

УДК 573.22+578.087.1

КОММЕНТАРИЙ ПЕРЕВОДЧИКА СТАТЬИ УОРРЕНА УИВЕРА

© 2019 Г.С. Розенберг

Институт экологии Волжского бассейна РАН, г. Тольятти (Россия)

Поступила 7 ноября 2018 г.

Прокомментированы некоторые положения статьи У. Уивера «Наука и сложность», опубликованной в 1948 г. в журнале «American Scientist».

Ключевые слова: Уоррен Уивер, наука, системология, неорганизованная и организованная сложность, третья парадигма.

Rosenberg G.S. Comment article by Warren Weaver. – Commented on some of the provisions of the article by W. Weaver "Science and complexity", published in 1948 in the journal "American Scientist".

Key words: Warren Weaver, science, systemology, unorganized and organized complexity, third paradigm.

Другая причина успеха термина "экосистема", по-видимому, заключается в построении необходимого лексического связующего звена с общей теорией систем. Остается открытым вопрос, действительно ли общая теория систем так же, как и кибернетика, обеспечила новое понимание или же просто привлекла внимание к очевидному.

Рамон Маргалейф (1992, с. 13)

Первоначально, несколько комментариев непосредственно к статье У. Уивера.

¹ Уивер (Warren Weaver; 1894-1978) – американский ученый, математик, организатор науки. Он также широко известен как один из пионеров машинного перевода и как важная фигура в создании системы поддержки современной науки в США (некоторые подробности его биографии см.: [https://en.wikipedia.org/wiki/Warren_Weaver] и [Розенберг, 2010]).

Окончил Университет штата Висконсин (прикладная математика и математическая физика), работал доцентом математики в Throop Polytechnic Institute в Pasadena (California; сегодня – Калифорнийский технологический институт, Caltech), с 1917 по 1919 год служил в

ВВС США, в 1921 г. стал доктором PhD, работал на факультете математики в Висконсинском университете в Мэдисоне (University of Wisconsin–Madison), стал профессором, с 1928 по 1932 год возглавлял Отдел математики. Уивер был директором отдела естественных наук в фонде Рокфеллера (1932-1955 гг.) и научным консультантом этого фонда (1947-1951 гг.), попечителем (с 1954 г.) и вице-президентом (с 1958 г.) Sloan-Kettering Institute по исследованию рака.

Круг его научных интересов был достаточно широк. В 1929 г. он опубликовал со своим научным руководителем монографию по электромагнитным полям (Mason, Weaver, 1929), публикует работы по теории вероятностей и математической статистике, становится широко известным в качестве прикладного математика во время Второй мировой войны (он возглавлял Applied Mathematics Panel of the Office of Scientific Research and Development, руководил работами в области исследований операций, был

Розенберг Геннадий Самуилович, доктор биологических наук, профессор, член-корреспондент РАН, главный научный сотрудник, genarozenberg@yandex.ru

знаком с развитием электронных вычислительных машин и успешным применением математических и статистических методов в криптографии). Он впервые упомянул о возможности использования цифровых компьютеров для перевода документов между естественными человеческими языками в марте 1947 г. в письме кибернетику Норберту Винеру (Norbert Wiener). В июле 1949 г. в Карлсбаде, Нью-Мексико (Carlsbad, New Mexico) он пишет меморандум «Перевод – Translation», который стал наиболее влиятельной публикацией в сфере машинного перевода (он выдвинул четыре предложения:

- проблема множественных значений переводимых слов может быть решена путем рассмотрения непосредственного контекста (необходимо рассматривать слова, которые встречаются в непосредственной близости от переводимого слова; Уивер предположил, что таких контекстных слов должно быть не очень много);
- ранние работы по нейронным сетям (McCulloch, Pitts, 1943) были интерпретированы как возможность автоматически с помощью компьютера осуществить любой логический вывод;
- криптографические методы, возможно, применимы к переводу;
- наконец, в основе всех человеческих языков могут лежать лингвистические универсалии, которые можно было бы использовать для упрощения проблемы перевода).

