

ПОДОБИЕ СПЕКТРОВ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ФИЗИЧЕСКИХ ОТДЕЛЬНОСТЕЙ В ЖИВОЙ И НЕЖИВОЙ ПРИРОДЕ

A.B. Празукин

Институт биологии южных морей
им. А. О. Ковалевского НАН Украины
г. Севастополь, пр. Нахимова, 2
E-mail:prazukin@mail.ru

По литературным и собственным данным проведено сравнение структурной организации объектов живой и неживой природы. Показано, что сравниваемые объекты структурно подобны и могут быть описаны единобразным параметрическим языком, что делает их объективно сравнимыми по всем основным структурам и функциям, в том числе в общей метрике.

Введение. В античные времена в науке дисциплинарные деления были едва намечены, а сама наука находилась в неразрывном единстве и гармонии с искусством и философией. В настоящее время наука – это огромное множество автаркических «княжеств», каждое из которых со своим языком и собственным пониманием мира в той его части, в которой оно само себе отмерило на общем «ковре» природы.

Со второй половины XX века возникла и многократно усилилась в начале XXI века, особенно в связи с глобализацией человечества и кризисными явлениями в масштабах планеты потребность в объединении наук для решения междисциплинарных, общечеловеческих проблем [1 – 3]. Понятно, что объединение не может быть механическим слиянием и не может охватывать все науки разом. Объединение должно проходить, в рамках общего для них содержательного ядра, общей проблемы, для изучения крупного сложно организованного объекта. Например, в качестве такой объединяющей науки, охватывающей все проблемы растительного мира, начиная от организменного и суборганизменных уровней организации до биосферного может стать фитосистемология [4, 5].

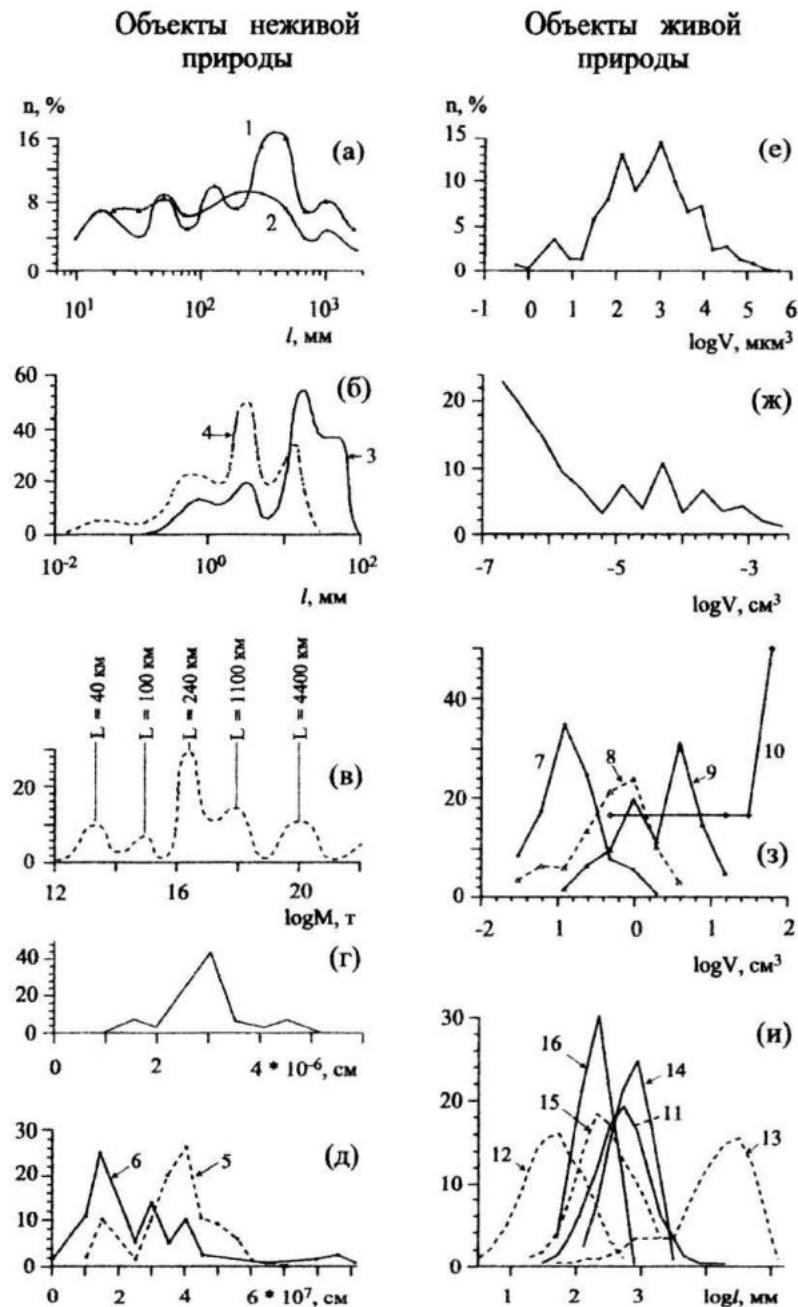
Стратегическая цель фитосистемологии – создать интегративную, полноценную научную модель автотрофного

