

# **ПРИРОДА**

№ 2, 2001 г.

**Гиляров А.М.**

## **Связь биоразнообразия с продуктивностью - - наука и политика**

(с) "Природа"

*Использование или распространение этого материала  
в коммерческих целях  
возможно лишь с разрешения редакции*



Образовательный сетевой выпуск  
**VIVOS VOCO! - ЗОВУ ЖИВЫХ!**

<http://vivovoco.nns.ru>

<http://vivovoco.rsl.ru>

<http://www.ibmh.msk.su/vivovoco>

# Связь биоразнообразия с продуктивностью — наука и политика

А.М.Гиляров

Сегодня «биоразнообразие» — чрезвычайно популярное слово, производящее на чиновников от науки почти магическое воздействие. Услышав его, они сразу готовы поддержать такие проекты, которые в другой раз с порога отвергли бы. Само по себе подобное явление (я имею в виду популярность биоразнообразия) безусловно заслуживает специального исследования, поскольку речь идет о важных психологических аспектах взаимоотношений научного сообщества с теми, от кого оно зависит экономически. Тема эта актуальна не только для России, но и для вполне процветающих стран Запада.

Во всяком случае расследование, предпринятое автором, показало, что безудержный рост числа публикаций, использующих (хочется сказать — эксплуатирующих) термин «биоразнообразие», не связан с каким-либо прорывом в соответствующей области экологии, внедрением принципиально новых методов или появлением таких прикладных задач, которые ранее были неактуальны [1]. Бесспорно только, что речь идет не о науке, а о политике. А поскольку язык политики всегда переполнен мифологическими элементами, неудивительно, что весь бум возникает не вокруг проблемы, а во-

© А.М.Гиляров



*Алексей Меркурьевич Гиляров, доктор биологических наук, профессор биологического факультета Московского государственного университета им.М.В.Ломоносова. Основные труды посвящены экологии планктона, биоразнообразию, а также истории науки.*

круг слова, причем слова нового, по сути — неологизма.

Заметим также, что термин «биоразнообразие» (англ. — «biodiversity») был введен в США во второй половине 1980-х годов и сначала использовался не в научных текстах, а в документах по природоохранной тематике, в частности, отражающих

обеспокоенность состоянием тропических лесов — экосистем, для которых характерно необычайно высокое разнообразие всех организмов. Поразительно быстро «биоразнообразие» превратилось в пароль для доступа к финансирующим организациям, но пользование им было отнюдь не безвозмездным: ученые долж-

ны были проводить какие-то исследования по «проблемам биоразнообразия». Слабость человеческой природы — дело известное. И вот уже многие уважаемые коллеги (и отнюдь не только в одной отдельно взятой стране) делают вид, что раньше такие проблемы не поднимались, а теперь вот (благодаря новому слову!) на эти проблемы наконец обратили внимание.

При этом самым беззастенчивым образом стали фактически игнорировать прошлые достижения экологии в области изучения видового разнообразия (выражение «видоразнообразие» по счастью никому в голову не приходило), а достижения эти были, между прочим, весьма заметны. Так, уже в 1943 г. появилась работа Р.Фишера, А.Корбета и К.Уильямса, которые на примере больших выборок бабочек, пойманных ночью световыми ловушками, изучали соотношение численностей разных видов, входящих в одно сообщество [2]. Эти исследователи предложили модель, которая отражала рост числа видов с увеличением числа особей в пробе, и ввели соответствующий этой модели количественный показатель разнообразия. Дальнейшее развитие изучение видового разнообразия получило в 50—60-е годы. В частности, тогда был предложен целый ряд индексов разнообразия, учитывающих не только число видов в сообществе, но и то, насколько равномерно соотносятся численности (или биомассы) разных видов. Среди этих индексов был и так называемый информационный индекс (основанный на формуле К.Шеннона), введенный в практику экологических исследований испанским экологом Р.Маргалехом.

