



Издатель

ФГБОУ ВО «Петрозаводский государственный университет»
Российская Федерация, г. Петрозаводск, пр. Ленина, 33

Научный электронный журнал

ПРИНЦИПЫ ЭКОЛОГИИ

<https://ecopri.ru>

№ 4 (54). Декабрь, 2024

Главный редактор

А. В. Коросов

Редакционный совет

В. Н. Большаков
А. В. Воронин
Э. В. Ивантер
Н. Н. Немова
Г. С. Розенберг
А. Ф. Титов
Г. С. Антипина
В. В. Вапиров
А. М. Макаров

**Редакционная
коллегия**

Т. О. Волкова
Е. П. Иешко
В. А. Илюха
Н. М. Калинкина
J. P. Kurhinen
А. Ю. Мейгал
J. B. Jakovlev
B. Krasnov
A. Gugolek
В. К. Шитиков
В. Н. Якимов

Службы поддержки

А. Г. Марахтанов
Е. В. Голубев
С. Л. Смирнова
Н. Д. Чернышева
М. Л. Киреева

ISSN 2304-6465

Адрес редакции

185910, Республика Карелия, г. Петрозаводск, ул. Ленина, 33.

E-mail: ecopri@petsu.ru

<https://ecopri.ru>





УДК 504.75

ВЫПОЛНЯЕТСЯ ЛИ ПРИНЦИП ЭМЕРДЖЕНТНОСТИ В ЭКОЛОГИИ?

**ЕСЬКОВ
Валерий Матвеевич**

доктор биологических наук, доктор физико-математических наук, НИЦ «Курчатовский институт» (Сургут, ул. Энергетиков, 4), filatovmik@yandex.ru

**ГАЗЯ
Геннадий
Владимирович**

кандидат биологических наук, ФГБОУ ВО «Югорский государственный университет» (Нефтеюганск, ул. Строителей, 25), 86wsr@rambler.ru

**ФИЛАТОВА
Ольга Евгеньевна**

доктор биологических наук, НИЦ «Курчатовский институт» (Сургут, ул. Энергетиков, 4), filatovmik@yandex.ru

Ключевые

слова: система, эмерджентность, хаос, эффект Еськова – Зинченко

Получена:

05 ноября 2024 года

Подписана к печати:

26 декабря 2024 года

Аннотация. В настоящей статье раскрыта суть проблемы эмерджентности в экологии, которая связана прежде всего с тем, как экосистемы, состоящие из множества взаимодействующих компонентов, демонстрируют свойства, которые не могут быть предсказаны или поняты только на основе свойств отдельных компонентов. Динамику поведения таких сложных систем невозможно полностью объяснить, изучая каждое их свойство в отдельности. В публикации отмечены примеры реальной эмерджентности в экологии, принимая во внимание принципы организации эмерджентности разума. Авторы призывают к обсуждению вопроса значимости общей теории систем для экологов и экологической науки. В статье экосистемы представлены в качестве систем третьего типа, являющихся реальными Complexity, исследование которых необходимо осуществлять в соответствии с принципами общей теории систем, системного анализа и системного синтеза. В статье Г. С. Розенберга «Комментарий переводчика статьи Уоррена Уивера» поднимается фундаментальный вопрос для экологии: используются ли эмерджентность и системные принципы в экологии? Общеизвестно, что экология сейчас разделилась на множество разделов (наук). Эти науки (системная экология, экология животных, экология человека, промышленная экология и т. д.) изучают разные экосистемы, но зачастую без системного принципа. Г. С. Розенберг затрагивает возможность и поднимает проблему системного подхода во всех разделах экологии с позиции эффекта Еськова – Зинченко. Этот эффект подвел всю экологию к решению задачи системного синтеза, который сейчас отсутствует во всех науках о живых системах. Решение задачи системного синтеза невозможно в рамках современной науки именно из-за эффекта Еськова – Зинченко.

