

Създаване на формални модели, симулиращи поведението на растителни съобщества, за мониторинг и прогноза на измененията на околната среда





За извършването на подобни екотоксикологични оценки е необходимо:

- наличие на добра теоритична база относно структурните и функционалните показатели на екосистемите, на основата на която да бъдат класифицирани основните екологични типове биоценози, биотопи, хабитати и екосистеми;
- ясни методични постановки;
- определяне на оптималния набор от екосистемни показатели, необходим за оценка на състоянието на екосистемите;
- използването на нови иновационни методични подходи на основата на приложната математика и информационните технологии.

Днес особено е необходимо знанията за структурата и функционирането на екосистемите да бъдат преосмислени и обобщени със средствата на информационните технологии.

- Огромен поток данни, получаван чрез съвременните средства за наблюдение на природните и културните екосистеми;
- Натрупан запас от знания;
- Нови информационни технологии;
- Глобализиране на екологичното познани;
- Екологично управление за устойчиво развитие на биосферата.

Възниква остра необходимост от:

- развитие на бази екологични данни;
- практическо използване на натрупаната екологична информация за моделиране, дешифриране и прогнозиране на ефектите от съществуващите регионални и глобални геополитики;
- бърза диагностика на уврежданията на екосистемно ниво за ограничаване или спиране на негативните ефекти.

Теоретични постановки

Среда – екосистеми

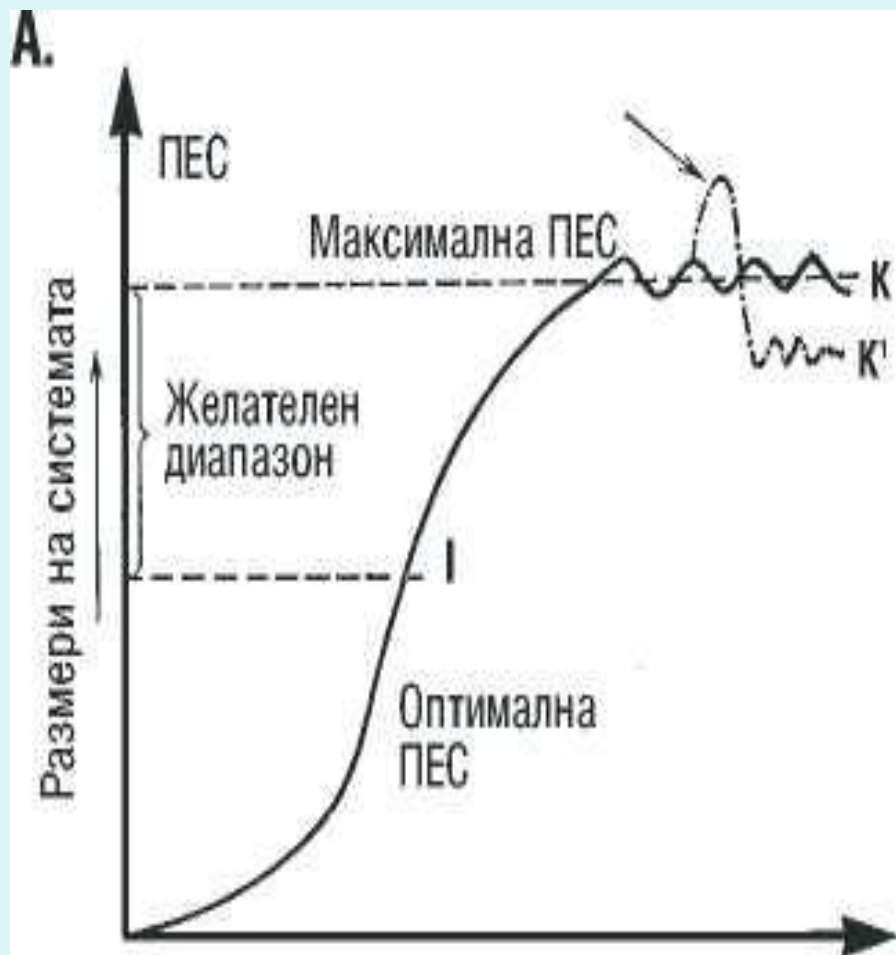
- Запасите на биогенни елементи в средата са *непостоянни във времето*.

Свързването им в биомасата води до намаляване на количеството им в биотопа. Връщането им в биотопа и възможността да постъпят отново в биомасата зависи от активността на редуцентите.

- Запасите на биогенни елементи са *непостоянни и в пространството*.

Биоценозите се характеризират с различна интензивност на биологичното поглъщане и различна активност на блока на редуцентите. Екосистемите са в различна степен отворени системи - с различна величина на постъпване и загуба на химични елементи.

Концепция за поддържащата емкост на средата (ПЕС)