блока биосфера, имея в виду, что автотрофная функция биосфера реализуется только в единстве с Гео и Био, причем Гео первично и более мощно во всех аспектах – по веществу, по энергии и по информации [5]. При таком понимании фитосистемология выступает как часть, как научный блок биосферологии, объединяющая в едином исследовательском фокусе микро- и макромир растений, фитосистемы биологического и экологического масштаба. Стратегическая цель достигается путем перехода от терминов специализированных наук к общенаучному языку.

Часто оппозиция «живое – неживое» рассматривается как главный, но не единственный камень преткновения из числа тех, что лежит на пути объединения наук. Автор настоящей статьи не склонен считать «живое – неживое» оппозицией, а, следуя взглядам В.И. Вернадского, рассматривает эту пару как единство живого и неживого на планете Земля.

На примере небольшого обзора данных покажем, что между объектами живой и неживой природы существует гораздо более глубокое структурное подобие, чем обычно предполагается. Те и другие можно описывать совершенно одинаковым образом и сравнивать по одним и тем же параметрам.

Содержательная часть. М.А. Садовский [6, 7] высказал предположение о существовании дискретных «преимущественных» размеров отдельностей горной породы, образующихся в связи с подобием процессов её разрушения, соподчиненных механическим геодвижениям. Причем диапазон таких размеров простирается от доли микрон до тысячи километров [8]. В настоящее время в литературе накоплено достоверное количество фактов [8 – 15], подтверждающее высказанное предположение. В частности, рассматривается распределение размеров кусков при дроблении горных пород взрывами (рис. 1 а) [8] и размеров частиц при гранулометрическом анализе различных горных пород (рис. 1 б) [8, 9], масс небесных тел Солнечной системы (рис. 1 в) [8], атомов всех химических элементов таблицы Менделеева (рис. 1 г) [12].



Р и с. 1. Распределения размеров отдельностей в объектах разного уровня организации и происхождения

а – распределение размеров кусков при дроблении горных пород взрывами [8]; б – распределение размеров частиц при гранулометрическом анализе песчаника (11) и гранита (4) Забайкалья [8]; в – распределение масс небесных тел Солнечной системы [8]; г – распределение размеров атомов всех химических элементов таблицы Менделеева; [12]. д – распределение социальных территорий по размерам [16]; е – распределение численности фитопланктона в озере (Израиль) по размерным классам объёма клеток [17]; Распределение численности осевых структур слоевища церамиума (ж), ветви первого порядка бриописса перистого (з) и слоевища цистозиры косматой (и) по размерным классам объёма (V) осевых структур; к – распределение численности видов растений в зависимости от размера l в таксономических группах флоры высших растений СССР [18]

1 – Dugout, 20 т, химический взрыв; 2 – Gabriolet, 2.3×10^3 т, ядерный взрыв; 5 – страны мира; 6 – Области СССР; осевые структуры цистозиры косматой первого (10), второго (9), третьего (8) и четвертого (7) порядков ветвления; отделы высших растений: 11 – Angiospermae, 12 – Bryophyta, 13 – Gymnospermae, 14 – Sphaeniphyta, 15 – Pterophyta, 16 – Lycophyta

В экологических и биологических объектах и в частности, в планктонном сообществе одноклеточных водорослей (рис. 1 е) [17, 19, 20] и в структуре отдельного слоевища многоклеточной водоросли (рис. 1 ж, з) [21, 22], так же как и в объектах неживой природы, обнаруживается дискретность «преимущественных» размеров составляющих их единиц. В экологических науках этот вопрос был самостоятельно поставлен как проблема «Размерных Спектров (РС) живого вещества» [18, 23 – 28] и уже обсуждается на протяжении последних 30 лет [17, 19, – 22, 28–35].

