



УДК 581.1:576.8:578:69

## КОНЦЕПТУАЛЬНІ МОДЕЛІ СТРУКТУРОУТВОРЕННЯ У БІОЕКОСИСТЕМАХ

Н.В. ЗАІМЕНКО

Національний ботанічний сад ім. М.М. Гришка НАН України  
Україна, 01014 Київ, вул. Тімірязєвська, 1

*Розроблено концептуальну модель, що описує структуроутворення і функціонування біосистеми середовище — ґрунт — рослина, розглянуто структурну модель рослини в рамках інформаційно-ресурсної концепції, визначено функціональні ознаки життєдіяльності рослинного організму.*

На нинішньому етапі розвитку науки і техніки існує досить потужний арсенал засобів, що дозволяють сформувавши базу знань для аналізу екосистем із складною інформаційно-ресурсною ієрархічною структурою. Системологія цілеспрямованих систем в рамках інформаційно-ресурсної концепції дала можливість виробити єдину методологію аналізу і синтезу біосистеми середовище — ґрунт — рослина, дослідити стратегію поведінки рослинного організму для досягнення заданої мети, сформувавши впорядковану базу знань. Відповідно до сучасної концепції [2] життєдіяльність — це прояв функцій цілісної системи організму. При цьому рослину доцільно розглядати як цілеспрямовану систему, що функціонує в динамічному просторі чинників навколишнього середовища.

Моделювання рослин як цілісних систем [3, 4] із використанням методів класичної теорії управління, біокібернетики, теорії ієрархічних структур не розкриває поняття цілі, цільового та інформаційного простору динамічної системи. Теорія фізичних процесів, яка побудована на основі досягнень біохімії, біофізики і нейродинаміки, також не повна в

пізнавальному і методологічному розумінні, оскільки не використовує сучасну теорію управління і системологію як концептуальну базу. Я.П. Драган і Л.С. Сікора показали, що біосистеми будь-якого рівня ієрархії (від живої клітини до біоценозу) можуть бути описані у межах концептуальної структурної моделі [1], яка відтворює загальні принципи життєдіяльності, адаптації та еволюції. Концептуальна модель — це біотехнічний аналог систем подібного рівня складності, вона містить дві підсистеми — ресурсну та інформаційну.

Ресурсна підструктура розробленої моделі описує динаміку балансу матеріальних  $S_m$  і енергетичних  $S_e$  ресурсів і їх фізико-хімічні перетворення в процесі життєдіяльності рослин. Вона містить перетворювач ресурсів ( $TR$ ), накопичувач ресурсів ( $AR$ ) і споживач ресурсів ( $CR$ ). Функціонування перетворювача  $TR$  описується оператором ( $O$ ), який враховує частку впливу кожного з чинників у процесі перетворення ресурсів у просторі й часі біосистеми. Внутрішні зв'язки в біосистемі враховуються структурною організацією моделі та введенням формувальних фільтрів параметрів стану обмінних процесів.



У рамках запропонованої моделі життєдіяльність можна розглядати як процес регуляції, спрямований або на структуроутворення (за наявності достатньої кількості ресурсів), або на збереження наявної структури (за обмеженої кількості ресурсів). Структура моделі враховує це у вигляді контурів регуляції, що здійснюють управління потоками ресурсів відповідно до вибраної стратегії життєдіяльності (strat V). Стабільність процесів регуляції забезпечується інформаційною підструктурою моделі.

Інформаційна підструктура відображає рух потоків інформації на різних ієрархічних рівнях. Відповідно до розробленої структурно-функціональної схеми вона складається із спостерігача системи *OS* з індикатором *IO*; процесора прийняття рішень *PAD*; цілеспрямованої системи *PTS* з банком знань *BK* і набором моделей цільового простору системи  $M_{ps}$  і ресурсних перетворювачів  $M_d$  і  $M_c$  (параметричного і концептуального). Банк знань формується ієрархічною системою вищого рівня (*FBK*) на основі апріорної та апостеріорної інформації про функціонування біосистеми. Банк знань *BK* містить структурну і функціональну компоненти інформації. В процесі життєдіяльності рослин безупинно відбувається реалізація функціональної інформації у вигляді регуляції та адаптації, структурна інформація лише частково доступна для зовнішнього спостереження.