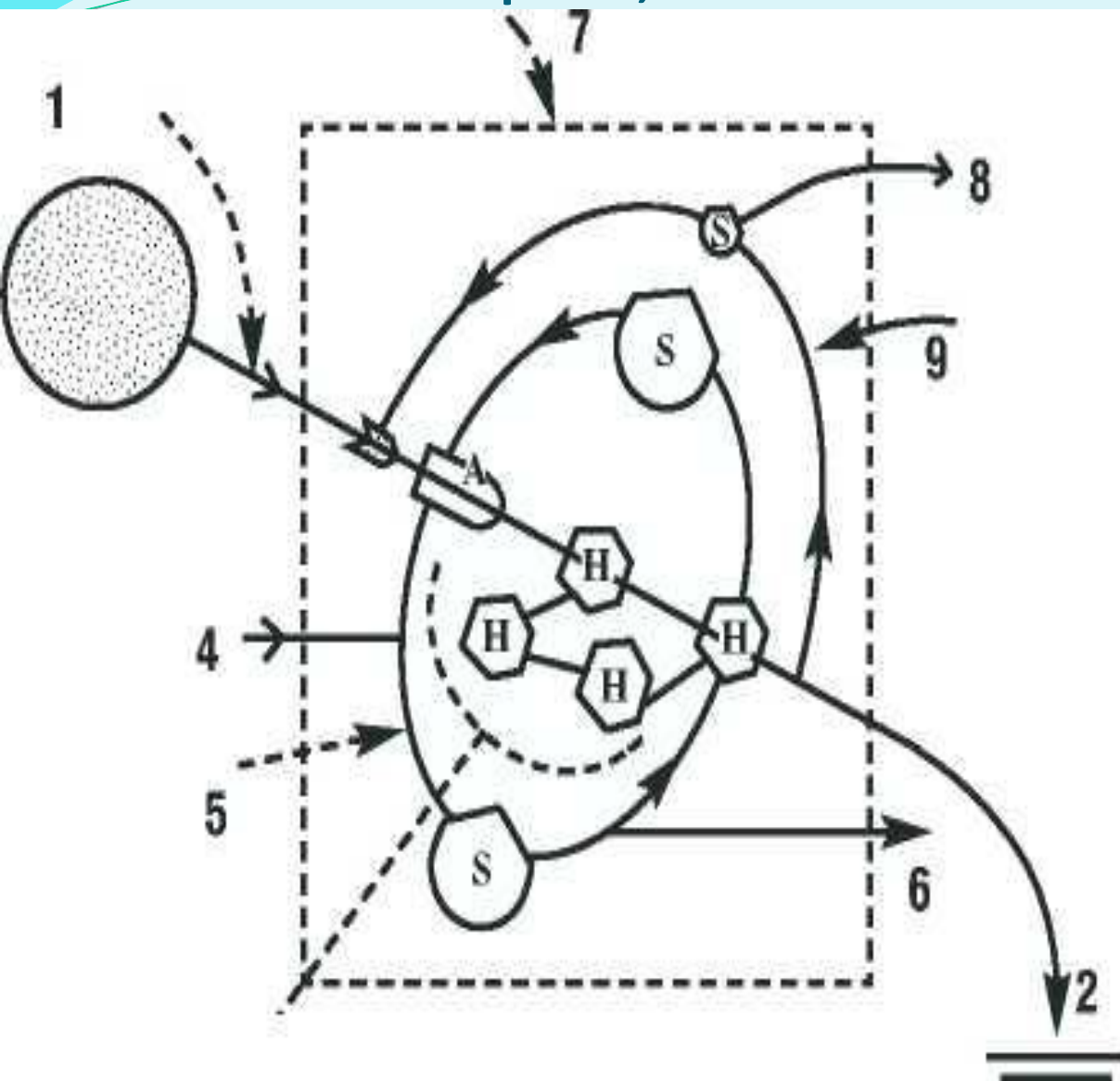


- Максимална поддържаща емкост на средата – т. К
Количеството биомаса, което може да се поддържа от средата при наличие на равновесие среда биологична система.
- Максималното увеличаване размерите на системата – т. I
От системата може да се иземе максимално количество биомаса, без да се наруши цялостта ѝ.
- Желателен (безопасен) диапазон - диапазон на ПЕС
Интервалът между т.К и т. I.
- К₁ – производно неустойчиво ниво при превишаване на ПЕС

Според съвременните схващания екосистемите са макробиологични системи със сложна структура, при което благодарение на съществуващите функционални връзки между двете основни подсистеми и между формиращите ги основни елементи се осъществява:

- *определен тип на кръговрата на веществата (по капацитет, химизъм, интензивност и по степен на затвореност);*
 - *фиксиране и предаване на определено количество енергия;*
 - *вътрешната саморегулация на системата (саморегулиращ се хомеостазис) на основата на множество нискоенергийни, главно отрицателни обратни връзки;*
 - *динамиката и устойчивото съществуване;*
 - *изменението и развитието на системата.*
- Екосистемите са динамични и изменящи се биосистеми.*

Компоненти и процеси, обуславящи функционирането на екосистемите - фиг. 2, 3

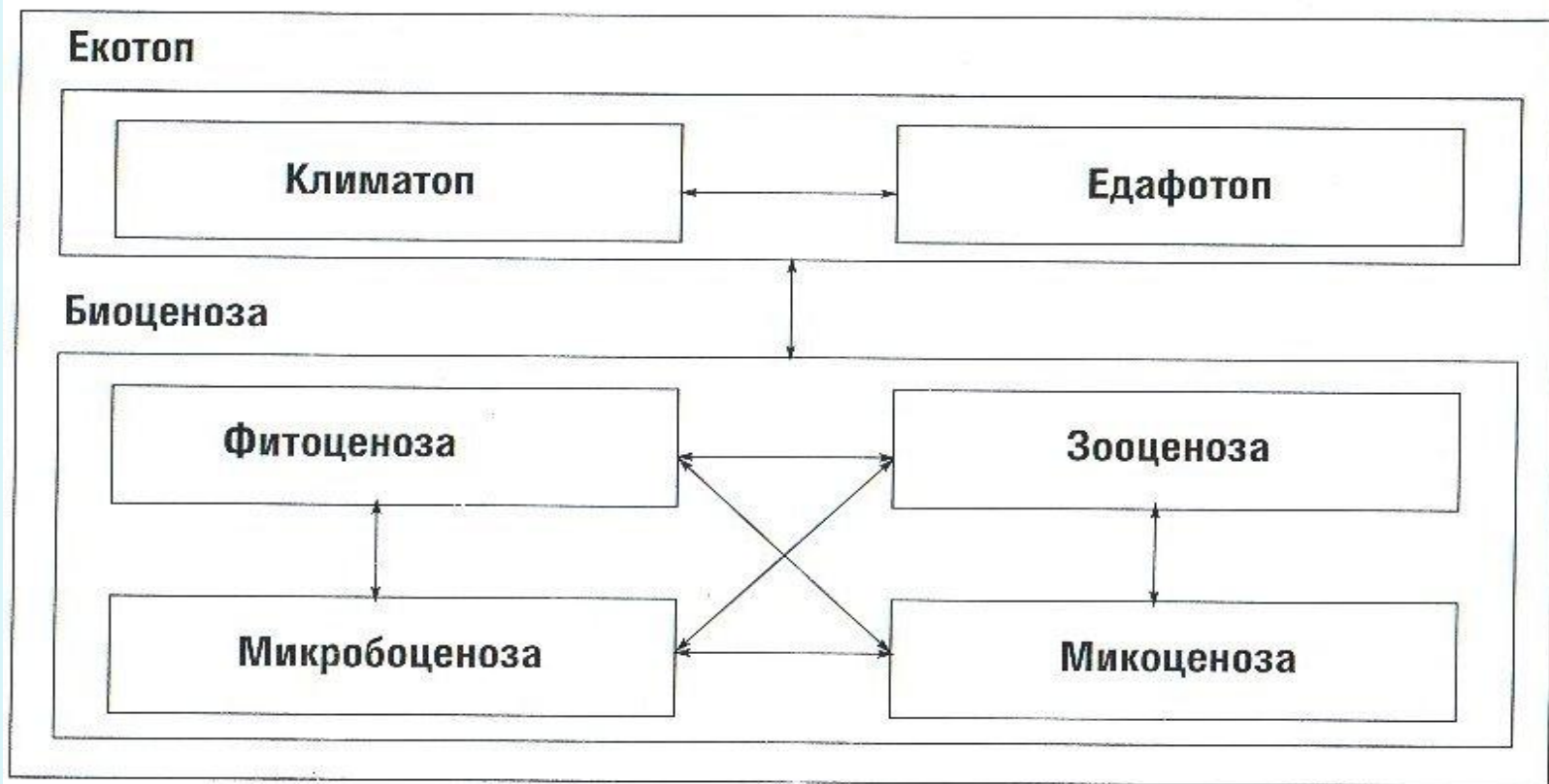


Фиг.2. Функционална схема на екосистемата (Одум, 1986)

Легенда

1. Енергиен поток
2. Топлинен отток
3. Биоценоза
4. Биологичен кръговрат
5. Импорт на организми и вещества
6. Експорт на организми и вещества
7. Импорт на запасни вещества и енергия
8. Експорт на запасни вещества и енергия
9. Обратна регулираща функционирането връзка

Фиг. 3. Структурна схема на екосистемата





Биологичният кръговрат е основна функция на екосистемите и се осъществява чрез протичането на три основни групи процеси:

- процеси на синтез на органични и органоминерални съединения и вещества от неорганични;
- процеси на трансформация и ресинтез на органични и органоминерални съединения и вещества;
- процеси на разлагане на органичните вещества до прости неорганични и отделянето им в средата.



Основните черти на кръговрата са:

- степен на отвореност;

Постъпването на елементи в екосистемите е чрез: валежите, атмосферната прах, биотичната имиграция, атмосферната и биологичната фиксация, изветрянето на субстрата, освобождаването от дънни утайки, притока на вода от водосборната площ и замърсяването.

Загубата на елементи от съобществата е чрез износа с оттичащата се вода, освобождаването в атмосферата, биотичната емиграция, ветровото издухване, включването в постоянните дънни утайки, изземването от човека.

• капацитет или емкост;

Количеството елементи, които се включват в биомасата за една година чрез първичната продукция и химичния състав главно на доминиращите видове растения.