Эти положения меморандума вызвали довольно широкий и активный интерес международного сообщества ученых и инженеров и положили начало «концепции interlingva», конструктивными результатами которой мы пользуемся сегодня.

Уивер был особенно впечатлен потенциалом секретной работы К. Шеннона (Claude Elwood Shannon) по криптографии и теории информации; в 1949 г. выходит их совместная монография (Shannon, Weaver, 1949), в которой он «отвечал» за философско-методологическое обоснование построений Шеннона и популяризировал его идеи для широкой аудитории (Weaver, 1949). Он предположил, что существует три уровня проблем в теории связи:

- насколько точно могут передаваться символы общения? (техническая проблема);
- насколько точно передаваемые символы передают желаемый смысл? (семантическая проблема);

- насколько эффективно полученное значение влияет на желаемое поведение? (проблема эффективности).

У. Уивер рано понял, как сильно инструменты и методы физики и химии могут продвинуть знания о биологических процессах, и использовал свое положение в фонде Рокфеллера для выявления, поддержки и поощрения молодых ученых, которые спустя годы получали Нобелевские премии и другие награды за их вклад в генетику или молекулярную биологию (кстати, сам термин «молекулярная биология» был предложен Уивером; см. [Weaver, 1970]). Среди тех, кого поддерживал через систему грантов Уивер, были Л. Полинг (Linus Pauling), Дж. Бидл (George Beadle), Э. Тейтем (Edward Tatum), А. Кун (Alfred Kuhn), Б. Эфрусси (Boris Ephrussi), О. Варбург (Otto Warburg), Б. Мандельброт (B. Mandelbrot) и др.

² Здесь, фактически, У. Уивер различает простые и сложные свойства сложных систем (Розенберг, 2013). В системологии под *целостными (сложными) параметрами* понимают такие характеристики, которые присущи целой системе, но либо отсутствуют у составляющих ее элементов, либо имеются и у элементов, и у системы в целом, но не выводимы для последней из знания их для элементов. Это и есть *принцип эмерджентности*, важную роль которого в экологии особо подчеркивает Ю. Одум (1986, с. 17): «принцип не сводимости свойств целого к сумме свойств его частей должен служить первой рабочей заповедью экологов». К сожалению, собственно сложные параметры экосистем анализируются не часто – исключение составляет анализ устойчивости экосистем. Основное внимание экологов сконцентрировано на энергетических аспектах функционирования экосистем. Энергетический подход сводится к детализации физических законов сохранения вещества и энергии в форме балансовых соотношений, т. е. в *аддитивной форме*, и, следовательно, служит для характеристики *простых свойств сложных систем* (совокупные свойства). Для этих целей действительно плодотворным является язык, например, дифференциальных уравнений, с помощью которого в основном и создаются многочисленные математические модели экосистем.

³ Джозайя Уиллард Гиббс (Josiah Willard Gibbs; 1839—1903) – американский физик, физикохимик, математик, механик, один из создателей векторного анализа, статистической физики, математической теории термодинамики, что во многом предопределило развитие совре-

менных точных наук и естествознания в целом. В 1901 г. Гиббс был удостоен высшей награды международного научного сообщества того времени (присуждаемой каждый год только одному учёному; в этот же год в декабре впервые была присуждена Нобелевская премия...) – Медали Копли (Copley Medal) Лондонского королевского общества – за то, что он стал «первым, кто применил второй закон термодинамики для всестороннего рассмотрения соотношения между химической, электрической и тепловой энергией и способностью к совершению работы».

⁴ представления получили свое развитие в работах школы д.ф.-м.н. и д.б.н., профессора В.М. Еськова (2011; Филатова и др., 2012; Еськов и др., 2016, 2017а). Несколько цитат в контексте этого раздела статьи У. Уинера.