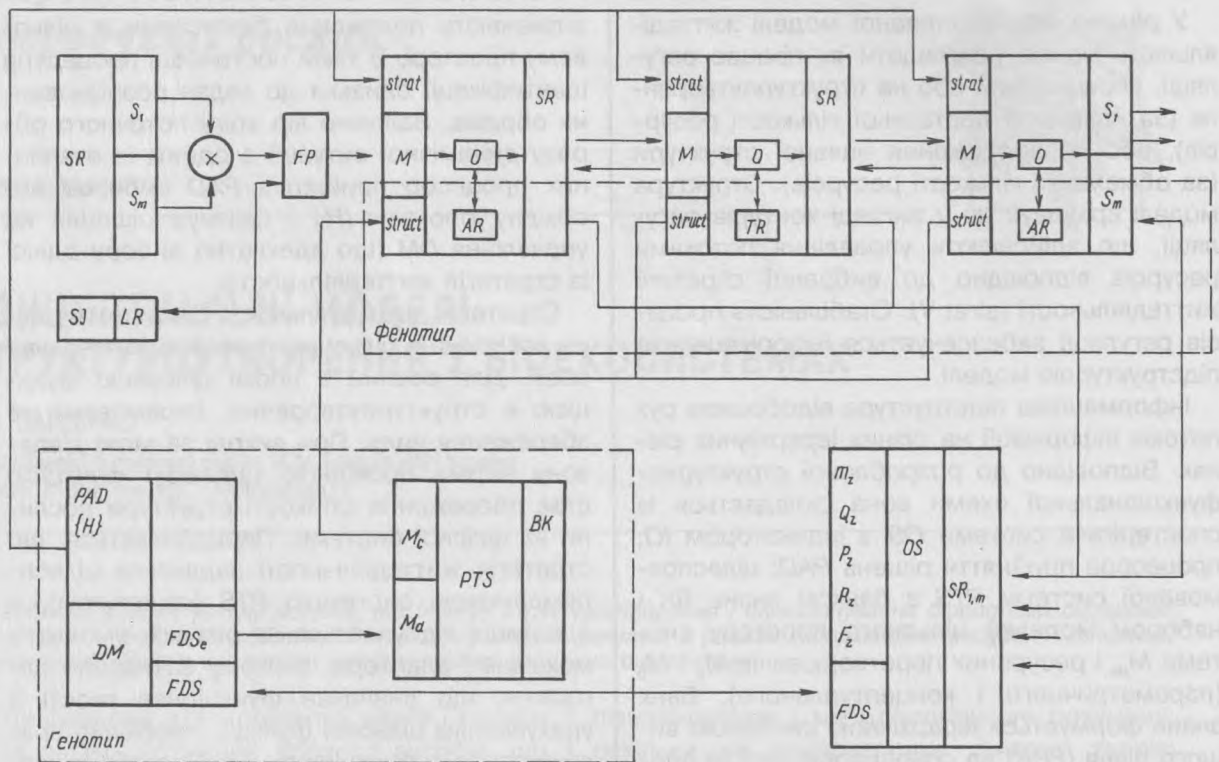
Роль спостерігача системи *OS* полягає в первинній рецепції розбалансу ресурсів під впливом зовнішніх збуджень. З огляду на стохастичний характер функціонування біосистеми, спостерігач *OS* формує ймовірні оцінки балансу ресурсів у вигляді статистик траєкторії параметра стану  $stat S(t)$ : математичного чекання  $m_z$ , щільності  $P_z$  і функції  $F_z$  розподілу ймовірності, спектральної  $G_z(a)$  і кореляційної  $R_z(T)$  функцій. Динамічні характеристики, що спостерігаються, визначають інформаційний і цільовий простір біосистеми. На їх основі процесор оцінки статистичних характеристик формує інформаційний функціонал у вигляді образу динамічної ситуації *FDS*. Порівнюючи його з набором еталонних моделей  $FDS_e$ , що характеризують допустимі траєкторії динамічного стану,

визначають положення біосистеми в цільовому просторі. В такій постановці процедура ідентифікації близька до задач розпізнавання образів. Залежно від збігу поточного образу динамічної ситуації з одним із еталонних процесор прийняття *PAD* вибирає необхідну гіпотезу  $\{H\}$  і формує рішення на управління *DM* (що адекватно вибору однієї із стратегій життєдіяльності).

Стратегія життєдіяльності біосистеми тісно пов'язана з цільовою функцією життєдіяльності. Для рослин в нормі цільовою функцією є структуроутворення, спрямоване на збереження виду. При виході за межі діапазону норми провідною цільовою функцією стає збереження стійкості структури рослини як цілісної системи. Передбачається, що стратегія життєдіяльності задається цілеспрямовуючою системою *PTS* (генотипом), а адаптація відбувається за рахунок умовного механізму адаптера, в якому закладено алгоритм, що визначає функціонал якості з урахуванням цільової функції. Необхідно враховувати, що функціонування біосистеми відбувається в умовах ритмозадаючої планетарної системи *PS* із глобальними джерелами ресурсів *SR* і збуджень *SI*. Селектор ритму *LR* забезпечує синхронізацію екзогенної (гравітаційної та електромагнітної) і ендогенної ритміки біосистеми.

