

И. П. ГЕРАСИМОВ
(Москва — СССР)

УПРАВЉАЊЕ АНТРОПОГЕНОМ ТРАНСФОРМАЦИЈОМ ПРИРОДНИХ ЕКОСИСТЕМА

— Основе геосистемског мониторинга —

Термин *мониторинг*, званично постављен почетком седамдесетих година, у односу на околну средину*) (види материјале Штокхолмске конференције ОУН за околну средину, 1972), сада је стекао широку примену. Ипак, садржај овог термина, а тиме и њиме дефинисана деловања нису још довољно одређена. Он се користи у уском и ширем смислу. У првом случају, под овим термином подразумева се само посматрање над стањем околне средине. У другом, ширем, у појам „мониторинг“ укључено је не само „посматрање“, него и контрола и управљање стањем околне средине, тј. овакво или друго усмерено деловање на њу. Вероватно је исправно, да се оваква објашњења мониторинга сматрају само његовим наизменичним етапама: од „посматрања“ према контроли и од последње према завршном „управљању“. У једном од првих међународних материјала о мониторингу, наиме у броштури „Global environment monitoring“, коју је издала SKOPE 1971. године, проблем је управо постављен на изложени начин. У томе, свакако, има одређене логике, јер ограничавање мониторинга само на посматрање даје му пасиван, информационални значај. Истовремено, остваривање свих више наведених етапа мониторинга (све до управљања околном средином) представља веома сложени, разноврсни задатак. Он захтева не само даља прецизирања, него и доследна решења.

Са тог гледишта, неопходно је да се јасно представи, да је општи објект разматраног мониторинга — околна средина — многокомпонентна целина природних појава, подвргнута разноврсним природним динамичким променама и изложена различитом утицају и преображају под упливом човекове активности. Изгледа нам, да извођење чак и систематских посматрања над стањем овог сложеног система,

*) Руски термин „окружающая среда“ не може да се преводи у духу нашег језика као „окружујућа средина“, како то неки чине. Боље је употребити израз „околна средина“, јер термин „животна средина“ има шири значај, док други сматрају да су ови изрази синоними.

а тим више контрола и усмерено управљање њим, изискују рашчлањавање општег задатка на појединачне. Друкчије говорећи, потребна је подела целокупног мониторинга околне средине на поједине његове степене или беоцуге (блокове). Таква подела треба да полази од издвајања — као објект мониторинга — како појединих компонената околне средине, тако и различитих облика антропогенних деловања на њу.

Треба да се призна, да неки од изложених предлога о подели мониторинга не одговара том принципу. Тако, на пример, издвајање геофизичког, геохемијског, физичкогеографског и биолошког мониторинга, будући правилним у методама посматрања, није оријентисано на прет антропогеног мониторинга и његове компоненте. Други из предложених подела — на глобални, регионални и локални мониторинг, потпуно оправдан размерама посматрања, такође не наводи његове објекте.

Још 1975. године ми смо истакли предлог да се у целом систему мониторинга околне средине разликују три главна степена или блока:

1. Биоэколошки или санитарни
2. Геосистемски или привредни
3. Биосферни или глобални.

Систем који смо предложили и његове главне карактеристике изложене су у даљем тексту (види таб. 1). Као што се види из дате шеме његову основу сачињавају различити објекти мониторинга и њима одговарајући показатељи.

Сасвим је природно да се главна пажња и основни напори у развијању разматраног мониторинга сада усмеравају на први биоэколошки или санитарни блок. Како произилази из наше шеме, тај блок је у вези са загађивањем ваздуха, воде, искоришћаваног земљишта, тј. са тим облицима антропогеног деловања на околну средину, који су најраспрострањенији и непосредно штетни за животне активности човска. Баш зато биоэколошки (санитарни) мониторинг практично остварују већ релативно дуго различите осматрачко-контролне службе (санитарно-епидемиолошка, водопривредна, хидрометеоролошка и др.). Он се заснива на већ разрађеним нормативним загађивањем (нпр. МДК*) токсичних материја) и методама; он има веома велико искуство функционисања и огромну сабрану информацију.