Среди забытых, а потом открытых заново «проблем биоразнообразия» важное место занимал вопрос о взаимосвязи продуктивности сообществ и их видового разнообразия. Многое здесь было установлено задолго до «бума биоразнообразия». Так, было известно, что при крупно-

масштабном сравнении разных природных зон корреляция между разнообразием и продуктивностью — положительная. В самых продуктивных экосистемах нашей планеты — влажных тропических лесах — видовое разнообразие чрезвычайно высоко, а для широколиственных лесов умеренной зоны (тем более — для таежных лесов) обе величины существенно ниже.

Однако сравнение однотипных сообществ, развивающихся в сходных природных условиях, показало, что максимум видового разнообразия свойствен, как правило, системам с некоторой средней продуктивностью. К примеру, максимальное разнообразие фитопланктона характерно для «мезотрофных» (со средней величиной первичной продукции) озер, но не для «олиготрофных» (с низкой продукцией) или «евтрофных» (с высокой продукцией). Сходные явления наблюдали и в наземных растительных сообществах. Например, на Ротамстедской сельскохозяйственной станции (Великобритания) в результате многолетнего удобрения лугов, хотя продуктивность возросла, индекс видового разнообразия заметно снизился, а на контрольных (не удобренных) участках он практически не менялся.

Если низкое видовое разнообразие малопродуктивных сообществ никого не удивляло (ведь только немногие организмы способны расти на крайне скудном пайке), то его снижение при изобилии пищи требовало специального объяснения. На этот счет было предложено несколько гипотез, так или иначе связывающих возможность сосуществования разных видов с концентрацией лимитирующих ресурсов и с пространственно-временной гетерогенностью их распределения [3].

С распространением моды на биоразнообразие вопрос о его связи с продуктивностью снова привлек всеобщее внимание. Появился целый ряд публикаций, авторы которых пытались всеми

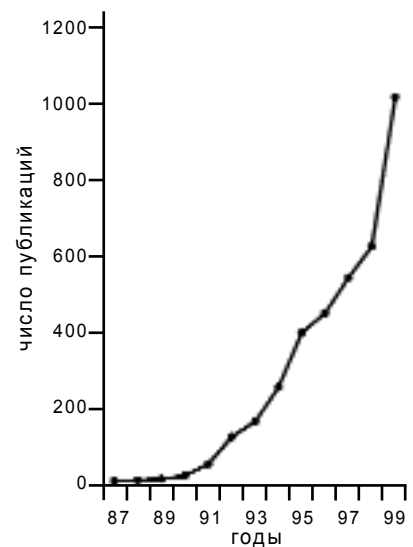
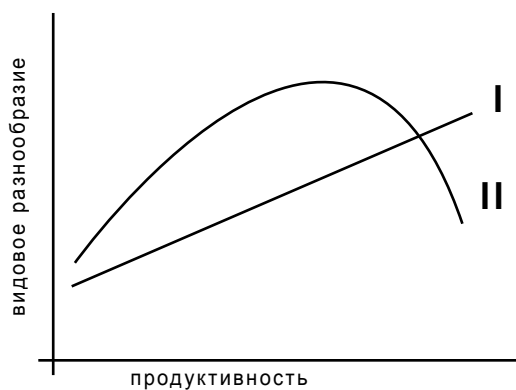


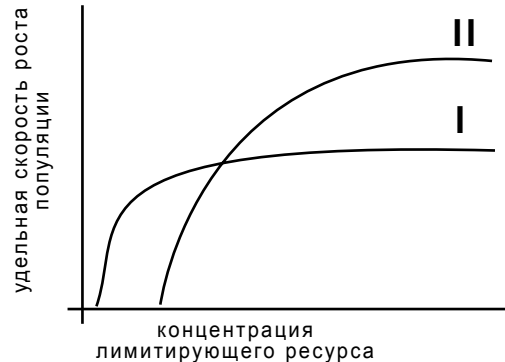
График роста числа публикаций по «биоразнообразию», иллюстрирующий популярность этой темы. (Сведения любезно предоставлены Е.В.Будиловой.)

