

Интернет-журнал «Отходы и ресурсы» <https://resources.today>
Russian Journal of Resources, Conservation and Recycling

2023, Том 10, № 1 / 2023, Vol. 10, Iss. 1 <https://resources.today/issue-1-2023.html>

URL статьи: <https://resources.today/PDF/02NZOR123.pdf>

DOI: 10.15862/02NZOR123 (<https://doi.org/10.15862/02NZOR123>)

Ссылка для цитирования этой статьи:

Лящук, Ю. О. Естественные взаимосвязи экосистем в живой природе / Ю. О. Лящук, А. Ю. Овчинников, В. В. Туарменский // Отходы и ресурсы. — 2023. — Т. 10. — № 1. — URL: <https://resources.today/PDF/02NZOR123.pdf> DOI: 10.15862/02NZOR123

For citation:

Lyashchuk Yu.O., Ovchinnikov A.Yu., Tuarmensky V.V. Natural interconnections of ecosystems in wildlife. *Russian Journal of Resources, Conservation and Recycling*. 2023; 10(1): 02NZOR123. Available at: <https://resources.today/PDF/02NZOR123.pdf>. (In Russ., abstract in Eng.) DOI: 10.15862/02NZOR123

УДК 504.06

Лящук Юлия Олеговна

ФГБНУ «Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ», Рязань, Россия
Ведущий научный сотрудник лаборатории переработки сельскохозяйственной продукции
Кандидат технических наук
E-mail: ularzn@mail.ru

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3612-1707>

РИНЦ: https://www.elibrary.ru/author_profile.asp?id=677729

Овчинников Алексей Юрьевич

ФГБНУ «Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ», Рязань, Россия
Младший научный сотрудник лаборатории механизации и возделывания картофеля
E-mail: aleksovchinn@gmail.com

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2188-1527>

РИНЦ: https://www.elibrary.ru/author_profile.asp?id=1116441

Туарменский Владимир Викторович

ФКОУ ВО «Академия права и управления Федеральной службы исполнения наказаний», Рязань, Россия
Доцент кафедры «Философии и истории»
Кандидат педагогических наук, доцент
E-mail: tuarmensky@gmail.com

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8430-7880>

РИНЦ: https://www.elibrary.ru/author_profile.asp?id=719620

Естественные взаимосвязи экосистем в живой природе

Аннотация. В статье отражены результаты анализа мутуалистических взаимосвязей в живой природе в контексте. Примеры мутуализма в живой природе встречаются повсеместно. В работе мутуалистические связи рассмотрены на примере лишайников (связь гриба и водоросли) и кишечной микробиоты с организмом человека. Видовое разнообразие лишайников довольно велико, как и ареал их обитания, что достигается за счёт преимуществ, которые даёт мутуалистическая связь. Ярким примером мутуалистической связи являются мутуализма в среде хищников являются куда менее распространёнными. Рассмотренные в работе мутуалистические взаимодействия наглядно демонстрируют, что рассматривать естественные взаимосвязи в живой природе необходимо с точки зрения системного подхода, комплексно и объёмно. Поскольку компоненты образуют взаимосвязанную систему, необходимо изучать и понимать их применительно к сетевому взаимодействию, а не изолированно или в ограниченном подмножестве системы. Можно сделать вывод, что сеть —

это, по сути, нечто большее, чем просто метафора, она признает неотъемлемую взаимосвязанность экосистемных взаимодействий. Сети состоят из набора объектов с прямыми транзакциями (связями) между этими объектами. Хотя обмен представляет собой дискретную передачу, эти транзакции, рассматриваемые в целом, соединяют прямую и косвенную части во взаимосвязанную паутину, порождая сетевую структуру. Таким образом, вполне уместно рассматривать взаимосвязанные системы как сети из-за мощного исследовательского преимущества, которое можно получить при использовании инструментов сетевого анализа: теории графов, матричной алгебры и имитационного моделирования, и это лишь некоторые из них.

Ключевые слова: экологические системы; сеть; принцип «паутины»; мутуализм; экосистемные взаимодействия

Введение

Метафорическое определение «Web of life» как нельзя полно отражает сущность взаимосвязей среди живых систем, будь то экологические, антропологические, социологические или какие-либо интегрированные комбинации (как и большинство из них сейчас на Земле). «Паутина жизни» — эта фраза немедленно вызывает в воображении образ взаимопроникновения и сплетённости, как ближайшей, так и отдаленной: сложная сеть взаимосвязанных частей, каждая из которых взаимодействует друг с другом, обеспечивая ограничения и возможности для будущего поведения, где целое больше, чем сумма частей [1].