Сада у нашој земљи Државни комитет за хидрометеорологију и контролу природне средине изводи велике радове ради даљег развоја мреже осматрачко-контролних станица за загађивање средине, проширивање садржине показатеља, модернизације метода осматрања и обраде информација. Истовремено се развија и научно-истраживачки рад о многим проблемима који обухвата овај блок мониторинга.

*) МДК — максимално дозвољена концентрација (нпр. одребене токсичне материје у води, ваздуху или тлу).

Таб. 1. Систем копненог мониторинга околне средине

Блокови мониторинга		
Биолошки (санитарни)	Геосистемски (водопривредни)	Биосферни
Објекти		
Приземни слој атмосфере Површинске и подземне воде Индустријски, биолошки екстремитети и отпаци Радиоактивна зрачења	Ишчезли видови биљака и животиња Природни екосистеми и водни басени Агросистеми	Атмосфера (тропосфера и озонски екран) Хидросфера Биљни и педолошки покривач
Показатељи		
MDK токсичних материја Физички и биолошки раздраживачи (бука, алергени и др.) Гранични степен радиоактивног зрачења	Функционална структура природних екосистема и њено нарушавање Популационо заостајање биљака и животиња Приноси пољопривредних култура Продуктивност шумских насада	Радиациони биланси Термичко прегревање атмосфере Састав гасова атмосфере и прашина у њој Загађивање већих река и водних басена Водни басени и кружење воде на великим сливовима и континентима Глобалне одлике стања тла, биљног покривача и животињског света Крупноразмерни биланси CO_2 и O_2 условљени фотосинтезом и дисањем биота и моринским седиментима Крупноразмерно кретање материје и остало
Службе и упоришне базе		
Хидрометеоролошка, водопривредна, санитарно-епидемиолошка и др.	Пољопривредне опитне станице и шумска газдинства, природни резервати, научно-истраживачке еколошке станице	Међународне биосферне станице

Разумљиво је да се ова научна истраживања и публиковани материјали не ограничавају проблемима само биоеколошког мониторинга. Да, таквих ограничења може бити, јер сва три горе поменућа блока представљају узајамно повезане саставне делове јединственог система. Због тога у тематици научних истраживања која обухвата први (биоеколошки) блок, треба нарочито издвојити истраживање ових или других биоиндикатора загађивања средине — појединих видова биљака и животиња, које су посебно „осетљиве” према различитим типовима токсичних материја и који истовремено улазе у састав одређених природних екосистема — тј. објект посматрања другог (геосистемског) блока. Још већи повезујући значај између првог и другог блока мониторинга имају истраживања способности самопречишћавања (од загађивача) природних екосистема. Оба правца истраживања (нарочито други) су у суштини предмет другог, геосистемског блока мониторинга, уједно веома неопходни и за први — биоеколошки. Они треба да су важнија научна основа за повећање броја обраде поузданих MDK токсичних материја.

Најважнија одлика научних истраживања стимулисаних задацима биоеколошког блока мониторинга је проучавање функционалне структуре природних екосистема, трофичких и других материјално-енергетских веза између главних компонената (продуцентата, консумената и редуцентата) и њихових антропогених преображаја. На тој основи се разрађују различити модели екосистема.

У оквирима овог рада немогуће је да се пружи преглед резултата радова који се тичу изучавања структуре природних екосистема и о екосистемским моделима. Овде постоји несумњиво позитивно достигнуће методског карактера, мада, због велике сложености структуре природних екосистема, њихове динамичности и регионалних разноврсности, ови радови имају, у основи, још истраживачка обележја. Па ипак, неоспоран је водећи значај баш овог правца научних изучавања у целом систему истраживачких радова другог блока — геосистемског мониторинга. Оно је нарочито важно за стварање нових производних антропогених екосистема трансформацијом природних.