возможными способами показать, что высокое биоразнообразие (видовое разнообразие) есть необходимое условие высокой продуктивности. Для этого в ход были запущены дорогостоящие и порой весьма амбициозные проекты.

Так, в 1994 г. были опубликованы результаты исследований, проведенных в Империял Колледж (Великобритания) на так называемом «Экотроне» — в хорошей теплице с рядом небольших камер, в которых автоматически поддерживали разные условия [4]. В камеры высевали семена однолетних растений (9, 15 и 31 видов), имитируя условия низкого, среднего и высокого видового разнообразия. Суммарная продукция всего сообщества, оцененная как надземная фитомасса в конце вегетационного сезона (и как потребление CO<sub>2</sub> в ходе эксперимента), оказалась выше в сообществах с более высоким видовым разнообразием. По мнению участников проекта, им удалось доказать значимость



то-  
на,



*Две модели взаимосвязи продуктивности сообщества и его видового разнообразия. Согласно одной из них (I), видовое разнообразие более или менее равномерно растет с увеличением продукции. Согласно другой (II), максимальное разнообразие достигается при некотором среднем уровне продукции, снижаясь как при ее уменьшении, так и увеличении.*

*Зависимость скорости роста от концентрации лимитирующего ресурса. Для каждой популяции это индивидуальная функция. Например, при совместном выращивании двух видов, I и II, первый доминирует при низких концентрациях ресурса, второй — при высоких. Если же концентрация лимитирующего ресурса близка к значению, которое соответствует точке пересечения кривых, оба вида могут сосуществовать на равных.*

биоразнообразия для успешного функционирования экосистем.

Результаты эти, впрочем, можно было предвидеть: растительное сообщество, состоящее из видов, формирующих сложную пространственную структуру с несколькими ярусами, безусловно, полнее улавливает свет и обладает большей продуктивностью, чем сообщество из меньшего числа видов. Заметим также, что вывод о положительной связи между разнообразием и продукцией в значительной мере предопределила сама схема опыта, поскольку в системы с малым числом видов порой не попадали крупные растения, а с большим числом — автоматически включали все растения (и мелкие, и крупные). На это сразу обратил внимание американский эколог М.Хастон. Однако его критическая статья с соответствующими расчетами и статистической обработкой ранее опубликованных данных встретила большие сложности при публикации. По словам самого Хас-

тона, в редакции «Nature» рукопись отвергли сразу без каких-либо комментариев. После этого работа стала циркулировать в самиздате (кстати, это русское слово в латинской транслитерации — samizdat — уже прочно вошло в английский язык и нередко используется в научной публицистике, причем без всяких кавычек), а затем была опубликована в журнале «Oecologia» по специальному заказу редактора [5].

Осенью 1999 г. в журнале «Science» вышла статья, подытоживающая результаты еще одного амбициозного проекта [6]. Опыты отличались от аналогичных экспериментов на «Экотропе» тем, что посевы растений (злаков и разнотравья) проводили на небольших опытных участках под открытым небом, причем в восьми разных местах в Европе (от Греции на юге до Швеции на севере). Наборы видов соответствовали местным условиям, но в каждом случае они имели разное число видов: в основном от одного-двух до восьми,

но иногда и до 32. Результаты экспериментов также показали, что с увеличением числа видов возрастает продукция (надземная масса всех растений в конце сезона). Однако из построенных графиков видно, что для каждой серии экспериментов наблюдается громадный разброс точек вокруг линии регрессии, а наклон самой линии фактически определяется точками, которые соответствуют системам с одним-двумя видами — поскольку иногда это были очень мелкие растения, а при большом числе видов встречались растения всех размеров и их суммарная продукция оказалась выше. Таким образом, результаты были предсказуемы и по сути вытекали из схемы постановки опыта.

