vektora kampo tra ĉirkaŭfermita surfaco, kiu ĉirkaŭas certan punkton, kaj volumeno, kiun enhavas tiu surfaco post sia kuntiriĝo al unu punkto. Se  $a(x)$  estas vektora kampo de rapidecoj de stabiliĝinta fluo de nekunpremebla likvaĵo, do, se  $\operatorname{div} a > 0$ , la diverĝo nomiĝas intenseco de fontoj; se  $\operatorname{div} a < 0$ , ĝi nomiĝas intenseco de defluaĵoj.

La lasta varianta enhavas proksimiĝon de diversaj flustrioj inter si, kaj nomiĝas konverĝo.

En evolua teorio de vivuloj, la sama evento nomiĝas sintogenezo, aŭ reta evoluo. Dum evolua procezo, multaj neparencaj, malproksimaj unu de la alia organismoj adaptiĝas al similaj medikondiĉoj kaj do ekposedas konverĝon. Ekz., ŝarkoj (fiŝoj), balenoj (mamuloj) kaj iĥtiosaŭroj (praantikvaj reptilioj) havas samajn adaptiĝojn al vivo en akvo kaj rapida naĝado.

En multaj landoj nun aperas tendenco al konverĝo de diversaj socioj, kiuj havas diversajn ŝtatajn organizojn kaj formojn de posedo. Tio okazas pro la samaj vivaj formoj kaj pro komuna danĝero de ekonomiaj, militaj kaj politikaj krizoj. Oni devas konsideri, ke kulturoj en nuna mondo diverĝas (pro subteno al disvolviĝo de multaj naciaj kulturoj) kaj samtempe konverĝas (*Kom. T.A.: pro potenca influo de usoneca kulturo*).

## 6. ENERGIO - LA KIALO DE ŜANĜOJ EN LANDŜAFTO

### 6.1. SPECOJ DE ENERGIO EN LANDŜAFTO

En antaŭaj ĉapitroj ni esploris strukturon de landŝafto, t.e. ĝiajn komponantojn, kompleksojn, ligojn kaj tempajn ŝanĝojn de strukturo. Tamen ni ne demandis pri kialoj de tiuj ŝanĝoj. Nun ni pritraktu tiun ĉi temon.

Se moviĝo estas formo de ekzisto de ajna speco de materio, do energio estas mezuro de moviĝo kaj ebleco fari laboron. La certa speco de energio ebligas samspecan laboron aŭ moviĝon <13>. Esploru ni kiel ekzemplo pluvon, kiu falas al dekliva surfaco. En unua kazo, ni havas 80 mm da akvo ĉe temperaturo 10 °C; en la dua 40 mm ĉe temperaturo 20 °C. Klare, ke en la unua kazo estos pli granda erozio, kaj en la dua - pli granda kresko de verdaĵo. Do, mekanika energio de falanta pluvo difinas erozion, sed la termika promocias kreskon de verdaĵo.

**Tab. 6.1: Rezulto de influo de certa speco de energio dependas de la ecoj de la influato.**

Speco de energio	Elemento de komponanto	Rezulto de la influo
Meĥanika energio de la vento	Akvo	Ondoj
	Polvo	Polvo-ŝtormo
	Sablo	Sablomontoj
	Verdaĵo	Transporto de semoj, Movigo de branĉoj, k.a., Elradikigo de plantoj
Suna radiado	Akvo	Varmigo, vaporigo
	Plantoj	Kresko de la biomaso

La rezulto de interagado de diversaj energioj dependas de la speco kaj kvalito de aganta energio, kaj ankaŭ de respektivaj ecoj de komponantoj. Influo de certa speco de energio al diversaj komponantoj elvokas en landŝafto diversajn formojn de moviĝo (Tab. 6.1).

Ekz., sur kabo Kazantip, kiu situas sur Krimea bordo de Azova maro, unu apud alia troviĝas du tute diversaj partoj de la bordo (influataj objektoj). Unu el ili konsistas el speciala tipo de firma kalkoŝtono, alia - el la sablo. La subjekto de agado en ambaŭ kazoj estas energio de ventaj ondoj en Kazantipa golfo. La influo do estas absolute la sama, sed la influataj objektoj estas diversaj, kaj rezulte formiĝas absolute diversspecaj landŝaftoj. En unua kazo tio estas malgrandaj ŝtonozaj kaj profundaj golfetoj kun akre deklivaj bordoj super mara surfaco. La alteco de deklivoj atingas 8-10 metrojn. Kaj tuj apude sterniĝas vastega sabla strando kun zono de malprofundaĵoj (profundeco 15-20 cm), kiu daŭras ĝis 1 km de la marborda linio.

Dum evoluo de landŝaftoj povas alterne domini diversaj specoj de energio: elektromagneta, termika, mekanika, kemia aŭ biologia. La unua kialo de ilia apero sur Tera surfaco estas energio de la Suno, kaj ankaŭ interna energio de la Tero, kiu povas eniri en landŝafton kiel fluo de varmo aŭ kiel potenciala mekanika energio dum leviĝo de tera surfaco. Ekz., lithosferaj plataĵoj de Kaŭkazio leviĝas je 13 mm/jare. La termika energio de la Tero povas esti koncentrita kaj diskoncentrita. Se sumigi diskoncentritan energion de la tuta tersurfaco, kiu aperas dank' al varmokondukeco de mineraloj, do ĝi preskaŭ duoble superas la koncentritan energion de la sama surfaco. Sed tiu diskoncentrita energio ne havas grandan signifon por landŝaftoj, ĉar ĝi posedas tre malaltan densecon.

La fontoj de koncentrita energio eliras al Tera surfaco en formo de vulkanaj erupcioj subakve kaj surtere, kaj ankaŭ kiel varmofontoj surtere. Ili formas sufiĉe specialajn landŝaftojn. La plej grava fonto de energio por landŝafto estas la Suno. Averaĝe, la kurtonda radiado de la Suno alportas al Tera surfaco 500-oble pli da energio, ol donas varma radiado el sub la tersurfaco. La fonto de energio, kaj de la Suno kaj de kerno de la Tero, estas interna energio, kiu aperas dum spontana disfalo de naturaj radioaktivaj elementoj.

La diskoncentrita varma fluo de la tuta tersurfaco egalas  $2,8 \cdot 10^{14}$  kW h. Tial la Tero devus malvarmiĝi ĝis la temperaturo de kosma spaco dum 200 mln jaroj. Tamen, nia Tero ekzistas jam 4.5 mrd jarojn, kaj tio konfirmas, ke ĝi estas varmigata de interne pro radioaktivaj disfaloj (*Kom. M.W.: kaj eble gravito*). La surfaco de la Suno elradias elektromagnetan energion, ŝarĝojn. Dum tio, se la ŝarĝoj ne moviĝas, do aperas elektra kampo; se ili moviĝas egalmezure, aperas elektromagneta kampo, kaj se ili moviĝas kun akcelo, aperas onda (korpuskla) energio.

La magneta kampo de interastra kaj apudtera spaco tralastas al Tera surfaco sunan energion en formo de videblaj spektraj radioj (lumo) kaj ultraviola radiado (*Kom. M.W.: kaj varma radiado*). Averaĝe 27% da suna radiado atingas la Teron; 25% estas absorbita de atmosfero, kaj dissolviĝinte en ĝi, ankaŭ atingas la teran surfacon. 20% da suna energio estas respregulata de nuboj kaj 5% -- de la Tera surfaco mem. Ekz., laŭ la informo de meteostacio de u. Bolgrad (Odesa provinco), al 1 cm<sup>2</sup> de surfaco falas averaĝe en junio 13.8 kKal da suna energio, kaj en januaro 2.4 kKal.

Iom malpli ol duono de suna energio, kiu alvenas al tera surfaco, transformiĝas je varmo; cirkaŭ 23% eluziĝas por elvaporigo; malpli ol 1% transformiĝas en mekanikan energion de vento, ondoj, oceanaj fluoj; malpli ol 0.1% estas uzata por fotosintezo.

La varma energio, kiel mezuro de moviĝo de mikroskope malgrandaj korpoj, molekuloj aŭ atomoj, aperas en landŝafto plejparte el fontoj de suna radiado kaj geotermika energio de la Tero.

Neegala varmigo de diversaj partoj de landŝafto difinas formigon de mekanika energio de vento. Ajna mekanika energio estas mezuro de moviĝo kaj interagado de makro-korpoj. En multaj landŝaftoj ĝuste tiu speco de energio estas la ĉefa. Ondoj sur akva surfaco, fluo de riveroj, lavango, migrado de bestoj - jen kelkaj ekzemploj de kineta mekanika energio en landŝaftoj. Potenciala mekanika energio estas energio de situo de elementoj de reliefo, akvejoj aŭ plantoj, kiuj ne ŝanĝas sian lokon.

Suna lumo promocias ankaŭ aperon de kemia energio en landŝaftoj. Kaj dank' al kemia, termika kaj luma energio, en landŝafto aperas biologia energio; dum fotosintezo rekte, kaj nerekte ankaŭ en aliaj elementoj de trofiaj ĉenoj.