Для отдельностей в объектах живой и неживой (рис. 1 а, б, г) природы, а у первых на телесном (рис. 1 ж) и надтелесном (рис. 1 е) уровнях организации наблюдается мультимодальное распределение с четко выраженным модами. Соотношение соседних преимущественных размеров, коэффициент геометрической прогрессии ($Q = L_{k+1}/L_k$) объектов неживой природы в 80 % случаях укладывается в диапазон от 2 до 5 при среднем значении – 3.5 [8, 16] (рис. 2). В РС сообществ одноклеточных планктонных водорослей двух озер [17, 19, 20], территориально далеко отстоящих друг от друга, и в РС осевых структур слоевищ двух видов многоклеточных водорослей, цистозиры и церамиума, соответственно с моноподиальным и дихотомическим типами ветвления, величина K_L , исключая значения отношений крайних мод, варьируется в диапазоне от 4 до 8 и в большей её части укладываются в диапазон значений объектов неживой природы (рис. 2).

На рис. 1 з представлены данные по процентному распределению численности (n) осевых структур разных порядков ветвления цистозиры косматой от их индивидуальной массы (W), а на рис. 1 и – аналогичное распределение числа (n) видов высших растений СССР в зависимости от размеров (I) [18]. В обоих случаях распределение численности осевых структур в пределах порядка ветвления и числа видов в пределах таксона на логарифмической шкале имеет вид симметричных кривых или близкие к ним. Крупные отделы высших растений рас-

полагаются друг от друга на логарифмической шкале на расстояниях, приблизительно кратных величине 0.5 единиц ($Q = 3.16 = 10^{0.5}$) [18]: «Мхи (2) и покрытосеменные (1) расположены друг от друга на расстоянии приблизительно 1.0 единиц, покрытосемянные и голосемянные (3) на 1.5 единиц шкалы. Отдел Pterophyta (5) и Lycophyta (6) образуют одну размерную группу, расположенную посередине между мхами и покрытосемянными. Отдел Sphrophyta (4), содержащий всего 13 видов, объединяется в группу с покрытосемянными.» [18, стр. 102]. Максимумы распределений численности порядков осевых структур цистозиры отстоят друг от друга примерно на порядок величин значений W . Можно сказать, что структура флоры описывается через соотношение основных отделов, а структура отдельного растения через соотношение его структурных элементов. Другими словами, в том и другом случае обнаруживается структурная организация, упорядоченность отношений размеров таксонов в составе флоры и порядков осевых структур в составе тела растения.

Обратим внимание на близость значений рассматриваемых отношений, полученных независимо на двух различных базах данных, по объектам живой и неживой природы. Присутствие высоких отношений ($Q > 8$, кратные четырём, рис. 2) возможно объясняется пропуском «преимущественных» размеров осевых структур церамиума, вызванных невозможностью их учета вследствие разрушения структур этого размера. Известно, что структуры высших порядков ветвления в первую очередь реагируют на изменение внешних факторов среды [22, 36 – 38]. Возможна и методическая ошибка, поврежденные структуры не отбраковывались (в основном это касалось мелких структур), а относились к размерному классу, соответствующему их параметрам, а поэтому возможна вероятность накопления ошибки в мелкозадерновой части спектра. Однако, по мнению С.И. Сухоносова [16], существование больших значений Q у объектов неживой природы, указывает на наличие крупномасштабной периодизации с ко-

эффективом 10^5 (рис. 2), которая была обнаружена при детальном анализе космологических закономерностей организации устойчивых структурных уровней начиная от максимонов (10^{-33} см) и до метагалактики (10^{27} см) [12]. В этот диапазон размеров включены и объекты живой природы с её микро- и мега- масштабами [5] и как частные случаи

(рис. 1 е – и) мелкомасштабные спектры устойчивых уровней, с $Q = 3.16 - 8$. Высказывается предположение [12, 13] «что всё косное вещество вселенной многоуровнево организовано на маленьком шаге масштабов асимметрично, а на большом масштабном шаге – масштабно симметрично».

