

УДК 582.26: 58; 581.4

**ИЕРАРХИЧЕСКОЕ ЧЛЕНЕНИЕ КРОНОВОГО  
ПРОСТРАНСТВА МНОГОКЛЕТОЧНОЙ ВОДОРΟΣЛИ  
*CALLITHAMNION CORYMBOSUM* (J. E. SMITH) LYNGBYE, 1819  
И ЕГО ЗАПОЛНЕНИЕ БИООРГАНИЧЕСКИМ ВЕЩЕСТВОМ**

**А.В. Празукин**

Институт морских биологических исследований им. А.О. Ковалевского РАН,  
Севастополь

Предлагается оригинальная методика определения геометрического объёма кронового пространства многоклеточных водорослей. Рассматривается иерархическая структура кронового пространства *Callithamnion corymbosum* и его заполнение биоорганическим веществом. Показано, что на всех уровнях организации *C. corymbosum* объём обитаемого пространства ( $V_{n+1}$ , см<sup>3</sup>) и концентрация живого вещества ( $C_w$ , мг (сухой массы)/см<sup>3</sup>) и концентрация фотосинтезирующей поверхности растения ( $C_s$ , см<sup>-1</sup>) взаимосвязаны и описываются уравнениями вида:  $\log C_w = \log a - b \log V_{n+1}$ ;  $\log C_s = \log a - b \log V_{n+1}$ .

**Ключевые слова:** обитаемое пространство, жизненное пространство, архитектоника слоевища, Черное море.

**Введение.** Проблема дискретности биоэкологического пространства и его заполнение жизнью, обозначенная ещё в начале XX столетия В.И. Вернадским (1988), активно обсуждается в современной биологической и экологической литературе. Один из аспектов обсуждения – дискретность пространства в мире растений (Гэлстон и др. 1983; Спурр и Барнес, 1984; Бигон и др., 1989; Хайлов и др., 1992, 1993, 1996, 1999; Празукин, 2000, 2005, 2015; Prazukin, 2014). Хорошо известно, что с величиной плотности живого вещества в пространстве связаны такие важные функции растения как фотосинтез, дыхание, транспирация, выделение и поглощение минеральных и органических веществ, рост, размножение и др. И это еще один важный аспект обсуждения (Хайлов и др., 1992, 1999).

Как и в предыдущих наших работах (Хайлов и др., 1993, 1996, 1999; Празукин, 2005, 2014, 2015), так и в настоящей – исходим из того, что любое скопление живого вещества размещается в определенном объеме – обитаемом пространстве (ОП). В таком случае, тело растения – это ОП (*biovolume*, обозначаем подстрочным

символом  $n$ ) с четкими физическими границами и наиболее плотно заполненное жизнью. Кроновое пространство растения – это надтелесное ОП экологического ранга (*ecovolume*, обозначаем подстрочным символом  $n+1$ ), внешняя граница которого проходит по внешнему контуру окончаний структурных элементов растения. В границах кронового пространства размещается телесная масса растения и, если это водное растение, то вода с растворенными и взвешенными в ней веществами, заполняющая всё свободное пространство между элементами растения.

По отношению к кроновому пространству растения будет справедливо утверждение – что оно организовано сгущениями живого вещества (и, соответственно, из ОП) разного уровня организации с разной плотностью заполнения и соответствующим уровнем упорядоченности. Иерархия субкроновых пространств растения следует его телесной иерархии (структур разного уровня организации).

Цель настоящей работы – на примере многоклеточной водоросли *Callithamnion corymbosum* (J. E. Smith) Lyngbye, 1819 продемонстрировать факт иерархического членения кронового пространства многоклеточных водорослей. В качестве характеристик, соединяющих обитаемое пространство и его живое население, используются два показателя. Прежде всего – это концентрация сухой массы ( $W_{\text{сух}}$ ) в кроновом и субкроновых пространствах соответствующего объема ( $V_{n+1}$ ,  ${}^kV_{n+1}$ ):  $C_w = W_{\text{сух}}/V_{n+1}$ ;  $C_w = W_{\text{сух}}/{}^kV_{n+1}$ . И концентрация площади поверхности ( $S$ ) растения в соответствующих объемах ( $V_{n+1}$ ,  ${}^kV_{n+1}$ ):  $C_s = S/V_{n+1}$ ;  $C_s = S/{}^kV_{n+1}$ .