«Сети» — термин, которому в последнее время уделяется много внимания из-за таких распространенных явлений и массовых процессов, как «всемирная паутина» Интернет, «принцип шести степеней разделения» в эпидемиологии и экологии [2]. На самом деле термин «сеть» имеет долгую историю исследований в области экологии, восходящую, по крайней мере, к запутанному «банку Дарвина» полтора века назад, благодаря подъему от системной экологии 1950-х годов до моделей биогеохимического цикла 1970-х годов и текущему вниманию к биоразнообразию, стабильности и устойчивости, которые все в той или иной степени используют сети и сетевые концепции [3].

Сети состоят из набора объектов с прямыми транзакциями (связями) между этими объектами. Хотя обмен представляет собой дискретную передачу, эти транзакции, рассматриваемые в целом, соединяют прямую и косвенную части во взаимосвязанную паутину, порождая сетевую структуру [4].

Результаты

Связность природы оказывает важное влияние как на объекты внутри самой сети, так и на наши попытки понять ее. Если мы проигнорируем сеть, как целое, и посмотрим на отдельные не связанные между собой организмы или даже на две популяции, извлеченные из сети, например, с одним хищником и одной жертвой, мы упустим эффекты системного уровня. Например, в ходе целостного исследования в 2016 году на территории комплекса «Эверглейдс» во Флориде К. Бондавалли и Р.Э. Уланович показали, что американский аллигатор (*Alligator mississippiensis*) имеет мутуалистические отношения с некоторыми объектами добычи, так что влияние сети превосходит прямое, наблюдаемое действие хищничества [5].

Примеры мутуализма в живой природе встречаются повсеместно. Одним из самых наглядных и распространённых можно считать существование лишайников. Мутуалистическая связь водоросли и гриба породила эволюционно-новую полифлетическую группу живых симбионтов (рис. 1).

