

УДК 574.4

**А. В. Празукин**, канд. биол. наук, ст. научн. сотр.  
Институт биологии южных морей им. А. О. Ковалевского НАН Украины,  
лаборатория экологического метаболизма,  
пр. Нахимова, 2, Севастополь, 99011, Украина

## СТРУКТУРНОЕ ПОДОБИЕ БИОКОСНЫХ ФИТОСИСТЕМ РАЗНОГО УРОВНЯ ОРГАНИЗАЦИИ

Дано унифицированное описание структуры телесных (тела растений) и надтелесных (кроновые и субкроновые системы) биокосных фитосистем через соотношения трех их составляющих: биоорганического вещества, воды и воздуха. Показано, что между отдельным растением и групповой пространственной совокупностью растений существует структурное подобие. Одним из определяющих условий активного функционирования систем является существенное преобладание в их структуре косного вещества.

**Ключевые слова:** биокосные фитосистемы, структурное подобие, наземные растения.

Существует больше интуитивное, чем доказанное мнение, что между организменными и суборганизменными (телесными) уровнями организации, с одной стороны, и надорганизменными (надтелесными), с другой, существуют глубокие различия. Ботаника и физиология растений уделяют больше внимания телесным объектам, тогда как экология растений своими объектами считает надтелесные. С точки зрения биогеохимии [1, 2], те и другие являются объектами одного класса — биокосными системами. Принадлежность телесных и надтелесных объектов к одному классу означает, что между отдельным растением и групповой пространственной совокупностью растений существует гораздо более глубокое структурно-функциональное подобие, чем обычно предполагается. Те и другие можно описывать совершенно одинаковым образом и сравнивать по одним и тем же параметрам [3—6].

В ботанике и экологии вода и воздух (газовые смеси) рассматриваются как основные средообразующие вещества (вода в водоеме для гидробионтов, а воздух в атмосфере для наземных организмов). В то же время в биогеохимии эти вещества считаются равноважными составными компонентами биокосных систем. В таком случае компоненты биокосных систем (вода, воздух и биоорганическое вещество<sup>1</sup> тела) должны находиться в строго закономерных соотношениях. Ниже это предположение конкретизируется на примере фитосистем

<sup>1</sup> Словосочетание “биоорганическое вещество” соответствует понятию “сухая масса”, т. е. это сумма органических веществ и зольных элементов.

разной таксономической принадлежности и разного уровня организации: организменном (телесном) и надорганизменном (надтелесном).

### Материалы и методы

**Телесные биокосные фитосистемы** (рис. 1, а) это прежде всего тела растений и их структурных элементов, это и “тела” клеток и органелл. Внешние границы телесных объектов ( $F_n$ , здесь и далее подстрочным символом  $n$  будем обозначать параметры телесных систем) очевидны, поскольку представлены оболочками, составляющими поверхность тела. Поверхность растения охватывает пространство (геометрический, телесный объем,  $V_n$ ), в пределах которого размещается внутренняя структура растения. В число телесных объектов наших исследований вошли наземные растения двух групп. Первую группу составили растения, в структуре которых хорошо обнаруживаются газовые полости. В этом случае использовали стебли и черешки листьев тыквы обыкновенной (*Cucurbita pepo* L.), гороха посевного (*Pisum sativum* L.), аниса обыкновенного (*Anisum vulgare* Gaertn.), укропа душистого (*Anethum graveolens* L.), ржи посевной (*Secale cereale* L.), цикория дикого (*Cichorium intybus* L.). Вторую группу составили растения, у которых газовые полости отсутствуют; исследовали отдельные побеги и ветви: можжевельника колючего (*Juniperus oxycedrus* L.), ели колючей (*Picea pungens* Engelm.), сосны крымской (*Pinus nigra* Arn. var. *Pallasiana* Asch. et Gr.); отдельные побеги и целые растения — подмаренника северного (*Galium boreale* L.), синяка обыкновенного (*Echinum vulgare* L.), полыни горькой (*Artemisia asinthium* L.), василька раскидистого (*Centaurea diffusa* Lam.), гармалы обыкновенной (*Peganum harmala* L.), чертополоха курчавого (*Carduus crispus* L.). Стебли растений первой группы расчленились на междоузлия, у которых, учитывая их геометрию, измеряли линейные параметры, позволяющие рассчитать общий телесный объем ( $V_n$ ) и объем газовой полости ( $V_{\text{воз},n}$ ). По разнице  $V_n$  и  $V_{\text{воз},n}$  определяли объем компактно располагающихся тканей ( $V_r$ ). У этих же структур и у растений второй группы определяли сырую ( $W_{\text{сыр}}$ ) и сухую ( $W_{\text{сух}}$ ) массу, а по их разнице — количество воды ( $V_{\text{вод},n}$ ).