**Материал и методика.** В структуре слоевища (вертикального «побега») *C. corymbosum* отчетливо выделяется главная ось ( $K_{00}$ ), которая является основой для всех последующих порядков осевых структур ( $K_{01}$ ,  $K_{02}$ ,  $K_{03}$ ,  $K_{04}$ , ...,  $K_{0k}$ ) и ветви разного уровня организации ( $K_1$  –  $K_4$ , рис. 1 а). «Ветвь» рассматривается нами как сложноразветвленный элемент слоевища (иерархически организованный ансамбль осевых структур), обладающий собственной морфофункциональной структурой, закономерно меняющейся во времени (Калугина-Гутник, 1975; Хайлов, Парчевский, 1983; Празукин, 2005). В таком случае, ветвь первого порядка ( $K_1$ ) – это ось первого порядка ( $K_{01}$ ) со всеми осевыми структурами последующих порядков ветвления ( $K_{02}$  –  $K_{010}$ ), аналогично, ветвь второго порядка ( $K_2$ ) – это ось второго порядка ( $K_{02}$ ) со всеми осевыми структурами последующих порядков ветвления ( $K_{03}$  –  $K_{010}$ ). Ветвь четвертого порядка ( $K_4$ ) состоит из осевых структур  $K_{04}$  –  $K_{010}$ , ветвящихся дихотомически (Зинова, 1967, рис. 1 в).

Надтелесные обитаемые пространства вертикального «побега» и ветвей  $K_1$  –  $K_3$  хорошо визуализируются, будучи помещенными в

ёмкость с водой. На рис.1 границы надтелесных обитаемых пространств условно обозначены пунктирными линиями. Отдельно показана ветвь третьего порядка в границах её обитаемого надтелесного пространства (рис. 1 б). У ветвей четвертого порядка каждая последующая пара дихотомически ветвящихся осевых структур располагается под  $90^\circ$  к плоскости расположения предыдущей пары структур (рис. 1 в), тем самым ветви четвертого порядка охватывают определенный объём обитаемого надтелесного пространства.

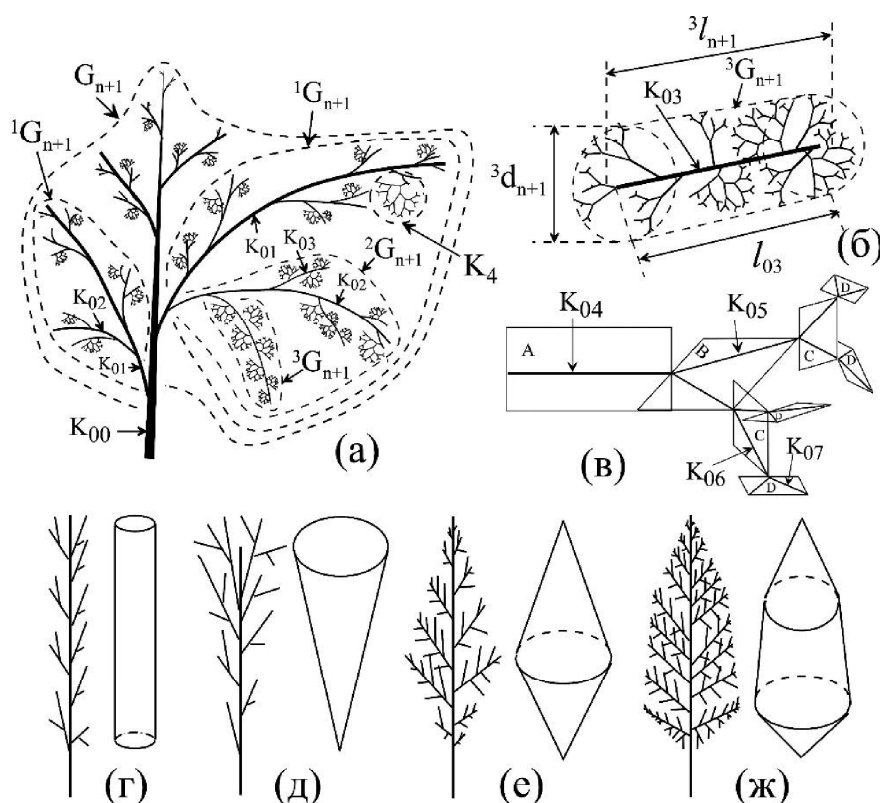
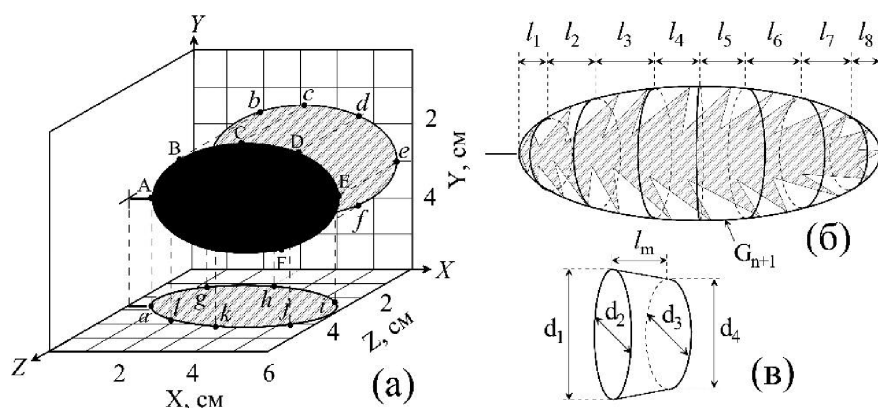