«В истории человечества возникли и успешно развиваются две базовые парадигмы, два подхода в науке, образовании, культуре, идеологии: *детерминистская* парадигма и *стохастическая*. До настоящего времени сравнения или особого противопоставления между этими подходами (парадигмами) в науке не производилось, а в остальных областях деятельности человека <...> сравнения и противопоставления производились малоосознанно или не в рамках научных подходов. Иная ситуация возникла при появлении третьей, *синергетической* парадигмы, которая существенно отличается от двух предшествующих и которая настоятельно требует научного сопоставления и анализа. Более того, *синергетическая* парадигма породила неопределенность во всех сферах деятельности человека и это потребовало нового осмысления и понимания происходящего и в первую очередь роли и места неопределенности в жизни каждого человека и всего человечества. Строго говоря сама эта неопределенность породила синергетику, но исходя из гомоцентризма будем говорить об обратном» (Еськов, 2011, с. 5).

«В истории развития человечества можно выделить три основных подхода. Эти подходы охватывают все виды человеческой деятельности и лежат в основе смены парадигм. При переходе от одной парадигмы к другой (от детерминистской к стохастической и далее к третьей синергетической парадигме) выявлены определенные закономерности. Рассматривая отличия между этими тремя парадигмами, мы вводим философские категории определенности – неопределенности, прогнозируемости – непрогнозируемости. При переходе от детерминистской парадигмы к синергетической степень неопределенности в динамике поведения различ-

ных систем возрастает (а именно прогноз резко падает). Для идентификации этих парадигм необходимо выявление параметров порядка для задания внешних управляющих воздействий в управлении и прогнозе процессов» (Еськов и др., 2016, с. 211).

«Можно договориться об общих принципах управления или создать типовые механизмы управления, но динамику процессов развития сложных систем повторить невозможно! Еще древние греки говорили: "Все течет и изменяется". W. Weaver выделял такие системы (complexity) в особый класс "организованной сложности", а мы в ТХС (*теория хаоса – самоорганизации*. – Г.Р.) определили их основные свойства и методы их описания. Но если это хаотическая система, то ею можно управлять за счет внешних управляющих воздействий (ВУВ) в пределах некоторых квазиаттракторов. В социуме ограничителями являются законы и нормы морали. Они должны переводить общество из хаоса анархии в стохастику (демократия) и даже детерминизм (авторитарные системы)» (Еськов и др., 2016, с. 31).

«На сегодня мы выделяем три глобальные парадигмы во всей современной науке, которые охватывают три глобальных кластера всех процессов и объектов живой и неживой природы. Впервые об этом как-то аргументировано и логично пытался сказать W. Weaver в 1948 г. в своей известной публикации "Science and complexity". Однако за эти неполные 70 лет на это практически никто не обратил внимание (хотя он говорил весьма просто о важнейших вещах). Weaver разделил все объекты и системы в природе на три гигантских кластера: простейшие системы (simplicity), которые описываются сейчас в рамках детерминистских теорий и моделей, неорганизованная сложность (стохастические системы) и организованная сложность (organized complexity). Под системой третьего типа он понимал все живые системы, но никаких особенностей в их организации W. Weaver не выделил и не изучил. Сейчас уже понятно, что этого он не мог бы сделать в рамках современной науки, т. к. для этого нужна другая (третья) парадигма и другая наука» (Еськов и др., 2017б, с. 45).

⁵ См. сноску В – «принцип эмерджентности».

А теперь несколько слов о том, как я представляю себе системный подход в естественно-научной сфере и сложность систем (многие положения работ У. Уивера оказали влияние на эти представления).

«Методологической основой экологических исследований служит системный подход, ориентированный на раскрытие целостности объекта и обеспечивающих ее механизмов, на выявление многообразных связей сложного объекта и сведения их в единую теоретическую картину. При этом система, и экологическая система в том числе, понимается как совокупность взаимосвязанных элементов, образующих определенную целостность, единство. Она характеризуется также непрерывным единством с окружающей средой, во взаимодействии с которой система и проявляет свою целостность» (Алимов, 2000, с. 7-8).