© Петрозаводский государственный университет

Введение

Свое изложение проблемы в статье «Комментарий переводчика статьи Уоррена Уивера» (Розенберг, 2019) Г. С. Розенберг начинает с цитаты Р. Маргалефа. Последний пишет: «Остается открытым вопрос, действительно ли общая теория систем так же, как и кибернетика, обеспечила новое понимание или же просто привлекла внимание к очевидному» (Margalef, 1958).

Цель сообщения заключается в обосновании невозможности применения принципа эмерджентности в экологии с использованием традиционных методов анализа, таких как теория динамических систем (ТДС) и стохастика. Статья направлена на выявление причин кризиса в общей теории систем и предложение пути его преодоления через развитие новых методов анализа, учитывающих уникальность и самоорганизацию биосистем.

Сразу отметим, что за последние 50 лет развитие общей теории систем, как и интерес к ней, существенно уменьшаются. Общество Л. фон Берталанфи (Вена, Австрия) переживает глубокий кризис (нет новых идей и наук). В нашей работе мы даем объяснение такой ситуации и представляем выход из кризиса.

Если кратко, то нет признания работы W. Weaver (Weaver, 1948), в которой этот гениальный ученый дал общую классификацию всех систем природы. Работу W. Weaver игнорировали более 50 лет, что вполне объяснимо. Выделяя все биосистемы в третий тип систем (системы третьего типа – СТП), автор не дал доказательств их реальности.

До начала XXI в. (до доказательства реальности эффекта Еськова – Зинченко – ЭЭЗ) в науке отсутствовали особые свойства биосистем – СТП. Отсутствовала необходимость создавать новую (третью) науку для описания всех СТП. Отсутствовали доказательства особых свойств биосистем (Еськов, 2016; Еськов и др., 2020, 2021).

Доказательство реальности ЭЭЗ определило свойство СТП: все биосистемы уникальны. Их нельзя изучать не только по фазовым траекториям в фазовом пространстве состояний, но и в рамках всей стохастики (Заславский и др., 2020; Пятин и др., 2021; Зимин и др., 2022; Кухарева и др., 2023). Отметим, что ТДС и стохастика лежат в основе системного анализа. Но именно системный анализ лежит в основе всех бионаук, включая экологию.

В статье приняты следующие сокращения терминов:

СТП – системы третьего типа;

ТДС – теория динамических систем;

ЭЭЗ – эффект Еськова – Зинченко.

В чем суть проблемы эмерджентности?

Сама проблема экологии Г. С. Розенбергом представлена четко и кратко фразой Ю. Одум: «Принцип несводимости свойств целого к сумме свойств его частей должен служить первой рабочей заповедью экологов». Сразу отметим, что многие экологи даже не понимают, о чем идет речь.

В первую очередь это касается всех биологов (зоологов, ботаников и т. д.), которые в силу исходной своей подготовки не могут стоять на принципах общей теории систем. Эти специалисты способны работать с одним экземпляром (одного вида) растений или животных и делать выдающиеся открытия, что невозможно в экологии.

Мы не ставим им в укор незнание основ системного анализа, системного синтеза, общей теории систем. Однако хотя бы элементарные азы системной экологии эти экологи (бывшие биологи) должны знать. Об этом говорит и Г. С. Розенберг: «...язык, например, дифференциальных уравнений, с помощью которого в основном и создаются многочисленные математические модели экосистем. Этот язык для экологов чужой».

Сразу оговоримся, что мы стоим на стороне I. R. Prigogine, который полностью отрицает возможности применения ТДС и всех детерминистских моделей в описании всех живых систем. Это реальность (Prigogine, 1996), но она еще не оценена биологами и экологами.

Любая модель в рамках ТДС не имеет аналогов в живой природе. Живые системы невозможно прогнозировать в рамках ТДС и стохастики (Хадарцева и др., 2022). Именно об этом пытался сказать I. R. Prigogine (Prigogine, 1996).