La nivelo de disvolviĝo de tekniko kaj teknologioj difinas utilecon kaj atingeblecon de energiaj resursoj por Homo. La atingebleco dependas, siavice, de la progreso en prospektorado, akiro kaj pritrakto de utilaj minaĵoj kaj de entuta ilia kvanto en naturo. Iujn energioresursojn oni uzas jam dum miljaroj; aliajn - dum dekjaroj; kaj triaj dume estas eventualaj, perspektivaj energioresursoj. La entutaj, aŭ potencialaj naturaj energioresursoj ( $R_p$ ) dividiĝas je la jam trovitaj ( $R_t$ ), kiuj povas esti uzataj sur nuntempa nivelo de teknika progreso, kaj la dume ne trovitaj resursoj ( $R_n$ ):

$$R_p = R_t + R_n \quad (6.1)$$

La trovitaj resursoj konsistas el la kalkulitaj, aŭ antaŭvidataj ( $R_k$ ) kaj realaj, aŭ konfirmitaj ( $R_r$ )

$$R_t = R_k + R_r \quad (6.2)$$

Iuj elementoj estas neatingeblaj, aliaj troviĝas en nelimititaj kvantoj, ekz., aero. Ili ne estas rigardataj kiel resursoj. Por ricevi energion, oni uzas subterajn riĉaĵojn (mineralajn resursojn), kaj ankaŭ akvon, aeron, plantojn kaj eĉ bestojn (Fig.6.1). (*Kom. M.W.: Kaj homan muskolan energion*)

Tradicie, la ĉefajn bezonojn je energioresursoj la nuntempa civilizacio kontentigas el lithogena komponanto (karbo, nafto, gaso). Nun al ili aliĝis novaj elfosataj elementoj, inkluzive U-235. Sufiĉe granda parto de energioresursoj, speciale dum t.n. "kulminaj bezonoj", estas liverata el hidro-gena komponanto dank' al la potenciala energio de akvo, akumulita en barlagoj de hidroelektrostacioj. Ankaŭ hidro-gena kaj klimato-gena komponantoj kontribuas al energetikaj resursoj pere de geotermio, tajdoj, suna radiado kaj vento.

En nunaj kondiĉoj, kontribuo de tiuj netradiciaj energifontoj estas modera kaj ekonomike profita nur en konkretaj lokaj kondiĉoj kaj en limigita skalo. Ekz., la venta elektrostacio apud lago Donuzlav en Krimeo provizas 450 MW da povumo, kio tute sufiĉas por lokaj bezonoj.

Kvankam industria uzado de lignaĵo por energibezonoj finiĝis ankoraŭ en la XIXa jc, nun oni denove plantas arbarojn por energiaj resursoj en Skandinavio, kie estas leĝe malpermesita uzado de atoma energio. En tiuj landoj oni biokemie pritraktas biomason de lignaĵo aŭ de agrikulturaj kromproduktoj. En anaerobaj konteneroj, post influo de mikroorganismoj al organikaj masoj, aperas biogaso (miksaĵo de metano, 50-80%, karbondioksido, 50-20%, sulfurdihidrido, hidrogeno, ĝis 1%). Oni fermentigas la miksaĵon ĉe tri diversaj temperaturaj reĝimoj: malpli ol 20 °C; 20-40 °C; 50-70 °C.

Se eblas ne uzi iun deficitan resurson, anstataŭigante ĝin per iu alia, pli atingebla, do oni temas pri anstataŭebleco de resursoj. Ekz., anstataŭigeblaj estas karbo, torfo - oni povas anstataŭigi ilin per

energio de akvo, de vento, de la Suno ktp. Se ne eblas anstataŭigi la resurson, do ĝi estas neanstataŭigebla.

El vidpunkto de elĉerpiteco, la naturajn resursojn oni dividas je la praktike neelĉerpeblajn kaj la elĉerpeblajn (limigitajn). Energioj de vento, de tajdoj, Suna radiado, elprofunda Tera varmo apartenas al praktike neelĉerpeblaj. Ni parolas pri ilia neelĉerpebleco, ĉar tempo de ilia ekzisto multfoje superas tempon de homa ekzistado sur la Tero, kvankam ĝi estas malpli granda, ol ekzistado de la Tero mem. Se konsideri naturan restaŭriĝeblon aŭ renoviĝivon, do elĉerpeblaj naturaj resursoj dividiĝas je mem-renoviĝantaj kaj ne-mem-renoviĝantaj. La ekzemplo de la unuaj povas esti hidroenergiresursoj, vegetaĵo, akvo, atmosfera oksigeno; la ekzemplo de la duaj - nafto, gaso (fosiliaj resursoj). Ili estas praktike nemem-renoviĝantaj, ĉar rapideco de ilia restaŭro estas ege malpli granda, ol rapideco de ilia konsumo. La fina celo de homa agado estas ekvilibro de energiaj bezonoj de la homaro kaj de rapideco de ilia produktado aŭ mem-renoviĝivo.

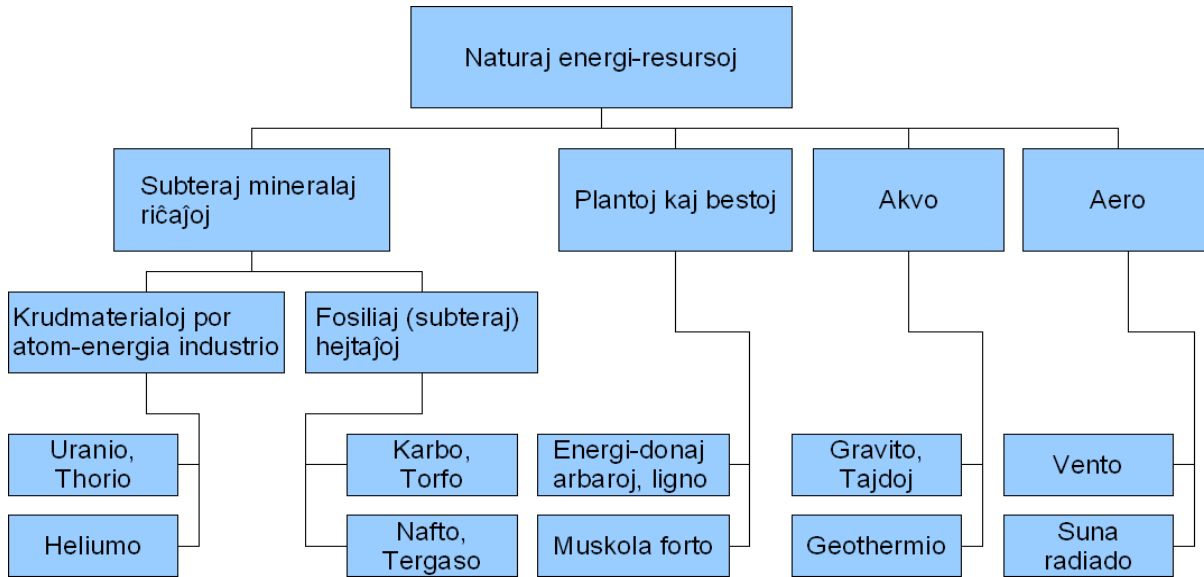


Fig. 6.1. Klasifiko de naturaj energiaj resursoj

## 6.2. KLASIFIKO DE NATURAJ LANDŜAFTOJ SURBAZE DE INTERRILATOJ INTER LA ECOJ DE ILIAJ KOMPONANTOJ KAJ LA INFLUANTA ENERGIO

Dum sistemigo de landŝaftoj, plej gravas la elekto de distingilo. <21>. La bazo de scienca klasifiko de landŝaftoj plejparte estas:

- 1) ilia aĝo;
- 2) ilia loko en la vico de dinamikaj ŝanĝoj;
- 3) ecoj de landŝaftoj, de iliaj komponantoj kaj kompleksoj;
- 4) eksteraj faktoroj, kiuj partoprenas en formigo de landŝafto.

Kiel ni jam diris, la ekosistemon formigas kaj ĉefe influas ecoj (ĉ.3) de ĉefaj komponantoj, kaj energio (ĉ.6). Ankaŭ ili formigas la tutan landŝafton kaj difinas ĝiajn plej gravajn ecojn kaj ĝian lokon en vico de dinamikaj ŝanĝoj.

**Tab. 6.2. Klasifiko de naturaj landŝaftoj surbaze de dominanta energio-tipo kaj mekanikaj ecoj de la komponantoj.**

Ĉefa komponanto		Influanta energio			Varmo kaj Lumo
Elemento	Meĥanika eco	Meĥanika efiko:			
		Likva	Solida	Gasa	
<b>Paragenetikaj landŝaftoj</b>					<b>Zonoj</b>
Glacia	Regelado, plastikeco		Glacieja, lavanga		Arkto, Antarkto
Roka, mintavoloj	Solideco, firmeco		Ŝtona		Tundro
Grundoj	Disfluebelco	Akvoakumuliga, vala, riverborda	Dekliva		Stepoj, Arbaroj, Herbejoj
Disipa grundo	Grandeco, rondformeco	Strandaj, insulaj		Sablomontoj	Duon-dezerto, Dezerto
<b>Akvaj landŝaftoj</b>					
Akvo		Inundebla, fluo		Maroj, lagoj	
Plantoj	Elasteco, firmeco	Inundeblaj kanejoj			
Bestoj	Biomaso, Produktiveco				Moluskejoj, Termitejoj, atoloj

Ni distingas transformigajn kaj stabiligajn faktorojn de landŝafto. Transformigaj faktoroj estas diversaj tipoj de energio, influanta la landŝafton. Stabiligaj faktoroj estas kvanto kaj kvalito de la substanco, kiu konformas al ĉefa tipo de influanta energio. Do, energio kaj ecoj de substanco estas la bazaj por la plej ĝenerala klasifiko de naturaj landŝaftoj.

En la klasifika tabelo 6.2 estas rezervita loko por ĉiu landŝafto de ĉiu strukturo. Horizontale la tabelo enhavas la tipojn de energio, difinantajn strukturon de landŝafto: mekanikan, termikan kaj luman.

Vertikale la tabelo enhavas ecojn de komponanto, kiu dominas en landŝafto kaj konformas al certa tipo de energio. La kolumnoj de la tabelo, kie estas indikita mekanika energio, povas esti dividitaj je ondoj kaj fluoj. La lastaj dividiĝas, siavice, je konstantaj kaj provizoraj aŭ dumtempaj. La ĉefa substanco en landŝafto, kiu difinas ĝian konformon al influanta energio, povas esti neviva (solida, likva, gasforma) kaj viva. La gasforma substanco en ĉiuj naturaj landŝaftoj havas similajn fizikajn kaj kemiajn ecojn pro sia mobileco, tial ni ne notas ĝin en la tabelo.

