

# ИСТОРИЯ НАУКИ

Самарская Лука. 2007. – Т. 16, № 3(21). – С. 581-584.

© 2007 Г.С. Розенберг\*

## НЕСКОЛЬКО СЛОВ ОБ ИНДЕКСЕ РАЗНООБРАЗИЯ СИМПСОНА

### Розенберг Г.С. НЕСКОЛЬКО СЛОВ ОБ ИНДЕКСЕ РАЗНООБРАЗИЯ СИМПСОНА

В статье кратко описана история создания индекса разнообразия и его особенности при исследовании биоразнообразия.

Ключевые слова: выборка, тип распределения, индекс разнообразия.

*Rozenberg G.S. SOME WORDS ABOUT THE SIMPSON'S DIVERSITY INDEX*

The history of index's making and its peculiarities by studying of biodiversity was described in the article.

Key words: selection, type of a distribution, diversity index.

Понятие «биологическое разнообразие» за сравнительно короткий отрезок времени получило расширенное и многоуровневое толкование (см.: Шитиков, Розенберг, 2005). Собственно его биологический смысл раскрывается через представления о *внутривидовом*, *видовом* и *надвидовом* (*ценоотическом*) *разнообразии* жизни. В последнее время, в добавление к этому, стали говорить об *экосистемном* и *ландшафтном разнообразии* как объектах изучения и охраны. Традиционные положения биогеографической науки также позволяют трактовать ее как науку о *географических закономерностях* формирования биоразнообразия. Когда на Конференции ООН по окружающей среде и развитию (Рио-де-Жанейро, 1992 г.) была принята "Конвенция о биологическом разнообразии" (Convention., 1992), к которой присоединилось большинство стран на планете, сложнейшая и многообразнейшая проблеме биоразнообразия приобрела еще и *политическое* звучание. Наконец, следует указать и на в какой-то степени эпатажную статью А.М. Гилярова (1996), в которой проблема изучения и сохранения биоразнообразия трактуется в *финансовом* аспекте в терминах академика Л.В. Арцимовича: «Наука – лучший способ удовлетворения личного любопытства за государственный счет».

Само словосочетание «биологическое разнообразие» впервые, по видимому, применил Г. Бэйтс в 1892 г. в работе "Натуралист на Амазонке" (Лебедева и др., 1999), когда описывал свои впечатления от встречи около 700 разных видов бабочек за время часовой экскурсии. Однако основные научные концепции биоразнообразия были сформулированы лишь во второй половине XX века – Р. Уиттекер (Whittaker, 1972; Уиттекер, 1980) структурировал уровни экосистемного разнообразия и исследовал зависимости биоразнообразия от факторов окружающей среды. А вот попытки

---

\* Институт экологии Волжского бассейна РАН, г. Тольятти.

количественной оценки биоразнообразия предпринимались еще ранее. И среди этих показателей не последнее место занимает индекс разнообразия Симпсона (он же – индекс Херфиндаля–Хиршмана [НИИ – Herfindal-Hirshman Index<sup>1</sup>], который, начиная с 1982 г., служит основным ориентиром при осуществлении антимонопольной политики в США; он же [с точностью до масштаба] – индекс лексического разнообразия [TTR – Type Token Ratio], предложенный Дж. Юлом [Yule, 1938] для оценки словарного запаса в математической лингвистике; он же – предложенный итальянским статистиком и экономистом К. Джини коэффициент, дающий алгебраическую интерпретацию кривой Лоренца [Gini, 1921]):

$$D = \sum_{i=1}^Z \left[ \frac{n_i(n_i-1)}{N(N-1)} \right],$$

где  $n_i$  – число особей в группе  $i$  (всего  $Z$  групп;  $\sum n_i = N$ ),  $N$  – объем выборки.

В этой форме записи можно принять во внимание, что знаменатель  $N(N-1)/2$  означает число всех связей между парами особей независимо от их принадлежности к определенной группе, а числитель  $n(n-1)/2$  – число возможных взаимодействий между парами особей одной группы. Тогда глубинный смысл индекса Симпсона можно объяснить (Алимов, 2000), как отношение числа степеней свободы внутривидовых взаимодействий к общему числу степеней свободы внутренних элементов экосистемы, обеспечивающих ее единство и функционирование. Другие авторы (в т.ч. и сам Симпсон – см. далее перевод его статьи; География и мониторинг., 2002] приписывают этому индексу оценку вероятности принадлежности к разным группам любых двух особей, случайно отобранных из неопределенно большого сообщества. По мере увеличения  $D$  выравненность объема групп уменьшается. Поэтому индекс Симпсона часто используют в форме  $(1 - D)$ . Эта величина варьирует от 0 до 1 и носит название «вероятность межвидовых встреч» (Pielou, 1972).

Как и для любой другой статистики «типа дисперсии», значение индекса Симпсона практически полностью зависит от удельного объема 1-2 наиболее обильных видов, так как при возведении в квадрат малых долей  $p_i = n_i/N$  получаются очень малые величины. Поскольку  $D$  к тому же и слабо зависит от числа групп  $Z$ , то следует признать (География и мониторинг., 2002], что индекс Симпсона, в целом, мало пригоден для оценки биоразнообразия или видового богатства, но является весьма чувствительным индикатором доминирования одного или нескольких видов. Заметим, что статистический разброс удельных объемов групп  $p_1, p_2, \dots, p_Z$  может быть оценен с использованием известной в теории вероятности формулы:

<sup>1</sup> *Orris Clemens Herfindahl (1918-1972) – американский экономист, Albert Otto Hirschman (с.р. 1915) – немецкий экономист.*

$$D = \sum_{i=1}^Z p_i^2 = Z\sigma^2 + 1/Z ,$$

где  $\sigma^2$  – мера дисперсии.