**К надтелесным объектам** относятся кроновые и субкроновые системы (рис. 1, б). Внешние границы надтелесных систем ( $F_{n+1}$ , здесь и далее подстрочным символом  $n+1$  будем обозначать параметры надтелесных систем) не являются физическими оболочками и проходят по внешнему контуру, т. е. окончаниям структурных элементов растений, как это показано пунктирной линией на рис. 1, б. Границы надтелесной фитосистемы очерчивают пространство, в пределах которого располагается тело растения или его часть, или группа тел растений и свободное надтелесное пространство, заполненное воздухом (у наземных объектов,  $V_{\text{воз},n+1}$ ) или водой (у водных). В группу надтелесных объектов, изучаемых нами, вошли вегетативные почки, кроновые и субкроновые системы растений второй группы. Кроновые и субкроно-

вые пространства описывали геометрическими фигурами [3, 5, 6], для чего проводили соответствующие линейные измерения, позволяющие рассчитывать объемы выше названных пространств ( $V_{n+1}$ ). По разнице между  $V_{n+1}$  и телесным объемом растения  $V_n$  (принимая объем равным сырой массе) рассчитывали объем свободного надтелесного пространства, занятого воздухом ( $V_{\text{воз},n+1}$ ).

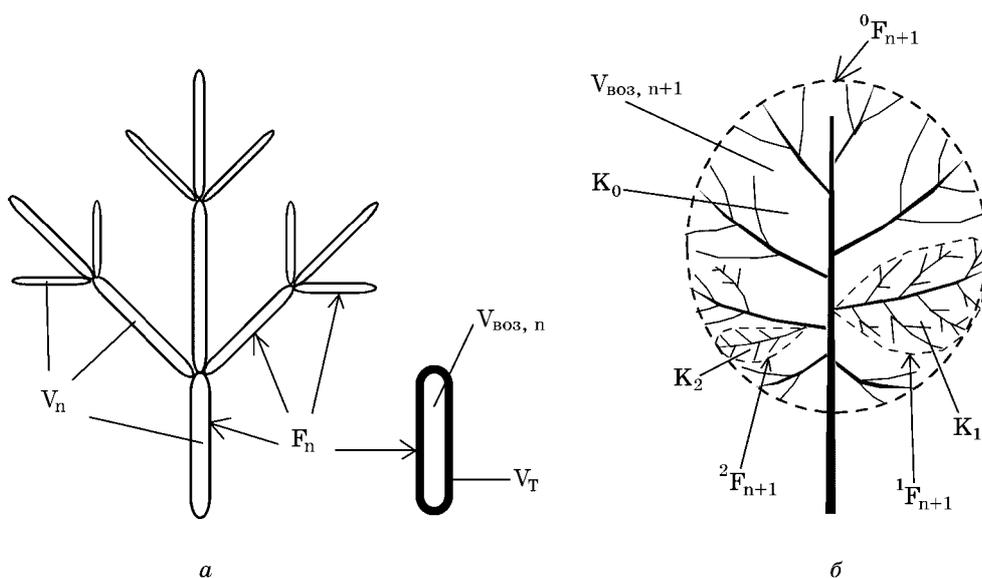


Рис. 1. Схемы телесных и надтелесных биокосных фитосистем:

*a* — целое растение и междуузлие в разрезе; *б* — ( $K_0$  — крона растения;  
 $K_1 - K_2$  — субкрупные пространства первого и второго порядков;  
 ${}^0F_{n+1}, {}^1F_{n+1}, {}^2F_{n+1}$  — внешние границы надтелесных систем разного порядка).  
 Остальные обозначения даны в тексте

### Результаты исследований и их анализ

На рис. 2 показано изменение соотношений  $V_{\text{вод}, n} / V_T$  и  $V_{\text{воз}, n+1} / V_{n+1}$  соответственно в размерных рядах телесных ( $V_T$ ) и надтелесных ( $V_{n+1}$ ) фитосистем. Телесный ряд составлен из воздушно-сухих и набухших семян и побегов различных видов растений. Надтелесный представлен субкрупными системами можжевельника, образующими онтогенетический ряд: вегетативные почки, отдельные побеги и ветви первого и второго порядков.