Отметим, что в общей теории систем, системном анализе и системном синтезе очень сложное понятие (и значимость) имеют принципы организации и управления. Эти принципы полностью определяют динамику поведения любой системы. Мы, как и W. Weaver, сейчас говорим о трех типах систем: детерминистских, стохастических и самоорганизованных. Последние и являются СТТ или биосистемами и их невозможно описывать в рамках ТДС и стохастики (Галкин и др., 2022; Eskov, 2021).

Напомним, что для детерминистских систем имеется задача О. Л. Коши, когда начальные состояния $x(t_0)$ вектора состояния системы и уравнения (дифференциальные, разностные, интегральные и т. д.) полностью определяют конечное состояние вектора состояния системы в виде $x(t_f)$. Это догма всего детерминизма, и W. Weaver такие системы обозначал как Simplicity (простые) (Weaver, 1948). Эти системы описываются в ТДС.

Для систем первого типа – Simplicity все точно определено и любой процесс может быть повторен точно (много раз). Для биосистем СТТ это в принципе невозможно. Любая биосистема непрерывно изменяет свои свойства и состояния. Ее (СТТ) вектор в фазовом пространстве состояний хаотически движется, он не описывается даже стохастически. Поэтому I. R. Prigogine (прекрасно понимая это) и написал книгу «The End of Certainty» (Prigogine, 1996). В ней он окончательно поставил точку над любой возможностью описания СТТ в рамках ТДС. При этом он очень надеялся на стохастические модели и теорию динамического хаоса (ТДС).

Нобелевский лауреат заблуждался. Ни ТДС, ни стохастика не могут описывать любые биосистемы. Любая модель биосистемы является продуктом истории, она не имеет возможности дать прогноз для будущего состояния биосистемы (СТТ) (Ponge, 2005; Schluter, 2019).

В этом смысле любая модель СТТ в виде дифференциальных уравнений, разностных уравнений, интегральных уравнений и т. д. является некоторой игрушкой (игра разума), и не более. Проблема экологии, как и всей современной науки, заключается в полном непризнании идей W. Weaver. В непонимании реальности существования систем трех типов (по W. Weaver) и особенно СТТ.

Эти системы различным образом организованы, разным образом развиваются и разным образом управляются. Представляя понятие системы («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» (Розенберг, 2019). Г. С. Розенберг делает упор на принципах организации системы (взаимосвязь элементов, образующих определенную целостность, единство). Это очень важный подход для общей теории систем в экологии.

Однако все это относится и к системам первого типа (Simplicity), и к системам второго типа, т. е. к стохастическим системам, по W. Weaver (Weaver, 1948), и к СТТ. В экологии мы работаем только с биосистемами (экосистемами), в крайнем случае с отдельным видом. Их описывать как системы первого типа или системы второго типа невозможно (Еськов и др., 2021; Кухарева и др., 2023) из-за ЭЭЗ (любая выборка уникальна).

В целом это свойство системы не имеет фундаментального значения для экологии и биомедицины. В этих науках все знают, что отдельная клетка не может определять состояние всего организма (как и системы), так же как в экологии отдельный экземпляр вида не определяет поведение всего вида.

Далее, Г. С. Розенберг подходит к главному. Он подчеркивает, что структура и поведение (системы) «являются фундаментальными понятиями», как пространство и время в физике. С этим мы согласимся полностью. При этом автор (Розенберг, 2019) подошел к главному: понятию Complexity (т. е. «Сложности» биосистем,

подразумевающей их уникальность, самоорганизацию, непрогнозируемость и отсутствие устойчивого среднего значения параметров)!

Реальная эмерджентность в экологии

Цитирование классификации «пяти принципов усложняющегося поведения систем» (по Б. С. Флейшману (Margalef, 1958)) не является совсем удачной, на наш взгляд. Объясним, почему это так. В ряде своих публикаций В. М. Еськов дает четкое определение науки и научности знаний. Знания научны, если они изучают повторяющиеся или воспроизводимые процессы, имеется формальный аппарат (математика и модели процесса), есть прогноз и ревизионизм (т. е. есть возможность отрицать предыдущую науку).