Рис. 1. Общая схема структурной организации слоевища (вертикального «побега») *Callithamnion corymbosum* (а) и пространственные модели ветвей третьего (б) и четвертого (в) порядка; г – ж – схемы ветвей разной геометрической формы и геометрические фигуры для расчета объёма соответствующих обитаемых пространств

Пунктирными линиями показаны границы субкороновых пространств ветвей первого, второго и третьего порядка ветвления ( $^1G_{n+1}$ ,  $^2G_{n+1}$ ,  $^3G_{n+1}$ ) и коронного пространства всего растения (вертикального «побега»,  $G_{n+1}$ ).  $K_{00}$ ,  $K_{01}$  –  $K_{07}$  – осевые структуры нулевого («ствол»), первого – седьмого порядка ветвления;  $K_4$  – ветвь четвертого порядка;  $l_{03}$  – длина оси  $K_{03}$ ; Линейные характеристики ( $^3l_{n+1}$  - длина,  $^3d_{n+1}$  - диаметр) субкоронового пространства ветви третьего порядка.



Р и с . 2. а – слоевище многоклеточной водоросли в пластиковой камере для измерения линейных характеристик его кронового и субкروновых пространств. б – слоевище многоклеточной водоросли в границах кронового пространства ( $G_{n+1}$ ), разделенного на отсеки произвольной длины ( $l_m$ ). в – отдельно взятый отсек кронового пространства и измеряемые у него параметры ( $l_m$ ,  $d_1 - d_4$ )

В июле в Карантинной бухте (г. Севастополь, п-ов Крым) на участке побережья протяженностью 2 м и на глубине до 10 см с вертикальной стенки скалы с периодичностью в один день отбирали по отдельно растущему кустику *S. corymbosum*, сформированному одним вертикальным «побегом» (рис. 1 а). Растение помещали в специально изготовленную пластиковую камеру (ёмкость) (рис. 2 а) и измеряли линейные характеристики (рис. 2 б, в), позволяющие рассчитать объём его кронового пространства ( $V_{n+1}$ ). Слоевище закреплялось на вертикальной стенке пластиковой ёмкости за основания оси нулевого порядка ( $K_{00}$ ), что позволяло растению находиться в воде в свободно-парящем состоянии, имитировались естественные условия расположения растения в пространстве. На двух вертикальных стенках камеры, обращенных друг к другу, и на нижней были нанесены измерительные сетки с шагом 0.1 см. Для того, чтобы учесть особенности формы объекта, он условно делился на отрезки (отсеки) произвольной длины ( $l_m$ , рис. 2 б). У каждого отсека измеряли его соответствующие параметры (рис. 2 в) и рассчитывали его геометрический объём ( $V_m$ ). Далее индивидуальные значения объёмов всех отсеков объекта суммировали ( $\sum V_m$ ) и в результате получали общую величину объёма ОП растения, в нашем случае кронового пространства слоевища (вертикального «побега»),  $V_{n+1}$ . В расчетах использовали формулы, подходящие для аппроксимации их геометрических фигур: цилиндра, усеченного конуса, полусферы и