Из объектов телесного ряда семена в состоянии покоя являются наиболее обезвоженными (7—12%) [7, 8]. На рис. 2 область их типичных значений показана заштрихованной зоной. У большинства видов растений проклевывание семян происходит при 40—65 % содержании воды в тканях [8]. Представленные нами данные (рис. 2) по содержа-

нию воды в набухших семенах у разных видов растений варьируют в диапазоне от 35 до 65 % и в среднем выдерживаются на уровне 50 % ( $K_{\text{вод}} = V_{\text{вод}, n} / V_T = 0,5$ ). Количество воды в тканях листьев и стеблей у изучаемых нами видов растений варьирует в пределах от 55 до 85 %, и в среднем 73 % ( $K_{\text{вод}} = 0,73$ ). Реально же существующий диапазон содержания воды в активно функционирующих растениях значительно шире. Например, молодые листья салата-латука на 95 % состоят из воды [7], а в тканях стеблей тыквы (наши наблюдения) количество воды при обильном ее поливе достигает 91 %.

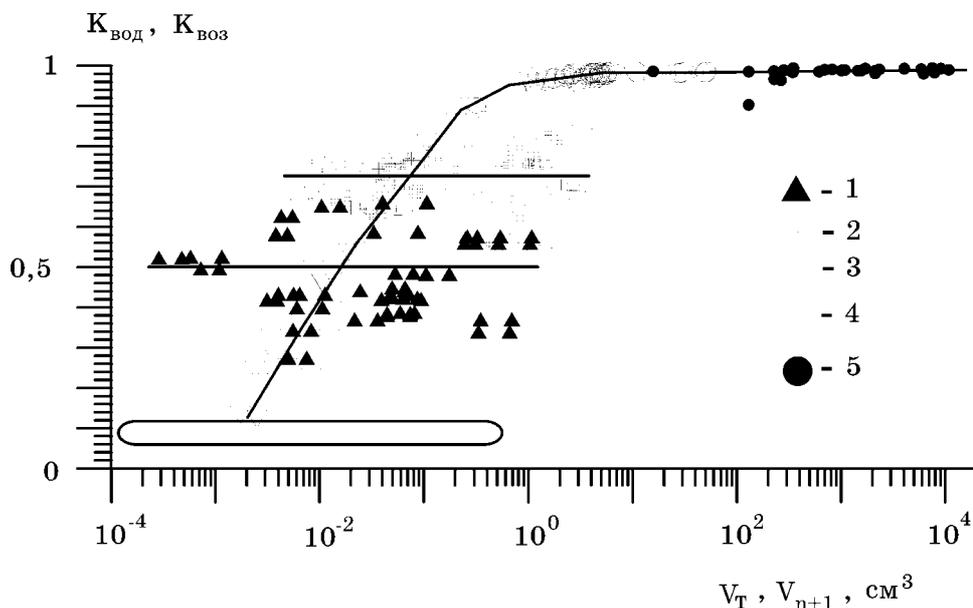


Рис. 2. Связь геометрического объема ( $V_T, V_{n+1}$ ) и соотношения объемов: воды и телесного ( $K_{\text{вод}} = V_{\text{вод}, n} / V_T$ ); надтелесного воздуха и геометрического ( $K_{\text{воз}} = V_{\text{воз}, n+1} / V_{n+1}$ ) в биокосных фитосистемах разного типа и уровня организации.

Условные обозначения: соотношение  $V_{\text{вод}, n} / V_T$  в телесных системах: заштрихованная зона — воздушно-сухие семена; 1 — набухшие семена (по данным [9]); 2 — побеги различных видов растений (по нашим данным). Соотношение  $V_{\text{воз}, n+1} / V_{n+1}$  в надтелесных системах: 3 — вегетативные почки; 4 — побеги; 5 — ветви первого и второго порядка можжевельника колючего (по нашим данным)

В ряду надтелесных объектов (рис. 2) минимальное количество воздуха наблюдается в набухающих почках. Соотношение  $V_{\text{воз}}/V_{\text{вод}}$  в этом случае меньше единицы (0,03 – 0,8). При полном раскрытии побега объем надтелесного воздуха составляет 97% ( $K_{\text{воз}} = V_{\text{воз}, n+1} / V_{n+1} = 0,97$ ) от общего объема системы. В субкороновых системах ветвей второго и первого порядков доля воздуха, хотя и слабо, но увеличивается, и составляет в среднем соответственно 98 и 99 % ( $K_{\text{воз}} = 0,98$  и  $0,99$ ).

В целом у телесных и надтелесных систем сходство состоит в том, что переход из состояния функционального покоя к функционально-активному сопровождается наращиванием доли косной компоненты, в одном случае — воды, в другом случае — воздуха. Другими словами, определяющим условием активного функционирования систем является существенное преобладание в их структуре косного вещества, что и определяет их название “биокосные” [2].