Без формализации знаний (моделей) нет науки (будет просто набор фактов). Проблему простоты W. Weaver имеет в моделях ТДС, где $x(t)$ описывается и прогнозируется. Простота системы первого типа – это жесткость связей. К системам первого типа относятся все иерархичные системы с жесткими связями, включая и социум (традиционалистское общество). Феодальное (рабовладельческое) общество – это тоже система первого типа.

В системе первого типа могут быть и интеллектуальные элементы (гении при царе, ...), но не они определяют динамику поведения такого иерархичного общества. Такое общество крайне устойчиво из-за насилия внутри него, как в любой машине. Автомобиль, самолет и т. д. должны четко работать без поломок, в них есть детерминистские связи, даже если ими управляет человек. Любая механическая машина – это система первого типа.

Однако система «человек – машина» – это уже система третьего типа, т. к. появляется фактор неопределенности (Gell-Mann, 1997) (человек в любой момент изменяет режим машины). Любая популяция разумна. Ее стратегия – выживание. Это обеспечивается поведением вида (экосистемы), стратегией системы и даже генетикой (о чем говорил Г. С. Розенберг). Популяция – биогеоценоз – это уже СТТ.

Подчеркнем еще раз: классификация систем должна быть на основе реальных возможностей их моделирования и прогнозируемости (Grigorenko et al., 2019). Если мы прогнозируем попадание в точку $x(t_f)$ для СТТ (в рамках ТДС), то это только Simplicity. Для их описания есть ТДС.

Если мы прогнозируем попадание в выборку $x(t_f)$, то это уже система второго типа и это уже стохастика. Для социума это существующее сейчас технологическое общество. Здесь уже многие понимают, что будущее их социума непрогнозируемое. Однако желательно попасть в рамки стохастического прогноза.

Подчеркнем, что системы второго типа невозможны в экологии. Они возможны в рамках искусственных биосистем (аквариум, птицеферма и т. д.). Здесь человек задает управляющие воздействия и надеется на стохастический результат? Важно, что человек много раз это повторяет, но стихия (среда) может все резко изменить.

Фактически управляемые экосистемы – это стохастические системы. Они как-то прогнозируются, и об этом говорил W. Weaver. Но ими должен управлять человек, а это уже СТТ.

Г. С. Розенберг далее вводит значимость окружающей среды, которая, как мы доказали в рамках теории хаоса-самоорганизации, является сугубо хаотической системой. Сейчас очевидно, что параметрами атмосферы (температура, влажность, давление и т. д.) никто не управляет, но это тоже СТТ.

По факту среда обитания биоценоза – это неуправляемая система, но она самоорганизована, это СТТ, и она является «сложной системой». В этой связи определение у Г. С. Розенберга «сложности» отличается от понимания сложности у W. Weaver, и оно не связано с моделями, организацией и управлением.

Введение подсистемы, реализующей систему, определяет степень сложности. В иерархичном обществе есть решающая система (фараон), но традиционалистское общество – это система первого типа (машина с жестким управлением). Третья парадигма создавалась именно для СТТ, и это не обязательно (точечно) живые

системы. Сама Земля – это СТП, т. к. Ж. Л. Кювье предлагал теорию повторов цивилизаций (цивилизации гибнут и создаются заново много раз).

Мы верим (имеются артефакты), что было много циклов развития человека. И это развитие не всегда протекало в рамках разума. Но всегда работали законы экологии (стратегия на выживание и эволюцию). СТП – это мощные системы не только (и не сколько) из-за наличия разума.

Эмерджентность разума

Важны принципы организации этого разума, а они базируются на детерминизме (ТДС, машины, иерархическое общество), на стохастике, где поведение граница (за три сигмы) неважно, важна медиана, и на особых самоорганизующихся принципах. При этом очень важны механизмы управления в этих системах: жесткие (детерминистские), стохастические (системы второго типа) и самоорганизующиеся.