Баш о томе се одлично — укратко и изражајно — изразио у свом последњем објављеном раду „Екологија човека” (1975) прерано умрли велики совјетски еколог — академик *Станислав Семјонович Шварц*. Ево његових речи: „Треба знати да се истини погледа у очи. Цео низ индустријских и пољопривредних подухвата, апсолутно неопходних за прогрес друштва, за обезбеђење благостања људи, објективно онемогућују очување биогеоценозе (природних екосистема) у њиховом првобитном стању. Настојање да се очувају природне заједнице у њиховом првобитном стању по сваку цену осуђено је унапред на неуспех. То значи, да се на основу јасних представа о томе шта је „добра биогеоценоза” треба да обаве радови на стварању биогеоценоза (нообиогеоценоза), које би испуњавале своју планетарну функцију не горе од природних. Знајући како човек мења средину (у неком месту на датом нивоу развоја економије и технике, у датој физичко-географској средини), знајући потребе које поједине врсте изискују од средине, знајући законе њиховог формирања у заједнице

и, најзад, знајући законе којима се одређује продуктивност и стабилност заједница и шта одређује ефективност и стабилност њиховог самопречишћавања, еколог може да разради генералну шему развоја успешних биогеоценоза у урбанизованој средини. Таква шема може да се реализује само у комплексу мера за индустријско освајање краја; њена реализација треба да се разматра као непроменљива компонента остваривања друштвеног плана развоја земље”.

Међутим, поставља се питање: каквим особинама и карактеристикама треба да располажу унапред моделисани „добри” или „успешни” антропогени екосистеми (биогеоценозе), које је човек створио и који су позвани да замене „првобитну” природну средину. Академик С. С. Шварц одговара прецизно у свом раду на ово питање. Ево тог одговора:

„Добра” биогеоценоза треба да одговара следећим главним захтевима:

1. Производња (биомаса) свих главних карика њихових трофичких ланаца мора да буде висока... То обезбеђује синтеза велике количине кисеоника и продуката животињског и биљног порекла.

2. Високој производњи одговара висока продуктивност. Производ „продуктивности са биомасом” је максималан. То ствара предуслове за брзу компензацију могућих губитака биомасе на појединим трофичким нивоима због случајних или закономерних спољних утицаја.

3. Структура система у целини и разноврсност појединих трофичких нивоа обезбеђују високу стабилност биогеоценозе у широком опсегу спољних услова... Одржавање биоценозе у стању динамичке равнотеже обезбеђује стање хомеостазе неживих компонената биогеоценозе, међу којима су хидролошки режим територије и гасни састав атмосфере. Екосистем поседује виши степен „сметњи стабилности” (руски „помехоустойчивости”).

4. Размена материје и енергије протичу великом брзином. Процеси редукције обезбеђују ангажовање у биогеоценолошком кружењу све произведене биомасе у току мањег броја годишњих циклуса. То обезбеђује максималну брзину самопречишћавања система.

5. Виши степен продуктивности и стабилности екосистема праћен је вишом „резервном активношћу” — способношћу за брзу реорганизацију структуре заједнице и брзим еволуционим преображајем популација доминирајућим врстама при усмереној промени спољне средине. То осигурава одржавање биогеоценозе у оптималном стању при променама услова средине”.

Све горе речено може овако да се резимира. Главна сврха геосистемског мониторинга треба да буде осматрање, контрола и управљање антропогеном трансформацијом природних екосистема, усмерена на формирање високо продуктивних постојаних и резервно-активних културних геосистема. Због тога практична активност, тј. остваривање геосистемског мониторинга, треба да се заснива на одговарајућој научној теорији стварања (моделисања) сличних екосистема, чији су главни путокази одређени у више наведеним речима С.

С. Шварца. Ипак, то су само „путокази”, а никако још те фундаменталне основе, на којима треба да се ослања геосистемски мониторинг. Према томе, задатак се састоји у даљем развоју одговарајућих научних истраживања.