В биологии значение системного подхода интуитивно было осознано достаточно давно, еще задолго до того, как сложилась современная теория систем. Более того, с высокой степенью уверенности можно считать, что биология сыграла одну из главных ролей в превращении системного подхода во всеобщий принцип научного мышления. «Возрастающий интерес к системному подходу и к теории систем в современной биологии продиктован насущными потребностями развития теоретической биологии и методологии теоретического синтеза, стремлением совершенствовать стратегию интегративного познания живой природы в условиях углубляющейся дифференциации знаний о живой природе, о разных уровнях организации живого» (Мирзоян, 1989, с. 90).

Вообще говоря, системный подход не является строго методологической концепцией, что отмечал еще А.А. Ляпунов (1970): он выполняет эвристические функции, ориентируя конкретные экологические исследования в двух основных направлениях:

- во-первых, его содержательные принципы позволяют фиксировать недостаточность старых, традиционных методов изучения экосистем для постановки и решения новых задач их целостного исследования;
- во-вторых, понятия и принципы *конструктивного системного подхода*, что существенным образом отличает его от просто «терминологических изысков», помогают создавать новые программы изучения, ориентированные на раскрытие сущности процессов трансформации энергии, передачи вещества и информации в экосистемах.

Каждая система определяется некоторой *структурой* (элементы и взаимосвязи между ними) и *поведением* (изменение системы во времени). Для системологии они являются такими же фундаментальными понятиями, как пространство и время для физикализма (кстати, для последнего они являются изначально

неопределяемыми понятиями). В системологии под структурой понимается инвариантная во времени фиксация связей между элементами системы, формализуемая, например, математическим понятием «графа». Под поведением системы понимается ее функционирование во времени. Изменение структуры системы во времени можно рассматривать как ее сукцессию и эволюцию. Различают *неформальную структуру* системы (в качестве элементов которой фигурируют «первичные» элементы, вплоть до атомов) и *формальную структуру* (в качестве элементов фигурируют системы непосредственно нижестоящего иерархического уровня).

Сложность системы на «структурном уровне» задается числом ее элементов и связей между ними. Дать определение «сложности» в этом случае крайне трудно: исследователь сталкивается с так называемым «эффектом кучи» (один шар – не куча, два шара – не куча, три – не куча, а вот сто шаров – куча, девяносто девять – куча; так, где же граница между «кучей» и «не кучей»?). Кроме того, относительность понятия «структура» (деление на формальную и неформальную структуры) заставляет вообще отказаться от него при определении сложности системы. Определить, что такое «сложная система» на «поведенческом уровне» представляется более реалистичным.

Б.С. Флейшман (1978) предложил пять *принципов усложняющегося поведения систем* (некоторые подробности см. [Розенберг, 2013, Т. 1, с. 8-54]).

На *первом уровне* находятся системы, сложность поведения которых определяется только *законами сохранения* в рамках вещественно-энергетического баланса (например, камень, лежащий на дороге); *такие системы изучает классическая физика*. Этот самый низкий уровень сложности сохраняется для всех систем, вплоть до систем высших уровней сложности, но уже не является для них определяющим. На *втором уровне* располагаются системы с более сложным поведением. Они тоже состоят из вещества и энергии и для них справедливы законы первого уровня, но их особенностью является наличие обратных связей, что и задает более сложное поведение (примером является кибернетическая «мышь Шеннона», способная «находить» путь в лабиринте); *функционирование таких систем изучает кибернетика*. *Принцип гомеостаза* сохраняется для всех систем, более сложных по поведению, чем автоматические системы второго уровня, но он уже не является для них определяющим. Еще более сложным поведением обладают системы *тре-*