Различават се следните степени на емкост на биологичния кръговрат:

- много малка емкост ($0,05 - 0,1 \text{ t.ha}^{-1}.\text{y}^{-1}$);
- малка емкост ($0,11 - 0,25 \text{ t.ha}^{-1}.\text{y}^{-1}$);
- средна емкост ($0,26 - 0,8 \text{ t.ha}^{-1}.\text{y}^{-1}$);
- голяма емкост ($0,81-5 \text{ t.ha}^{-1}.\text{y}^{-1}$);
- много голяма емкост (над $5 \text{ t.ha}^{-1}.\text{y}^{-1}$).

Коефициент на биологично поглъщане (Biological Absorbption coefficient)

Характеризира приемането на вещества от средата

$$BAC = A_x / p_x,$$

A_x - съдържание на химичните елементи в биомасата;

p_x - съдържанието на химичните елементи в средата.

При изчисляване на BAC на макроелементите е по-целесъобразно p_x да отразява кларковете на елементите (K) в средата – средно съдържание в природния компонент.

Поглъщането на макроелементите се определя предимно от таксономичната принадлежност на вида, а не от съдържанието му в конкретната почва или водна среда.

• Интензивност на биологичния кръговрат

- Интензивността на биологичния кръговрат може приблизително да се оцени чрез Опадо - постилъчния коефициент (Litter – mulch Coefficient, α).

$$\alpha = T_m / T_l$$

T_m е теглото на постилката или тегло на съдържащите се в нея отделни химични елементи;

T_l - теглото на годишния опад или съдържащите се в него отделни химични елементи (по Воробьов, 1967).

- На основата на α е изработена скала за интензивността на кръговрата на веществата в екосистемите, според която съществуват пет основни типа кръговрат по интензивност в наземните съобщества (табл. 1).

**Таблица 1. Интензивност на биологичния кръговрат
(Н.И. Базилевич & Л. Е. Родин, 1971)**

Тип на кръговрата	<i>a</i>	Бал на интензивност
Застоял	> 50 21-50	2
Силно затормозен	16-20 11-15 6-10	3 4 5
Затормозен	1,6-5	6
Интензивен	0,8-1,5 0,3-0,7	7 8
Доста интензивен	0,2-0,1 под 0,19	10

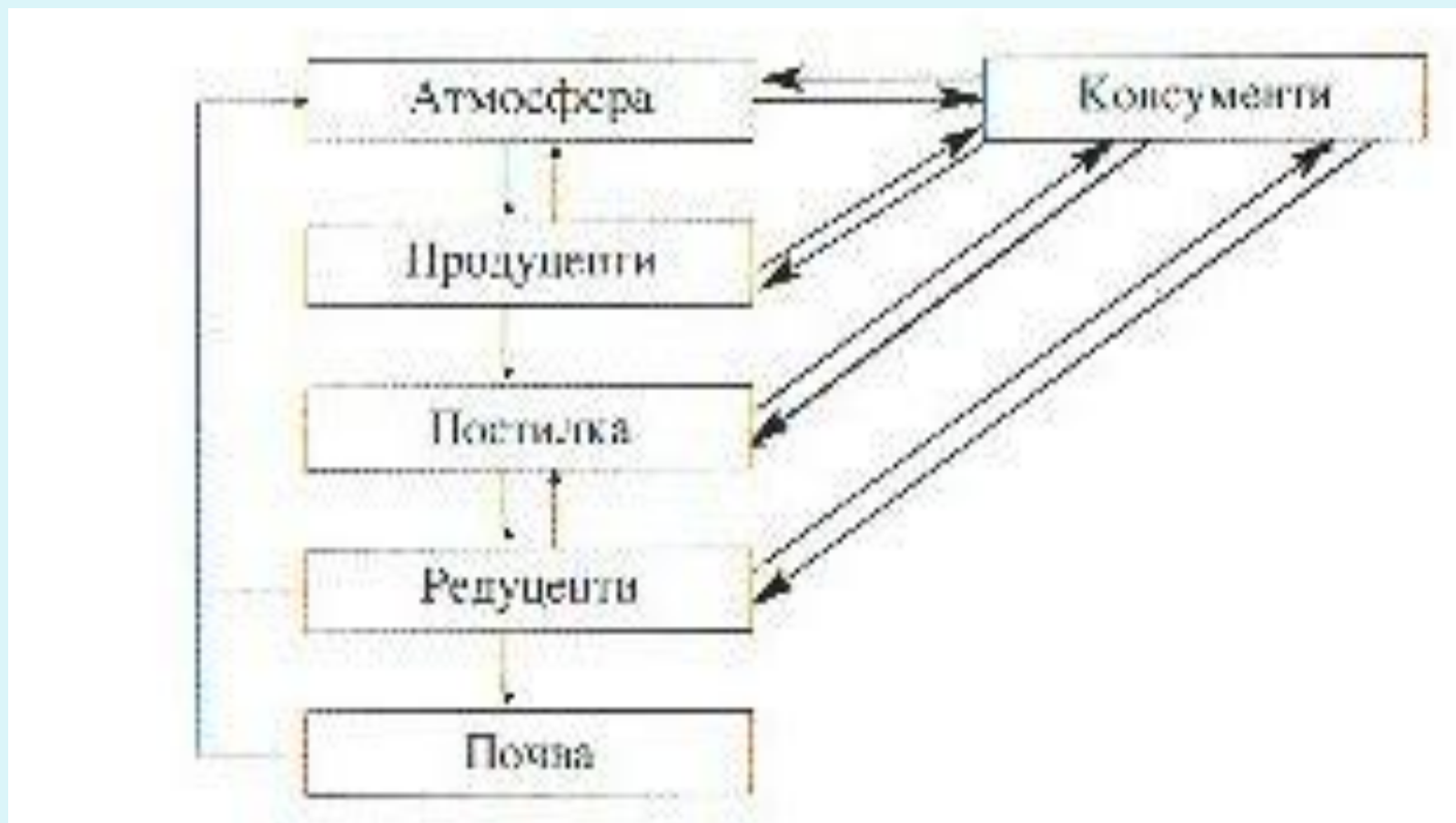
• Химизъм на биологичния кръговрат

Химизмът на биологичния кръговрат зависи главно от химичния състав и количеството на първичната продукция.

Типовете химизъм

- **азотен тип** - характерен за тундра, лесотундра, иглолистни гори, влажни субтропични гори и пустини. Съпътстващи елементи са K, Ca, Mg, C₁ и Na;
- **калциев тип** - характерен за широколистни горски екосистеми. Съпътстващи елементи са: K, C₁, Na;
- **силициев тип** - характерен е за степни екосистеми и влажни тропични съобщества. Съпътстващи елементи са N и C₁;
- **хлорен тип** - характерен за някои пустинни съобщества с едификатори сукулентни видове. Съпътстващ елемент е Na.

Фиг. 4. Схема на обособяване на блокове и субблокове при изследването на интензивността на биологичния кръговрат в наземни съобщества



Потокът на енергия е движеща сила на биологичния кръговрат.

Потокът на енергия в екосистемите създава определена трофична структура.

Източникът и качеството на достъпната енергия в една или друга степен определят характера на екосистемите:

- видовия състав и числеността на формиращите популациите биоценози;
- характера на протичащите функционални процеси;
- развитието на екосистемите и съществуването на човешкото общество.

Енергията е движеща сила за всички екосистеми - природни и създадени от човека и трябва да се приеме за основа на първичната им класификация.