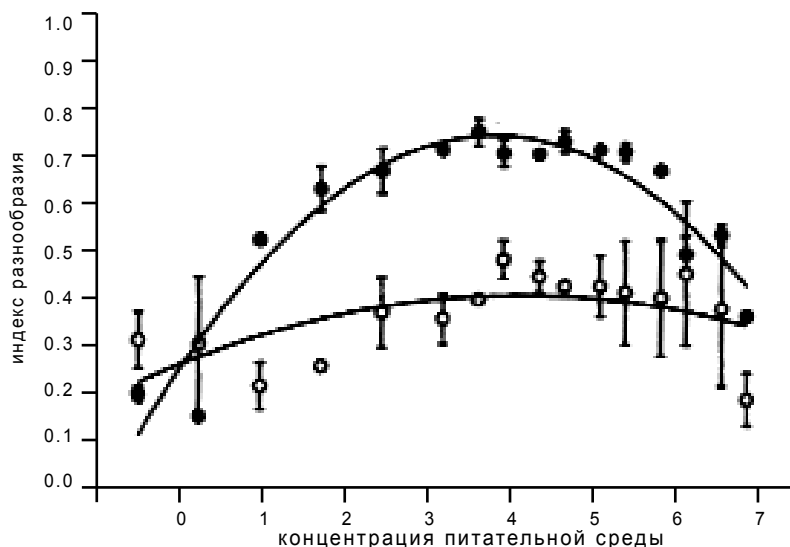
К счастью, есть экологи, которые не принимают мифологию, складываемую вокруг биоразнообразия, и продолжают изучать реальные механизмы, обеспечивающие сосуществование разных видов, а следовательно, и ответственные за поддержание

этого самого биоразнообразия. Результаты одного такого исследования недавно были опубликованы на страницах «Nature».

Р.Кассен из университета Макгилла (Монреаль, Канада) вместе с коллегами из того же университета и из Оксфорда экспериментировали с лабораторными культурами бактерии *Pseudomonas fluorescens*, которые образуют несколько типов, различающихся по форме колоний при высеве на агар-агаре [7]. Выяснилось, что типы эти в культурах на жидкой питательной среде занимают разные экологические ниши, или правильнее сказать — микроместообитания. Бактерии, образующие «гладкие» колонии, преобладают в толще жидкости, «пушистые» — на дне, а «морщинистые» — в поверхностной пленке.

Для получения различной продуктивности исследователи варьировали степень разбавления питательной среды. Первоначально во вносимой в среду порции (инокуляте) содержалось около  $10^3$  клеток разных типов. Через 48 ч, когда общая численность бактерий достигала  $10^8$ — $10^9$  клеток, сформировавшееся сообщество анализировали на предмет его разнообразия, которое оценивали специальным индексом, учитывающим не только число «видов» (форм), но и их количественное соотношение.

Результаты экспериментов неожиданно обнаружили соответствие старой и, казалось, забытой «униформальной» модели: максимум разнообразия приходился на системы с промежуточной продуктивностью. Чрезвычайно важным обстоятельством в постановке опыта была возможность разным видам разойтись по своим нишам. Одним из подтверждений этого служил опыт, в котором культуры регулярно встряхивали. В результате униформальной связи разнообразия с продуктивностью не обнаружили. Видимо, в этом случае нарушалась структура среды и отдельные формы не могли занять наиболее благоприятные для них микроместообитания.



Зависимость индекса разнообразия в смешанной культуре разных форм *Pseudomonas fluorescens* от концентрации питательной среды (*u*, значит, от общей продуктивности). Черные точки соответствуют неперемешиваемой, более гетерогенной культуре, светлые — перемешиваемой, более гомогенной (Kassen et al., 2000).