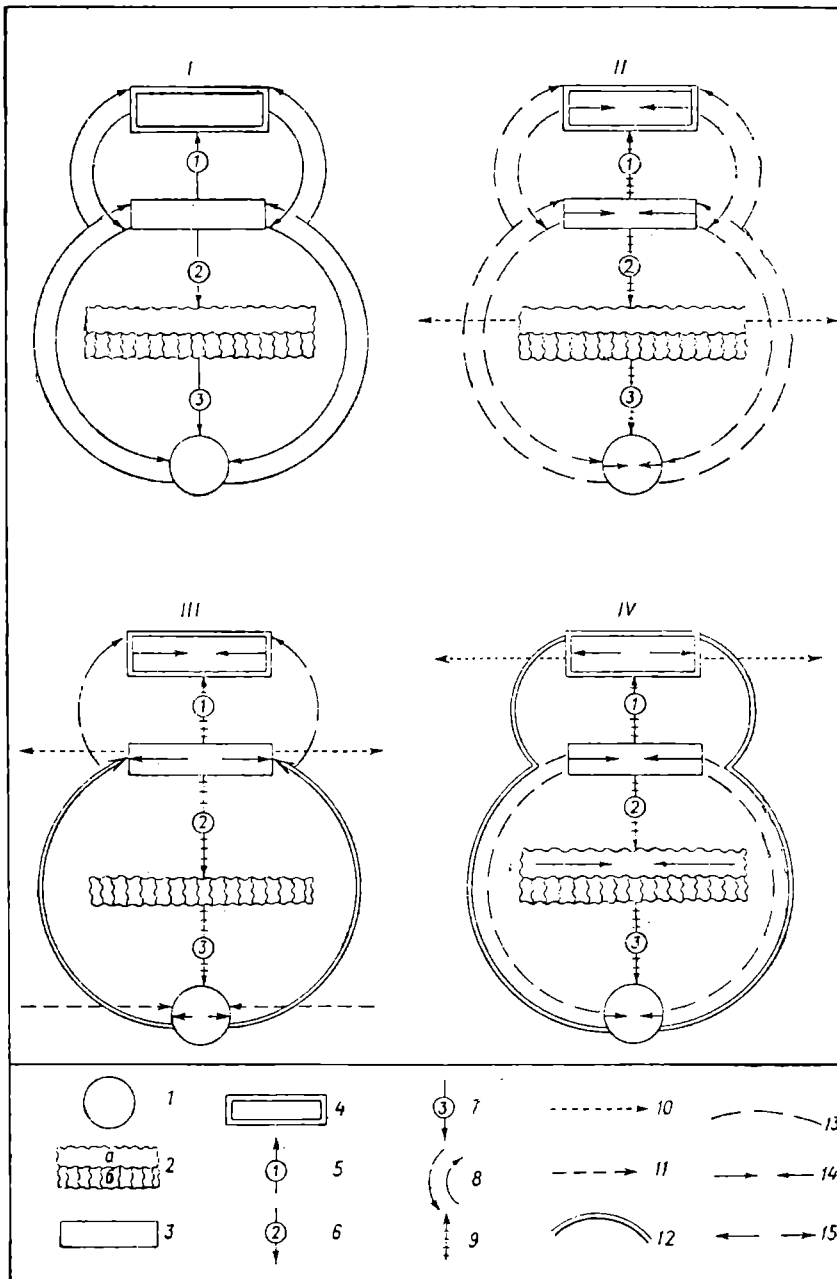
Сматрам да већ постоји опсежна, мада у основи емпиричка база за таква истраживања. Јер, у суштини говорећи цело огромно искуство агрономије и земљорадње, шумарства и шумске привреде, састоји се, пре свега, у повећавању биолошке продуктивности пољопривредних усева, култивисаних ливада и пошумљавања. При томе, најважнија претпоставка за стварање сличних агро- и шумских система су разрађени и примењивани у пракси различити начини повећања продуктивности крмних и шумских природних екосистема ефикасним искоришћавањем пашњака и сенокоса, рационалном сечом шума и бригом за њеним обнављањем. Дати анализу тог целог опширног искуства са теоријских позиција геосистемског мониторинга је примарни и захвалан задатак. Он је неопходан макар и стога што баш пољопривредне експерименталне станице и шумска газдинства практично могу и треба да буду главне и ослоне базе (станице) геосистемског привредног мониторинга (види таб. 1).