Фиг. 5. Схема на трофична мрежа за наземни биоценози (Bigon et al., 2000)

РОВ - разтворено органично вещество;

ДОВ - диспергирано органично вещество;

ФФГ - фитофаги гръбначни;

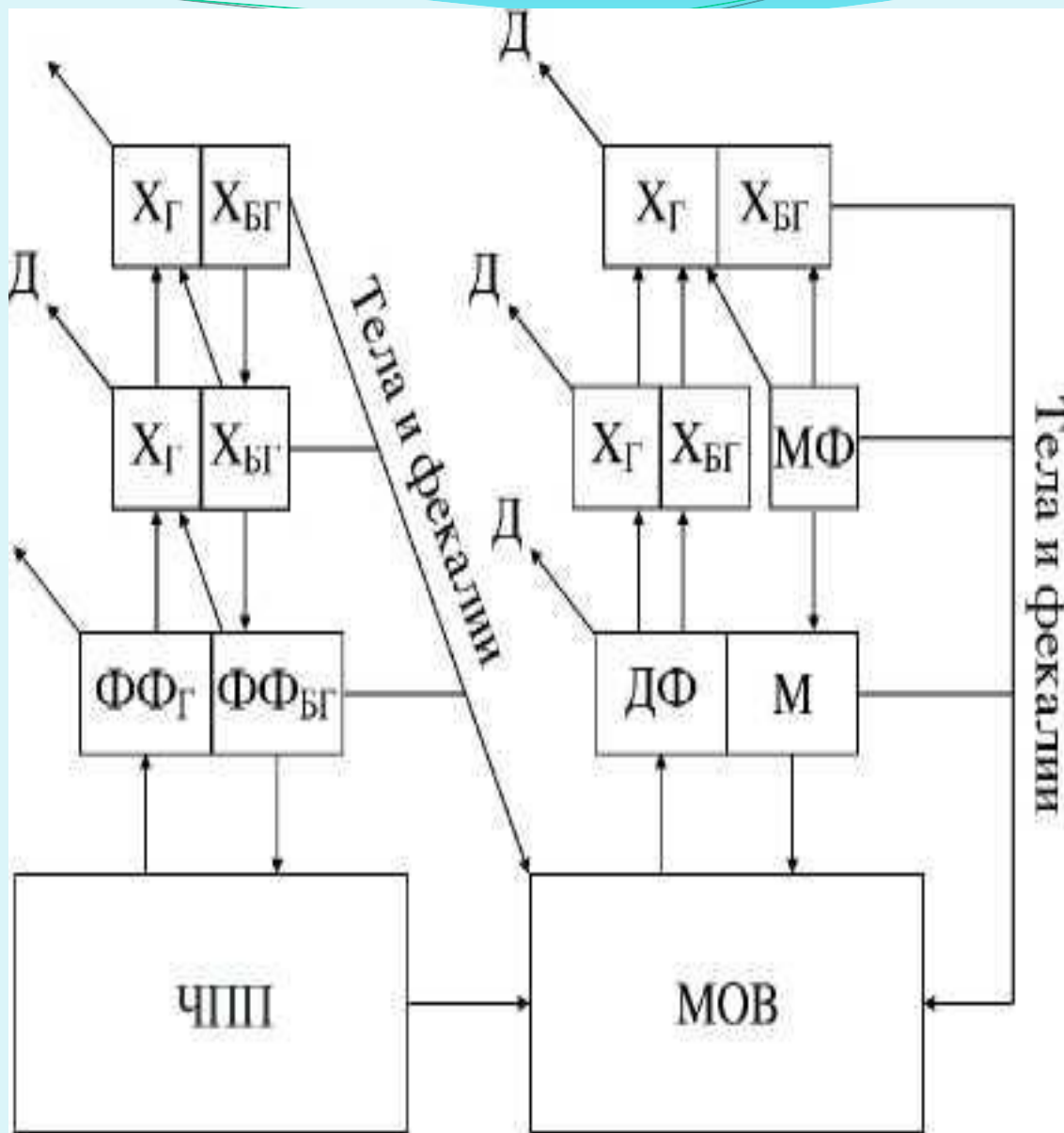
ФФБГ - фитофаги безгръбначни; **ХГ** - хищници гръбначни;

ХБГ - хищници безгръбначни; **БГ** - безгръбначни;

М - микроорганизми;

ДФ - детритофаги;

МФ - фаги на микроорганизмите.





Биологичните системи функционират съгласно 2-та термодинамични закони.

Биосистемите са отворени, неравновесни термодинамични системи, постоянно обменящи с външната среда енергия и вещества, намалявайки ентропията вътре в себе си и увеличавайки я около себе си в съгласие със законите на термодинамиката.

Основна термодинамична характеристика на всички биосистеми е способността им да създават и поддържат висока степен на вътрешен порядък (състояние с ниска ентропия). Това се постига чрез постоянно и ефективно разсейване на лесно използваемата енергия (слънчева или включената в храната) в трудно използвана (топлинна) чрез дишането на биосистемите.

При протичането на енергията тя експоненциално намалява като голяма част от нея деградира и се разсейва като топлина.

Фиг. 6.

Универсален модел на преминаващата през биосистемите енергия

I_{n-1} – Достъпна енергия

I_n – Постъпваща енергия

A_n – Асимилирана енергия

P_n – Включена в

продукцията енергия

G_n – Включена в прираста на биомасата енергия

R_n – Дишане

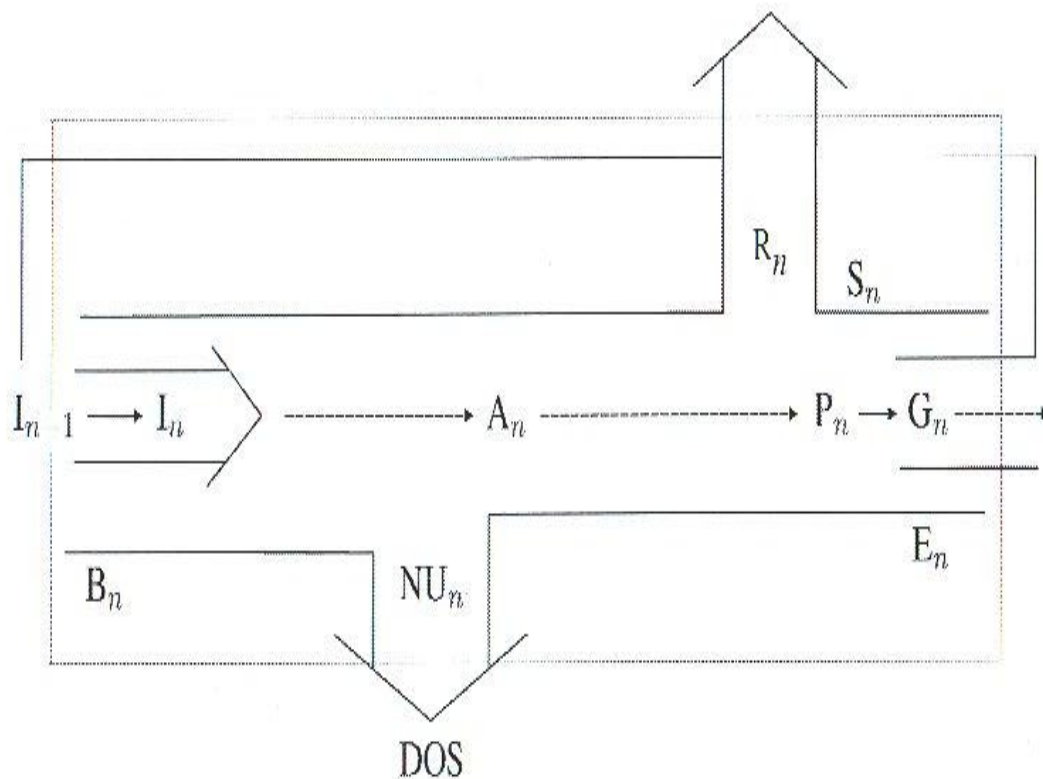
B_n – Биомаса

NU_n – Отделяна енергия с отпадните продукти

S_n – Натрупана резервна енергия

E_n – Отделяна с ексудати, пот и др. енергия

DOS – Мъртво органично вещество



Ако моделът се разгледа на трофично ниво продуценти, то загубите на енергия са следните:

не цялата достъпна слънчева енергия се използва при фотосинтезата, а само ФАР;

не цялата ФАР се асимилира, част от нея преминава през листните петури или се отразява и може да бъде използвана от растенията на долните етажи;

не цялата асимилирана енергия се превръща във фитомаса. Част от нея се губи като топлина при дишането, а също и за извършване на работа и отново се отделя като топлина.

