

УДК574.2; 574.3; 575.858

## ЭКОСИСТЕМА – ОДНО ИЗ ВАЖНЕЙШИХ ФУНДАМЕНТАЛЬНЫХ ПОНЯТИЙ СОВРЕМЕННОЙ НАУКИ

© 2017 г. В.И. Данилов-Данильян

*Институт водных проблем РАН*

*Россия, 119333, г. Москва, ул. Губкина, д. 3. E-mail: tina@iwr.ru*

В статье кратко рассматриваются основные этапы становления экологической науки в мире. Дается современное понятие основных терминов: экосистема, биоценоз, сукцессия, биосфера. Показано, что основной понятийный аппарат экологии стал междисциплинарным явлением всей современной науки.

*Ключевые слова:* биология, биогеография, экология, биосфера, экосистема.

Экология обязана своим названием Эрнсту Геккелю (1834-1919 гг.), немецкому ученому, последовательному дарвинисту, предложившему в 1866 году это слово для обозначения необходимой, с его точки зрения, но еще не сформировавшейся к тому моменту отрасли биологической науки (Haeckel, 1866). По его мысли, задачей этой отрасли биологии должно было стать исследование взаимоотношений живых организмов со средой их обитания. Однако за полвека до Э. Геккеля Александр Гумбольдт (1769-1859 гг.) выдвинул практически ту же идею, сформулировав в качестве цели биогеографии изучение взаимодействия организмов между собой и с ландшафтом, при этом определяющим фактором ландшафта он считал климат. Но до становления экологии как научной дисциплины было еще далеко (Данилов-Данильян, Рейф, 2016).

Предшественниками экологии правомерно считать и ранних эволюционистов. В первой половине XIX века эволюционные идеи носились в воздухе: Эразм Дарвин (1731-1802 гг.), Жан Батист Ламарк (1744-1829 гг.), Этьен Сент-Илер Жоффруа (1772-1844 гг.), Чарльз Лайель (1797-1875 гг.), Генрих Георг Бронн (1800-1862 гг.), Эйса Грей (1810-1888 гг.), Альфред Рассел Уоллес (1823-1913) и ряд других ученых, прежде всего биологов (не без влияния экономиста и демографа Томаса Мальтуса, 1766-1834 гг.) и геологов, пытались на основе накопленных к этому времени новых научных фактов осмыслить восходящую к античности идею развития природы (Чайковский, 2006). Эти попытки не получили общественного признания, эволюционизм отвергался большинством академического сообщества. Может быть, самым ярким свидетельством этого неприятия была победа основателя палеонтологии антиэволюциониста Жоржа Леопольда Кювье (1769-1832 гг.), креациониста и катастрофиста, в публичном споре с Жоффруа Сент-Илером; спор этот продолжался в течение 11 заседаний Французской Академии, вызвал исключительный интерес и множество откликов в научных кругах (в том числе И.В. Гете).

Лишь выход в свет в 1859 году книги Чарльза Дарвина «Происхождение видов путем естественного отбора, или сохранение благоприятствуемых пород в борьбе за жизнь» (Дарвин, 2017) стал событием, ознаменовавшим революцию в биологии, смену ее парадигмы. Дарвинизм оказал огромное влияние не только на биологию, но и на становление современного научного мировоззрения в целом. Правда, его воздействие на общественные науки не всегда было непосредственно благотворным, при попытках распространить биологические подходы на изучение человеческого общества и его истории социал-дарвинизм выдвигал и ложные концепции, но эти попытки будили критическую научную мысль и в конечном счете способствовали поискам истины.

Большинство упомянутых биологов в качестве важной, а то и главной причины эволюции видели изменение среды обитания организмов. Например, одна из работ Э. С.-И. Жоффруа, подготовленная в 1833 году, называется «Степень влияния окружающей среды на изменение форм животных – вопрос, касающийся происхождения видов телеозавров, а также животных современной эпохи» (Жоффруа, 1970). Однако в трудах эволюционистов XIX века рассматриваются не взаимоотношения живых организмов со средой их обитания (как у Э. Геккеля), а односторонний процесс: воздействие изменений среды на ход эволюции организмов. В качестве структурной единицы в их исследованиях фигурировал исключительно биологический вид, взаимодействие видов попадало в поле зрения только тогда, когда они оказывались соседними звеньями трофической цепи. Среда обитания живых организмов не воспринималась как система (в отличие от подхода А. Гумбольдта), обычно она представлялась как некое неопределенное синкретическое целое, из которого выделялся какой-нибудь один фактор – действующий в том частном случае, который интересовал исследователя-эволюциониста.

Формирование экологии как биологической дисциплины происходило довольно медленно, что объясняется исключительной сложностью ее задач, постановка которых А. Гумбольдтом и Э. Геккелем намного опередила свое время. Можно выделить несколько ключевых событий в становлении экологии, последовательность которых привела к кристаллизации основного понятия – *экосистемы*.