твего уровня: они состоят из вещества и энергии, обладают обратными связями, но для их поведения определяющим является способность «принимать решение», т.е. способность осуществлять некоторый выбор (случайный, оптимальный или иной) из ряда вариантов поведения («стимул – реакция»). Так, Н.П. Наумов (1973) показал, что возможен опосредованный через среду обитания обмен опытом между особями, поколениями одного вида и разными видами, т.е., по существу, обмен информацией. Системы *четвертого уровня* выделяются по способности осуществлять перспективную активность или проявлять опережающую реакцию («реакция – стимул»). Этот тип поведения возникает на уровне биосистем, более сложных, чем простейшие биосистемы, но еще не таких, которые обладают интеллектом. Уровень их сложности должен превосходить уровень сложности среды, и они должны обладать достаточно мощной памятью (например, генетической). «Помня» исходы своих взаимодействий со средой до данного момента времени и полагаясь на то, что «завтра будет примерно то же, что и сегодня», такие биосистемы могут заранее подготовить свою реакцию на возможное будущее воздействие среды. Для особей этот принцип известен как *эффект перспективной активности* (Бернштейн, 1962), для популяций – *эффект преадаптации* (Георгиевский, 1974; Кулагин, 1974). В последнем случае хорошим примером может служить «колоколовидный» характер распределения численности популяции вдоль некоторого градиента среды: большая часть популяции, близкая к модальному классу, «помнит» о типичных изменениях данного фактора, крайние (малочисленные) классы – о более резких и значительных изменениях. Наконец, высший (на сегодняшний день), *пятый уровень* сложности объединяет системы, связанные поведением интеллектуальных партнеров, основанных на рассуждениях типа «он думает, что я думаю» и т. д. (классический пример – шахматная партия и просчет соперниками возможных вариантов ее развития). По-видимому, непосредственно к экологии этот тип поведения не имеет отношения, но он становится определяющим при рациональном природопользовании и, особенно, социальных аспектах взаимодействия «Человек – Природа».

Системы, включающие в себя в качестве хотя бы одной подсистемы решающую систему (поведению которой присущ акт решения), будем называть сложными (системы 3-5 уровней; такие системы изучает системология). Таким образом, системы 1 и 2 уровней

соответствуют *проблеме простоты* У. Уивера; сложные системы 5-го уровня – это объекты организованной сложности Уивера или третьей парадигмы В.М. Еськова (см. сноску D). Стремление системы достигнуть предпочтительного для нее состояния будем называть *целенаправленным поведением*, а это состояние – её *целью*. Целями обладают лишь сложные системы.

Сложные системы, в отличие от простых, имеют большое число взаимосвязанных качеств. Поэтому аналитические модели отдельных их качеств не адекватны им, а имитационные модели достаточно большой совокупности их качеств весьма сложны и недостаточно общи (в этой ситуации возникает вопрос – *что же тогда можно считать законами системологии и, как следствие, экологии?*).

Один из основоположников экологии, профессор Московского университета К.Ф. Рулье (1852, цит. по: [1954, с. 140]) в работе "Жизнь животных по отношению ко внешним условиям" писал: «Приляг к лужице, изучи подробно существа – растения и животных, ее населяющих, в постепенном развитии и взаимно непрерывно перекрещивающихся отношениях организации и образа жизни, и ты для науки сделаешь несравненно более, нежели многие путешественники... Полагаем, задачей, достойной первого из первых ученых обществ, назначить следующую тему для ученого труда первейших ученых: "Исследовать три вершка ближайшего к исследователю болота относительно растений и животных в их постепенном взаимном развитии организации и образа жизни посреди определенных условий". Пока ни одно общество не решилось предложить такой задачи, и не решилось по весьма достойной причине – оно знает, что не нашло бы даже сколько-нибудь удовлетворительного ответа». Чем не *системный подход в экологии?*

Как известно, термин «экосистема» был введен в 1935 г. А. Тэнсли (2004). *Экосистема* (от греч. *oikos* – дом, место и *systema* – целое, составленное из частей) – *функциональная система, включающая в себя сообщество живых организмов и их среду обитания*. Весьма наглядно это иллюстрируется следующей «формулой» (Даждо, 1975, с. 260):

экосистема = биотоп + биоценоз.