любых других фигур и их комбинации (рис. 1 г – ж).

После измерения линейных характеристик кронового пространства слоевища вертикальный «побег» *C. corymbosum* расчленялся последовательно на ветви первого – третьего порядка, и по отношению к ним осуществлялась выше описанная процедура измерения параметров их субкроновых пространств, и проводился соответствующий расчет их геометрического объёма ( ${}^1V_{n+1}$ ,  ${}^2V_{n+1}$ ,  ${}^3V_{n+1}$ ).

По отношению к ветвям третьего порядка использовались и другие варианты измерения линейных характеристик надтелесного ОП. При относительно небольших размерах  $K_3$ , линейные параметры ОП измеряли в чашке Петри с водой с помощью бинокулярной лупы МБС-1 при соответствующем увеличении.

После соответствующих измерений линейных характеристик вертикальные «побеги» и ветви  $K_1 - K_3$  высушивались до постоянного веса ( $105^\circ\text{C}$ ) и взвешивались на микроаналитических весах с точностью до  $10^{-5}$  г.

При расчете площади поверхности ветвей и вертикальных «побегов» *C. corymbosum* ( $S_k = W_k (S/W)_k$ ) использовали значения их удельной поверхности, представленные в работе (Празукин, 2016).

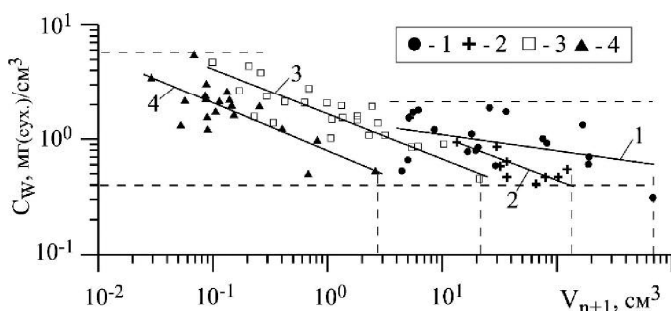


Рис. 3. Соотношение объема обитаемого пространства ( $V_{n+1}$ ) и объемной концентрации сухого вещества ( $C_w$ ) в кроновых и субкроновых пространствах *Callithamnion corymbosum*  
1 – вертикальный «побег»; 2 – 4 – ветви первого – третьего полрядка ветвления.

**Результаты и обсуждение.** Перед тем как перейти к рассмотрению и обсуждению результатов, акцентируем внимание на том, что представленные данные на рис. 3 и 4 не могут отражать истинной картины соотношений, складываемых в рамках иерархии отдельно взятого слоевища, поскольку объекты того или иного уровня организации отбирались с различных вертикальных «побегов» заведомо разного размера и объединялись в размерные ряды по

каждому классу структур. Примеры полной картины иерархических соотношений на организменном уровне представлены в работах (Хайлов и др., 1982; Ковардаков и др., 1983; Празукин, 2015). В настоящем случае рассматривается связь между  $C_w$  и  $V_{n+1}$  у объектов разного уровня организации слоевища *C. corymbosum*, имеющих характерные для них значения  $V_{n+1}$ . Другими словами, дается представление о том, какая плотность живого вещества может создаваться в границах ОП структур разного уровня организации данного вида водорослей.