Tamen, foje iuj lokaj antropogenaj influoj al aera medio povas esti tiel grandaj, ke ili povas esti mortigaj por lokaj vivantuloj <3>. La solida substanco entenas glacieron, grundojn, mintavolojn kaj neligitajn grundojn. El ĉiuj likvaj substancoj, nur la akvo, verŝajne, povas troviĝi en landŝafto en sufiĉaj kvantoj

por determini ĝian aspekton.

Landŝaftoj, kie determinaj procezoj dependas de kreskado de vegetaĵo sub influo de luma kaj varma energio, nomiĝas zonaj landŝaftoj. Koncerne la kvanton de ricevata suna energio, ni povas dividi zonajn landŝaftojn je arbaraj, herbejaj, tundraj kaj arktaj. En la sama kolumno de la tabelo ni vidas zonajn akvajn landŝaftojn kiel moluskejoj, atoloj, kie energion akceptas viva substanco. Por zonaj landŝaftoj, mekanika energio povas praktike ne ludi iun rolon.

Se distingi laŭ energia principo, do ni trovos paragenetikajn landŝaftojn, kie ĉefan rolon ludas mekanika energio, sed rolo de varma kaj luma energio estas malgranda. Depende de la ĉefa substanco, oni distingas karstajn, glaciejajn, fluejajn, inundablajn, deltajn, ravinajn, deklivajn paragenetikajn landŝaftojn.

### 6.3. MEZURO DE KVANTO DE ENERGIO

En landŝafto, mezuro de kvanto de ajna energio estas ĝia denseco, aŭ potencialo  $P$ : kvanto de energio po spacunu (kKal/m<sup>2</sup>). La potencialo povas esprimiĝi kiel alteco de tera reliefo, kvanto da bestoj, atmosfera premo, temperaturo ktp. Tradicie, mezurunuoj konformas al la plenumata laboro. Tiel, kalorio (Kal) estas varmokvanto, necesa por plivarmigi je 1 °C 1 g da akvo. En la sistemo SI mezurunuo de energio estas J, energio por subteni elektran kurenton je 1 A dum 1 sek kaj ĉe tensio 1 V. En sistemo CGS mezurunuo de energio estas 1 erg. Ĉar energio transformiĝas de unu tipo al la alia, do ankaŭ mezurunuoj de energio transformiĝas reciproke:

$$1 \text{ kKal} = 1000 \text{ Kal} = 4.18 \cdot 10^3 \text{ J} = 4.18 \cdot 10^{10} \text{ erg} = 4.27 \cdot 10^{-2} \text{ kg} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{s}^{-2} = 1.16 \cdot 10^{-3} \text{ kW} \cdot \text{h}.$$

Por kompari energion de du kompleksoj aŭ de du diversaj punktoj en la sama komplekso, oni konsideras diferencon de potencialoj  $P$ , aŭ la tension. Se la potencialo de unu komplekso estas  $P_1$ , kaj de dua komplekso  $P_2$ , do  $P = P_2 - P_1$ .

La diferenco de potencialoj, aŭ tensio, karakterizas la grandon de energia neekvilibro de du komponantoj aŭ de iliaj partoj. Ekzemplo de tiu diferenco en landŝaftoj povas esti diferenco de alteco de du punktoj sur monta deklivo, diferenco inter biomaso de bestaro en du apudaj landŝaftoj ktp.

La rilato de potenciala diferenco  $\Delta P$  al la distanco  $L$  inter la koncernaj punktoj karakterizas koncentritecon de energio. Tiu nomiĝas gradiento de potencialoj ( $\Delta P/L$ ). Ĝi determinas kunligitecon kaj aktivecon ( $v$ ) de ŝanĝoj de substancoj en landŝafto, kiun oni esprimas kiel:

$$v = a (\Delta P/L)^m \tag{6.3}$$

kie  $a$  kaj  $m$  estas mezurindikoj; se  $P_1 = P_2$ , do  $v = 0$ . Se la potencialdiferenco egalas al nulo, do la sistemo estas ekvilibrigita kaj en landŝafto forestas moviĝo. Mezurindikoj de potencialdiferenco estas, ekz., kliniĝo de akvosurfaco en rivero, ŝanĝiĝo de denseco de lokaj animaloj en iu direkto.

Se konsideri landŝafton ne kiel plata, sed kiel 3-dimensia objekto, ni povas priskribi ĝin kiel kampon. En ĉi-kazo ni nomas "kampo" certan spacon, ĉiu punkto de kiu estas karakterizata de potencialo de energio de iu tipo. Tiam la gradiento de potencialo ( $\text{grad } P$ ) esprimiĝas kiel:

$$\text{grad } P = (\partial P/\partial x, \partial P/\partial y, \partial P/\partial z) \tag{6.4}.$$

Krom energiaj, ni povas priskribi ankaŭ substancajn kampojn. Jen ekzemploj de energiaj kampoj: gravitaj, termikaj, elektromagnetaj; de substancaj kampoj: tiuj de temperaturoj, de atmosfera premo, de grunda fekundeco, de bestaj arealoj, kampoj de bonhavo de homoj, de iliaj tradicioj, de alfabetizo, de agrikulturo ktp..

### 6.4. LEĜOJ, LAŬ KIUJ ŜANĜIĜAS ENERGIO EN LANDŜAFTO

#### 6.4.1. RETRANSFORMIGEBLAJ PROCEZOJ

Retransformigeblaj procezoj estas tiuj, kiuj same okazas en rekta kaj rea direktoj. Mekanikaj procezoj en landŝafto ofte okazas simetrie. Unua leĝo de dinamiko (ĝi nomiĝas ankaŭ la leĝo de konservo de energio) funkcias, kiam en landŝafto agas nur unu tipo de energio. Oni povas vortumi tiun leĝon tre simple: En izolita sistemo energio konserviĝas. Ekzistas ankaŭ alia formo de la sama leĝo: La energio, kiu venas al certa landŝafto, egalas al la sumo de energio, kiu eliras el tiu landŝafto plus la akumulita en

ĝi energio.

Ajna landŝafto povas akumuli energion de unu aŭ de kelkaj tipoj. La akumulantoj povas esti:

- 1) grandaj formoj de reliefo, ekz., montoĉenoj, montaroj, kie energio liberiĝas laŭgrade de ilia ruiniĝo kaj malaltiĝo;
- 2) grundoj kaj akvoj, kiuj akumulas varmon pro suna radiado;
- 3) plantoj, kiuj akumulas energion dum fotosintezo;
- 4) animaloj kaj mikroorganismoj, kiuj uzas plantojn kiel energifonto;
- 5) bruligeblaj elfosaĵoj de organika deveno: karbo, nafto, gaso, torfo kaj bruligeblaj skistoj.

En akvo kaj grundo energio akumuliĝas por esti elspezita dum diurnoj kaj monatoj; en plantoj kaj animaloj - por jaroj; en reliefo kaj brulminaĵoj - por jarmiloj, milionoj kaj eĉ centoj da milionoj da jaroj. Civilizacio komenciĝis kaj antropogenaj landŝaftoj aperis dank' al ebleco de akumulo, ĉar pro la progreso de mastruma kolektado, ĉasado, agrikulturo kaj bestobredado aperis neceso akumuli, konservi kaj trakti superflujajn por ĉi-momento (stokendajn) manĝaĵojn, vestaĵojn ktp. Poste aperis perfektigo de laboriloj, konstruado de loĝejoj, de vilaĝoj, urboj, disvolviĝo de industrio, de energiposedo, de armiloj... Ĉio tio estas formoj de akumulo de socia energio. Kaj fin-fine - akumulo de scioj: disvolviĝo de mondkonceptoj, de artoj, metioj, etiko kaj edukaj sistemoj.

La leĝo de konservo de energio estas bazo por aplikado de bilanca esplormetodo <9>. Tiu leĝo estas uzata delonge kaj ofte; eble ne pro tio, ke ĝi estas pli perfekta, ol aliaj leĝoj, sed pro tio, ke ĝi estas pli simpla kaj bezonas malpli multe da informo. Bilanco estas listo de ĉiuj specoj de substancoj kaj de energio, kiuj eniris, eliris aŭ akumuliĝis en natura komplekso. Celo de esploro de bilancoj estas kompreno de landŝaftaj interligoj kaj do de naturaj procezoj, ekz., de falo, degelo, transblovo kaj elvaporigi de neĝo, kaj post la kompreno - eĉ operaciado de ili, ekz., deteno de neĝo, plirapidigo de ĝia degelado ktp..