Не мање значајну улогу требало би да имају на том послу и природни резервати. Осим овде наведеног системског посматрања стања природних екосистема („летопис природе”), њихова улога требало би да буде особито репрезентативна или еталонска. Друкчије говорећи, најважнија сврха научних истраживања у природним резерватима, неопходна за остварење геосистемског мониторинга, треба да буде успостављање базних еталонских регионалних типова (модела) природних екосистема, који се у датом реону трансформишу у антропогене. Упоредивање таквих еталона, пре свега у односу на биолошку продуктивност са различитим антропогеним дериватима, треба да буде основни метод одређивања савршенства геосистема које је створио човек.

Истраживачки научни радови у том правцу давно су започети у Географском институту Академије наука СССР. Упоредним проучавањем продукционих процеса и његових фактора на травним лединама у степи, дубрави и житарицама уочена је већ 1966. године велика способност према искоришћавању топлоте и влаге ради остварења биолошке продукције степских ледина у поређењу са усевиима житарица (И. П. Герасимов, 1966). Касније је ова поставка била потврђена и разрађена (види Зборник „Биота основних геосистема Централне шумостепе”, 1976). Одређени удео у том правцу научних радова дају аналогним радовима Географски институт Сибира и Далеког Истока и Тихоокеански географски институт.

Уопште, може да се каже, да се горе окарактерисаним истраживачким радовима научних пољских станица и стационара Географског института изводе управо таква испитивања, која су постала неопходна за развој опште теорије геосистемског мониторинга. Ипак, треба да се напомене, што у корист такве теорије раде и радиле су такође многе друге научно-истраживачке станице еколошког профила (биогеоценолошке, геоботаничке, педолошке и др.). На тај начин,

потпуно је оправдано укључивање свих таквих научно-истраживачких организација у број служби и упоришних база геосистемског мониторинга (види таб. 1).



Ск. 1.

Ипак, нема сумње о томе да ће разрада потпуне опште теорије о управљању антропогеном трансформацијом природних екосистема и систематског конструисања „успешних“ екосистема изискивати још много времена. А оно не чека. Управо због тога је очигледна потреба у разрађивању упрошћених и апроксимативних прилаза према таквој теорији, који већ сада могу да се користе у развоју геосистемског мониторинга.

Са тог становишта, по нашем мишљењу, заслужује пажњу онај прилаз, који смо истакли (заједно са Ју. А. Исаковим и Д. В. Панфиловим) 1972. године у чланку „Унутрашње кружење материје у главним типовима природних екосистема на територији СССР“. На основу таквог прилаза била је разрађена представа о функционалној структури природних екосистема и њеној антропогеној трансформацији. Основна шема наших предлога представљена је на ск. 1. Како се из ње види, као полазни (еталонски) модел у њој прихваћен је модел климатског (уравнотеженог) природног екосистема (ск. 1, I) са следећим карактеристикама:

1. Укупна количина минералних материја, увучених у биолошки циклус (мобилни биогени);
2. Укупна биолошка маса природног екосистема и резерва минералних материја у њој са поделом на а) надземну, б) подземну;
3. Примарна биолошка продукција (годишња);
4. Секундарна биолошка продукција (годишња);
5. Избалансирана биолошка продукција изражена односом између примарне и секундарне продукције (годишње);
6. Брзина образовања биолошке продукције (2), изражене односом између примарне годишње продукције и укупне биомасе екосистема;
7. Интензитет кружења материје (3), изражен односом између укупне резерве минералних материја у биомаси и количине биогена.