Соотношение  $V_{\text{ВОД}, n}$  и  $V_{\text{T}}$  и соотношение  $V_{\text{ВОЗ}, n+1}$  и  $V_{n+1}$  соответственно у телесных и надтелесных объектов при активном их функционировании в численной форме описываются уравнениями:

$$\log V_{\text{ВОД}, n} = -0,152 \pm 0,044 + 1,002 \pm 0,005 \log V_{\text{T}}. \quad (1)$$

Коэффициент корреляции — 0,99,  $n$  — 138.

$$\log V_{\text{ВОЗ}, n+1} = -0,034 \pm 0,033 + 1,04 \pm 0,006 \log V_{n+1}. \quad (2)$$

Коэффициент корреляции — 0,99,  $n$  — 88.

Близкое сходство численных значений коэффициента при  $\log V_n$  и  $\log V_{n+1}$  в уравнениях (1) и (2) указывает на подобие рассматриваемых объектов, а сама величина коэффициента — на постоянство соотношений  $V_{\text{ВОЗ}, n+1} / V_{n+1}$  и  $V_{\text{ВОД}, n} / V_{\text{T}}$  на всем диапазоне объемов.

Возвращаясь к задаче, поставленной в начале статьи, можно сказать следующее: унифицированное описание структуры телесных и надтелесных биокосных фитосистем через соотношения трех их составляющих — биоорганического вещества, воды и воздуха — делает возможным проводить сравнение внешне совершенно разных объектов: растительных тканей, кроновых и субкроновых систем. Сравнение в общей метрике показывает, что между телесными и надтелесными уровнями организации биокосных фитосистем по обсуждаемым в статье параметрам нет принципиального различия.

## Литература

1. Вернадский В. И. Живое вещество. — М.: Наука, 1978. — 358 с.
2. Вернадский В. И. Избранные сочинения. — М.: Наука, 1988. — 328 с.
3. Хайлов К. М., Празукин А. В., Ковардаков С. А., Рыгалов В. Е. Функциональная морфология морских многоклеточных водорослей. — К.: Наукова думка, 1992. — 280 с.
4. Хайлов К. М., Ковардаков С. А., Празукин А. В., Рабинович М. А. Оценка продуктивности водорослей в биокосных фитосистемах на основе обобщенного уравнения интенсивности роста // Физиол. раст. — 1993. — Т. 40, № 6. — С. 856—862.
5. Хайлов К. М., Празукин А. В., Губанов В. В. Сравнительная оценка концентрации фитомассы в обитаемом пространстве наземных и водных биокосных фитосистем // Экология. — 1996. — № 4. — С. 243—248.
6. Празукин А. В. Структура кронового пространства слоевища черноморской водоросли *Cytoseira crinita* (Desf.) Bory (Phaeophyta) // Альгология. — 2000. — Т. 10, № 2. — С. 119—130.
7. Нобел П. Физиология растительной клетки. — М.: Мир, 1973. — 288 с.
8. Полевой В. В. Физиология растений. — М.: Высшая школа, 1989. — 464 с.
9. Гроздинский А. М., Гроздинский Д. М. Краткий справочник по физиологии растений. — К.: Наукова думка, 1973. — 591 с.

**О. В. Празукін**

Інститут біології південних морів ім. О.О. Ковалевського НАН України,  
лабораторія екологічного метаболізму,  
пр. Нахімова, 2, Севастополь, 99011, Україна

**СТРУКТУРНА СХОЖІСТЬ БІОКОСНИХ ФІТОСИСТЕМ РІЗНОГО РІВНЯ ОРГАНІЗАЦІЇ**

**Резюме**

Проведено уніфікований опис структури тілесних (тіла рослин) і надтілесних (кранові і субкранові системи) біокоосних систем через співвідношення трьох складників: біоорганічної речовини, води і повітря. Показано, що між окремою рослиною і груповою просторовою сукупністю рослин існує структурно-функційна схожість. Однією із визначених умов активного функціонування систем є значна перевага в їх структурі неорганічної речовини.

**Ключові слова:** біокоосні фітосистеми, структурна схожість.

**A. V. Prazukin**

A. O. Kovalevsky Institute of Biology of the Southern Seas, National Academy of Sciences of Ukraine, Laboratory of Ecological Metabolism  
Nakhimov Prosp., 2, Sevastopol, 99011, Ukraine

**STRUCTURAL SIMILARITY OF THE BIOGEOCHEMICAL PHYTOSYSTEMS AT DIFFERENT LEVELS OF ORGANIZATION**

**Summary**

General structural similarity in the biogeochemical phytosystems at different levels of organization (the plant body, crown and subcrown space of the plant) is discussed. It was demonstrated that overcorporal phytosystems, formed with involvement of plant body, had the same optimal organization as corporal phytosystems. It was proved that structural functional similarity existed between plant body and plant spatial aggregate. One of the determinant conditions of active system function is essentially predominated at the inorganic substance structure.

**Key words:** biogeochemical phytosystems, structural similarity.