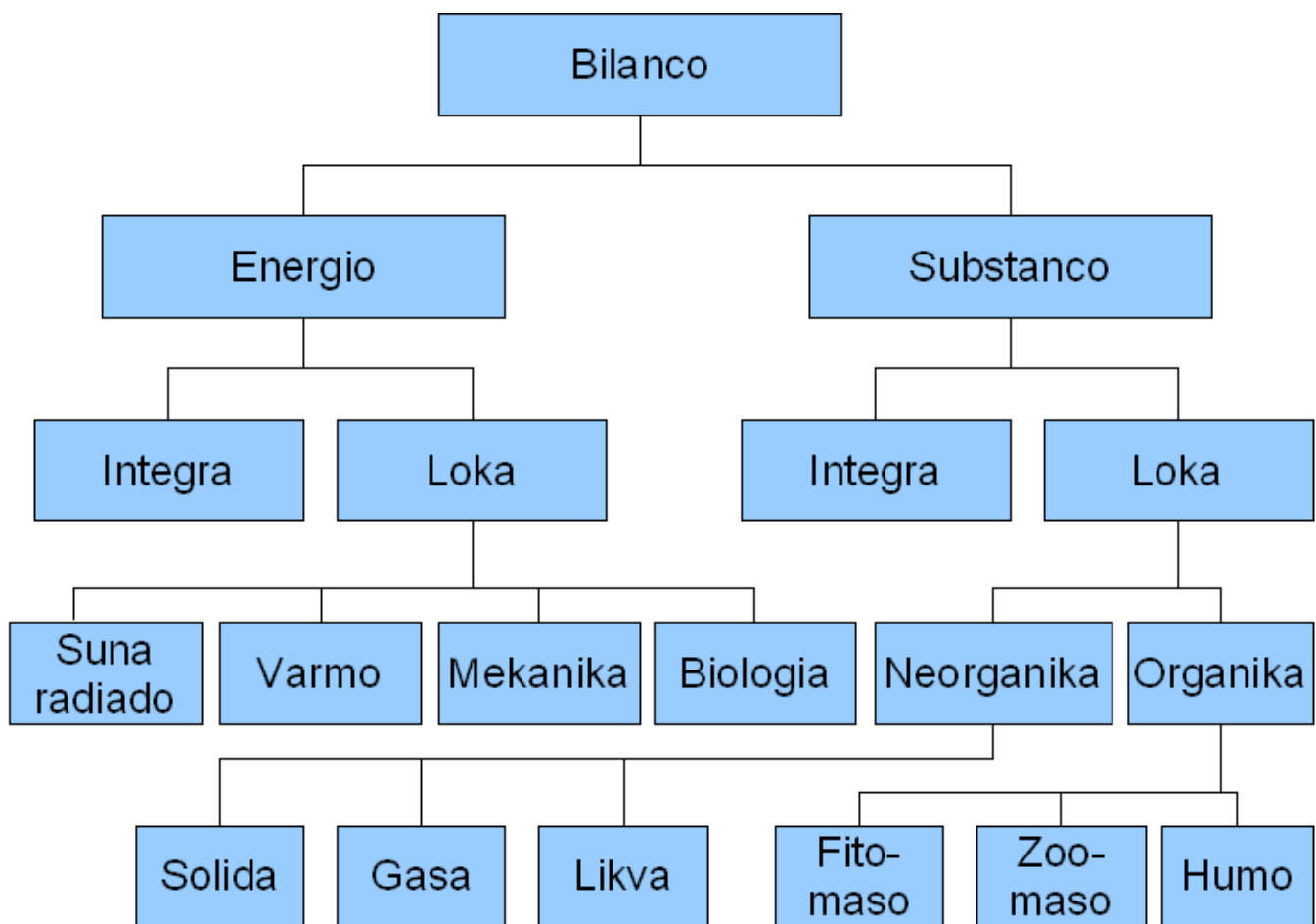


Fig. 6.2. Klasifiko de bilancoj de energi- kaj maso-ŝanĝo en landŝafto

Substancaj kaj energiaj bilancoj distingiĝas laŭ amplekse je integraj kaj lokaj (Fig. 6.2). Pli ofte oni produktas lokajn energetikajn bilancojn: la radiada bilanco, varma (termika), mekanika kaj biologia. Integra energibilanco povas enteni du aŭ pli specojn da energio. Dum produktado de integraj energibilancoj la ĉefa komplikaĵo estas, ke ofte oni ne scias, kiom da energio perdiĝis dum ĝiaj transformiĝoj.

Bilancoj de substanco dividiĝas je organikaj kaj neorganikaj; la organikaj, siavice, je bilancoj de fito- kaj zoomaso kaj de humo. Ĉiu el ili povas enteni bilancojn de viva kaj de neviva substanco. Bilancoj de neorganika substanco dividiĝas je bilancoj de solida, de likva kaj de gasforma substanco.

Dum produktado de integraj bilancoj oni ofte trovas, ke okazas ne simpla algebra adicio de substancoj aŭ de energioj, sed adicio kun pligrandigo aŭ kun malpligrandigo, kio ege malfaciligas la problemon. Ankaŭ objektivaj komplikaĵoj dum bilancado estas:

- 1) probableca naturo de ĉiuj interligoj;
- 2) tempa nekoincido de periodoj de energiŝanĝoj kaj de masoŝanĝoj;
- 3) neadapteblo de bilanca metodo por priskribo de reaj, nerektaj kaj konturaj interligoj;
- 4) malfacileco kaj longdaŭro de observado, kiu bezonatas por ricevi bazajn materialojn por la bilanco.

La bazaj donitaĵoj kutime estas:

- 1) areo de la landŝafto;
- 2) tempoperiodo por bilanco, ekz., la jara bilanco, vegetada, neĝa;
- 3) mezuma tempoperiodo, ekz., 20 aŭ 30 jaroj;
- 4) ĉefa ekvaciaro de la bilanco;
- 5) listo de pozicioj de akumulo kaj disipo laŭ ĉiu ero.

Do, ni vidas, ke pro multaj necertaj donitaĵoj kaj scioj, la aplikebleco de la bilanca metodo estas strikte limigita. Retransformigeblaj procezoj estas priskribataj en terminoj de:

- a) komencaj statoj;
- b) leĝoj de klasika mekaniko.



La leĝoj de moviĝo, sin bazantaj sur Newton'aj ekvacioj, priskribas retransformigeblajn trajektoriojn. Dum tiuj procezoj ne estas loko por entropio (v.6.3.2), nek por "sago de la tempo". Por tiu tipo de procezoj evoluo estas neebla. La ekvacioj por retransformigeblaj procezoj estas, ekz., diferencialaj ekvacioj en partaj derivaĵoj de ŝanĝo de rapideco kaj koncentriteco de interagantoj en akvaj kaj aeraj fluoj.

#### 6.4.2. NERETRANSFORMIGEBLAJ PROCEZOJ EN IZOLITAJ SISTEMOJ

Neretransformigeblaj sistemoj estas tiuj, en kiuj procezoj havas internan econ okazi nur unudirekten. Tiaj sistemoj estas asimeriaj, aŭ povas evolui aŭ disvolviĝi nur al unu direkto. La energi-transformo en tiuj sistemoj estas karakterizata de, unue, la kvalita varieco de energio, kaj due, tendenco al disipado de energio, aŭ kresko de entropio.

La ekzemplo de neretransformigeblaj procezoj estas transdono de varmo: ĝi ĉiam okazas de pli varma al pli malvarma objekto. Tiu transdono estas unudirekta, kaj neniuj fortoj povas inversigi ĝin.

Difuzo de dissolvitaj substancoj ĉiam okazas de la lokoj kun pli alta al tiuj kun pli malalta koncentriteco. Multaj kemiaj reakcioj okazas nur unudirekten. Trofiaj procezoj okazas direkte de biomaso de vegetaĵoj al herbomanĝantaj animaloj, de ili al rabobestoj de unua vico, kaj de ili al rabobestoj de dua vico. Ankaŭ tiuj procezoj ne povas iri en la malan direkton. (*Kom. M.W.: tamen jes, kiam rabobestoj mortas*)

Landŝaftojn, en kiuj interagis kelkaj tipoj de energio, koncernas la dua leĝo de energidynamiko. Ĝi sonas tiel: Dum transformo de unu tipo de energio al la alia, ioma parto da energio nepre perdiĝas aŭ degradas. La perdita energio ne povas okazigi laboron.

En fiziko tiu leĝo estas konata kiel la dua leĝo de termodinamiko. Kiel ekzemplo, sur la Fig. 6.3 estas montrita la kvanto de degradita energio, kiu aperas dum kaskada transformiĝo de diversaj tipoj de energio. Ekz., dum influo de sunlumo al vegetaloj, en lignaĵon transformiĝas nur 0.1% da suna energio, kaj 99.9% da ĝi perdiĝas, aŭ disipiĝas kiel varma energio. Se lignaĵo dum geologiaj procezoj transformiĝas en ŝtonkarbon, do energiperdoj dum tio estas 50%.

La dua leĝo de termodinamiko ofte estas nomata "leĝo de entropio". Entropio estas mezuro de interna neordigiteco, ĥaoseco de sistemo, aŭ mezuro de neretransformigebleco, laŭ Clausius [Klaŭzsius].

Se uzi nocion "entropio", do la dua leĝo de energidynamiko povas esti formulita jene: En izolita sistemo entropio (S) ne povas plimalgrandiĝi.

Se  $dS$  estas ŝanĝo de entropio, do 
$$dS \geq 0 \tag{6.5}$$

Se entropio en la sistemo ne ŝanĝiĝas ( $dS = 0$ ), do la sistemo troviĝas en ekvilibrita stato. Kun pligrandigo de entropio ( $dS > 0$ ), la stato de la sistemo iĝas nekvilibrita.

Efektivecon, aŭ utilecon, de diversaj energispecoj oni pritaksas laŭ interrilato de energiaj fluoj, enirantaj en kaj elirantaj el geosistemoj, en kiuj okazas energitransformiĝoj. G. Odum kaj E. Odum <20> elektis kiel energia ekvivalento kvanton de energio (en kKal), uzatan por ricevi 1 kKal da konvencia hejtaĵo (Tab. 6.3). Kiel tiu konvencia hejtaĵo estas akceptita ŝtonkarbo. Ekz., dum fotosintezo oni devas elspezi 1000 kKal da rekta suna energio por ricevi 10 kKal de komuna planta biomaso aŭ 1 kKal de lignaĵo.

En izolita sistemo, la nekvilibrita stato neeviteble ŝanĝiĝas al la ekvilibrita. Dum tio okazas kresko de entropio kaj egaliĝo de energiaj kondiĉoj enkadre de la sistemo. Aliel dirite, en izolita sistemo la evoluo kondukas al ĥaoso; la "montrilo de evoluo", aŭ "la tempa sago" (laŭ Edington) direktas al entropi-kresko.