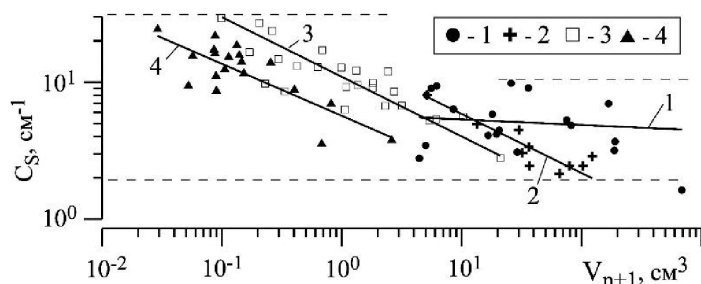


Рис. 4. Соотношение объема обитаемого пространства ( $V_{n+1}$ ) и объемной концентрации фотосинтезирующей поверхности ( $C_s$ ) в кроновых и субкроновых пространствах *Callithamnion corymbosum*  
1 – вертикальный «побег»; 2 – 4 – ветви первого – третьего полрядка ветвления.

Результаты исследований показали, что кроновое пространство вертикальных «побегов» *C. corymbosum* в большинстве случаев имеет форму либо близкую к форме полусферы, либо близкую к формам вытянутого, либо немного сплюснутого сфероида. Форма ОП ветвей первого – третьего порядка с ростом ветвей меняется от близко цилиндрической формы к вытянуто-конусовидной, а затем к форме «вытянутой юлы».

Как следует из рис. 3 и 4, в границах кроновых и субкроновых пространств *C. corymbosum* значения  $C_w$  и  $C_s$  варьируются в диапазоне порядка величин: 0.31 – 5.54 мг (сух. массы)  $\text{cm}^{-3}$ ; 1.63 – 29.33  $\text{cm}^{-1}$ , при различии  $V_{n+1}$  в 4 порядка ( $3 \cdot 10^{-2}$  –  $7 \cdot 10^2$   $\text{cm}^3$ ). Необходимо принять во внимание, что размерный ряд ветвей третьего порядка в наших исследованиях неполный, не завершен объектами малых размеров, минимально наблюдаемый объем ОП  $K_3$  составляет  $4 \cdot 10^{-4}$   $\text{cm}^3$ .

Для сравнения, в кроновом и субкроновых пространствах *Cystoseira crinita* (Desf.) Borg, крупного по индивидуальной массе макрофита, концентрация биоорганического вещества варьируется в более широком диапазоне значений (1 – 200 мг (сух. массы)  $\text{cm}^{-3}$ ), но

при этом у ветвей ( $K_1$  и  $K_2$ ) и вертикальных «побегов» ( $K_0$ ) в зрелом возрасте верхние и нижние значения  $C_w$  не выходят за пределы общего для них коридора – 1 – 20 мг (сух. массы)·см<sup>-3</sup>.

С другой стороны, вся совокупность данных, представленная на рис. 3 и 4 разделяется на дискретные группы (линии под разным углом) в соответствии с морфологической иерархией слоевища *S. corymbosum* и закону, определяющему связь между объёмом ОП ( $V_{n+1}$ ) и концентрацией в нем биоорганического вещества<sup>1</sup> ( $C_w$ ) и площади поверхности растения ( $C_s$ ):

$$\log C_w = \log a - b \log V_{n+1}, (1)$$

$$\log C_s = \log a - b \log V_{n+1}. (2)$$

Численные значения коэффициентов  $a$  и  $b$  представлены в табл. 1.

Ранее (Хайлов и др., 1992, 1993, 1996, 1999, Празукин, 2005, 2015) зависимость (1) обсуждалась на большем количестве объектов, включая наземные и водные растения.