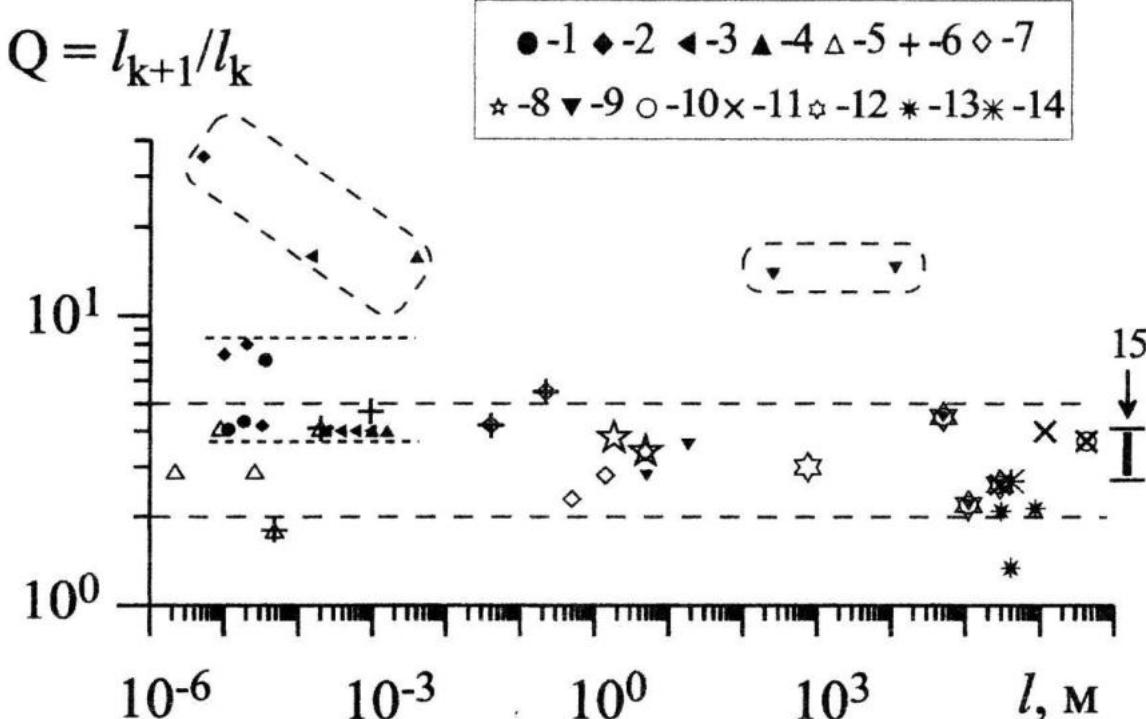


Рис. 2. Распределение $Q = L_{k+1}/L_k$ в объектах живой и неживой природы
1, 2 – фитопланктоные сообщества [17, 19, 20]; Слоевище церамиума (3) и цистозир косматой (4); 15 – флоры высших растений СССР [18]; Социальные территории всех стран мира (13) и СССР (14) [16]; 5 – измельченный торф [8]; 6 – песчаника, гранита (геоморфологический анализ) [8]; 7 – отдельные кусков при дроблении горных пород взрывами [8]; 8 – акустические спектры [8]; 9 – рассеянные сейсмические волны [8]; 10 – блоки земной коры [8]; 11 – тела Солнечной системы [8]

Существование дискретных «преимущественных» размеров объектов неживой природы, складывающихся в иерархический ряд, описываемый геометрической прогрессией со знаменателем, близким 3.5 (рис. 2) не является случайным совпадением, а является отражением иерархической природы физического мира [8]. Иерархическая дискретность присуща и живой природе и, в частности, она проявляется в таксономической структуре фауны и флоры, в границах отдельного планктонного сообщества водорослей и в границах тела отдельного растения, что отражается в частотном

распределении их составляющих с характерными для них значениями Q .

Как показывают многолетние исследования [17, 19, 20] фитопланктоные сообщества характеризуются устойчивыми, из года в год повторяющимися показателями геометрической прогрессии распределений «преимущественных» размеров ($Q = 4 - 8$). Другими словами, планктонные сообщества разных водоемов, развивающиеся в сходных экологических и геоморфологических условиях, характеризуются постоянными из года в год повторяющимися набо-

ром «преимущественных» размеров. Изменение, по разным причинам, скорости поступления вещества и энергии в водоём, и изменение геоморфологии водоёма, ведет к изменению структуры РС планктонного сообщества. В случае с изменениями, связанными с геоморфологией водоёма можно говорить о геоморфологическом матрицировании живого вещества, т.е. передачи геометрической информации с косных тел к живым [30].

Феномен геоморфологического матрицирования на социальном уровне обнаруживается при сопоставлении распределений социальных территорий по размерам и распределений «преимущественных» размеров блочных структур земной коры [16]. В работе [16] показано (рис. 1 д), что кривая распределения стран по размерам имеет слабовыраженный мультимодальный характер с шагом между экстремумами $3.16 = 10^{0.5}$, который близок к выявленному в работе [10] среднему отношению преимущественных размеров блоков земной коры – 3.3. Автор [16] видит в этом очевидную связь между иерархией распределения населения на поверхности Земли [39] и многоуровневой организацией географических ландшафтов. Последнее характеризуется единобразием природных условий и ограничены в пространстве естественными географическими границами, которые существенно зависят от рельефа.