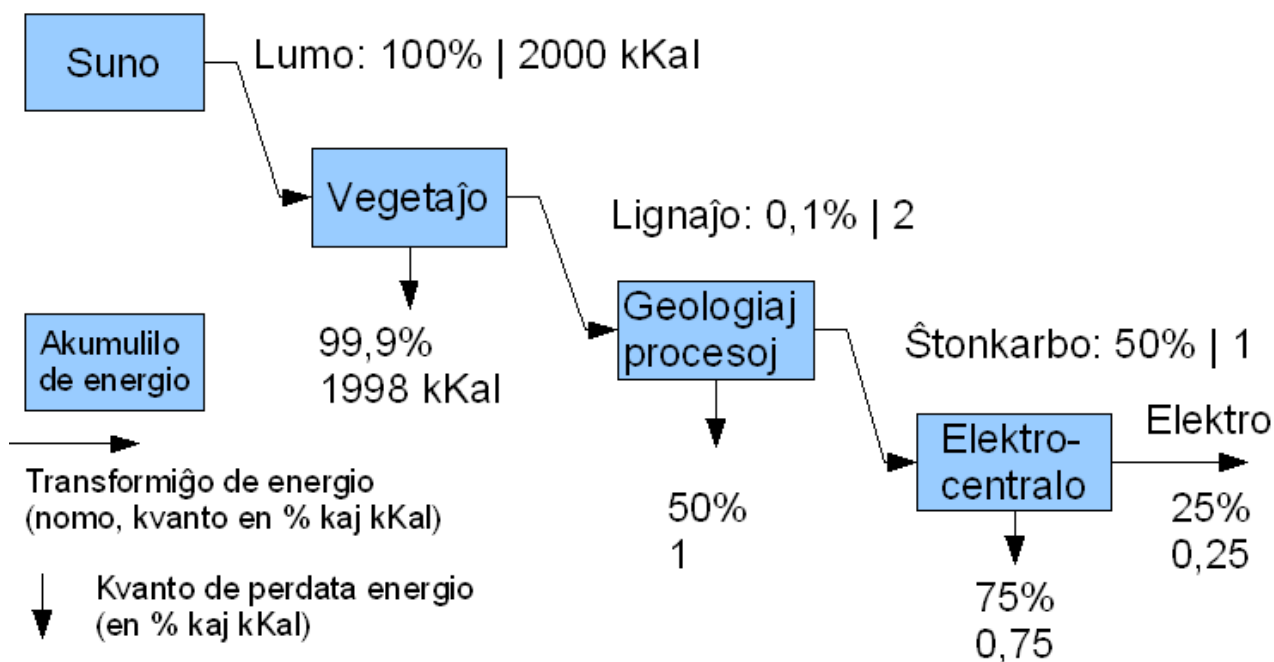


Fig. 6.3. Kaskadoj de transformiĝo de energio (kun nepraj perdoj)

Tab. 6.3. Energetikaj ekvivalentoj de la energio-kvalito <20>

Speco de energio	Elspezo de energio (*)	Energia ekvivalento de konvencia hejtaĵo (**)
Disipita suna radiado	10.000,00	0,0001
Rekta suna radiado	2.000,00	0,0005
Ĝenerala biomaso de plantoj	20,00	0,0500
Ligno	2,00	0,50
Ŝtonkarbo	1,00	1,00
Falanta akvo	0,33	3,00
Elektroenergio	0,25	4,00

Notoj:

\*) Nombro da kKal, kiujn oni bezonas por ricevi 1 kKal da konvencia hejtaĵo - la ŝtonkarbo.

\*\*\*) Nombro da kKal da konvencia hejtaĵo, kiu estos ricevita el 1 kKal da energio de certa speco.

Tiam aperas la ŝajna kontraŭdiro de teorio de Ch. Darwin kaj la dua leĝo de termodinamiko. La teorio de Ĉ. Darwin asertas, ke dum procezo de biologia evoluo okazas plikomplikiĝo de strukturoj, kaj samtempe altiĝas la nivelo de ordigiteco. Sed la dua leĝo de energidynamiko, ŝajne, asertas la malon: en izolita sistemo altiĝas nivelo de disordigiteco, de ĥaoseco.

#### 6.4.3. NERETRANSFORMIGEBLAJ PROCEZOJ EN NEIZOLITAJ SISTEMOJ

Kiel ni jam diris, neizolita sistemo karakteriziĝas per sia interŝanĝo kun la ĉirkaŭa medio. La ekvacio de entropia bilanco por neizolita sistemo povas aspekti tiel: (Fig.6.4)

$$dS = d_e S + d_i S \quad (6.6).$$

kie  $dS$  estas ŝanĝo de entropio en neizolita sistemo dum la tempa periodo  $dt$ ;  $d_e S$  estas fluo de entropio, kiun determinas energiŝanĝo kun la ĉirkaŭa medio;  $d_i S$  estas produktado de entropio pro neretransformigeblaj procezoj en la sistemo.

La fluon de entropio  $d_e S$  iuj aŭtoroj nomas ankaŭ flua membro de la ekvacio (6.6), negativa entropio, antientropio aŭ ekstropio. Tiu membro fakte determinas mezuron de interna ordigiteco de neizolita sistemo. Se la sistemo estas izolita, do  $d_e S = 0$ ; en neizolita sistemo  $d_e S \gg 0$ . En izolita sistemo, kie  $d_e S = 0$ , la produktado de entropio  $d_i S$  egalas al  $dS$ , la ŝanĝo de entropio; do  $d_i S = dS$ , kaj sekve  $d_i S \geq 0$ .

La dua leĝo de energidynamiko por neizolita sistemo povas esti formulita tiel: La negativa fluo de entropio al la sistemo ( $d_e S$ ) povas kompensi produktadon de entropio ( $d_i S$ ) en la sistemo.

Se  $dS = (d_e S + d_i S) < 0$ , t.e. kiam entropio de neizolita sistemo malpligrandiĝas, la nivelo de ordigiteco de la sistemo leviĝas.

Geo- kaj ekosistemoj estas malfermitaj. Se ili estas analogoj de natura landŝafto, do kiel fluo de entropio ( $d_e S$ ) al ili venas energio de sunlumo, bioenergio kaj kineta energio de akvaj aŭ aeraj masoj. En antropogenaj landŝaftoj antientropio estas fluoj de energio, ekz., elektra aŭ varma, kiuj venas al urbo aŭ uzino. Produktado de entropio ( $d_i S$ ) havas lokon en naturaj landŝaftoj, kiam energio de sunlumo transformiĝas en biologian energion de verda folio aŭ de trofiaj transformiĝoj. En antropogenaj landŝaftoj produktado de entropio ( $d_i S$ ) okazas dum transformiĝo de elektra energio en varman aŭ mekanikan.

Kiam temas pri landŝaftoj, kiuj estas neizolitaj sistemoj, oni proponas iom alian version de la dua leĝo de energidynamiko. Tiu leĝo nomiĝas tiam "la leĝo pri maksimumigo de la kvanto kaj kvalito de energio en landŝafto", aŭ "leĝo pri progresiva disvolviĝo de landŝafto". Ĝi sonas jene: En konkurenco elvivas kaj pli aktive disvolviĝas tiuj landŝaftoj, kiuj pli bone akumulas energion por bezonoj de geosistemo. Se kompreni evoluon kiel progreso, do sekvas el la leĝo, ke pli progresivaj estas tiuj landŝaftoj, kiuj pli bone subtenas altan nivelon de interna ordigiteco, kaj plimalgrandigas disipadon de energio, aŭ entropion en termodinamika senco. Ekz., tiu el arbaraj landŝaftoj estas pli stabila, kiu pli bone uzas energion de suna radiado kaj de nutrivaj substancoj de grundo kaj akvo.

## 6.5. SINERGIAJ SISTEMOJ

### 6.5.1. HISTORIO KAJ DIFINO DE SINERGETIKO

La ideoj de sinergio naskiĝis nur 30-50 jarojn antaŭe. Inter multaj dignaj nomoj de ĝiaj aŭtoroj ni nepre devas mencii I. R. Prigoĵin <26>, kiu difinis filozofian kaj metodologian bazon de memorganizado; kaj G. Haken <40>, kiu proponis ĉefajn ekvaciojn por sinergetikaj procezoj. Unuaj esploroj de sinergetiko estis faritaj en kadre de la Brusela skolo. Sed nun sciencesploraj institutoj de sinergetiko funkcias en multaj landoj, inter ili en Rusio kaj Usono. En Januaro de 1996 okazis Moskva forumo pri sinergetiko, kiu estis vica paŝo en disvolviĝo de tiu nova scienckampo.

La vorto "sinergio" devenas de la greka "kunlaboro, kunfaro". Fakte, sinergio estas tia interagado de faktoroj, dum kiu ilia kuna efiko superas sumon de influoj de apartaj eroj. Do, sinergetiko estas teorio de memorganizado, aŭ, se diri aliel, ĝi estas interscienca esplorkampo de kooperativaj procezoj de memorganizado aŭ memdisorganizado. Sinergiaj sistemoj estas malfermitaj sistemoj, ene de kiuj okazas kooperativa interagado de multaj tre diversaj subsistemoj aŭ elementoj, dank' al kio rezultiĝas netransformigeblaj procezoj kune kun memorganizado.

### 6.5.2. EKVACIOJ DE SINERGETIKO

En sinergiaj sistemoj la rolon de variabla ( $q$ ) ludas ecoj de elementoj de komponantoj de ajna deveno.  $q$  povas esti koncentriteco de substanco, rapideco de fluo, produktiveco de organismo aŭ homaj bezonoj.

La interrilaton de procezoj, koncernaj tiujn variablojn, esprimas ekvacio (6.7) <40>:

$$\dot{q} = N(q, \nabla, \alpha) + F(t) \quad (6.7)$$

kie  $\dot{q} = dq/dt$ ; en mekanika sistemo tio estas rapideco de ŝanĝoj de variabla en tempo ( $t$ ); en aliaj sistemoj - fizika, kemia, biologia aŭ psika aktiveco.

$N(q, \nabla, \alpha)$  - ekstera ordiga energia influo, nelineara funkcio;

$\nabla = (\partial/\partial x, \partial/\partial y, \partial/\partial z)$  - operatoro de Hamilton, ( $\nabla$  - operatoro) estas la simbola diferencala operatoro de unua rango, kiu aperas, se  $q$  dependas de spacaj koordinatoj;

$\alpha$  - indiko, karakterizanta la gvidan influon;

F(t) - hazarda membro (fluktuantaj fortoj, hazardaj puŝoj).