Здесь «биотоп» – участок земной поверхности с однородными абиотическими условиями среды, занимаемый тем или иным «биоценозом», под которым, в свою очередь, понимается сообщество организмов, связанных прямыми или косвенными (через среду и посредников)

взаимоотношениями (Миркин и др., 1989, с. 28).

Можно сказать, что это – «наземное определение». У гидробиологов ближе всех к «наземному определению» следующие представления (Зернов, 1934, с. 53): «Население каждого биотопа состоит из ряда организмов разных жизненных форм, которые все вместе образуют биоценоз. Иначе можно сказать, что биоценоз есть термин для объяснения тех сообществ или комбинаций животных и растений, на которые распадается все население данного бассейна (выделено автором. – Г.Р.). Термин этот аналогичен термину "ассоциация" и "сообщество" растений у ботаников». Еще в одном учебнике (Березина, 1973, с. 22) находим: «Биоценоз существует в тесном единстве с биотопом... Совокупность биотопа и биоценоза получила название экологической системы, или биогеоценоза». У А.И. Баканова [2000, с. 7] читаем: «Если наземный биогеоценоз – экосистема в границах фитоценоза, то водный биогеоценоз (иногда называемый биогидроценозом) – экосистема в границах биотопа».

Вероятно, «формулу Дажо» можно модифицировать следующим образом (полностью отдавая себе отчет в невысокой корректности некоторых из предлагаемых и уже используемых понятий):

- для наземных экосистем –

биогеоценоз =

биотоп (местообитание фитоценоза) + биоценоз,

- для водных экосистем –

«биогидроценоз» =

биотоп (пелагиаль, бенталь) + биоценоз,

- для воздушных экосистем («антитезой гидробиологии является, вернее должна еще явиться, аэробология – наука, тракту-

ющая в том же разрезе жизнь организмов, окруженных воздухом...» (Зернов, 1934, с. 9) –

«биоаэроценоз» =

биотоп (воздушная среда) + биоценоз

и т. д. Отсюда становится понятным, что «биоценоз», без указания его конкретной «привязки» к биотопу, – абстрактное понятие (правда, достаточно активно эксплуатируемое в теоретических целях; например, биоценоз системы «хищник–жертва»). А вот уточнение местообитания биоценоза и характера взаимодействия его с факторами среды (например, «биогеоценоз профундали оз. Плещеево» [Баканов, 2000, с. 7]) – сразу переводит исследование в разряд экосистемных.

Завершить данные комментарии о проблемах сложности и системно-методологических проблемах современной экологии хотелось бы цитатой из работы А.И. Баканова (2000, с. 7): «Кажется, что сейчас нет необходимости обосновывать применение системного подхода к исследованию водных экосистем, ведь никто открыто не возражает. Но много ли можно привести примеров всестороннего и плодотворного анализа водных экосистем с его позиций? Таковых фактически нет... Автор попытался понять причину сложившегося положения и пришел к выводу, что дело заключается не в консерватизме ученых-экологов и не в недостатке у них соответствующего "системологического" образования, а в недостаточной разработанности многих методологических и методических вопросов, не позволяющей в полной мере реализовать преимущества системного подхода». Хочется надеяться, что статья У. Уинера и эти комментарии к ней будут способствовать переводу эколого-системологических рассуждений на рельсы «конструктивной экосистемологии».

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

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

Баканов А.И. О некоторых методологических вопросах применения системного подхода для изучения структур водных экосистем // Биол. внутр. вод. 2000. № 2. С. 5-19.

Березина Н.А. Гидробиология. 3-е изд. М.: Пищ. пром-сть, 1973. 496 с.

Бернштейн Н.А. Новые линии развития в физиологии и их отношения с кибернетикой // Вопр. философии. 1962. № 3. С. 35-42.

Георгиевский А.Б. Проблемы преадаптации. Л.: Наука, 1974. 234 с.

Дажо Р. Основы экологии. М.: Прогресс, 1975. 415 с.