Для СТП имеет место хаос, но это самоорганизующийся хаос. Мозг отличается от термодинамической системы Д. У. Гибса тем, что у него (мозга) нет устойчивого среднего. Все параметры нейросетей мозга непрерывно и хаотично изменяются. Мы это доказали в виде эффекта Еськова – Зинченко для нейросетей мозга (и т. д.) (Еськов и др., 2021; Кухарева и др., 2023).

Любой вид, экосистема находятся в хаосе внешней среды. Она может обеспечить благоприятное развитие (человечество живет так последние 5–10 тысяч лет) или внезапно создать хаос, и эволюция начнется заново (Ж. Л. Кювье). Это надо понимать: наша наука – хаос на дальнем интервале времени. Вспомним, сколько видов, экосистем, биогеоценозов исчезло только за последний миллион лет.

Надо четко понимать, что любая экосистема – это система третьего типа, т. к. ее будущее невозможно прогнозировать. Это и есть главное свойство СТП – нет прогноза будущего, любая выборка параметра СТП уникальна, ТДС не работает. Прогноз экосистемы возможен из-за управления разумом (человеком).

Завершая эти представления (реальности в экологии), хочется поддержать Г. С. Розенберга: необходим «перевод эколого-системологических распределений на рельсы "конструктивной эпистемологии"» (Розенберг, 2019). Но этот переход возможен на базе конкретных моделей (модели ТДС и стохастики не работают в экологии). Все это тоже требует участия разума, т. е. управления со стороны человека и человечества. Именно об этом говорил В. И. Вернадский: «Как мы увидим, геологически мы переживаем сейчас выделение в биосфере царства разума, меняющего коренным образом и ее облик, и ее строение, – Ноосферу» (Галимов, 2013).

Заключение

Остается открытым вопрос о том, что означает общая теория систем для экологов и экологической науки. При этом всем понятно, что экология – это системная наука, она изучает только системы (экосистемы). В этой связи знание основ общей теории систем крайне необходимо для любого эколога. Тем более эколог должен знать и владеть методами системной экологии (на базе ТДС и стохастики).

В 1948 г. W. Weaver представил общую классификацию всех систем природы, в которой все биосистемы (включая и экосистемы) он выделил в системы третьего типа – СТП. Эти СТП он обозначил как реальные «Сложности» (Weaver, 1948), но никаких особых свойств СТП не представил. Понятие «Сложности» обсуждается и сейчас, и Г. С. Розенберг дает собственное понимание проблемы данной теории.

Существенно, что реальные «Сложности» до настоящего времени так и не рассматриваются в плане особой науки и необходимости изучать их особые свойства. После доказательства ЭЭЗ стало понятно, что законы и модели СТП другие, это касается и изучения экосистем. Экология не может базироваться на ТДС и стохастике, нужна новая наука, и именно об этом говорил W. Weaver еще в 1948 г.

Библиография

Галимов Э. М. Научная мысль как планетное явление // Вернадский В. И. Собрание

сочинений: В 24 т. / Науч. ред. и сост. академик Э. М. Галимов; Ин-т геохимии и аналитической химии им. В. И. Вернадского; Комиссия РАН по разработке научного наследия академика В. И. Вернадского. М.: Наука, 2013. Т. 10. 475 с.

Галкин В. А., Филатов М. А., Музиева М. И., Самойленко И. С. Базовые аксиомы биокбернетики и их инварианты // Сложность. Разум. Постнеклассика. 2022. № 2. С. 65–79. DOI: 10.12737/2306-174X-2022-67-79

Еськов В. В. Математическое моделирование гомеостаза и эволюции complexity: Монография. Тула: Изд-во ТулГУ, 2016. 307 с.

Еськов В. В., Ивахно Н. В., Гриценко И. А., Мамина К. Е. Новое понятие системного синтеза в биомедицине и экологии человека // Вестник новых медицинских технологий. 2021. № 28 (4). С. 118–122. DOI: 10.24412/1609-2163-2021-4-118-122

Еськов В. В., Пятин В. Ф., Шакирова Л. С., Мельникова Е. Г. Роль хаоса в регуляции физиологических функций организма. Самара: ООО «Порто-принт», 2020. 248 с.