Отношенията P/R и B/R се изменят в големи граници и имат важно екологично значение.

Общо взето дишането е най-интензивно при популациите на дребните организми, в съобществата с големи запаси на биомаса и при стресови въздействия върху биосистемите.

Количеството на продукцията е голямо при активните популации на малките организми; за млади, бързо растящи съобщества и в системи, получаващи енергийни субсидии.

Екологична ефективност - Отношение между енергийните потоци, изразено в проценти. Използват се при моделиране потока на енергията.

Основни видове екологична ефективност:

I. Отразяват отношенията между основните енергийни потоци при две енергетично свързани биосистеми или части от тях.

1. Ефективност на поглъщането или ефективност на Линдеман -

отношение между постъпващата енергия в системата и достъпната за използване енергия, изразено в проценти.

$$E_L = I_n / I_{n-1} \cdot 100$$

Коефициент на полезно действие на фитоценозите (рус. КПД или **Efficiency coefficient**) – частен случай на E_L

$$\text{КПД} = (qY / Q)100$$

q е средната калорийност на фитомаксата в $J.g^{-1}$;

Y - продукцията в $J..ha^{-1}.y^{-1}$ (абсолютно сухо тегло за година или за вегетационения период);

Q – ФАР (380 - 720 nm) или СР в $J.ha^{-1}.y^{-1}$.

- Обикновено наблюдаваният КПД спрямо ФАВ е между 0,5% и 1,5%, а спрямо сумарната радиация - 0,02%.
- *Добър* - 1,5 - 3% - В някои екосистеми с естествени енергийни субсидии и някои агроекосистеми;
- *Рекорден* (3,1 - 5%) - За някои агроекосистеми и интензивни култури (Ничипорович, 1977; по Тооминг, 1977).

Ефективността на използването

Отношението между асимилираната енергия и достъпната за използване енергия, изразено в проценти.

$$E_k = A_n / I_{n-1} \cdot 100$$

Ефективността на използването за планктонни съобщества е средно около 50%, за степните - 25%, а за горските - 5%.

Хищниците гръбначни имат E_k средно около 5%, когато се хранят с безгръбначни и над 50% при използването на гръбначни за храна

Хищните безгръбначни са средно с около 25% ефективност на използването при консумирането на безгръбначни.

Ефективност на асимилацията

Отношение между асимилираната енергия от разглежданата биосистема (или част от нея) и асимилираната енергия от предходната, енергийно свързана с разглежданата, биосистема (или част от нея).

$$E_A = A_n / A_{n-1} \cdot 100$$

Ефективност на продуцирането

Отношение между включената в продукция енергия от разглежданата биосистема (или част от нея) и енергията, включена в продукцията на предходната, енергийно свързана с разглежданата, биосистема (или част от нея).

$$E_p = P_n / P_{n-1} \cdot 100$$



II. Отношенията между основните енергийни потоци при разглежданата биосистема или част от нея.

- **Ефективността на асимилацията**

Отношение между енергията, включена в асимилати и постъпващата енергия в биологичната система, изразено в проценти.

$$E_a = A_n / I_{n-1} \cdot 100$$

E_a е ниска (средно между 20 и 50%) при фитофагите, детрито-фагите и фагите на микроорганизмите, поради относително високото съдържание в живата и мъртвата растителна маса на целулоза, лигнин и сложни органични съединения, служещи за химична защита при растенията.

Ефективността на асимилацията на семената и плодовете достига до 60 - 70%.

E_a при хищниците също е висока - около 80%.

Ефективност на продуцирането

Отношение между включената енергия в продукцията и асимилираната енергия, изразено в проценти.

$$E_p = P_n / A_n \cdot 100$$

Ефективността на продуцирането при безгръбначните животни е средно между 30 и 40%, а при гръбначните е - средно 10% при пойкилотермните и 1 до 2% - при хомотермните.

Ефективност на растежа

Отношение между включената в продукция енергия и постъпващата в биосистемата (или в част от нея) енергия.

$$E_g = P_n / I_n \cdot 100$$



Изводи за протичането на енергията през екосистемите

- **Интензивността на метаболизма се увеличава с намаляване на биомасата.**

Различните теории, обясняващи тази тенденция, обръщат голямо внимание на дифузионните процеси. Увеличаването на размерите на организмите води до намаляване на общата повърхност и на загубите на енергия чрез дифузията, изчислено на g биомаса. Използването и тълкуването на тази зависимост е свързано с отчитане и на много други фактори.

По-голямата част от енергията при почти всички съобщества преминава през детритните вериги;

Ниска ефективност на асимилацията при фитофагите и съответно слаба роля на системата от консументи при пасищните хранителни вериги (около 90% от първичната продукция попада в блока на редуцентите).

Неравномерното разпределение на енергията по двата типа хранителни вериги е своеобразен буферен механизъм, благодарение на който се поддържат равновесието и стабилността на екосистемите.

Намаляването на стабилността на екосистемите при увеличаването на енергийния поток през пасищните вериги е свързано с увеличаване на енергийните загуби за екосистемите поради по-ниската ефективност на използване и асимилация на енергията по тези вериги в сравнение с детритните. Фекалиите и некромасата, отделящи се от двата типа вериги, не са енергийна загуба за детритните вериги, а енергиен източник. В резултат на това енергията може няколкократно да премине през блока на редуцентите докато напълно се разсее като топлина при дишането, т.е. използва се по-пълно при метаболизма.

При прекален износ на биомаса от екосистемата - измиване на детрит, изземване от човека, прекалена паша, натрупване на високоенергийни вещества (нефт, въглища, торф) поради непълно разлагане на органичната материя (неблагоприятни локални абиотични условия за процесите на разлагане) водят до нарушаване стабилността на продуциралите съответната биомаса съобщества. Например прякото изземване на чистата първична продукция от човека и консументите в размер от 30 до 50% намалява способността на съответната екосистема да се съпротивлява на стреса.

Във връзка с това съществуват различни природни механизми за регулиране на консумацията на фитомасата в естествените съобщества.

Деструктивни процеси

МОВ е енергиен резерв, чието количество в екосистемите зависи от:

- интензивността на продукционния процес;
- количеството на годишния опад („детритния дъжд“);
- интензивността на разлагане.

Деструктивните процеси в екосистемите регулаторна роля осигурявайки:

- връщането на включените в МОВ хранителни елементи в средата за използване при нов продукционен процес;
- подържането на почвеното плодородие чрез задържане на хранителните елементи в почвата под формата на комплекси с органичните и хумусоподобните вещества;

Регулаторна роля на деструктивните процеси - продължение

- подържането на благоприятна за растежа на растенията структура на почвата;
- усвояването на хранителните вещества от продуцентите;
- наличието на подходящ субстрат за функционирането на макропродуцентите чрез преобразуване на повърхностния слой на литосферата в почва;
- намаляването на токсичното действие на почвените замърсители върху едафобионтите и висшите растения чрез образуване на комплекси между тях и продуктите от разлагането на органичните вещества;
- по-дългото и по-ефективното използване на предаваната по трофичната мрежа в екосистемата енергия чрез разграждането на МОВ от сапрофагите, което е продуцирано от всички трофични нива;
- подържането на трофичните вериги на редуцентите в детритните хранителни вериги;
- производството на вторични метаболити от сапрофагите, които могат да имат инхибиращо или стимулиращо влияние върху биоценозите в екосистемите и по този начин да регулират тяхното функциониране;
- подържането на благоприятен за съществуването на големи те аероби състав на атмосферата.