Немецкий зоолог и гидробиолог Карл Мебиус (1825-1908 гг.), изучая устричные банки на отмелях Северного моря, в 1877 году ввел одно из важнейших для экологии понятий – *биоценоз*, впервые описав внутренне связанное сообщество организмов различных видов как биотическую систему, включающую продуцентов, консументов и редуцентов. Американский ботаник Генри Коулс (1869-1939 гг.), исследуя биоценозы на дюнах побережья озера Мичиган, установил, что видовой состав биоценоза зависит от возраста дюны, на которой он располагается: в биоценозах совсем молодых дюн господствуют многолетние травы с мощной корневой системой, способствующей закреплению песчаного покрова дюны, такой биоценоз со временем сменяется другим, где преобладают уже злаки, далее формируется кустарниковое сообщество, которое, наконец, создает условия для произрастания деревьев.

Таким образом, Г. Коулс пришел к идее *сукцессии* – процесса смены фаз сообщества по мере заселения необитаемой территории. Эта идея была детально разработана американским ботаником Фредериком Клементсом (1874-1945 гг.) в монографии «Растительная сукцессия» (Clements, 1916), причем наряду с типом первичной сукцессии, описанной Ф. Коулсом, была изучена и вторичная или восстановительная сукцессия, т.е. фазы биоценоза, последовательно проходящие после его нарушения каким-либо внешним воздействием, например, после лесного пожара. Заключительный этап сукцессии – как первичной, так и вторичной – формирование климаксового сообщества, стационарного, самовоспроизводящегося, формирующего оптимальные условия не для следующей фазы сукцессии (как все промежуточные ее фазы), а для самого себя.

Дальнейшие принципиальные шаги в становлении понятийного аппарата экологии сделал британский эколог Чарльз Элтон (1900-1991 гг.). В своем основном труде «Экология животных» (Elton, 1927) он заложил основы популяционной экологии, т.е. анализа взаимодействий живого с косным окружением на уровне не отдельного организма, а популяции как целого. Для такого анализа было необходимо уточнить и развить понятие «экологическая ниша», которое еще в 1914 году предложил американский писатель, этнограф, историк, защитник прав индейцев и борец за сохранение дикой природы Джордж Берд Гриннел (1849-1938 гг.). Согласно современному определению, экологическая ниша – место вида в биоценозе, включающее комплекс его биоценотических связей и необходимых для него условий внешней среды. Важнейшим результатом Ч. Элтона было правило

экологических пирамид – последовательное уменьшение численности организмов по мере перехода от нижних звеньев трофической цепи к высшим (от растений к травоядным животным, от травоядных к хищникам и т.п.).

Накопленных к середине 1930-х годов результатов было достаточно для того, чтобы в 1935 году британский ботаник Артур Джордж Тэнсли (1871-1955 гг.), наводя порядок в биологической терминологии, предложил ключевое для экологии понятие *экосистема* (Tansley, 1935). Общепринятого определения экосистемы нет до сих пор, но нет и существенных разногласий относительно содержания этого понятия; расхождения в основном касаются соотнесения его с близкими по смыслу другими понятиями экологии, биологии, географии, такими как биогеоценоз (Сукачев, 1942), ландшафт, геосистема, комплекс природы (природный комплекс), голоценоз, эпиморфа и др. Большинство экологов согласно с тем, что экосистема – это любое функциональное единство (самого разного объема и ранга), включающее все организмы (т.е. биоценоз) на данном участке (биотопе) и взаимодействующее с абиотической средой таким образом, что поток энергии создает четкую трофическую структуру и круговорот веществ (т.е. обмен между биотой экосистемы и абиотической средой) внутри системы. Экосистемы характеризуются определенной стабильностью и обладают таким внутренним круговоротом веществ, который по объему превосходит обмен веществ системы с внешней средой. Биотоп экосистемы (лишь бы выполнялось сформулированное условие) может охватывать пространство любой протяженности: от капли воды до Мирового океана, от отдельного дерева с участком почвы, примерно совпадающим с проекцией его кроны, до всей поверхности планеты вместе с заселенной частью земной коры и атмосферы. В этом предельном случае экосистема оказывается глобальной и совпадает с *биосферой*. Учение о глобальной экосистеме – биосфере, развитое В.И. Вернадским в середине XX века фактически вошло в экологию как составная часть – глобальная экология – и оказало исключительно плодотворное воздействие не только на нее.

Нередко отмечают, что *экосистема* стала для экологии базовой единицей, подобно тому как атом – для физики, молекула – для химии, клетка – для цитологии. В известной степени это сравнение отражает значение данного понятия, но оно не замечает весьма существенного отличия экосистемы от базовых элементов других естественных наук: экосистемы образуют структуру, подобную иерархии, экосистемы низкого ранга входят как активные элементы в экосистемы более высокого ранга, в то время как такого рода иерархические отношения невозможны между атомами, между молекулами, между клетками. Речь, однако, идет не о жесткой иерархии, поскольку границы между экосистемами одного ранга часто размыты и подвижны. Биосфера – экосистема высшего ранга (при современном уровне знаний о Вселенной). Экосистемный подход к изучению жизни, разработанный в экологии, существенно повлиял на теорию эволюции: на первый план здесь вышли проблемы изменчивости и стабильности не отдельных биологических видов, а экосистем.