Л.Л. Численко [18], рассматривая возможные объяснения причин размерных распределений таксонов фауны и флоры, приходит к заключению, что «за регулярными отношениями размеров скрываются реально существующие связи свойств реально существующих таксонов крупного ранга. Иными словами, основа этих отношений – экологическая». Возможно, здесь имеет место и геоматрицирование [5].

В свою очередь структура растения и, в частности, его видовая принадлежность определяется генетическим матрицированием. На рис. 1 ж, з представлены РС осевых структур слоевищ двух

далеко отстоящих в систематическом положении видов водорослей, цистозиры косматой и церамиума. Для первого вида водорослей характерен моноподиальный тип ветвления и объемно-талломный тип строения тела, для второго – дихотомический тип ветвления и нитчатый тип строения тела. Первый – многолетнее растение, второй – однолетнее (сезонно летнее). При очевидных морфологических, биологических и экологических различиях этих видов они имеют, если исключить крайние моды, один и тот же шаг распределения ($Q = 4.05$, рис. 2). Можно предположить, что в геноме двух этих видов водорослей имеется одна и та же программа, позволяющая поддерживать $Q = 4.05$. Для сравнения, в планктонном сообществе одноклеточных водорослей [19], исключая крайние моды, среднее значение $Q = 5.8$, в таксономической структуре флоры расстояние между таксонами крупного ранга составляет 0.45 – 0.6 (в среднем 0.5) логарифмических единиц ($Q = 2.81 – 3.98$, в среднем – 3.16) [18], а в выборке из 10 объектов неживой природы ([8], $l = 10^{-6} – 10^7$ см) отношение варьируется в диапазоне от 2 до 5 при среднем значении 3.5 (рис. 2). В [18] высказывается осторожное предположение, что «не исключена возможность, что численное значение константы (0.5 логарифмических единиц) связано с числом π ($\text{Log } \pi = 0.497$)».

Обратим внимание на близость значений Q в объектах живой и неживой природы. Возможно, это не случайно, поскольку живая и неживая природа на общей шкале размеров (60 порядков величин) образует непрерывный ряд устойчивых состояний [5, 12] с постоянным шагом 10^5 см. Причем, живая природа занимает центральную часть этого ряда, а человек со своим размером, как ни парадоксально, размещается в середине всего размерного ряда [5].

Шаг в 10^5 см в соответствии с имеющим место в природе маломасштабностью явлений, делится на дробные отрезки, примером могут служить рассматриваемые нами данные (рис. 1, 2)

и иерархическая соподчиненность онтогенетических циклов структурных элементов слоевища [22, 36, 37, 40]. Каждая иерархическая отдельность растения проживает собственную жизнь. Она рождается, проходит последовательно стадии развития и в конечном итоге разрушается и умирает. Скорости прохожде-

ния событий и любые другие характеристики отдельностей интегрированы в события большего масштаба – организм отдельного растения, а события, проживаемые отдельным организмом, включены в систему популяционных отношений и далее сообществ, экосистем и биосферы.