„Поведението“ на макробиосистемите се определя от осем основни свойства.

1. Компонентите на макробиосистемите са свързани избирателно.

- Всеки вид има ограничен брой връзки с другите видове. Продължителното съществуване на видовете би било невъзможно, ако съдбата на всеки вид зависи от тази на всички останали видове.
- Такава е структурата на връзките в биоценозите и в екосистемите като цяло позволява съществуването на подсистеми, имащи силно взаимодействие между компонентите вътре в тях и по-незначителни взаимодействия между тях.
- Такива макробиосистеми имат по-голяма способност за преживяване, тъй като:

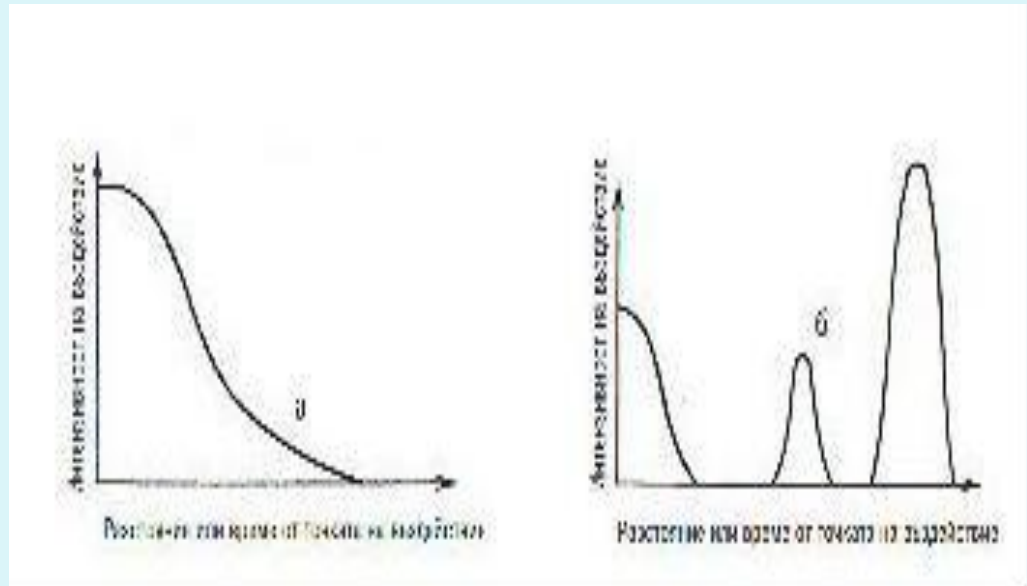


- ликвидирането на дадена подсистема не разрушава непременно цялата система;
- поради по-малка сила на връзките между подсистемите (в сравнение с тези вътре в системите), незасегнатите пряко подсистеми могат да преживеят достатъчно дълго - период, необходим за възстановяването на унищожените или засегнатите подсистеми;
- макробиосистемите могат да поемат въздействието и да се адаптират към измененията;
- характерът на връзките между подсистемите може да не се променя като в същото време да настъпват сложни изменения вътре в самите подсистеми - едни видове постепенно да се заменят с други, да се изменя структурата на популациите и т.н.;
- при изследване на реакциите на макробиосистемите е много по-важно установяването на функционалните връзки между компонентите им, а не на числеността и структурата на тези компоненти.

- Реакциите на макробиосистемите при въздействие са локални, с различна интензивност за отделните компоненти. Често се наблюдава индуциран ефект във времето и пространството.

- Всяка макробиосистема се характеризира по-скоро с мозайчна, отколкото с еднородна структура.

- Мозайките се отличават със специфични свойства. Те са свързани помежду си чрез потока енергия, вещества и някои организми. Тези нискомащабни нееднородности са причината за нарушаване на парадигмата - „отслабване на реакцията при отдалечаване от въздействието или с времето" и за повишаване на устойчивостта (фиг. 7).



**2. Биологичните събития
не са еднородни в
пространството и времето**

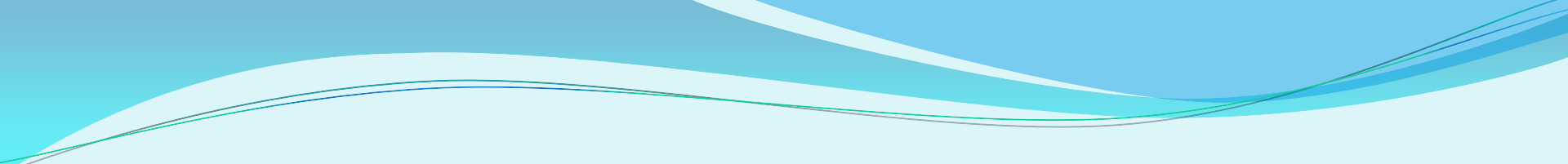
Резките изменения в „поведението“ са обичайни за макробиосистемите.

- 3. Характерна особеност на макробиосистемите като голяма съвкупност от организми е многоравновесното „ поведение “
.

Съществуващата парадигма при екологичните изследвания, че „прекръпяването на въздействието върху макробиосистемите води до връщането им в изходното състояние“ на практика е невярна. Съгласно теорията на Холинг (1986) за биологичните системи са характерни няколко равновесни състояния. След стресови въздействия те често се връщат не в изходното, а в друго равновесно състояние. *Производните равновесни състояния обаче са по-нестабилни в сравнение с изходното.* Изходните равновесни състояния се обуславят от хомеостатичен контрол, установен в хода на еволюцията. Този хомеостаз е постигнат на основата на функционалната сложност на биологичните системи и значителния брой създадени обратни връзки

Фиг. 7. Различни реакции на макробиосистемите при въздействие (по Холинг, 1981)

- а - отслабване на реакцията при отдалечаване от точката на въздействието или с времето; б - индупиране на реакцията в пространството или времето



4. Характерно свойство на макробиосистемите е изменчивостта - основа на тяхната жизненост, саморегулация и самовъзстановяване.

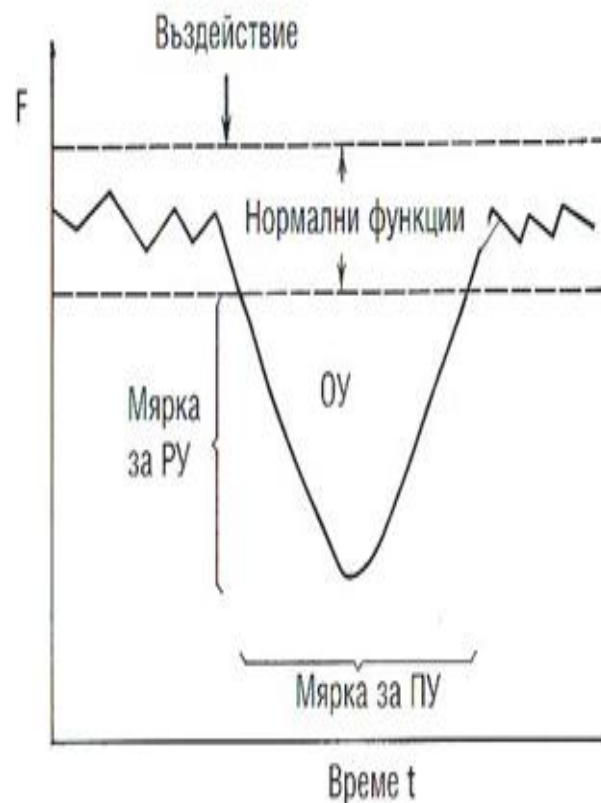
Дадена биосистема или биопроцес може да се дефинират като устойчиво съществуващи, ако запазват големината на потоците енергия и материя, необходими за продължителното им подържане и функциониране.