Se ni supozas, ke en la ekvacio (6.7)  $F(t) = 0$ , do aperas iuj apartaj kazoj:

$$q = \alpha q \quad (6.8)$$

La ekvacio (6.8) priskribas linearan sistemon (unusencan funkcion)

$$q_1 = \beta q_1 q_2 \quad (6.9)$$

La ekvacio (6.9) priskribas ne-linearan funkcion, en kiu aktiveco en certa punkto dependas de variabloj de la stato (q) en la sama ( $q_1$ ) kaj en iu najbara ( $q_2$ ) punktoj.

En pli komplika kazo, kiam okazas du gvidaj influoj,  $\alpha$  - gvida influo al la variablo de la stato  $q_1$ , kaj  $\beta$  - gvida influo al la ligo inter variabloj  $q_1$  kaj  $q_2$ :

$$q_1 = \alpha q_1 + \beta q_1 q_2 \quad (6.10)$$

Se ni havas ne 2, sed i da variabloj, do:

$$q_k = \beta q_i \quad (6.11)$$

ni vidas nelinearan sistemon (plursencan funkcion), en kiu  $q_i$  estas variablaj komponantoj.

### 6.5.3. RIMEDOJ DE MEMORGANIZO DE SISTEMOJ

La celo de ĉiu teorio estas prognozi reagon de la tuta sistemo al gvidaj influoj, sed ne prognozi konduton de apartaj elementoj de sistemo. Rilate al tre komplikaj sistemoj, la tasko de scienco povas esti reduktita al starigo de malpermesoj, al avertoj pri tio, kiel ne eblas influi al la sistemo.

Memorganizo estas transiro de sistemo al ekvilibrita stato. Unu el kazoj de memorganizado en landŝafto estas memrestaŭro de vivantuloj (bioto) kaj reliefo, kaj ankaŭ mepurigado de aero, akvo kaj grundo (ĉ.3.4) post eksteraj, inkluzive antropogenaj, influoj. En urbosistemo, kie elementoj estas homoj kun iliaj deziroj kaj volo, memorganizo aperas, ekzemple, en borso, en merkato. Influo al sinergia sistemo eblas:

- 1) per transformigo de gvidaj mezureblaj ecoj;
- 2) per ŝanĝo de nombro de komponantoj;
- 3) per influo al transiroj.

Ŝanĝigo de gvidaj indikoj (gvidaj mezureblaj ecoj  $\alpha$  kaj/aŭ  $\beta$ ) en la ekvacio (6.10) por reguligi la sistemon, eblas per milda aŭ severa reguligo, kaj ankaŭ per sola montro de direkto, kiam ekzistas nur la programo de aktivado.

Pli ofta kazo de memorganizo estas deformado de procezoj pere de internaj ŝanĝoj de la sistemo. En nevivaj sistemoj perfektigo de interna organizado okazas pasive; en vivaj - aktive. Vivaj sistemoj povas esti organismaj kaj superorganismaj. En la unua kazo dominas propraj interesoj de organismo; en la dua dominas kolektivaj bezonoj, kaj individua konduto povas esti altruisma.

## 6.6. PRINCIPOJ DE AKCEPTO DE ENERGIO PER ANTROPOGENA LANDŜAFTO

Samvice kun du energetikaj leĝoj, oni povas vortumi fundamentajn principojn de evoluo kaj disvolviĝo, laŭ kiuj okazas selekto, subtenanta aŭ malpermesanta ŝanĝojn.

### 6.6.1. PRINCIPO DE KOMPENSIGAJ TENDENCOJ

Tiu principo nomiĝas ankaŭ la principo de Le Chatelier - Brown [Le Ŝatelje - Braŭn], laŭ la nomoj de sciencistoj, ĝin proponintaj <2>. Ĝi sonas tiel: Se ekstera energia influo elkondukas sistemon el la stato de stabila ekvilibro, la sistemo kontraŭstaras al ĝi, kaj ŝanĝiĝas al direkto, kontraŭa al la influo.

En mekanikaj sistemoj tiu principo realiĝas pere de inercio. Ankaŭ hidraŭlika kontraŭstaro de plantaro kaj flueja reliefo al kuranta rivera strio estas realigo de la principo.

Laŭ esploroj, faritaj en Usono, videblas, ke post investo al konstruado de uzinoj kaj loĝejoj, alveno de senlaboruloj al tiu loko havas maksimumon nur post 5-10 jaroj. Reklamo de novaj varoj strebas venki inertecon de aĉetontoj. (Kom. T.A.: *Pedagogia aŭ eduka influo kutime renkontas oponon de edukataj - foje eĉ por ĉiam.*)

Eksterajn influojn al landŝafto kaj de tiuj kaŭzatajn ŝanĝojn en landŝafto oni kutime konsideras kiel

samtempajn. Sed reale, inter la ekstera influo kaj reago de landŝafto al ĝi pasas ioma tempo, foje minutoj, foje jaroj aŭ miljaroj. La tempo, bezonata por reveno post ekscito al ekvilibra stato, nomiĝas periodo de relaksacio aŭ restaŭriĝo, aŭ tempo de malplifortiĝo aŭ malpligrandiĝo de streĉiteco en sistemo. Ekz., ekstera influo al akvofluo en formo de likvaj precipitaĵoj kaj respondo al tiu influo en formo de potenco de flustrio, tempe ne koincidas. La periodo de restaŭriĝo de dikeco de flustrio ( $t_r$ ) dependas de multaj faktoroj, inter kiuj denseco de rivera reto en la regiono kaj areo de akvokolekto.

Se la periodo de restaŭriĝo en geosistemo estas mallonga, do procezoj, okazantaj en landŝafto, havas ekvilibrigitan karakteron; se ne - do neekvilibrigitan. Jen  $t_1$  kaj  $t_2$  estas momentoj de 2 sinsekvaj enirsignaloj en geosistemo, kaj  $(t_2 - t_1)$  estas periodo inter tiuj signaloj.

Se  $(t_2 - t_1) < t_r$ , do en geosistemo okazas harmoniaj procezoj, t.e. elementoj de sistemo jam adaptiĝis al novaj kondiĉoj.

Se  $(t_2 - t_1) > t_r$ , do la sistemo ne finis sian reagon al ŝanĝiĝo de enirsignalo. En tiu kazo, en la sistemo ĉeestas praantikvaj (hereditaj, disharmoniaj) elementoj kaj ligoj, persistantaj de malnovaj tempoj. Plej ofte landŝafto estas mozaiko de harmoniaj kaj disharmoniaj elementoj, kio dependas de aro de "periodoj de restaŭriĝoj". Se formi laŭ la landŝafto-genetikaj principoj laŭsekvajn vicojn de naturo-teritoriaj kompleksoj, oni povus vidi laŭgradan evoluon, dum kiu el unu ero formiĝas alia. En ekologiaj esploroj kutime oni konsideras procezojn kiel ekvilibrigitaj, kvankam en landŝaftoj reale dominas neekvilibrigitaj sistemoj. Por vidi, kiel "periodo de restaŭriĝo" influas diversajn procezojn, ni rigardu situacion en Volgo-Aĥtuba inundejo post konstruo de Volgograda akvoakumulejo en 1956. Malaltiĝo de inundperioda akvonivelo en malsupra parto de Volgograda Hidroelektrejo elvokis malampleksiĝon de amplitudo de osciloj de inundaj akvoniveloj en Volga-Aĥtuba inundejo, en regiono pli malalta ol Volgograda Hidroelektrejo. La tempo de ekvilibriĝo ("periodo de restaŭriĝo") de hidrogena komponanto rilate al aliaj komponantoj varias de kelkaj jaroj por vegetaloj ĝis dekoj da miljaroj por reliefo. Esploroj de Volga - Aĥtuba delto en 1979 montris, ke maturaj kverkaroj en iuj lokoj suferis pro sekaj arbopintoj, kaj en aliaj lokoj ili eĉ pereis. Pro nesufiĉa humideco de la grundo, junaj kverkidoj ne povis elkreski, kvankam oni plantadis ilin dum 5-7 jaroj, ĉiujare malsukcese. Sed dum la samaj 19 jaroj post barigo de Volga, grundoj de inundejo suferis ege malpli, ol vegetaĵo, kaj la reliefo tute ne ŝanĝiĝis.

La dua ekzemplo estas kunligita kun influo de "periodo de restaŭriĝo" al disvolviĝo de sistemo de agrikulturo. En naturaj kondiĉoj, sen enmiksiĝo de homo, la interagado de planta kaj grunda komponantoj reguligas sin mem, kaj tiuj komponantoj aŭ troviĝas en ekvilibro, aŭ plidikigas la grundotavolon. Influo de homo, kiu kreskigas monokulturojn (*Kom. T.A.: unusolajn kulturojn, sed vere pro mono!*), disekvilibrigas la situacion. Memrestaŭro de grunda fekundeco, post ĝia magriĝo pro rikoltado de monokulturo, okazas en naturaj kondiĉoj post 20-25 jaroj. Tiu cifero estas periodo de restaŭriĝo. Tamen tiom longa tempo ne taŭgas por homo. Tial la tuta historio de agrikulturo estas historio de kreado de diversaj rimedoj, kiuj helpus plilongigi la periodon de terkultivado kaj malplilongigi la periodon de memrestaŭro de grundo sen malpligrandigi ĝian fekundecon. Dum "incendia agrikulturo" oni unue forbruligadis arbarojn kaj poste elradikigadis ĉion, kio postrestis. Tiam la kultivado daŭris 1-2 jarojn, kaj memrestaŭro de grundo - 20-25 jarojn. La sekva etapo de disvolviĝo de agrikulturo estas "arbusta agrikulturo": kultivado daŭris 2-8 jarojn, kaj memrestaŭro - 6-10 jarojn, post kiam oni forigas arbustojn, kiuj certe aperas sur libera grundo. Tria etapo - mallongtempa ripozo de grundo. Oni kultivas la grundon ĉiujare, sed apartaj parceloj "ripozas" dum 1-2 jaroj. Kaj fin-fine, ĉiujara kultivado kun ŝanĝo de kulturoj sur la sama kampo. Dum tiu tipo de agrikulturo, la memrestaŭro de grundoj kaj renoviĝo de terfekundeco egalas al nulo, kaj homo estas devigita rekompensi ilin per energielspezoj por plugado, semado, sarkado, kemiaj metodoj de fekundigo kaj kontraŭinsekta batalo. Bedaŭrinde, la delikata procezo de memrestaŭro de grunda fekundeco tute ne ĉiam povas esti rekompensita per agrikulturaj metodoj, kaj pro tio aperas ofte severaj ekologiaj problemoj.