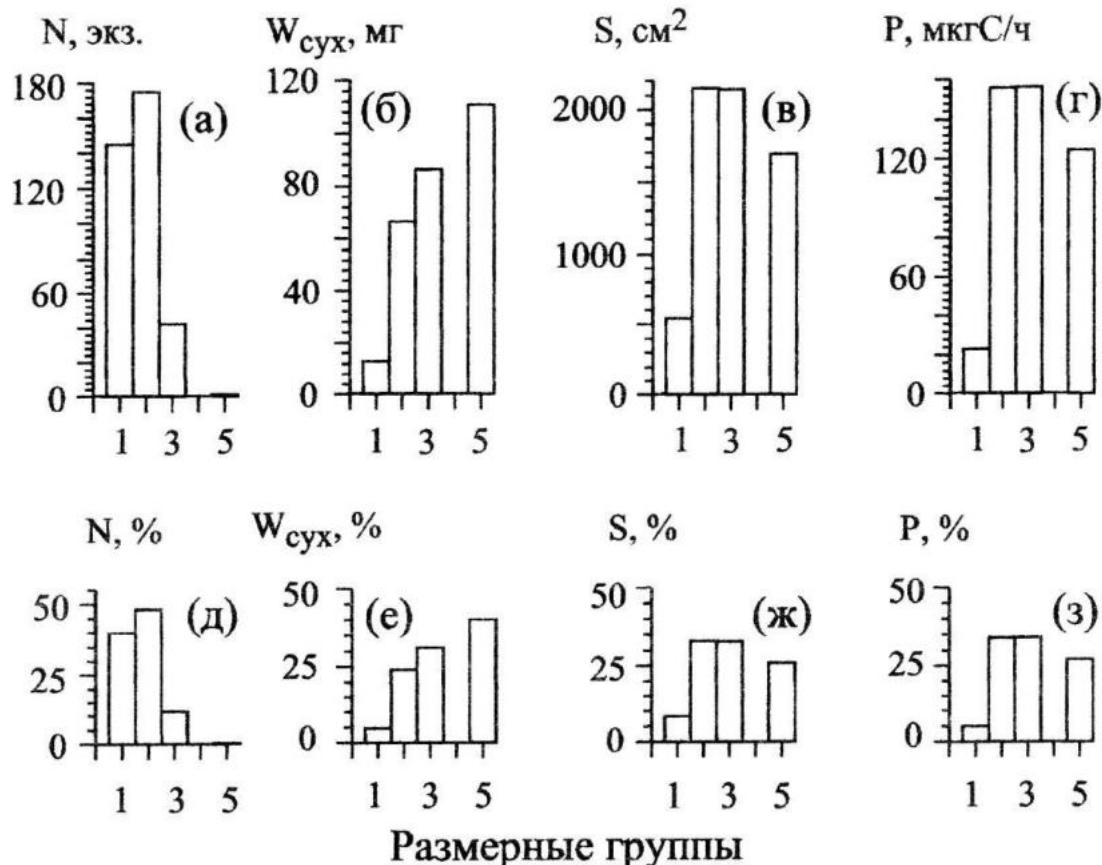


Рис. 3. Распределение абсолютных (а – г) и относительных (д – з) значений численности (N), сухой массы ($W_{сух}$), площади поверхности (S) и скорости фотосинтеза (P) в размерном ряду (W_n) осевых структур ветви первого порядка цистозиры косматой (*Cystoseira crinita* (Desf.) Bory) в возрасте 4.7 месяца

Средняя индивидуальная масса осевых структур в размерных группах: 1 – 0.084; 2 – 0.466; 3 – 2.291; 5 – 110.9 мг (сухой массы)

Слоевище многоклеточной водоросли, планктонное сообщество одноклеточных организмов и в целом водоём с его обитателями – системы из иерархически организованных отдельностей, связанных круговоротом веществ и энергии. Согласно Ю.Г. Камениру [23, 24, 29], каждая отдельность – это замкнутый объём (буфер), в котором поддерживается равновесие параметров и в свою очередь стабильность замкнутого потока

(рождение – развитие – размножение – разложение – регенерация) т.е. циклических процессов обновления «проточных» элементов. Каждый поток погружен в буфер элементов следующего уровня – иерархию замкнутых колец.

Объясняющая модель «преимущественных» размеров отдельностей объектов неживой природы может строиться с позиций характера упаковок элементов породы [13]. Как и в системах с участи-

ем живого, объекты неживой природы имеют иерархическую, блочную упорядоченность, «весь блок состоит из подблоков приблизительно одинакового размера, которые в свою очередь состоят из подобных же субблоков» [13]. Иерархическая упорядоченность проявляется и в упорядоченности дефектных зон блока, и в особенностях его разделения на части любым возможным способом [6 – 9, 13].

В иерархии систем с участием живого отдельности – это замкнутые объемы, в которых поддерживается равновесие параметров [23, 24, 29] в объектах неживой природы, уровень устойчивости отдельностей к разрушению, является определяющим в формировании иерархической структуры [8, 13]. В обоих случаях элементами иерархии являются отдельности с определенным уровнем устойчивости к действию извне.

Сузим наше рассмотрение объектами живой природы. Отдельное растение, сообщество видов и флора в заданных границах территории это системы разного уровня организации и плана систематизации живого и, естественно, что с принципиально разными формами отношений структурных элементов, формирующих их и на первый взгляд совершенно не сопоставимые между собой. И, тем не менее, между частотными распределениями элементов названных объектов обнаруживаются сходства. Распределение числа видов в пределах таксонов на логарифмической шкале имеет вид симметричной кривой (рис. 1 и), в распределении осевых структур четвертого и третьего порядков цистозиры наблюдается также симметрия (рис. 1 з). Диапазоны размеров отдельных таксонов перекрывают друг друга, т.е. представители разных таксономических отделов имеют сходные размеры тела и отличаются тем, что занимают разные экологические ниши [18]. Перекрывают друг друга и диапазоны размеров порядков осевых структур цистозиры, причем, при одних и тех же значениях индивидуальной массы осевые структуры разных порядков могут испытывать разную ме-

ханическую и генеративную нагрузку и обладать не всегда одинаковой интенсивностью фотосинтеза [36 – 38, 40,]. В экосистемах совокупность размерных распределений видов или крупных таксонов [18], а в слоеище совокупность аналогичных распределений осей [21, 22, 38] приводит к относительно равномерному заполнению всего размерного диапазона биологических структур названных систем. Например, в ряду осевых структур цистозиры стабилизируется суммарная поверхность и скорость образования органического вещества на единицу масштаба размерной шкалы (рис. 3) [22, 21, 38].