Читая работу группы Кассена, невольно вспоминаешь эксперименты Георгия Францевича Гаузе, выполненные еще в 30-е годы. В них сосуществование разных видов простейших также достигалось за счет пространственного разделения зон обитания: один вид держался ближе к поверхности, другой, менее чувствительный к дефициту кислорода, — ближе к дну [8].

В спорах о возможной форме взаимосвязи разнообразия и продукции на самом деле путают два обстоятельства. Во-первых, разные виды, входящие в одно сообщество и ограниченные в своем развитии одними и теми же ресурсами, конечно, могут существенно отличаться своими индивидуальными особенностями: одни — крупные, другие — мелкие; одни растут быстро, другие медленно. Если в одинаковых условиях и при сходном содержании в среде лимитирующих ресурсов выращивать столь разные растения,

то неудивительно, что их суммарная масса (чистая продукция) в конце сезона будет существенно отличаться. Именно это обстоятельство и предопределило результат экспериментов на «Экотроне» и на делянках под открытым небом.

Во-вторых, один и тот же набор видов, зависящих от одних и тех же ресурсов, может развиваться в условиях различной концентрации этих самых ресурсов и, соответственно, продуцировать разное количество органического вещества. Именно такая ситуация наблюдается при евтрофировании водоемов, удобрении лугов или при использовании разных концентраций питательной среды в работах с *Pseudomonas*. Во всех этих случаях существует некий «банк зачатков» (семян, спор или живых клеток), а их прорастание и скорость дальнейшего роста (т.е. продукция) зависят от складывающихся условий, в том числе в немалой степени от обеспе-

ченности теми или иными ресурсами. Именно для подобных ситуаций чаще всего и выявляется унимодальная связь (с одним горбом) разнообразия с продукцией.

Стремясь всеми силами «доказать» наличие положительной корреляции между числом видов в сообществе и его продукцией, некоторые экологи рассчитывают использовать такую связь как весомый аргумент, доказывающий необходимость сохранения биоразнообразия, что обеспечивало бы высокую продуктивность. Последняя, мол, нечто более всем понятное, чем какое-то там биоразнообразие [9]. Тезис, надо сказать прямо, весьма уязвимый для критики, и он, конечно, из области политики, но никак не науки.

Автор отдает себе отчет в том, что этой и другими публикациями вряд ли удастся убедить

все научное сообщество в искусственности бума вокруг термина «биоразнообразие». Мифологическое мышление, увы, куда более стойкое и распространенное, чем мышление научное [10], но время от времени все же не удержимо хочется называть вещи своими именами... ■

## Литература

1. *Ghilarov A.M.* // Trends in Ecol. Evol. 1996. V.11. P.304—306; *Гуляров А.М.* // Успехи совр. биологии. 1996. Т.116. №4. С.493—506.
2. *Fisher R.A., Corbet A.S., Williams C.B.* // J. Anim. Ecol. 1943. V.12. P.42—58.
3. *Tilman D.* Resource competition and community structure. Princeton; N.Y., 1982; *Ibidem.* Dynamics and structure of plant communities. Princeton; N.Y., 1988.
4. *Naeem S., Thompson L.J., Lawler S.P. et al.* // Nature. 1994. V.368. P.734—737.
5. *Huston M.A.* // Oecologia. 1997. V.110. P.449—460.
6. *Hector A., Schmid B., Beierkuhnlein C. et al.* // Science. 1999. V.286. P.1123—1127.
7. *Kassen R., Buckling A., Bell G., Rainey P.B.* // Nature. 2000. V.406. P.508—512.
8. *Галл Я.М.* Г.Ф.Гаузе: эколог и эволюционист. СПб., 1997.
9. *Bengtsson J., Jones H., Setälä H.* // Trends Ecol. Evol. 1997. V.12. P.334—336. Критику см.: *Ghilarov A.M.* // Oikos. 2000. V.90. P. 408—412.
10. *Гуляров А.М.* Мифологическое в экологии // Природа. 1992. №2. С.3—10.