Т а б л и ц а 1

Параметры аллометрических уравнений, связывающие концентрацию сухой массы ( $C_w$ , мг(сух) см<sup>-3</sup>) и концентрации поверхности ( $C_s$ , см<sup>-1</sup>) в объёмах обитаемых пространств вертикальных «побегов» ( $K_0$ ) и ветвей первого – третьего порядка ( $K_1 - K_3$ ) *Callithamnion corymbosum* с величиной их объёма обитаемого пространства ( $V_{n+1}$ , см<sup>3</sup>)

Объект и № линии регрессии на рис. 3 и 4	Параметры уравнения			Количество наблюдений
	log a	b	R <sup>2</sup>	
log $C_w = \log a + b \log V_{n+1}$ (рис. 3)				
Вертикальный «побег» (целое растение, $K_0$ ), (1)	0.178	-0.140	0.18	19
Ветви $K_1$ (2)	0.398	-0.378	0.78	10
Ветви $K_2$ (3)	0.220	-0.393	0.76	26
Ветви $K_3$ (4)	-0.102	-0.418	0.60	20
log $C_s = \log a + b \log V_{n+1}$ (рис. 4)				
Вертикальный «побег» (целое растение, $K_0$ ), (1)	0.767	-0.040	0.29	19
Ветви $K_1$ (2)	1.198	-0.431	0.88	10
Ветви $K_2$ (3)	1.039	-0.435	0.79	26
Ветви $K_3$ (4)	0.754	-0.379	0.80	20

<sup>1</sup>Словосочетание «биоорганическое вещество» соответствует понятию «сухая масса», т.е. это сумма органических веществ и связанных с ними зольных элементов.

Что касается наших данных (табл. 1), то здесь численные значения коэффициентов  $a$  и  $b$  закономерно изменяются в иерархическом ряду структур. Различия в значениях коэффициентов  $a$  и  $b$  говорят о том, что для каждого типа структур существуют определенные аллометрические соотношения, характеризующие каждого из них. Регрессии, описывающие совокупность данных по вертикальным «побегам» (рис. 3, 4) имеют наименьший угол наклона, практически горизонтальные линии, значения коэффициента  $b$  в уравнениях (1) и (2), соответственно, равны:  $-0.14$  и  $-0.04$ . Возможно, вертикальный «побег» как объект, включающий в себя все структурные элементы морфологической иерархии слоевища, обладает наибольшими регулирующими возможностями в структурировании ОП по сравнению со структурами его образующими.

Тогда как в размерных рядах ветвей первого – третьего порядка концентрация биоорганического вещества и концентрация площади поверхности растения в объеме ОП снижаются. На рис. 3 и 4 линии регрессий, принадлежащих ветвям  $K_1 - K_3$ , по соответствующей паре характеристик имеют примерно одинаковый угол наклона, но при этом они располагаются друг над другом в порядке уменьшения их номера порядка ветвления. Так, при одних и тех же размерах ОП ветви второго порядка, по сравнению с ветвями третьего порядка, имеют более высокие значения концентрации биоорганического вещества. Это справедливо и по отношению к следующим парам: ветви первого и второго порядка; вертикальные «побеги» и ветви первого порядка. Одно из возможных объяснений это то, что ОП структур более высокого ранга ветвления, находясь в границах ОП структур предыдущего порядка могут между собой перекрываться, и в этих случаях происходит увеличение значений  $C_w$  и  $C_s$  в ОП структур более низшего ранга. К примеру, в ОП когорты вертикальных «побегов» *S. crinita* показатель взаимного перекрытия ( $\sum V_{n+1}/V_{n+2}$ ) равен  $0,78$  (Празукин, 2005), это значит, что ОП ближайших друг к другу вертикальных «побегов» только частично перекрываются и, как минимум,  $22\%$  обитаемого пространства растения не охвачено надтелесными пространствами «побегов». Объемная концентрация сухой массы  $C_{w(n+2)}$  в этом случае составляла:  $6.42 \text{ мг/см}^3$ . И совсем другая ситуация у василька раскидистого (*Centaurea diffusa* Lamarck in J. Lamarck et al., Encycl.), наземного травянистого растения, наблюдается многократное перекрывание (использование) одного и того же ОП ( $\sum V_{n+1}/V_{n+2} = 3.3$ ) (Празукин, 2015).

Наблюдаемое снижение  $C_w$  и  $C_s$  в обитаемых пространствах ветвей (рис. 3, 4) не может рассматриваться как результат «разбавления», поскольку значения коэффициента  $b$  в уравнениях (1) и (2) (табл. 1) намного отличаются от единицы.