Do, la ekzemploj klare montras la signifon de "periodo de restaŭriĝo" por interligoj de diversaj elementoj en naturaj kaj antropogenaj landŝaftoj.

En geosistemoj tiu periodo ne estas simpla algebra sumo aŭ aritmetika mezkvanto de periodoj de apartaj komponantoj aŭ procezoj. La periodo de restaŭriĝo de landŝafto estas determinata de ĝia interna strukturo. La ĉefaj ecoj, kiuj determinas ĝin, estas komplikeco de strukturo, stabileco de apartaj elementoj, ekzisto kaj kapacito de energiakumuliloj. Ju pli komplika estas strukturo de landŝafto, aŭ ju pli multe da subsistemoj kaj ligoj inkluzive inversaj kaj ciklaj, estas en ĝi, des pli multas variantoj de ekvilibrigitaj statoj. Ĉe tiuj kondiĉoj la periodo de restaŭriĝo por la tuta landŝafto malpliĝas. Ju pli

stabilaj kontraŭ eksteraj influoj estas elementoj de ekosistemo, des pli granda estas periodo de restaŭriĝo. Iuj subsistemoj tiel forte kontraŭstaras al ŝanĝoj, ke oni povas kompreni ilin, nur esplorante tre antikvajn influojn al ili. Ekz., klare distingeblaj sinusoidaj formoj de reliefo kaj vegetaro, kiujn la aŭtoro vidis en inundejo de meza parto de rivero Don en 1980, ne povas esti klarigataj el nuntempa hidrologia vidpunkto. Ili aperis en fino de XIXa - komenco de XXa jc, kiam tiuloke moviĝadis sub influo de vento sablomontoj altaj kiel 3-etaĝa domo.

La periodon de restaŭriĝo influas ankaŭ kapacito kaj akumulobleco de energio en landŝafto. Ekz., antaŭa pluvo kaŭzis maksimuman humidecon de grundo, kaj mekanika energio de pluvo transformiĝis en erozion de grundo sur deklivo, kun tre kurta periodo de restaŭriĝo. Kaj fine, ju pli malproksima estas ekosistemo de la ekvilibrigita stato, des pli malgranda estas la tempo de restaŭriĝo.

## 6.6.2. PRINCIPO DE MINIMUMO DE DISIPO DE ENERĜIO

Iam oni nomis ĝin principo de ŝparo de energio, aŭ de minimumo de kresko de entropio. Tiu principo unue estis vortumita de L. Onsager. Ĝi povas soni tiel: El multaj eblecoj de okazigo de procezo, kiujn ebligas energetikaj leĝoj, estas elektata nur tiu, kiu garantias minimuman disipon de energio. La sama principo en redakto de N. N. Moiseev <46> sonas jene: Se teorie eblas ekzisto de kelkaj formoj de materio, do reale plej verŝajne ekzistos kaj evoluos tiu el ili, kiu ebligas la plej sukcesan utiligon de ekstera energio.

Ekzemplojn de minimuma perdo de energio ni vidas en formo de falanta guto, ondumanta formo de translokiĝantaj aluvioj, ondoj de akvo surmare kaj de sablo en dezerto, en meandroj de valaj riveroj. Perfektan mekanismon de adaptiĝo montras delfenoj, kies haŭto povas kompensi, per siaj sulkiĝoj kaj distiriĝoj, la kontraŭstaran rapidecon de akva fluo sen fari kirliĝojn kaj do obstaklajn reajn fluojn. Kiam oni provis treni post iuj transportiloj lignan modelon de delfeno kun rapideco de vera delfeno, oni ĉiam fiaskis. Aŭ la ŝnurego de trenŝipo krevadis, aŭ la modelo elsaltadis el la akvo kaj bremsis la transportilon. La vere unikan rapidecon de delfenoj kaŭzis ĝuste ilia energiŝpara adaptiĝo.

Aŭ rigardu ni al verda folio, kiu fiksiĝas al branĉeto per petiolo. Ĝi eĉ uraganan venton povas renkonti rande, tiel ke la vento blovu laŭ la tanĝanto al ĝia surfaco. Tiam forto de influo de ajna ventego al la folio praktike egalas al nulo. Ĉu ne mirinda rimedo minimumigi rezultojn de energiinfluo?!

En ajna konstruaĵo la areo de bazo estas pli granda (ĉe tuboj, turoj) aŭ egala (domoj) al areoj de ajna pli alte situata sekco. Sed aliel estas ĉe naturaj konstruaĵoj - arboj, arbustoj, herboj. Ajna supra sekco, pro disbranĉiĝo kaj abunda foliaro, estas ege pli granda, ol areo de la trunko ĉe tera nivelo. Kaj tamen ili persistas! Ne lasta kialo de tio estas ebleco de folioj percepti la ventan energion laŭ tanĝanto. Kaj kion jam diri pri algoj, kiuj tute evitas potencegajn batojn de maraj ondoj!

Mi opinias, ke la "regulo de neantagonismaj rilatoj", vortumita de E. S. Kulpin <12>, estas aparta kazo de ĝenerala principo de minimuma disipo de energio. Ĉu domino de neantagonismaj rilatoj en evoluo kaj entute en ajna disvolviĝo ne estas adaptiĝo por minimuma disipo de energio? Toleremo, kunigebleco, kunestado, kunamikiĝo, kooperado kaj, fin-fine, kunevoluo - jen rimedoj por malpliigi disipadon de energio.

Naturaj aroj de kunekzistantaj plantoj sur herbejo kaj en arbaro estas pli stabilaj kaj pli vivofortaj, ol artefaritaj aroj de vegetaloj sur agrikulturaj kampoj kaj en artefaritaj arbaroj. Ankaŭ reciproka adaptiĝo de la viva kaj neviva materio en grundo kaj en oceano estas realigoj de la principo de minimuma energidisipado.

En familio kaj en socio moralo subtenas amon, reciprokajn estimojn kaj interhelpon, kaj malaprobos manifestiĝojn de malamo, kiel troan disipadon de energio. Ankaŭ ĉiuj mondaj religioj penis konstrui unuigitan socion de bono (*Kom. T.A.: kvankam ofte per la "plej facila" vojo - neniigo de malbonuloj aŭ ne-ver-kredantoj. Sed ja la plej facila vojo ĝuste kongruas al nia principo! Do, io ne en ordo estas pri la religia ideo mem.*)

En la ekonomiko la principo realigas sin en kompromiso inter laboro kaj kapitalo, kunsolidiĝo de socio por plua evoluo. Kontraŭaj al tiu principo estas "sovaĝa merkato" kun raba konkurenco, kaj klasbatalo. En ĉiuj tempoj militoj postlasis post si ne nur malfeliĉojn kaj ruinojn, sed ankaŭ multegajn nesolvitajn problemojn. (*Kom. T.A.: "La venkintoj estas malfeliĉaj, ĉar venkitoj malamas ilin".*) Sed nun, kiam homo estas terure ekipita por memekstermo (terure en ĉiuj sencoj de la vorto), kiam homaro posedas grandegan energion, konfliktoj des pli devas esti solvataj senmilito. Devas ne nur pro ebleco de multegaj

homviktimoj kaj ruiniĝoj, sed ankaŭ pro deficiito de naturaj resursoj en la mondo; de tiuj resursoj, kiujn freneze neniiĝas ĉiu milito. La paca kunekzisto absolute kongruas kun la principo de minimuma disipo de energio.

*(Kom. T.A: Sed ĉu homaro vere obeas raciajn leĝojn ? La lasta bombardado de Jugoslavio far NATO montris, ke en la mondo nun ekzistas ne ekvilibro de fortoj, sed nur unu kruda forto, kiu ĝuste per forto regas la mondon. Nun ekologiaj organizaĵoj kalkulas la damaĝon, kaŭzitan de tiu milito al Jugoslavio, al Balkanoj, al Danuba regiono. Sed ĉu tio haltos fortulon, se ĝi decidis bombardi ankoraŭ unu landon, kies ekzisto ne plaĉos al ĝi ? Malgraŭ saĝaj pensoj kaj bonaj ideoj, reala historio de homaro iras nun ĝuste al kontraŭa direkto, ol la preskribita de naturaj leĝoj. Verŝajne, ekde nun, ĝis kiam aperos en la mondo nova ekvilibriĝo, ĉiuj konfliktoj estos solvataj nur milite, kaj energio disipiĝos senlime. Ĉu ĝis iu limo? Kie staros tiu limo? Ĉu ĝis ekstermo de parto de homaro aŭ de la tuta ? De la naturo mem ?)*

Kaj fine, pri kunevoluo de homaro kaj de naturo. Ĝi devas okazi surbaze de minimuma elpreno de subteraj energifontoj, racia reguligo de kvanto de loĝantaro kaj de homaj bezonoj, kaj ankaŭ surbaze de nepoluantaj (naturesimilaj) teknologioj.

Evidente, ke el principo de minimuma disipo de energio aperas neceso por la Homaro intelektigi la kulturon. Tiuj socioj, kiuj ne povas forlasi la "teknokratan" vojon de disvolviĝo kaj pli okupiĝi pri animaj aferoj, arto, moralo, - tiuj socioj estas kondamnitaj, frue aŭ malfrue, al deflankiĝo de normala homa vivo kaj do al perejo. La samo koncernas ankaŭ la tutan Homaron.