Следует упомянуть еще один «клон» индекса Симпсона – «индекс доминантности» (Williams, 1964):

$$D^{-1} = 1/D = \sum_{i=1}^Z 1/p_i^2 ,$$

который «...многие авторы считают наилучшей мерой оценки типа распределения видовых обилий для случаев, когда число видов превышает 10» (География и мониторинг., 2002; Шитиков, Розенберг, 2005).

Наконец, укажем и на сравнительно новый для экологии подход к описанию структуры биологического сообщества с использованием фрактальной теории (см., например, Иудин др., 2003; Гелашвили и др., 2006). В рамках описания сообщества мультифрактальным спектром, многие из известных индексов разнообразия находят свое единообразное описание. Введем моменты распределения особей по группам и выясним характер их асимптотического поведения при увеличении численности  $N$ :

$$D_q = \sum_{i=1}^Z p_i^q \approx N^{\tau(q)} ,$$

где  $-\infty \leq q \leq +\infty$  – называется *порядком момента*, а показатель  $\tau(q)$  характеризует скорость изменения соответствующего момента при увеличении размера выборки.  $D_q$  называется *обобщенной размерностью Реньи* (Иудин и др., 2003). Тогда при  $q=2$  получаем  $D_2 = \ln D / \ln N$ , где  $D$  – индекс Симпсона. «Местоположение» индекса Симпсона на мультифрактальном спектре соответствует сообществам с сильными доминантами (чем меньше абсцисса точек, тем сильнее доминирование), что согласуется с высказанным выше утверждением о том, что индекс Симпсона является хорошим индикатором доминирования малого числа видов.

Завершая эту небольшую заметку, которая предваряет перевод статьи Э. Симпсона, еще раз подчеркнем, что трудности в применении показателей разнообразия и оценке их качества заключаются как в сложном и комплексном характере самой интерпретируемой величины разнообразия (что измеряем?), так и в отсутствии какой-либо объективной шкалы отсчета, независимой от концепции, принятой исследователем на основе его субъективных (точнее, интуитивных) представлений (чем и как измеряем?). С «точки зрения» данной дефиниции – индекс Симпсона выглядит совсем неплохо: он ориентирован на вскрытие степени доминирования в сообществе и представляется достаточно корректным, так как является линейной комбинацией дисперсии удельных объемов групп.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

**Алимов А.Ф.** Элементы теории функционирования водных экосистем. – СПб.: Наука, 2000. – 147 с.

**Гелашвили Д.Б., Иудин Д.И., Розенберг Г.С.** Фрактальная структура перколяционного кластера и пространственное распределение доминантных видов // Докл. Академии наук (ДАН). 2006. Т. 408. № 4. С. 560-563. – География и мониторинг биоразнообразия. М.: Издательство Научного и учебно-методического центра Моск. ун-та, 2002. 432 с. – **Гиляров А.М.** Мнимые и действительные проблемы биоразнообразия // Успехи соврем. биол. 1996. Т. 116, № 4. С. 493-506.

**Иудин Д.И., Гелашвили Д.Б., Розенберг Г.С.** Мультифрактальный анализ структуры биотических сообществ // Докл. Академии наук (ДАН). 2003. Т. 389. № 2. С. 279-282.

**Лебедева Н.В., Дроздов Н.Н., Криволицкий Д.А.** Биоразнообразие и методы его оценки: Учебное пособие. М.: МГУ, 1999. 94 с.

**Уиттекер Р.** Сообщества и экосистемы. М.: Прогресс, 1980. 328 с.

**Шитиков В.К., Розенберг Г.С.** Оценка биоразнообразия: попытка формального обобщения // Количественные методы экологии и гидробиологии (сборник научных трудов, посвященный памяти А.И. Баканова). – Тольятти: СамНЦ РАН, 2005. – С. 91-129.

Convention on Biological Diversity of the IUCN. Rio de Janeiro: IUCN, 1992. 2 p. [Рус. пер.: Конвенция ООН о биологическом разнообразии // Конференция ООН по окружающей среде и развитию. (Рио-де-Жанейро, июнь 1992 года). Информационный обзор / Коптюг В.А. Новосибирск: СО РАН, 1993. С. 28-29].

**Gini C.** Measurement of inequality and incomes // The Economic Journal. 1921. V. 31. P. 124-126.

**Pielou E.C.**  $2^k$  contingency tables in ecology // J. Theor. Biol. 1972. № 2. P. 337-352.

**Whittaker R.H.** Evolution and measurement of species diversity // Taxon. 1972. V. 21. P. 213-251. [Рус. пер.: Уиттекер Р. Эволюция и измерение видового разнообразия // Антология экологии (Состав. и коммент. Розенберга Г.С.). Тольятти: ИЭВБ РАН, 2004. С. 297-330]. – **Williams C.B.** Patterns in the Balance of Nature and Related Problems in Quantitative Ecology. N.Y.: Acad. Press, 1964. 324 p.

**Yule G.U.** On sentence length as a statistical characteristic of style in prose with application to two cases of disputed authorship // Biometrika. 1938. V. 30. P. 363-390.

Поступила в редакцию  
7 мая 2007 г.