

ISSN 0367-0597

Номер 1

Январь – Февраль 2002



# ЭКОЛОГИЯ

<http://www.maik.ru>



“НАУКА”

МАИК “НАУКА/ИНТЕРПЕРИОДИКА”

УДК 574.4

## ЭЛЕМЕНТАРНЫЕ СТРУКТУРНЫЕ ЕДИНИЦЫ БИОСФЕРЫ

© 2002 г. К. С. Лосев

*Всероссийский институт научной и технической информации**125315 Москва, ул. Усиевича, 20*

Поступила в редакцию 26.09.2000 г.

*Ключевые слова:* биосфера, биогеоценозы, фации, ландшафты, экосистема, биотическая регуляция.

Прошло 100 лет со дня рождения выдающегося российского биолога и генетика Н.В. Тимофеева-Ресовского. В 1996 г. вышла книга, подготовленная его учеником А.Н. Тюрюкановым совместно с В.М. Федоровым, в которой собраны некоторые малоизвестные работы Н.В. Тимофеева-Ресовского и его неожиданные и нетривиальные высказывания, связанные с экологическими проблемами и взаимоотношениями биосферы и человека. В этих работах ярко проявилась сильная научная интуиция большого ученого, идеи которого предвосхитили некоторые современные разработки в этих областях исследований. Удивительно созвучными теории биотической регуляции (Горшков и др., 1999) оказались мысли Н.В. Тимофеева-Ресовского об элементарных структурных единицах биосферы.

Как отмечалось ранее (Горшков и др., 1999), в традиционных воззрениях на виды естественной биоты Земли “фактически игнорируются экологические ограничения на численность популяции биологических видов, причины образования естественных сообществ видов и устойчивость сообществ и их среды обитания”. Между тем биологи и географы в своей практической деятельности давно стали выделять в биосфере и географической оболочке такие устойчивые структурные единицы, как экосистемы и ландшафты. И те, и другие выделяют элементарные структурные единицы экосистем и ландшафтов, которые далее неделимы. Биологи и экологи такую единицу называют биогеоценозом, а географы – фацией. Определение, данное В.Н. Сукачевым термину “биогеоценоз” (“Охрана литосферы”, 1982), стирает грань между этими терминами.

В многочисленных определениях терминов “биогеоценоз” и “фация” не рассматривается основная функция неделимых структурных единиц, неясными остаются их размеры и границы. Остается неясным, чем определяется неделимость биогеоценозов и фаций. Эти трудности легко преодолеваются в рамках теории биотической регуляции окружающей среды, согласно которой главным свойством жизни является способность

видов к выполнению определенной работы по поддержанию оптимальных условий окружающей среды. Сложные взаимодействия с окружающей средой приводят к необходимости образования сообществ с конкретным набором видов, скоррелированно взаимодействующих между собой и окружающей их средой. Такая скоррелированность подобна скоррелированности клеток и органов внутри многоклеточного организма.

Работа по поддержанию устойчивости окружающей среды обеспечивается круговоротом биогеоценозов, который в пределах элементарной структурной единицы замыкается с высокой степенью точности. Точность обеспечивается статистическим законом больших чисел, согласно которому относительная флуктуация в системе независимых элементов пропорциональна  $1/\sqrt{N}$ , где  $N$  – число нескоррелированных между собой частей системы. Действительно, в такой элементарной структурной единице, как дерево и участок почвы, равный проекции его кроны, синтез осуществляется большим числом независимых элементов – листьями, которых на дереве насчитывается более 200 тыс. (иглолечек еще больше) и которые даже конкурируют за поток солнечного излучения. Разложение и минерализация органики осуществляются в почве огромным числом микроорганизмов и гифов грибов. В слое почвы толщиной 30 см и площадью  $1 \text{ м}^2$  находится более 1 трлн. микроорганизмов (“Окружающая среда”, 1993). При внешнем возмущении окружающей среды круговорот в биогеоценозах размыкается для его компенсации. Таким образом, элементарная ячейка биосферы одновременно является элементарной ячейкой биогехимического круговорота и элементарным механизмом регуляции окружающей среды. Это и есть ее главная функция.

В 1968 г. Н.В. Тимофеев-Ресовский писал (с. 62): “В.Н. Сукачев совершенно правильно усмотрел в биосфере Земли более или менее дискретные подразделения, отделенные друг от друга различными границами биогеоценозы. Биогеоценозы являются элементарными структурными подразделениями биосферы и в то же время – элемен-

тарной единицей биологического круговорота, т.е. протекающей в биосфере биогеохимической работы” (здесь и далее цитируется по Тюрюканов, Федоров, 1996).

Вполне в духе теории биотической регуляции следующее высказывание Н.В. Тимофеева-Ресовского (1968, с. 57–58): “...Земля наша всюду и всегда населена более или менее сложными комплексами многих видов живых организмов, сложными сообществами или, как биологи называют, их – биогеоценозами. Так вот, мы до сих пор не знаем, почему в течение долгого времени (большого числа поколений живых организмов) такие сложные сообщества, если человек их не подрывает, не портит, не видоизменяет, способны находиться в состоянии равновесия между составляющими их видами”. Здесь подчеркиваются скоррелированность и устойчивость биогеоценозов, а также равновесие (ограниченность по численности) в них видов. Все это вытекает из требований биотической регуляции окружающей среды.