Није тешко да се запази, да низ горе побројаних карактеристика екосистема у потпуности одговара оним критеријумима „оптималности“ антропогене трансформације о којима је говорио С. С. Шварц. Тако карактеристика укупне биолошке масе, брзине њеног образовања и избалансираности карактеришу општи ниво продуктивности и производ продуктивности са биомасом, а такође и њену постојаност; интензитет кружења материје — брзине самопречишћавања и резервне активности „добрих“ или „успешних“ екосистема итд. На тај начин, систем конкретних карактеристика, који смо предложили, као да конкретизује опште теоријске поставке које је изложио С. С. Шварц.

Полукружним стрелицама (8) приказан је на шеми правац тока биогених материја у екосистему. Ако се ставе одређени квантитативни подаци, својствени различитим типовима климакских природних екосистема у све те показатеље, онда добијамо упрошћени нумерички модел одређеног еталонског екосистема са којим могу да се пореде његови антропогени деривати. Очигледно је да ће антро-

погени утицаји у дериватима екосистема бити испољени овим или другим нарушавањима (деформацијама) више набројаних параметара еталонског екосистема. Ове деформације могу да доведу до следећих последица.

10. Интензивно нарушавање карактеристика — № 5, 6 и 7;
11. Знатним искључењем из токова материје (скраћено № 8);
13. Укупном слабљењу токова материје (смањењу № 8);
14. Великом смањивању — № 1, 2, 3 и 4;
15. Великом повећању — № 1, 2, 3 и 4.

На слици су приказане принципијелне шеме горе наведених нарушавања за моделе које човек користи у шумском геосистему (без пошумљавања (II), за геосистеме коришћене у земљорадњи (III) и пашњачком сточарству (IV)). Размотримо укратко ове моделне шеме.

Како се види из шеме за шуме (II), ми узимамо из природног еталонског геосистема ову или ону количину укупне биолошке масе (дрвна маса). Тиме нарушавамо (умањујемо), пре свега, запремину (интензитет) природног кружења материја. То води слабљењу биогених циклуса, који обезбеђују природни годишњи ниво примарне и секундарне биолошке продукције, што има за последицу њихово умањавање, а тиме и нарушавање њене природне уравнотежености и брзине формирања. Све се то одмах испољава у нарушавањима која могу и треба да буду изражена у квантитативним карактеристикама оних функционалних показатеља, о којима је већ било речи. У зависности од конкретних запремина таквог изузимања степен нарушавања еколошке равнотеже (а тиме и промена функционалних показатеља) у шумском геосистему може да буде различита, све до њеног потпуног уништавања (образовање шумске пустиши).

Моделна шема (III) показује нарушавање природног еталонског екосистема у условима земљорадње. Овде ми пре свега уништавамо сву надземну биолошку масу природног екосистема, а затим чинимо изузимање знатног дела примарне годишње биолошке продукције. Прво из тих дејстава нарушава интензитет (запремину) циклуса биогених материја, која је, ипак већа него што се надокнађује уношењем хранљивих материја (ђубриво и др.). На тај начин обезбеђује се увећање примарне биолошке продукције (летине). Ипак, свакогодишња велика одстрањења ове продукције изазивају умањивање секундарне биолошке продуктивности и слабљење (ликвидацију) повратка материја у биогени циклус. Као резултат свих тих промена нарушава се како природна уравнотеженост биолошке продукције, тако и брзина (запремина) образовања (обнове) њене укупне масе. У зависности од запреmine уништене надземне преостале биолошке продукције, размера одстрањења свакогодишње примарне продукције и вештачког увећања биогених материја, степен нарушавања еколошке равнотеже у природном геосистему, који се користи за земљорадњу, може да буде различит.

На моделној шеми (IV) приказано је нарушавање природног екосистема у условима сточарства (пашњачког). Овде из природног екосистема одстрањујемо неку количину секундарне биолошке продук-

ције. Истовремено настојимо да вештачки повећамо ту продукцију, што доводи до појачања биолошког кружења материја у одређеним карикама (за рачун других) и изазива смањивање (дигресија пашњака), како примарне, тако и укупне биолошке продукције. Све то доводи до нарушавања природне еколошке равнотеже у екосистемима који се користе за сточарство; оно се испољава у различитим квантитативним структурно-функционалним показатељима.