Степента на устойчивост на биологичните системи зависи от състоянието на средата и ефективността на вътрешните управляващи механизми.

Резистентна устойчивост (РУ) - способност на системата да се съпротивлява на нарушенията и да запази устойчивото си състояние (неизменни структура и функции) при натоварване. Мярка за резистентна устойчивост е степента на отклонение на структурата и функциите на биологичната система от нормалното им значение при съответно въздействие.

• **Пластична устойчивост (ПУ)** - способност на системата бързо да възстановява нормалната си структура и функции след нарушаващо въздействие. Мярка за пластична устойчивост е времето, необходимо за възстановяване нормалните структура и функции на биологичната система след нарушаващо въздействие

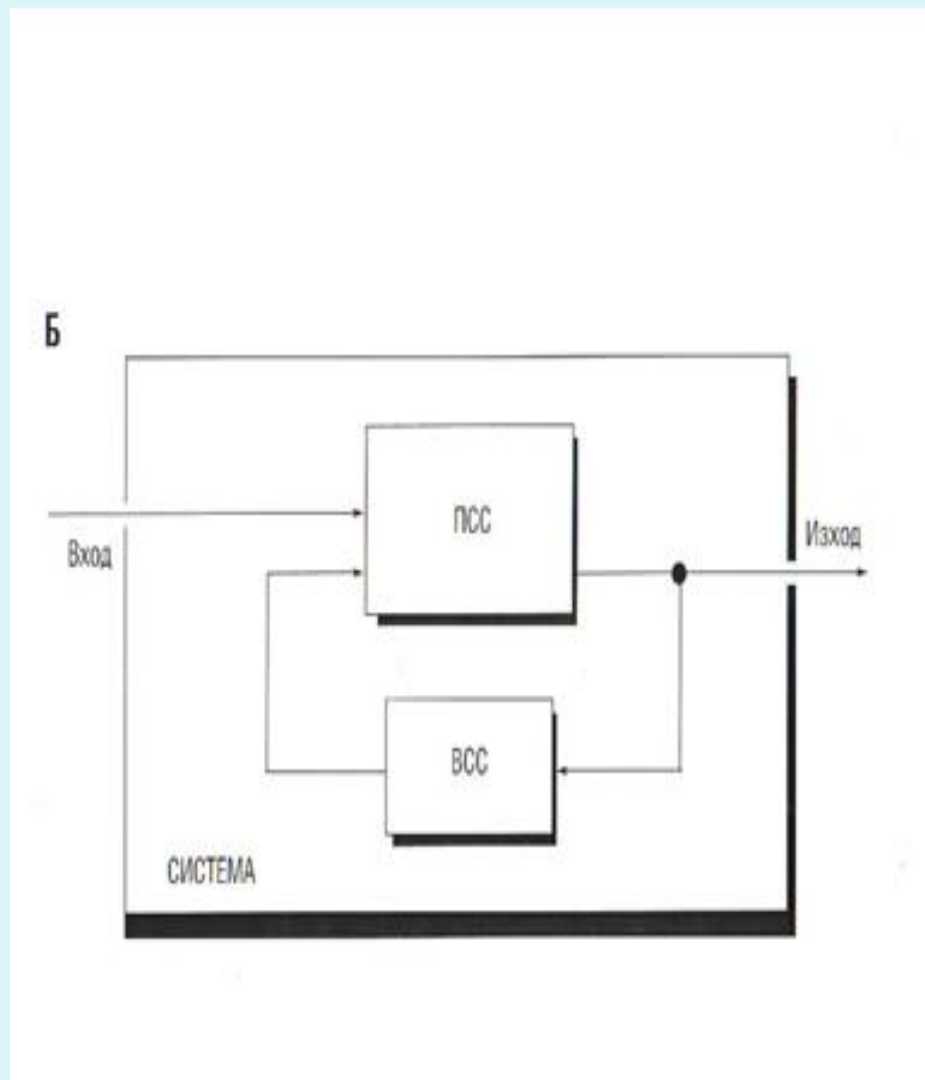
Натрупаните факти относно устойчивост на биологичните системи показват, че те системи развиват преимуществено една двата типа устойчивост в зависимост от условията на средата.



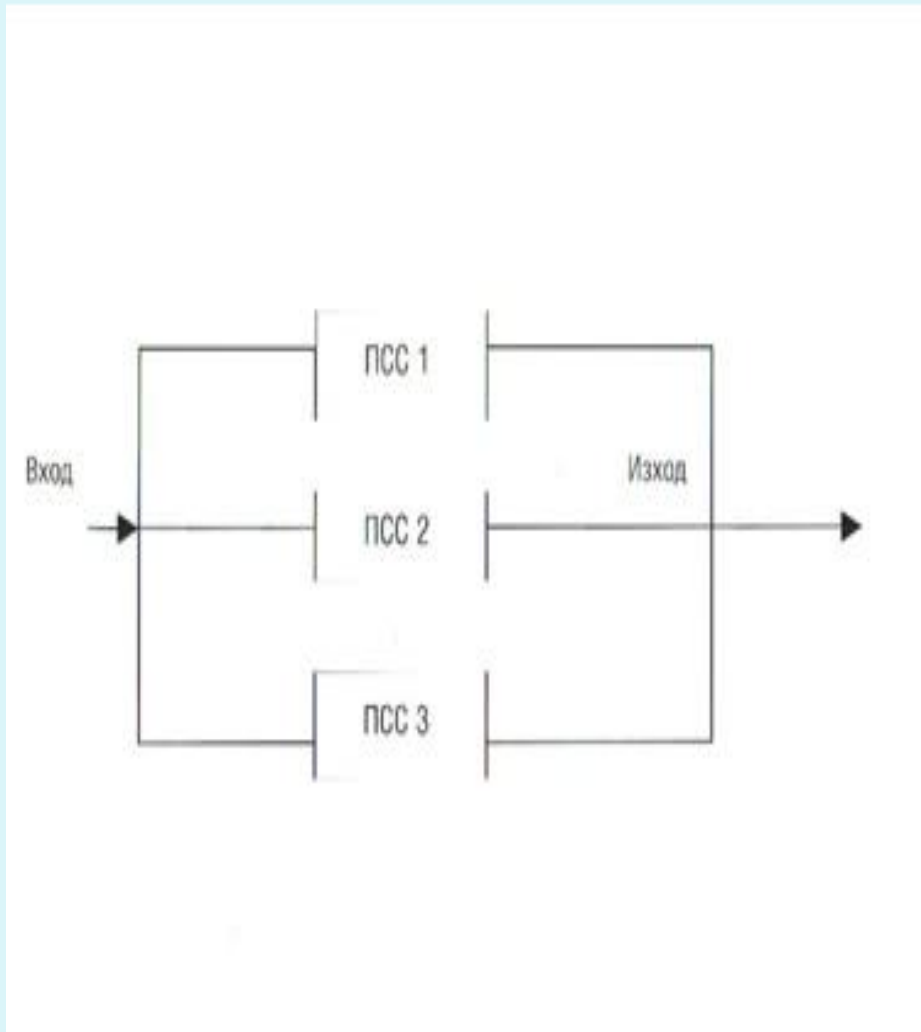
Функциите на биосистемите са съсредоточени вътре в екосистемите и са дифузни (фиг. 8).