Заключение. Представленные в статье данные и их обсуждение позволяют говорить о подобии структурной иерархии объектов живой и неживой природы и то, что объекты живой и неживой природы могут быть описаны единообразным параметрическим языком, что делает их объективно сравнимыми по всем основным структурам и функциям, в том числе в общей метрике.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Хайлів К.М. Взгляд в научное прошлое из начала нового века // Экология и жизнь. – 2011, № 3(112). – С.4 – 10, № 4 (113). – С. 20 – 24.
2. Хайлів К.М., Празукин А.В., Смолев Д.М. Глобальное здоровье. Как его понять, оценить, и научно регулировать // Экология и жизнь. – 2010, № 11(108). – С. 4 – 10.
3. Хайлів К.М., Празукин О.В., Юрченко Ю.Ю. Екологічна криза в населеній частині Землі та народна освіта // Світогляд. – 2009, № 4. – С. 28 – 34.
4. Празукин А.В. Структурно-функциональные аспекты экологической фитосистемологии // Матеріали XIII з'їзду Українського ботанічного товариства (19 – 23 вересня 2011 р., м. Львів, 2011). – С. 158.
5. Хайлів К.М., Празукин А. В., Смолев Д.М., Юрченко Ю.Ю. Школа биогеоэкологии. Севастополь: ЭКОСИ-Гидрофизика, 2009. – 325 с.

- (<http://repository.ibss.org.ua/dspace/handle/99011/1754>)
6. Садовский М.А. Естественная кусковатость горной породы // ДАН СССР. – 1979. – Т . 247, № – С. 829 – 831.
 7. Садовский М.А., Сардоров С.С.(мл) Соподчиненность и подобие геодвижений в связи с естественной кусковатостью пород // ДАН СССР. – 1980. – Т . 250, № 4. – С. 846 – 848.
 8. Садовский М.А. О распределении размеров твердых отдельностей // ДАН СССР. –1983. – Т . 269, № 1. – С. 69 – 72.
 9. Садовский М.А., Болховитинов Л.Г., Писаренко В.Ф. О связи дискретности горных пород. // Изв. АН СССР, сер. Физика Земли, М. – 1982, № 12. – С. 126 – 130.
 10. Садовский М., Галкин И. Пути к прогнозу землетрясений // Наука и жизнь, 1986, № 7. – С. 2 – 6.
 11. Садовский М.А., Болховитинов Л.Г., Писаренко В.Ф. Деформирование геофизической среды и сейсмический процесс. М.: Наука, 1986. – 100 с.
 12. Сухонос С.И. К причинам возникновения преимущественных размерах в распределениях естественных тел природы // Министерство высшего и среднего специального образования РСФСР Волгоградский Ордена трудового красного знамени политехнический институт. Деп. в ВНИТИ от 27.01.1988 № 733 – В 88. – 21 с.
 13. Сухонос С.И., Бердиков В.Ф. Упаковочная модель возникновения устойчивых отдельностей // ВНИИ абразивов и шлифования. – Ленинград, 1986. – Деп. в ВНИИТЭМР 07.01.86 г., № 29 – 86. – С. 2 – 38.
 14. Сухонос С.И., Юрченко Л.Ю., Бердиков В.Ф., Леонидов Л.Д. Масштабно-инвариантная упаковочная модель структуры хрупких тел на примере анализа механических свойств карбida кремния черного // Волг. ПИ. – Волгоград, 1987.
 15. Юрченко Л.Ю., Бердиков В.Ф., Сухонос С.И. О некоторой инвариантно-сти физических свойств черного карбida кремния при изменении технологических параметров его дробления // ДАН СССР, 1987. – Т. 293. № 3. – С. 610 – 613.
 16. Сухонос С.И. О возможном влиянии блочности земной коры на особенности распределения социальных территорий по размерам // ДАН СССР, 1988. – Т. 303, № 5. – С. 1012 – 1013.
 17. Kamenir Y., Dubinsky Z., Zohary T. Consistent annual patterns of water mass occupancy are revealed by taxonomic units of Lake Kinneret phytoplankton // Israel Journal of Plant Sciences – 2008. – Vol. 56 – P. 91 – 101.
 18. Численко Л.Л. Структура таксонов фауны и флоры в связи с размерами организмов. – М.: МГУ, 1981. – 203 с.
 19. Каменир Ю., Михайлюк Т.И., Попова А. Ф., Кемп Р., Дубинский Ц. Влияние антропогенного загрязнения на фитопланктон Киевского водохранилища (Украина). 2. Сравнение размерных спектров // Альгология. 2008. – Т. 18, № 2. – С. 145 – 159.
 20. Kamenir Y., Winder M., Dubinsky Z., Zohary T., Schladow G. Lake Tahoe vs. lake Kinneret phytoplankton: comparison of long-term taxonomic size structure consistency // Aquatic Sciences. – 2008. – 70. – P. 195 – 203.
 21. Празукин А. В., Хайлов К. М. Размерный спектр и внешний углеродный обмен структурных элементов слоевища цистозиры // Экология моря. – 1986. – Вып. 24. – С. 34 – 42.
 22. Празукин А.В. Морфофункциональные образы растения (на примере многоклеточных водорослей) // Вестник Тверского государственного университета серия «Биология и экология» – 2008. – Вып. 9. – С. 206 – 218.
 23. Каменир Ю.Г. Количественный анализ внутренних потоков экологических систем //Ан УССР. Ин-т биологии южных морей, Севастополь, 1983.. Деп. В ВИНИТИ 15.05.83. № 2796 – В83. – 27 с.