Еськов В.М. Третья парадигма. Ч. 1. Самара: ООО «Офорт», 2011. 250 с.

Еськов В.М., Галкин В.А., Филатова О.Е. Конец определенности: хаос гомеостатических систем. Тула: ТППО, 2017а. 595 с.

Еськов В.М., Еськов В.В., Филатов М.А. Философия complexity: гомеостаз и эволюция. Тула: Изд-во ТулГУ, 2016. 370 с.

- Еськов В.М., Зинченко Ю.П., Журавлева О.А., Филатова О.Е.** Три глобальные парадигмы естествознания и обоснование третьей парадигмы в психологии и медицине // Вестник новых медицинских технологий. 2017. Т. 24, № 1. С. 45-54.
- Зернов С.А.** Общая гидробиология. М.; Л.: Биомедгиз, 1934. 504 с.
- Кулагин Ю.З.** Преадаптации и экологический прогноз // Журн. общ. биол. 1974. Т. 35, № 2. С. 223-227.
- Ляпунов А.А.** В чем состоит системный подход к изучению реальных объектов сложной природы // Управляемые системы. Новосибирск: Наука, 1970. Вып. 6. С. 44-56.
- Мирзоян Э.Н.** К истории системного подхода в биологии // Архив анат., гистол. и эмбриол. 1989. Т. 47, № 8. С. 90-97.
- Наумов Н.П.** Теоретические основы и принципы экологии // Современные проблемы экологии. М.: Наука, 1973. С. 3-20.
- Одум Ю.** Экология: в 2-х т. М.: Мир, 1986. Т. 1. 328 с.; Т. 2. 376 с.
- Розенберг Г.С.** Информационный индекс и разнообразие: Больцман, Котельников, Шеннон, Уивер... // Самарская Лука: проблемы региональной и глобальной экологии: Бюл. 2010. Т. 19, № 2. С. 4-25.
- Розенберг Г.С.** Введение в теоретическую экологию / В 2-х т.; Изд. 2-е, исправленное и дополненное. Тольятти: Кассандра, 2013. Т. 1. 565 с. Т. 2. 445 с.
- Розенберг Г.С.** РАН, ФАНО, ВАК, WoS, ХИРШ и другие буквосочетания, или что принесла «перестройка» фундаментальной науки и образования?.. // Акценты. Новое в массовой коммуникации (Альманах). 2017. Вып. 5-6 (148-149). С. 5-24.
- Рулье К.Ф.** Избранные биологические произведения. М.: АН СССР, 1954. 688 с.
- Тэнсли А.** Использование и злоупотребление растительными концепциями и принципами // Антология экологии. Тольятти: ИЭВБ РАН, 2004. С. 123-154.
- Филатова О.Е., Хадарцев А.А., Гавриленко Т.В., Пашнин А.С.** Конец определенности: реквием по Warren Weaver ("Science and complexity") и И.П. Пригожину ("The die is not cast") // Сложность. Разум. Постнеклассика. 2012. № 1. С. 6-19.
- Флейшман Б.С.** Системные методы в экологии // Статистические методы анализа почв, растительности и их связи. Уфа: ИБ БФАН СССР, 1978. С. 7-28.
- Mason M., Weaver W.** The Electromagnetic Field. Chicago: Univ. Chicago Press, 1929. 390 p.
- McCulloch W.S., Pitts W.** A logical calculus of the ideas immanent in nervous activity // Bull. Mathematical Biophysics. 1943. V. 5. P. 115-133.
- Shannon C.E., Weaver W.** The Mathematical Theory of Communication. Urbana: Univ. Illinois Press, 1949. 117 p.
- Weaver W.** Recent contributions to the mathematical theory of communication // Shannon C.E., Weaver W. The Mathematical Theory of Communication. Urbana: Univ. Illinois Press, 1949. P. 1-28.
- Weaver W.** Molecular biology: the origin of the term // Science. 1970. V. CLXX. P. 581-582.