Обратим внимание на следующий факт, при максимальных значениях обитаемого пространства ( $V_{n+1}$ ) для каждого класса структур ( $K_0, K_1 - K_3$ ) наблюдается примерно одинаковая, и она же минимальная, концентрация биоорганического вещества (рис. 3). При этом максимальные значения  $V_{n+1}$  каждого класса структур на логарифмической шкале объёмов отстоят друг от друга примерно на одинаковом расстоянии. В этом случае показатель геометрической прогрессии ( $Q = l_{k+1}/l_k$ , где  $l$  значения любой измеряемой характеристики отдельности размерного ряда, в нашем случае  $V_{n+1}$ ) в ряду порядков структур:  $K_3, K_2, K_1, K_0$  имеет следующие величины: 8.1, 5.8, 5.6. С определенной осторожностью отмечаемое распределение можно интерпретировать как индивидуальный портрет структурной (пространственной) иерархии *S. corymbosum*, как это делается по отношению к распределениям размеров отдельностей в объектах живой и неживой природы (Садовский, 1983; Сухонос, 1988; Kamenir, 2008; Празукин, 2015).

В **заключение** обратим внимание на следующие моменты. Прежде всего на то, что растение и охватываемое им надтелесное пространство со всеми минеральными и органическими веществами в нем можно объединить в одну общую совокупность – жизнеобитаемый объект (биокосную фитосистему) (Празукин, 2015). ОП отдельно взятого растения (кроновое пространство) характеризуется определенным геометрическим объёмом и определенным количеством растительной массы соответственно и площади растительной поверхности и определенным количеством минеральных и органических веществ в нем.

Кроновое пространство растения – это множество последовательно включённых друг в друга обитаемых пространств разного размера и с разной плотностью биоорганического вещества в них.

Слоевница многоклеточных водорослей в большинстве случаев не имеют жестких конструкций в силу специфики их обитания, а поэтому их форма надтелесного ОП достаточно лабильна, но, как показывают наши исследования, хорошо предсказуема при соответствующих условиях подвижности воды. Слоевница *S. corymbosum* на участках побережья, не подверженных активному воздействию волн, могут продолжительное время сохранять примерно одну и ту же форму кронового пространства и, соответственно, постоянную концентрацию биоорганического вещества в нем.

На всех уровнях организации *S. corymbosum* обитаемые объёмы и концентрации живого вещества взаимосвязаны. Можно говорить об определенной норме в заполнении ОП биоорганическим веществом, и можно предположить о том, что через изменения концентрации

живого вещества в кроновом пространстве может осуществляться регуляция функциональных процессов растения.

### **Список литературы**

- Бигон М., Харпер Дж., Таунсенд К.* 1989. Экология. Особи, популяции и сообщества. Т. 1. М.: Мир. 667 с.
- Вернадский В.И.* 1988. Избранные сочинения М.: Наука. 328 с.
- Гэлстон А., Девис П., Сэттер Р.* 1983. Жизнь зеленого растения. М.: Мир. 358 с.
- Зинова А.Д.* 1967. Определитель зеленых, бурых и красных водорослей южных морей СССР. Л.: Наука. 400 с.
- Калугина-Гутник А.А.* 1975. Фитобентос Черного моря. Киев: Наук. думка. 248 с
- Ковардаков С.А., Празукин А.В., Фирсов Ф.К., Попов А.Е.* 1985 Комплексная адаптация цистозиры к градиентным условиям. Киев: Наук. думка. 216 с.
- Празукин А.В.* 2000. Структура кронового пространства слоевища черноморской бурой водоросли цистозиры (*Cystoseira crinita* (Desf.) Bory) (Phaeophyta) // Альгология. Т. 10. № 2. С. 119-130.
- Празукин А.В.* 2005. Иерархическое членение обитаемого пространства и его заполнение биоорганическим веществом на примере черноморской водоросли цистозиры (*Cystoseira crinita* (Desf.) Bory) // Морской экологический журнал. Т. 4. № 3. С. 15-36.
- Празукин А.В.* 2015. Экологическая фитосистемология. М.: Перо. 375 с.
- Празукин А.В.* 2016. Морфометрический подход в оценке величины площади поверхности таллома многоклеточной водоросли *Callithamnion corumbosum* (J. E. Smith) Lyngb // Вестн. ТвГУ. Сер.: Биология и экология. № 4. С.195-205
- Садовский М.А.* 1983. О распределении размеров твердых отдельностей // ДАН СССР. Т. 269. №1. С. 69-72.
- Спурр С.Г., Барнес Б.В.* 1984. Лесная экология М.: Лесн. пром-сть. 480 с.
- Сухонос С.И.* 1988. О возможном влиянии блочности земной коры на особенности распределения социальных территорий по размерам // ДАН СССР. Т. 303. № 5. С. 1012-1013.
- Хайлов К.М., Ковардаков С.А., Празукин А.В., Рабинович М.А.* 1993. Оценка продуктивности водорослей в биокосных фитосистемах на основе обобщенного уравнения интенсивности роста // Физиология растений. Т. 40. № 6. С. 856-862.
- Хайлов К.М., Парчевский В.П.* 1983. Иерархическая регуляция структуры и функции морских растений. Киев: Наукова думка. 253 с.
- Хайлов К.М., Празукин А.В., Губанов В.В.* 1996. Сравнительная оценка концентрации фитомассы в обитаемом пространстве наземных и водных биокосных фитосистем // Экология. № 4. С. 243-248.
- Хайлов К.М., Празукин А.В., Ковардаков С.А., Рыгалов В.Е.* 1992. Функциональная морфология морских многоклеточных водорослей. Киев: Наукова думка. 280 с.