24. Каменир Ю.Г. Размерная структура циклических систем: взаимосвязь параметров // Экология моря. – 1986, Вып. 24. – С. 24 – 51.
25. Цейтлин В.Б. Энергетические характеристики и размерное распределение пелагических организмов в тропических районах океана // Океанология. – 1981. – Т. 21, № 3. – С. 529 – 536.
26. Цейтлин В.Б. Энергетика глубоководных пелагических сообществ. М.: Наука. – 1986. – 110 с.
27. Численко Л.Л. О размерной структуре населения пелагиали Мирового океана // ЖОБ. – 1968. – Т. 29, № 5. – С. 529 – 540.
28. Sheldon R. W., Prakash A., Sutcliff W. H. The size distribution of particles in the ocean // Limnol. and Oceanogr. – 1972. – 17, № 3, p. 327 – 340
29. Kamenir Y. Tolu-va-vohu of the Quasi-stochastic phytoplankton in the sea of the Galilee // Морск. экол. журн. – 2005. – 4, № 4. – С. 6 – 16.
30. Kamenir Y. G., Steinman B. Multidisciplinary approach to scaling of spectral models of integral aquatic communities // Proc. 3rd International Symposium on Ecohydraulics, Salt Lake City. – 1999. – Р. 159 – 181.
31. Kamenir Y., Dubinsky Z., Zohary T. Size structure stability of phytoplankton in a meso-eutrophic subtropical lake // Hydrobiologia. – 2004. – 520. – Р. 89 – 104.
32. Kamenir Y., Dubinsky Z., Zohary T. The long-term patterns of phytoplankton taxonomic size-structure and their sensitivity to perturbation: A Lake Kin-neret case study // AQuat. Sci. – 2006. – 68. – Р. 490 – 501.
33. Kamenir Y. Stability of Lake Kinneret phytoplankton structure as evidenced by several types of size spectra // Fund. and Appl. Limnol. – 2007. – 168. – Р. 345 – 354.
34. Platt T., Denman K. The structure of pelagic ecosystems // Rap. Proc. Reun. Cons. Intern. Explor. Mer. – 1978. – 173. – Р. 60 – 65.
35. Smith F.A., Brown J.H., Haskell J.P. et al. Similarity of mammalian body size across the taxonomic hierarchy and across space and time // Amer. Natur. – 2004. – 163. – Р. 672 – 691.
36. Ковардаков С.А., Празукин А.В., Фирсов Ю.К., Попов А.Е. Комплексная адаптация цистозиры к градиентным условиям (научные и прикладные проблемы). Киев: Наук. Думка, 1985. – 216 с.
37. Хайлов К. М., Парчевский В. П. Иерархическая регуляция структуры и функции морских растений. – Киев: Наукова думка, 1983. – 253 с.
38. Хайлов К.М., Празукин А. В., Ковардаков С. А., Рыгалов В.Е. Функциональная морфология морских многоклеточных водорослей – Киев.: Наукова думка, 1992. – 280 с.
39. Разумовский В.М. Эколого-экономическое районирование: Теоретические аспекты. Л.: Наука, 1989. – 151 с.
40. Празукин А.В. Феноменологическое описание роста ветвей *Cystoseira barbata* как основа периодизации их онтогенеза // Экология моря. – 1983. вып. 13. – С. 49 – 58.