Стойностите на параметрите на изхода са управляващи сигнали към ВПП за връщането ѝ в състояние ПСС и по-нататъшна, аналогична реакция на влияещите ѝ величини на входа. Управлението се основава на обратните връзки, т.е. част от сигналите на изхода попадат на входа.

Ако обратните връзки са положителни, то значението на променливата, която трябва да се управлява, се увеличава. Обратно, отрицателните обратни връзки намаляват отклоненията на изхода. Управлението се осъществява предимно на основата на отрицателните обратни връзки.



Всяка функция може да се изпълнява от повече от един компонент, което обуславя и по-голямата устойчивост на биосистемите (фиг. 9).



- Компонентите 1, 2 и 3 са със сходни функции и са разположени паралелно. При изменение на величините на входа те могат частично или изцяло да се заменят. По този начин се изменя пътят на протичащата енергия, като се запазват параметрите на изхода.
- Например ако в съобществата съществуват няколко функционални групи продуценти, характеризиращи се със съответен температурен диапазон на функциониране, то интензивността на фотосинтезата на растителното съобщество като цяло остава неизменна, въпреки измененията на екологичните режими.

Енергията на сигналите на отрицателните обратни връзки е много малка в сравнение с големината на потока енергия, преминаващ през системата и управляван от тези обратни връзки.

Според теорията за излишъка от функционални компоненти *умереното видово разнообразие при условие, че всяка група от видове изпълнява някаква ключова функция*, има значение за механизмите на управление и устойчивостта на природните системи.

Нискоенергийните обратни връзки, предизвикващи високоенергийни реакции, са много разпространени в природните биосистеми и са наречени „невидими природни пътища“.

Нискоенергийните обратни връзки, предизвикващи високоенергийни реакции, са много разпространени в природните биосистеми и са наречени „невидими природни пътища“.

Енергията на сигналите на отрицателните обратни връзки е много малка в сравнение с големината на потока енергия, преминаващ през системата и управляван от тези обратни връзки.

Поради сложността и комплексността на екосистемите като природни единства, в които и чрез които протича живота на земята е много затруднена и дори невъзможна ранната диагностика за „здравния статус на екосистемите“. Тази диагностика е необходима за формирането на адаптивни стратегии в развитието и функционирането на човешкото общество, за опазването на биосферата и съхраняване живота на земята.

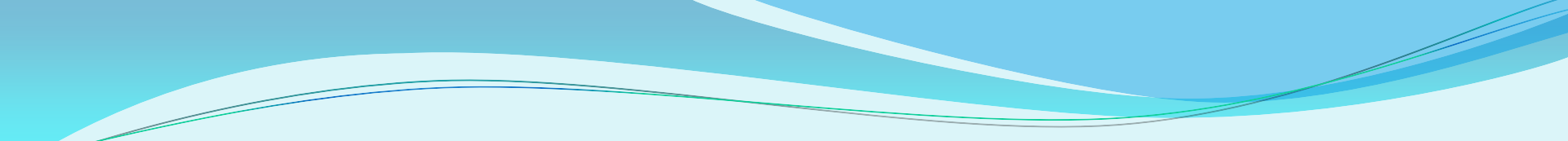
Досега са публикувани 44 показатели, важни за екосистемната диагностика. Самите показатели са комплексни и могат да бъдат изразени чрез различни параметри, което е една от причините оценки да не са възпроизводими и да са твърде относителни и субективни.



Теоретико-методична постановка и цели

Предлагаме нов рационален подход за бърза оценка на състоянието и поведението на екосистемите:

- Поставяне на растителните съобщества в центъра на разработваните неформални модели;
- Разработване на система от компоненти и показатели, отразяващи функционалните връзки на фитоценозата с другите елементи на екосистемата;
- Разработване на система от компоненти и показатели, отразяващи структурата и функционалните особености на фитоценозите в екосистемите;



Разработване на система от показатели, отразяващи динамиката и изменението на фитоценозата във времето;

Селекция на най-подходящите методи и алгоритми на приложната математика и информатиката за моделиране на поведението на растителните единици във времето;

Изготвяне и верифициране на неформален модел за оценка и прогноза на състоянието и изменението на екосистемите.

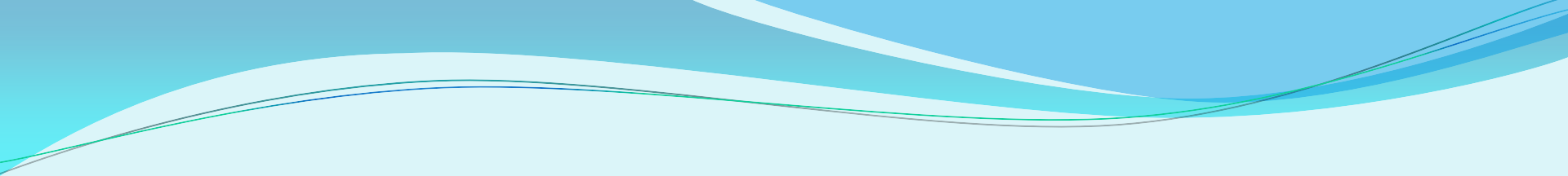
Основания:

- *От видовия състав и структурата на растителното* съобщество зависи количеството на енергийния поток, включван ежегодно в екосистемите;
- *От видовия състав и структурата на растителното* съобщество зависи видовият състав и структурата на зооценозата, микоценозата и микробоценозата в конкретната екосистема;
- *Растителното съобщество до голяма степен определя* основните характеристики на биологичния кръговрат – емкост, интензивност, химизъм и степен на затвореност. (Фитомасата съставлява от 90 до 99 % от общата биомаса на биоценозата.);
- *Растителните съобщества на сушата до голяма степен* определят екоклимата и пространствената изразеност на екосистемите.

Очаквани резултати

- Създаване на модели, описващи „поведението” на растителните съобщества.
- Използването на моделите за бърза и лесна оценка и мониторинг на състоянието и изменението на средата и биотата.
- Разработване на методика за мониторинг на екосистемите към Националната система за мониторинг – *Бенефициент ИАОС и МОСВ*

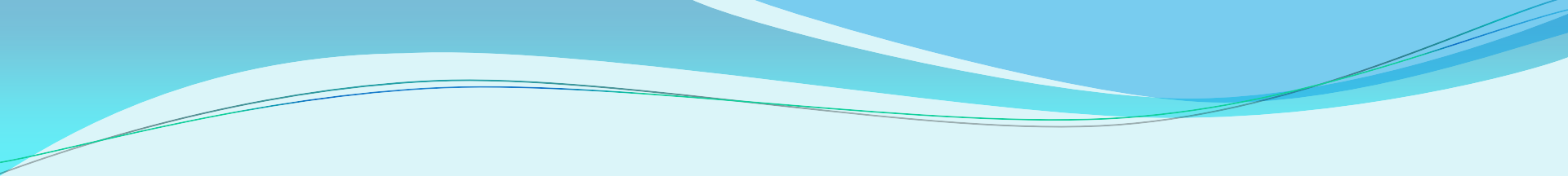




Създаване на модели, описващи „поведението“ на растителните съобщества.

Използването на моделите за бърза и лесна оценка и мониторинг на състоянието и изменението на средата и биотата.

Разработване на методика за мониторинг на екосистемите към Националната система за мониторинг – *Бенефициент ИАОС и МОСВ*



Използването на моделите за прогноза на измененията.

Използване на оценките и прогнозите за адаптивно управление на ресурсите и разработване на стратегии за тяхното устойчиво развитие.

Използване на оценките и прогнозите за изработване на стратегии за опазването на околната среда.

Партньори – Сдружение „Европа за всички“, Институт по КСТ - БАН,
Природо-математичен факултет на Скопския у-т,



Благодаря за вниманието