Реалізація інформаційних структур в організмах здійснюється на основі нейроподібних елементів. У найпростіших організмах і рослинах канали передачі інформації сполучені з ресурсним балансом, а інформація обробляється в клітинах у синхронному/асинхронному режимі. При цьому результати обробки інформації у вигляді поточних образів динамічної ситуації контролюються адаптивною системою вищого рівня ієрархії.

Для біологічної системи, якій притаманна ієрархічність, наведена структура добре описує загальні принципи функціонування на окремо взятому ієрархічному рівні. Рослинній клітині властиві всі функції, що описуються моделлю, а саме перетворення й накопичення ресурсів у спеціалізованих структурах. Цільовою функцією є баланс ресурсів (матеріальних і енергетичних). При цьому частина з них запасується в накопичувачі



ресурсів (AR), частина витрачається на приріст біомаси (GB), а решта — на підтримку фізіологічних і інформаційних процесів. Особливості функціональної спеціалізації починають виявлятися на рівні цілісної рослини у вигляді характерних морфологічних ознак. Принципово можливі три варіанти структурно-функціональної організації взаємодії перетворювача і накопичувача ресурсів у рослині:

- система локальних перетворювачів і накопичувачів ресурсів, розташованих безпосередньо один біля одного;
- просторова роз'єднаність перетворювача і накопичувача, пов'язана зі спеціалізацією;
- тимчасова роз'єднаність функцій перетворення ресурсів і накопичення.

Під цим кутом зору можуть бути пояснені розходження морфоструктури рослин із різними типами фотосинтезу:  $C_3$ ,  $C_4$  і CAM.

На рисунку виділено елементи, що характеризують генотип і фенотип рослини. Генотип реалізується як цілеспрямовуюча система вищого рівня ієрархії, під контролем яко-

го знаходиться структуроутворення (struct) і вибір стратегії життєдіяльності (strat). Фенотип — це не тільки сукупність морфологічних ознак, а й продукти обміну речовин. У рамках запропонованої концепції онтогенез являє собою цільове функціонування на базі росту меристематичних клітин.

Проведені дослідження дозволили розробити концептуальну модель генотипу і фенотипу рослин і визначити послідовність структурно-функціонального синтезу, що складається з визначення цілей і критеріїв ідентифікації та концептуальної модельної структури об'єкта, у якій кожній підсистемі відповідають інформаційна модель і адекватний параметр стану; встановлення рангу інформаційної матриці параметрів стану та їх ортогональності; одержання первинної інформації та її обробки в масштабі поточного часу; перевірки ефективності системи.

1. Драган Я.П., Сікора Л.С., Мартиненко О.І. Інформаційно-ресурсна концепція синтезу структур управління // Управляющие системы и машины. — 1991. № 5. — С. 108—115.



2. Жученко А.А. Адаптивный потенциал культурных растений. — Кишинев: Штиинца, 1988. — 588 с.
3. Методы математической биологии. Кн. 3. Синтез динамических моделей биологических систем. — Киев: Вища шк., 1981. — 230 с.
4. Механизмы и принципы целенаправленного поведения. — М.: Наука, 1972. — 295 с.

Надійшла 22.02.2000

КОНЦЕПТУАЛЬНЫЕ МОДЕЛИ  
СТРУКТУРООБРАЗОВАНИЯ В БИОЭКОСИСТЕМАХ

*Н.В. Заименко*

Национальный ботанический сад  
им. Н.Н. Гришко НАН Украины, Киев

Разработана концептуальная модель, описывающая  
структурообразования и функционирование биосистем

среда — почва — растение, рассмотрена структурная  
модель растения в рамках информационно-ресурсной  
концепции, определены функциональные признаки  
жизнедеятельности растительного организма.

CONCEPTUAL MODELS OF STRUCTURE  
FORMATION IN BIOECOSYSTEMS

*N.V. Zaimenko*

M.M. Grishko National Botanical Gardens,  
National Academy of Sciences of Ukraine, Kyiv

The conceptual model of structure formation and function of  
biosystems environment — soil — plant is developed.  
Plant structure model is considered in the frame work of  
information-resource conception. Functional features of  
plant organism vital activity are determined.