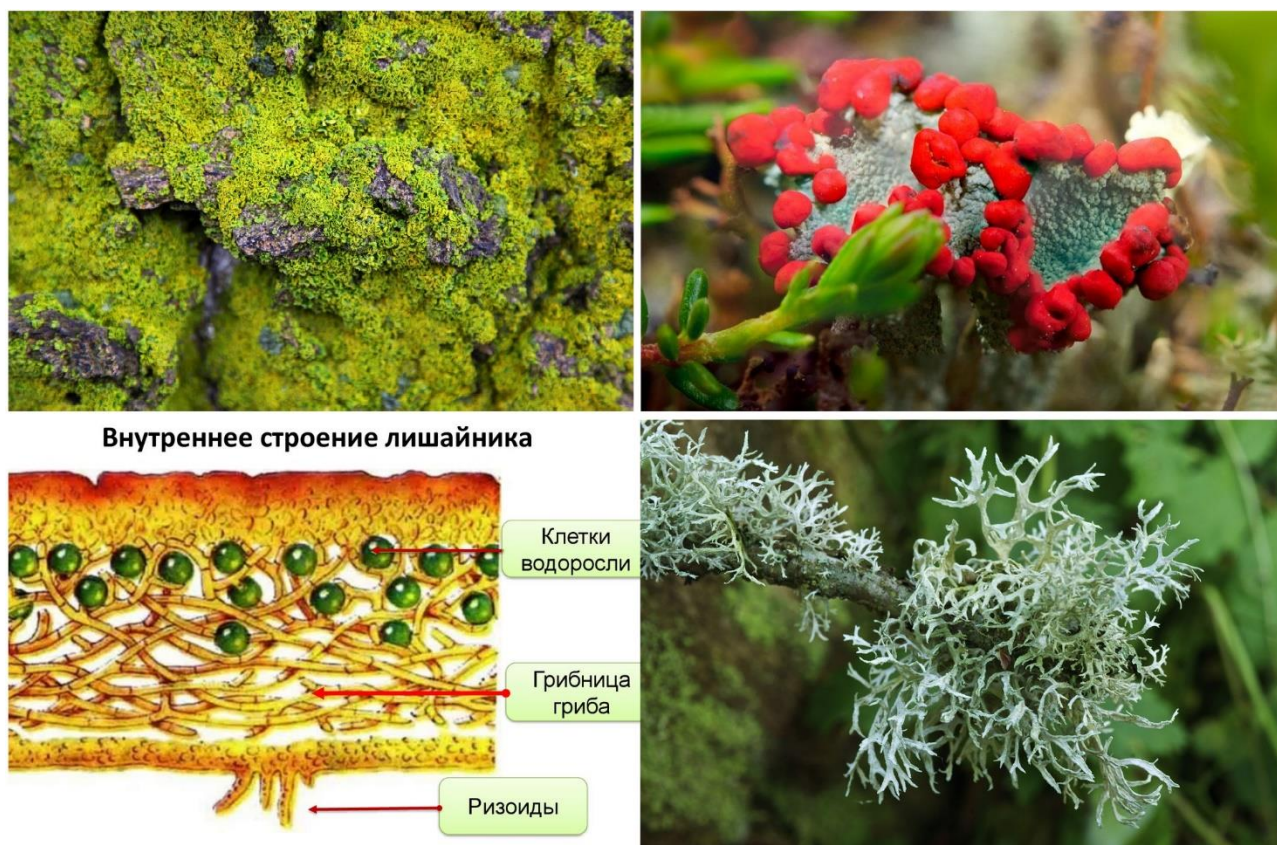


Рисунок 1. Мутуалистическая связь водоросли и гриба (лишайник) [5]

Видовое разнообразие лишайников довольно велико, как и ареал их обитания, что достигается за счёт преимуществ, которые даёт мутуалистическая связь.

Примеры мутуализма в среде хищников являются куда менее распространёнными. Связанная сеть в процессе слаженных взаимодействий делает это таким образом, потому что каждый изолированный акт хищничества связывает воедино всю систему, так что косвенные эффекты — те, которые смягчаются с помощью одного или многих других объектов в сети — могут задавать общий тон отношений.

Одним из примеров мутуалистических отношений является связь кишечной микробиоты с организмом человека. На рисунке 2 представлена мутуалистическая связь микробиоты толстого кишечника с организмом человека на разных этапах жизненного цикла.

В формате мутуалистической связи микробиота выполняет следующие функции:

- обеспечивает защиту организма-хозяина от инфекционных агентов;
- принимает участие в процессах регуляции иммунной системы (создание иммунологической толерантности к пищевым антигенам и ауто-антигенам);
- принимает участие в процессах пищеварения и энергетического метаболизма;
- вырабатывает витамины (B3, B12, B9 и другие);
- принимает участие в процессах переработки ксенобиотиков (например, в микробиоте некоторых людей присутствует бактерия *Egghertella lenta*, инактивирующая действие дигоксина).