В 1937 году, спустя два года после А.Д. Тэнсли, австрийский биолог Людвиг фон Бергаланфи, выступая на философском семинаре в Чикагском университете, высказался о необходимости создать новую науку – общую теорию систем (ОТС). Опубликовать свои соображения он решился только через 13 лет (Bertalanffy, 1950). В новой теории предполагалось обобщить знания о системах самой разнообразной природы: механических, физических, химических, а прежде всего биологических, социальных и прочих – преодолев при этом как примитивные тенденции механицизма, так и антинаучность витализма (не изжитого даже через три четверти века после Ч. Дарвина). Создатель ОТС ссылается на многие источники; статьи А.Д. Тэнсли среди них нет. Вполне возможно, что не только в 1937 году, но и в 1950 году Л.Фон Бергаланфи не был знаком с этой работой, однако нет сомнений в том, что его системные представления сформировались не без влияния работ по

экологии – тех самых, которые обусловили саму возможность появления понятия *экосистема*.

Крупнейший представитель теоретической кибернетики Уильям Росс Эшби (1903-1972 гг.), по образованию психиатр, с биологией был знаком, безусловно, лучше, чем с математикой или техникой (ключевым во всех его концепциях был *гомеостаз* – понятие, заимствованное из биологии, а именно из книги (Cannon, 1932)), и его системно-кибернетические построения (Эшби, 1962) сформированы прежде всего представлениями о двух типах систем: живой организм и сообщество живых организмов – биоценоз – экосистема. Влияние экосистемных концепций нетрудно обнаружить в научных исследованиях, относящихся к самым разнообразным научным дисциплинам, – в естественных и общественных науках, а современная техника и организация производства пока без особого успеха пытается подражать экосистемам – замкнутости кругооборота веществ в них, их «безотходности», равновесию и устойчивости.

В XXI веке экология стала не только развитой отраслью биологии, как представлялось Э. Геккелю, не только нашла ответы на важнейшие вопросы биогеографии, поставленные А. Гумбольдтом, но внедрила многие свои идеи в смежные дисциплины, и ее ключевое понятие – *экосистема* – стало неотъемлемой частью понятийного аппарата всей современной науки.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Берталанфи фон Л.* 1969. Общая теория систем. Критический обзор // Исследования по общей теории систем: Сборник переводов / Ред. В.Н. Садовский, Э.Г. Юдин. М.: Прогресс. С. 28.
- Данилов-Данильян В.И., Рейф И.Е.* 2016. Биосфера и цивилизация. М.: Энциклопедия. 432 с.
- Дарвин Ч.Р.* 2017. Происхождение видов. Серия: Тайны науки. М.: АСТ. 608 с.
- Жоффруа Э. Сент-Илер.* 1970. Избранные труды. Серия: Классики науки. М.: Наука. 708 с.
- Сукачев В.Н.* 1942. Идея развития в фитоценологии // Современная ботаника. № 1-3. С. 5-17.
- Чайковский Ю.В.* 2006. Наука о развитии жизни. Опыт теории эволюции. М.: Товарищество научных изданий КМК. 712 с.
- Эшби У.Р.* 1962. Конструкция мозга. М.: Издательство иностранной литературы. 398 с.
- Bertalanffy von. L.* 1950. The Theory of Open Systems in Physics and Biology // Science 13. Vol. 111. № 2872. Pp. 23-29.
- Cannon W.B.* 1932. The wisdom of the body. London: W.W. Norton & Company, inc. 315 p.
- Clements F.E.* 1916. Plant succession; an analysis of the development of vegetation. Washington: Carnegie Institution of Washington. xiii, 512 p.
- Elton Ch.* 1927. Animal Ecology. New York: The Macmillan company. 207 p.
- Haeckel E.H.* 1866. Generelle Morphologie der Organismen. Berlin: Verlag von Georg Reimer. 630 S.
- Tansley A.G.* 1935. The use and abuse of vegetational concepts and terms // Ecology. No. 3. Vol. 16. Pp. 284-307.

**ECOSYSTEM IS ONE OF THE MOST IMPORTANT FUNDAMENTAL CONCEPTION  
OF MODERN SCIENCE**

© 2017. **V.I. Danilov-Danilyan**

*Water Problems Institute RAS*

*Russia, 119333, Moscow, Gubkina Str., 3. E-mail: tina@iwp.ru*

The article briefly describes the principal stages of ecological science development in the world. The modern definitions of the main terms are given: ecosystem, biocenosis, succession, biosphere. It is shown that the principal conceptual apparatus of ecology became the interdisciplinary phenomenon of the whole modern science.

*Keywords:* biology, biogeography, biosphere, ecosystem.