Скоррелированные виды в сообществе должны поддерживать оптимальную численность и производить оптимальное число потомков. Эти виды, очевидно, должны сохранять генетическое постоянство и устойчивость в течение геологического времени, не адаптируясь к любым происходящим флуктуациям внешних условий (средняя продолжительность жизни вида, по палеонтологическим данным, составляет 3.5 млн. лет). Они должны обладать механизмом стабилизации генетической программы, предотвращающим накопление стирающих генетическую информацию мутационных замен. Таким механизмом служит внутривидовое конкурентное взаимодействие, с помощью которого реализуются стратегии вытеснения особей с нарушенными генетическими программами.

Скоррелированные виды элементарной структурной единицы биосферы сохраняют стабильность своей суммарной генетической программы на основе конкурентного взаимодействия популяций биогеоценозов. Такие популяции, внешне представляющие собой территории с однородной растительностью, обычно называют экосистемами. Биогеоценозы, плохо выполняющие работу по стабилизации окружающей среды, вытесняются из экосистемы.

Скоррелированность видов биогеоценоза обеспечивается обменом потоками вещества и энергии, которые затухают с ростом расстояния между организмами, поэтому наибольшая скоррелированность обеспечивается при наименьших размерах элементарных структурных единиц. По косвенным оценкам, они лежат в пределах от сантиметров до первых десятков метров, не превосходя размеров высших растений. Косвенной характеристикой размера (границы) биогеоценоза может

служить расстояние, на котором происходит насыщение числа видов, потребляющих основную часть потоков энергии сообщества. Обычно используемая длина насыщения видов независимо от доли потребляемой ими энергии дает сильно преувеличенные результаты. Экспериментально границы можно определить путем измерения циркуляции радиоактивных меток нелетучих элементов, интродуцированных в биогеоценозы без нарушения их естественной структуры. В простейших биогеоценозах – эпилитных лишайниках – граница легко обнаруживается визуально (Горшков, 1995).

Из определения основной функции элементарной ячейки биосферы как элементарной единицы биогеохимического круговорота (элементарной единицы биотической регуляции) следует, что она неделима, так как при том или ином ее разделении теряется основная функция.

Таким образом, мысли Н.В. Тимофеева-Ресовского близко совпадают с основными положениями теории биотической регуляции окружающей среды, позволяют дать однозначное определение терминам “биогеоценоз” и “экосистема”. Также становится ясным, что фация и ландшафт в ландшафтоведении идентичны биогеоценозу и экосистеме, только они рассматриваются через призму географии, поэтому этот взгляд требует существенного расширения с учетом основной функции элементарной структуры биосферы (географической оболочки).

Взгляды Н.В. Тимофеева-Ресовского на биосферу намного опережали свое время. Он писал в 1968 г. (с. 64): “Нормально работающая биосфера Земли не только снабжает человечество пищей и ценнейшим органическим сырьем, но и поддерживает в равновесном состоянии газовый состав атмосферы и растворы природных вод. Подрыв человеком (количественный и качественный) работы биосферы, следовательно, не только снизит продукцию органического вещества на Земле, но и нарушит химическое равновесие в атмосфере и природных водах”. Это мы и наблюдаем сейчас, когда на суше разрушено или сильно нарушено более 60% естественных экосистем. И еще одна его мысль (1968, с. 59–60): “... я хочу указать на следующее: мы привыкли рассуждать о биологической продуктивности Земли главным образом с точки зрения пищевых ресурсов для нас самих. Но ведь биосфера Земли – это гигантская живая фабрика, преобразующая энергию и вещество на поверхности нашей планеты – формирует и равновесный состав атмосферы, и состав растворов в природных водах, а через атмосферу – энергетику на нашей планете. Она же влияет на климат. Вспомним огромную роль в круговороте влаги на земном шаре испарения воды растительностью, растительным покровом Земли. Следовательно, биосфера Земли формирует все окружение чело-

века. И небрежное отношение к ней, подрыв ее правильной работы будут означать не только подрыв пищевых ресурсов людей и целого ряда нужного людям промышленного сырья, но и подрыв газового и водного окружения людей. В конечном счете люди без биосферы или с плохо работающей биосферой не смогут вообще существовать на Земле”.

В этих коротких выдержках сжато сформулирована концепция биотической регуляции окружающей среды. Из них следует, что биосфера и ее управляющая система (биота) – это не ресурс, а фундамент жизни, что есть предел ее антропогенного возмущения (несущей емкости, как его часто называют), что биота как управляющая система формирует свою окружающую среду и среду человека и что, наконец, превышение предела возмущения биосферы может поставить предел существованию человечества.

Н.В. Тимофеев-Ресовский ставил задачу изучения элементарных ячеек управления и регуляции окружающей среды, так как большинство

биоценозов, находящихся в состоянии относительно длительного динамического равновесия, представляют собой весьма сложные саморегулирующиеся системы. Поэтому особенно важной является проблема изучения причин, механизмов и условий поддержания такого динамического равновесия в биогеоценозах. Эта задача решается в теории биотической регуляции окружающей среды.

Работа выполнена при поддержке РФФИ (проект № 00-05-64243а).

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Горшков В.Г.* Физические и биологические основы устойчивости жизни. М.: ВИНТИ, 1995. XXVIII, 472 с.
- Горшков В.В., Горшков В.Г., Данилов-Данильян В.И., Лосев К.С., Макарьева А.М.* Биотическая регуляция окружающей среды // *Экология*. 1999. № 2. С. 105–113.
- Охрана ландшафтов. Толковый словарь. М.: Прогресс, 1982. 272 с.
- Тюрюканов А.Н., Федоров В.М.* Н.В. Тимофеев-Ресовский: биосферные раздумья. М.: РАЕН, 1996. 368 с.