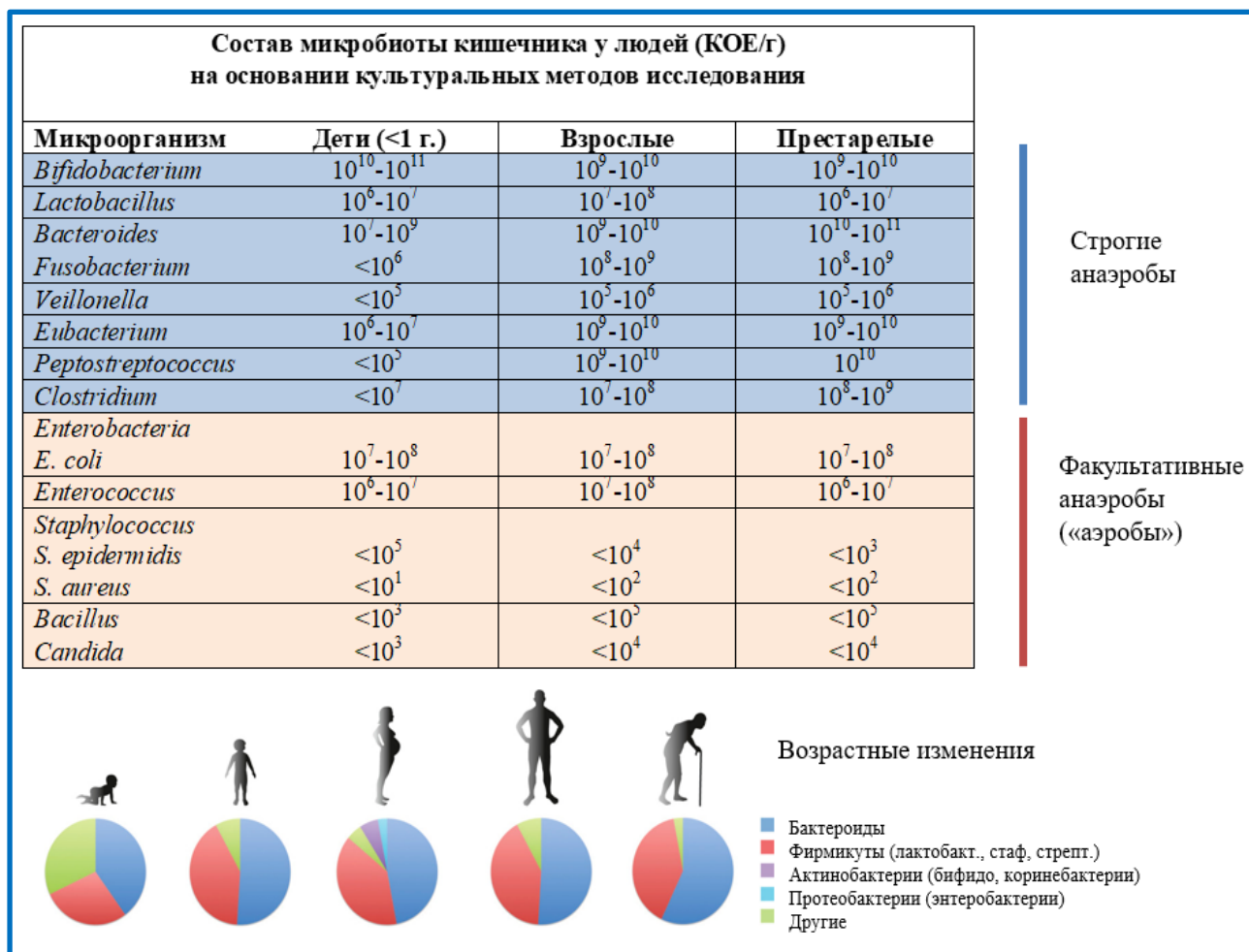


Рисунок 2. Мутуалистическая связь микробиоты толстого кишечника с организмом человека на разных этапах жизненного цикла [6]

Вышеописанные открытия были бы невозможны без рассмотрения экосистемы как связанной «сети». Хотя это может показаться неуместным, особенно для отдельных организмов, которые попадают в кишечник аллигатора, в целом популяция добычи выигрывает от присутствия аллигатора в «сетевой паутине», поскольку он также питается другими организмами в «паутине», которые, в свою очередь, также являются хищниками.

Экосистемы — это концептуальные и функциональные единицы, которые включают в себя экологическое сообщество вместе с его абиотической средой. В концепции любой системы (в том числе и экологической) подразумевается наличие границы системы, которая отделяет объекты и процессы, происходящие внутри системы, от тех, которые происходят вне системы.

Эта перспектива «внутри-снаружи» порождает две среды: среду, внешнюю по отношению к системе, в которую она встроена, и среду за пределами интересующего объекта, но в пределах границ системы (последняя была названа «environ»). Обычно нас не интересуют события, происходящие полностью за пределами границы системы, то есть те, которые возникают и заканчиваются в окружающей среде без входа в систему путем пересечения её границы.

В материальном мире большинство систем являются системами открытого типа. Те же системы, которые приняты относить к системам закрытого типа, закрыты лишь в большей степени, но никак не абсолютно. Потоки энергии и вещества также проходят через границу

«условно закрытых систем», просто в гораздо меньшей степени. Они обеспечивают экосистему доступным источником поступления энергии, например, таким как солнечное излучение.

Пространственная протяженность экосистемы сильно варьируется и часто зависит от функциональных процессов в пределах границ экосистемы. Можно определить экосистему как наименьшую единицу, которая способна существовать изолированно только со своей абиотической средой, но это не дает представления о площади, охватываемой экосистемой.

Норман Казинс предложил определение «домашний ареал» или «ареал нагула» местного доминирующего хищника, который он называет экосистемным трофическим модулем или экотрофным модулем [7].

Аналогично подходу к водоразделу в гидрологии был предложен термин «ресурсная база» для определения пространственной протяженности экосистемы [8].