- Хайлов К.М., Празукин А.В., Минкина Н.И., Павлова Е.В. 1999. Концентрация и функциональная активность живого вещества в сгущениях разного уровня организации // Успехи современной биологии. Т. 119. Вып. 1. С. 3-14.
- Kamenir Y., Dubinsky Z., Zohary T. 2008. Consistent annual patterns of water mass occupancy are revealed by taxonomic units of Lake Kinneret phytoplankton // Israel Journal of Plant Sciences. Vol. 56. P. 91-101.
- Prazukin A.V. 2014. Hierarchy and parametric representation of bio-inert phytosystems // Ecology and noospherology. V. 25. № 1–2. P. 5-18. (DOI: 10.15421/031401).

**HIERARCHICAL DIVISION OF THE CROWN SPACE AND DISTRIBUTION OF BIOORGANIC MATTER IN IT IN THE MULTICELLULAR ALGAE *CALLITHAMNION CORYMBOSUM* (J. E. SMITH) LYNGBYE, 1819, IN IT**

**A.V. Prazukin**

Kovalevsky Institute of Marine Biological Research of RAS, Sevastopol

An original technique for determining the geometric volume of the crown space of multicellular algae is proposed. It focuses on the hierarchical structure of the *Callithamnion corymbosum* crown space and distribution of bioorganic matter in it. The amount of habitable space ( $V_{n+1}$ ,  $\text{cm}^3$ ) and living matter concentration ( $C_w$ ,  $\text{mg (dry weight)/cm}^3$ ), on the one hand, and concentration of the photosynthetic surface ( $C_s$ ,  $\text{cm}^{-1}$ ), on the other, are shown to be interrelated at all hierarchical levels and described by the equation:  $\log C_w = \log a - b \log V_{n+1}$ ;  $\log C_s = \log a - b \log V_{n+1}$ .

**Keywords:** habitable space, living space, architectonic thallus, Black Sea.

*Об авторе:*

ПРАЗУКИН Александр Васильевич – доктор биологических наук, ведущий научный сотрудник отдела функционирования морских экосистем, ФГБУН «Институт морских биологических исследований имени А.О. Ковалевского РАН», 299011, Севастополь, пр-т Нахимова, д. 2, e-mail: prazukin@mail.ru.

Празукин А.В. Иерархическое членение кронового пространства многоклеточной водоросли *Callithamnion corymbosum* (J.E. Smith) Lyngbye, 1819 и его заполнение биоорганическим веществом / А.В. Празукин // Вестн. ТвГУ. Сер.: Биология и экология. 2017. № 1. С. 196-206.