## GLOSARO

**Bezonoj** - eco de socia komponanto, esprimanta iun mankon, kiu stimulas al aktivado, al agado.

**Celdifino** - unua etapo de sistema analizo, rezulte de kiu okazas difino de la celo de esploro de landŝafto.

**Diskomponado** (de landŝafto) - dismetado de la tuto je ĝiaj integraj partoj; diskomponado povas esti objekta, teritoria aŭ objekta-teritoria.

**Diverĝo** (divergenco)- radia disirado de ecoj de komponantoj, kompleksoj, procedoj kaj landŝaftoj post la sojla punkto de iliaj unudirektaj ŝanĝoj.

**Ekosistemo** (ekologia sistemo) - strukturita, "sekigita", lakona imago de landŝafto, formiĝanta en homa menso kiel ekstera tasko, t.e. interagado de internaj kompleksoj kun la ĉirkaŭo, de entenato (subjekto, "mastro") kun entenanto (objekto, ĉirkaŭo, naturo), dum ambaŭ partoj povas inkluzivi ĉiujn tri grupojn de komponantoj (speciala kazo de neizolita sistemo).

**Entropio** - mezuro de neordigiteco, ĥaoseco, disorganizateco de la sistemo.

**Evoluigo (Disvolvado)** - sinsekva vico de unudirektaj ŝanĝoj de naturaj kaj antropogenaj komponantoj, procezoj kaj tutaj landŝaftoj, organizita de homo, celdirektita kaj, laŭ lia vidpunkto, progresema.

**Evoluo** - sinsekva vico de unudirektaj ŝanĝoj de biotikaj kaj abiotikaj komponantoj, procezoj kaj tutaj naturaj landŝaftoj enkadre de "naturo celkongruo", sen akomodigo de naturo al homaj celoj.

**Geosistemo** (geografia sistemo) - strukturita, "sekigita", lakona imago de landŝafto, formiĝanta en nia menso kiel interna tasko, t.e. interagado de internaj landŝaftaj kompleksoj inter si (speciala kazo de izolita sistemo).

**Kapabloj** (aŭ kulturo) - ecoj kaj atingoj, kiuj ebligas kontentigon de bezonoj de la socio, socia grupo aŭ apartaj individuoj.

**Komplekso** - integra parto de landŝafto aŭ sistemo, inkluzivanta komplikitan aron da teritorioj, objektoj, ecoj.

**Komponanto**- integra parto de landŝafto aŭ sistemo, inkluzivanta materiajn substancojn aŭ substancojn kun specialaj ecoj, kun specifa formo de organizado kaj agregata stato.

**Konturado** - dua etapo de sistema analizo, dum kiu okazas distingo de spacaj, teritoriaj, tempaj aŭ objekta limoj de la sistemo.

**Konverĝo** (konvergenco) - alproksimiĝo, kunigo de sendependaj, sed unudirektaj ecoj de komponantoj, kompleksoj, procedoj kaj landŝaftoj en certa sojla punkto, post ilia ŝanĝo.

**Landŝafto** - reala, multkolora, plensona, "plen-eca" tuteca naturo, antropogena aŭ naturo-antropogena teritoria objekto, karakterizata per homogeneco, inkl. genetika, de la teritorio, de komponantoj kaj de iliaj interligoj (metabolo de substancoj kaj de energio).

**Landŝafto antropogena** - reala landŝafto, en kiu ĉeestas antropogenaj komponantoj aŭ rezultoj de ilia influo.

**Landŝafto natura** - reala landŝafto, en kiu forestas antropogenaj komponantoj aŭ rezultoj de ilia influo.  
**Procezo** - sinsekva ŝanĝo de statoj, aro de ag-eblecoj de komponantoj, kompleksoj, ligoj aŭ de la tuta ekosistemo.

**Procezo diversdirekta** (funkciado) - nedifinitivaj ŝanĝoj, kiuj ne sekvigas radikalan reconstruon de la strukturo de landŝafto aŭ sistemo.

**Procezo unudirekta** (akomodiga, adapta) - po-ŝtupa, ofte malrapida ŝanĝo, kiu komplikigas strukturon de landŝafto aŭ sistemo.

**Sistemeca metodo** - metodo de mensa agado, karakterizata per: a) celkongruo, b) tuteco, c) hierarkieco.

**Sistemo** - strukturita, "sekigita", lakona imago de landŝafto, formiĝanta en homa menso.

**Sistemo izolita** (fermita) - ajna sistemo, kiu ne havas ligojn kun la ĉirkaŭo.

**Sistemo komplika** - sistemo, en kiu ligoj okazas en formo de interŝanĝo de materio kaj energio kaj informo.

**Sistemo neizolita** (malfermita) - ajna sistemo, kiu havas ligojn kun la ĉirkaŭo.

**Sistemo simpla** - sistemo, en kiu ligoj kun la ĉirkaŭo okazas nur en formo de interŝanĝo de materio aŭ energio.

**Sistemo sinergia** - malfermita definitiva sistemo, ene de kiu okazas mem-organizado rezulte de kunhela interŝanĝo de multaj subsistemoj aŭ de divers-ecaj elementoj.

**Tempa komplekso** - invarianta stato de sistemo (vd), konturita per tempaj limoj.

**Teritoria komplekso** - dudimensia teritoria karakterizo de landŝafto, aŭ invarianta stato de sistemo, konturita per teritoriaj limoj.

## BIBLIOGRAFIO

1. Арманд А. Д. «Теория поля и проблемы выделения геосистем» // Количественные методы изучения природы. Вопросы географии. Вып.98. 1975.
2. Арманд А. Д. «Информационные модели природных комплексов». Москва, 1975.
3. «Биоиндикация загрязнённых природных экосистем» Под ред. Р. Шуберта. М, 1988.
4. Волошин М. А. «Путями Каина» Правда, М, 1991.
5. Гвоздецкий Н. А. «Основные проблемы физической географии» М, 1979.
6. Геренчук К. И., Горош И. К., Топчиев А. Г. «Методика определения некоторых параметров морфологической структуры ландшафтов» Известия АН СССР, Сер. География, 1965, № 5.
7. Геренчук К. И., Топчиев А. Г. «Информационный анализ структуры природных комплексов» Известия АН СССР, Сер. География, 1970, с. 38-43.
8. Гюнтер Л. И., Гольдфорб Л. Л. «Метатенки» Стройиздат, М, 1991.
9. Дроздов А. В. «Об изучении массоэнергообмена в ландшафте балансовым методом» Известия АН СССР, Сер. География, 1974, № 1.
10. Дьяконов К. Н. «Методологические проблемы изучения физико-географической дифференциации» // Количественные методы изучения природы. Вопросы географии. Вып.98. 1975.
11. Израэль Ю. А. «Экология и контроль состояния природной среды» М, 1984.
12. Кульпин Э. С. «Путь России» Московский лицей, М, 1995.
13. Легасов В. А., Кузьмин И. И. «Проблемы энергетики» // Природа, 1981, № 2, с. 8-23.
14. «Лик сфинкса» Под ред. Э. С. Кульпина, Московский лицей, М, 1995
15. Макунина Г. С. «Методы полевых физико-географических исследований. Структура и динамика ландшафта» М, 1987.
16. Моисеев Н. Н. «Человек и ноосфера» Молодая Гвардия, М, 1990.
17. Моисеев Н. Н., Александров В. В., Тарко А. М. «Человек и биосфера» М, 1985.
18. Нееф Э. «Теоретические основы ландшафтоведения» М, 1974.
19. «Новые идеи в географии», № 1, М, 1976.
20. Одум Г., Одум Э. «Энергетический базис человека и природы» М, 1976.
21. «Охрана ландшафтов. Толковый словарь» М, 1982.
22. Полонский М. Л. «Геокибернетика» Минск, 1963.
23. Преображенский В. С. «Поиск в географии» М, 1986.
24. Преображенский В. С. «Ландшафтные исследования» М, 1966.
25. Преображенский В. С., Александров Т. Д. «Графические модели геосистем» Известия АН



- СССР, Сер. География, 1977, № 5.
26. Пригожин И, Стенгерс И. «Порядок из хаоса» Прогресс, М, 1986.
  27. Ремерс Н. Ф. «Природопользование» Мысль, М, 1990.
  28. Пузаченко Ю. Г. «Пространственно-временная иерархия геосистем с позиции теории колебаний» Вопросы географии, М, 1986.
  29. Редина А. Е. «Физико-географическое районирование» М, 1973.
  30. Славин В. И. «Современные геологические процессы в Крыму» М, 1985.
  31. Соколов Ю.Н. «Пространственно-временная структура отношений в пойменных ландшафтах» // Методические указания по спецкурсу «Геофизика ландшафтов», Одесса, 1981.
  32. Соколов Ю.Н. «Принцип функционирования пойменного ландшафта» // Сб. работ по гидрологии, Новосибирск, 1984.
  33. Соколов Ю.Н. «Структура ландшафтов» УМК ВО, Киев, 1992.
  34. Скиннер Б. «Хватит ли человечеству земных ресурсов?» М, 1978.
  35. Сочава В. Б. «Введение в учение о геосистемах» Новосибирск, 1978.
  36. Твайделл Дж., Уэйр А. «Возобновляемые источники энергии» Энергоиздат, М, 1990.
  37. Топчиев А. Г. «Пространств. орг. географических комплексов и систем» Киев-Одесса, 1988.
  38. Уёмов А. И. «Вещи, свойства, отношения» М, 1961.
  39. Фромм Э. «Человеческая ситуация» Смысл, М, 1994.
  40. Хакен Г. «Синергетика. Иерархии неустойчивостей в самоорганизующихся системах и устройствах», Мир, М, 1985.
  41. Швобс Г. И. «Методика комплексных физико-географических исследований» //Физическая география и геоморфология. Вып.19. Киев, 1978.
  42. «Энергоактивные здания» (К. П. Селиванов и др.) Стройиздат, М, 1988.