В крайней степени, можно было бы полностью исключить окружающую среду, бесконечно расширяя границы вовне, чтобы охватить все пограничные потоки, тем самым превращая саму концепцию окружающей среды в парадокс. Однако, идея состоит не в том, чтобы сделать «хранилище ресурсов» настолько обширным, чтобы включить все в границы системы, а в том, чтобы установить демаркационную линию, основанную на градиентах внутренней и внешней деятельности. Фактически, в открытых системах внешнее эталонное состояние является необходимым условием, которое определяет интересующую экосистему.

Минимальный набор для устойчиво функционирующей экосистемы включает производителей, потребителей и разлагателей.

Такое биотическое сообщество взаимодействует со своей абиотической средой, приобретая энергию, питательные вещества, воду и физическое пространство, чтобы сформировать свое место или нишу обитания (хотя среда обитания часто состоит и из других биотических образований).

В результате в экосистемах происходит множество взаимодействий, как биотических, так и абиотических. Они включают в себя взаимодействия между особями внутри популяций (например, спаривание), взаимодействия между особями разных видов (например, питание), а также активные и пассивные взаимодействия особей с окружающей средой (например, поглощение воды и питательных веществ, экскреция и смерть). В экосистемных исследованиях наиболее часто используются два подхода. Первый, подход «черного ящика», касается исключительно входных и выходных данных для экосистемы, не проясняя процессы, которые их породили. Второй, обычно называемый анализом экологической сети (ENA), представляет собой подробный учет потоков энергии и питательных веществ внутри экосистемы [9].

В этих исследованиях основное внимание обычно уделяется масштабу вида или трофоспецифичности (трофическим функциональным группам) и тому, как они взаимодействуют, а не взаимодействиям между особями одного и того же вида, хотя они рассматриваются в индивидуальных моделях и исследованиях. ENA требует мелкомасштабной детализации составляющих экосистемы и их взаимосвязей, но использует их для выявления глобальных закономерностей, которые формируют структуру и функционирование экосистемы.

Выводы

Несмотря на то, что сети взаимодействия распространены повсеместно, наблюдать за ними сложно, что послужило причиной медленного признания их важности в научном сообществе. Например, экологические наблюдения показывают прямые транзакции между

отдельными особями, но не сразу раскрывают контекстуальную сеть, в которой они разыгрываются. Поскольку компоненты образуют взаимосвязанную «паутину», необходимо изучать и понимать их применительно к сетевому взаимодействию, а не изолированно или в ограниченном подмножестве системы.

Фактически, каждый компонент должен быть связан с другими как через свои входные, так и выходные транзакции. В экосистеме нет тривиальных, изолированных компонентов. Удаление одного вида похоже на вытягивание одного перекрестка паутины, когда вся паутина растягивается в направлении нарушения. Те участки сети, которые более тесно и прочно связаны с выбранным узлом, подвергаются большему воздействию, но вся система деформируется, поскольку каждый узел встроен во всю сеть взаимосвязанных взаимодействий.

Подход к индикаторным видам работает, поскольку он фокусируется на тех организмах, которые глубоко укоренились в сети и, следовательно, вызывают значительную системную деформацию.

Можно сделать вывод, что сеть — это, по сути, нечто большее, чем просто метафора, она признает неотъемлемую взаимосвязанность экосистемных взаимодействий.

Таким образом, вполне уместно рассматривать взаимосвязанные системы как сети из-за мощного исследовательского преимущества, которое можно получить при использовании инструментов сетевого анализа: теории графов, матричной алгебры и имитационного моделирования, и это лишь некоторые из них.

ЛИТЕРАТУРА

1. Кострова, Ю.Б. Использование концепции экосистемы при развитии умных городов / Ю.Б. Кострова // Отходы и ресурсы. — 2022. — Т. 9. — № 3. — DOI 10.15862/07ECOR322.
2. Кострова, Ю.Б. Корпоративная социальная ответственность / Ю.Б. Кострова, О.Ю. Шибаршина. — Курск : Закрытое акционерное общество «Университетская книга», 2018. — 142 с. — ISBN 978-5-907049-95-6.
3. Кострова, Ю.Б. Общество потребления: методологические подходы к анализу / Ю.Б. Кострова, О.Ю. Шибаршина // Финансовый бизнес. — 2021. — № 11(221). — С. 73–76.
4. Кострова, Ю.Б. Проблемы развития рынка органической продукции в РФ / Ю.Б. Кострова, А.Б. Мартынушкин // Вестник Мичуринского государственного аграрного университета. — 2020. — № 1(60). — С. 252–255.
5. Кострова, Ю.Б. Формирование и развитие рынка органической продукции / Ю.Б. Кострова // Московский экономический журнал. — 2020. — № 8. — С. 26. — DOI 10.24411/2413-046X-2020-10564.
6. Новак, М.Д. Ветеринарная протозоология: Учебно-методическое пособие по изучению дисциплины для студентов специальности 111801 Ветеринария / М.Д. Новак, А.И. Новак. — Рязань: Рязанский государственный агротехнологический университет им. П.А. Костычева, 2011. — 114 с.