По нашем мишљењу је потпуно могуће да се практично користи горе изложени приступ ради откривања конкретних степена антропогене трансформације природног еталонског екосистема у различитим условима његовог привредног искоришћавања. У општој научној географској и биолошкој литератури и, нарочито, у научно-практичним материјалима о земљорадњи, сточарству и шумарству, наћи ћемо неопходне полазне податке за ту сврху. При томе није тешко да се предвиде резултати сличног рада. Несумњиво је да ће се испољити веома разнолике последице извршене антропогене трансформације природних екосистема, који ће са гледишта стварања „добрих” или „лоших” геосистема бити врло различитих вредности. Међутим, ако изаберемо за даљу анализу само најпродуктивније и најстабилније („активно-резервне”) екосистеме, онда и тада, изложеном геосистемском приступу треба додати техничко-економску процену оних антропогених утицаја који су одредили оптимални (максимални) резултат. Али, таква процена излази већ из оквира горе изложених метода геосистемског мониторинга, мада је и она неопходна за економско управљање антропогеном трансформацијом.

Москва, април 1979.

(Са пишчевог, руског оригинала превео Д. Дукић.)

R é s u m é

I. P. GERASIMOV

CONDUITE DE LA TRANSFORMATION ANTHROPOGÈNE DES ÉCOSYSTÈMES NATURELS

— Fondements du monitoring des géosystèmes —

Le terme de *monitoring* est employé au sens étroit et au sens plus large. Dans le premier cas il se rapporte à l'observation de la condition du milieu environnant et dans le second au contrôle et à la conduite de sa condition, c. à d. par l'action dirigée, exercée sur lui.

Dans le système entier de monitoring du milieu environnant l'auteur distingue trois étapes ou blocs, à savoir:

1. Bioécologique ou sanitaire, 2. de géosystèmes ou économique et 3. de biosphère ou global, dont les objets de l'étude, les indices établis et le service et les bases d'appui sont représentés sur le Tab. 1.

L'objectif principal du monitoring des géosystèmes doit être l'observation, le contrôle et la conduite de la transformation anthropogène des écosystèmes naturels, orientés vers la formation des géosystèmes hautement productifs, stables et actifs au point de vue des réserves. Pour cette raison l'activité pratique, c. à d. la réalisation du monitoring des géosystèmes doit être basée sur la théorie scientifique similaires. Les travaux de recherche dans cette direction ont été inaugurés par l'Institut de Géographie de l'Académie des Sciences de l'URSS en 1966 déjà, mais ils exigent encore assez de temps. C'est pourquoi il faut travailler à l'élaboration des abords simplifiés et approximatifs de cette théorie qui dès à présent peuvent être utilisés dans le développement du monitoring des géosystèmes.

L'auteur (en commun avec Ju. A. Isaakov et D. V. Panfilov) a élaboré un tel abord, en 1972, dans l'article »Circulation intérieure de la matière dans les principaux types d'écosystèmes naturels et de sa transformation anthropogène. Le schéma fondamental de la proposition de l'auteur est représenté par la Fig. 1.

Comme modèle de départ (d'étalon) a été adopté le modèle de l'écosystème naturel de culmination (pondéré) (Fig. 1, I) avec une série de caractéristiques biologiques. Les influences anthropogènes provoquent les perturbations des paramètres de l'écosystème d'étalon, lesquelles sont différentes dans le géosystème de forêts où l'on n'a pas effectué le reboisement (Fig. 1, II) pour les géosystèmes utilisés dans l'agriculture (Fig. 1, III) et dans l'élevage des pâturages (Fig. 1, IV). L'auteur considère en détail les schémas de modèles et les perturbations anthropogènes dans ceux-ci, pour en déduire quels écosystèmes peuvent être transformés en écosystèmes les plus productifs et les plus stables.

ИЗДАВАЧКА КУПНИЦА