7. Новак, М.Д. Паразитарные зоонозы в Российской Федерации в контексте глобализации / М.Д. Новак, А.И. Новак // Глобалистика-2020: Глобальные проблемы и будущее человечества: Сборник статей Международного научного конгресса, Москва, 18–24 мая 2020 года. — Москва: Межрегиональная общественная организация содействия изучению, пропаганде научного наследия Н.Д. Кондратьева, 2020. — С. 89–92. — DOI 10.46865/978-5-901640-33-3-2020-89-92.
8. Новак, А.И. Влияние зарегулирования крупных речных систем на видовой состав гидробиоценозов / А.И. Новак, М.Д. Новак // Актуальные проблемы глобальных исследований: Россия в глобализирующемся мире: Сборник научных трудов участников VI Всероссийской научно-практической конференции с международным участием, Москва, 04–06 июня 2019 года / Под редакцией И.В. Ильина. — Москва: Межрегиональная общественная организация содействия изучению, пропаганде научного наследия Н.Д. Кондратьева, 2019. — С. 244–247.
9. Саттарова, И.В. Проблемы защиты объектов дикой флоры и фауны на современном этапе / И.В. Саттарова, Е.С. Вахромеева // За нами будущее: взгляд молодых ученых на инновационное развитие общества: Сборник научных статей 3-й Всероссийской молодежной научной конференции. В 3-х томах, Курск, 03 июня 2022 года / Отв. редактор А.А. Горохов. — Курск: Юго-Западный государственный университет, 2022. — С. 210–212.

Lyashchuk Yuliya Olegovna

Federal Scientific Agroengineering Center VIM, Ryazan, Russia
E-mail: ularzn@mail.ru
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3612-1707>
RSCI: https://www.elibrary.ru/author_profile.asp?id=677729

Ovchinnikov Aleksey Yurievich

Federal Scientific Agroengineering Center VIM, Ryazan, Russia
E-mail: aleksovchinn@gmail.com
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2188-1527>
RSCI: https://www.elibrary.ru/author_profile.asp?id=1116441

Tuarmensky Vladimir Viktorovich

Academy of Law and Management of the Federal Penitentiary Service, Ryazan, Russia
E-mail: tuarmensky@gmail.com
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8430-7880>
RSCI: https://www.elibrary.ru/author_profile.asp?id=719620

Natural interconnections of ecosystems in wildlife

Abstract. The article reflects the results of the analysis of mutualistic relationships in wildlife in the context. Examples of mutualism in wildlife are found everywhere. Mutualistic connections are considered in the work on the example of lichens (fungus and algae connection) and intestinal microbiota with the human body. The species diversity of lichens is quite large, as is their habitat, which is achieved due to the advantages that the mutualistic relationship provides. A striking example of mutualism. Examples of mutualism among predators are much less common. The mutualistic interactions considered in the work clearly demonstrate that it is necessary to consider natural relationships in wildlife from the point of view of a systematic approach, comprehensively and voluminously. Since the components form an interconnected system, it is necessary to study and understand them in relation to network interaction, and not in isolation or in a limited subset of the system. It can be concluded that the network is, in fact, more than just a metaphor, it recognizes the inherent interconnectedness of ecosystem interactions. Networks consist of a set of objects with direct transactions (connections) between these objects. Although the exchange is a discrete transfer, these transactions, taken as a whole, connect the direct and indirect parts into an interconnected web, giving rise to a network structure. Thus, it is quite appropriate to consider interconnected systems as networks because of the powerful exploratory advantage that can be gained by using network analysis tools: graph theory, matrix algebra, and simulation, to name but a few.

Keywords: ecological systems; network; web principle; mutualism; ecosystem interactions