Заславский Б. Г., Филатов М. А., Еськов В. В., Манина Е. А. Проблема нестационарности в физике и биофизике // Успехи кибернетики. 2020. № 1 (2). С. 61–67. DOI: 10.51790/2712-9942-2020-1-2-7

Зимин М. И., Пятин В. Ф., Филатов М. А., Шакирова Л. С. Что общего между «Fuzziness» L. A. Zadeh и «Complexity» W. Weaver в кибернетике? // Успехи кибернетики. 2022. № 3 (3). С. 102–112. DOI: 10.51790/2712-9942-2022-3-3-11

Кухарева А. Ю., Еськов В. В., Газя Н. Ф. Гипотеза Эверетта и квантовая теория сознания // Успехи кибернетики. 2023. № 4 (1). С. 65–71. DOI: 10.51790/2712-9942-2023-4-1-09

Пятин В. Ф., Еськов В. В. Может ли быть статичным гомеостаз? // Успехи кибернетики. 2021. № 2 (1). С. 41–49. DOI: 10.51790/2712-9942-2021-2-1-3

Розенберг Г. С. Комментарий переводчика статьи Уоррена Уивера // Самарская Лука: проблемы региональной и глобальной экологии. 2019. № 28 (1). С. 178–184. DOI: 10.24411/2073-1035-2019-10199

Хадарцева К. А., Филатова О. Е. Новое понимание стационарных режимов биологических систем // Успехи кибернетики. 2022. № 3 (3). С. 92–101. DOI: 10.51790/2712-9942-2022-3-3-10

Eskov V. V. Modeling of biosystems from the standpoint of «complexity» by W. Weaver and «fuzziness» by L. A. Zadeh // Journal of Physics Conference Series. 2021. Vol. 1889 (5). P. 052020. DOI: 10.1088/1742-6596/1889/5/052020

Gell-Mann M. Fundamental Sources of Unpredictability // Complexity. 1997. Vol. 3 (1). P. 13–19.

Grigorenko V. V., Nazina N. B., Filatov M. A., Chempalova L. S., Tretyakov S. A. New information technologies in the estimation of the third type systems // Journal of Physics: Conference Series. 2021. Vol. 1889. P. 032003. DOI: 10.1088/1742-6596/1889/3/032003

Kozlova V. V., Galkin V. A., Filatov M. A. Diagnostics of brain neural network states from the perspective of chaos // Journal of Physics Conference Series. 2021. Vol. 1889 (5). P. 052016. DOI: 10.1088/1742-6596/1889/5/052016

Margalef R. Information theory in ecology // General Systems. 1958. Vol. 3. P. 36–71.

Ponge J. F. Emergent properties from organisms to ecosystems: towards a realistic approach // Biol Rev Camb Philos Soc. 2005. Vol. 80 (3). P. 403–411. DOI: 10.1017/s146479310500672x

Prigogine I. R. The End of Certainty: Time, Chaos, and the New Laws of Nature. Free Press, 1996.

Schluter M., Haider L. J., Lade S. J., Lindkvist E., Martin R., Orach K., Wijermans N. and Folke C. Capturing emergent phenomena in social-ecological systems: an analytical framework // Ecology and Society. 2019. Vol. 24 (3). P. 11. DOI: 10.5751/ES-11012-240311

Weaver. Science and Complexity // American Scientist. 1948. Vol. 36. P. 536–544.

IS THE PRINCIPLE OF EMERGENCE FULFILLED IN ECOLOGY ?

**ESKOV
Valery**

*D.Sc., Kurchatov Institute NRC (4 Energetikov St. Surgut
Russia), filatovmik@yandex.ru*

**GAZYA
Gennady**

*Ph.D., Yugra State University (15 Stroiteley St. Nefteyugansk
Russia), 86wsr@rambler.ru*

**FILATOVA
Olga**

*D.Sc., Kurchatov Institute NRC (4 Energetikov St. Surgut
Russia), filatovmik@yandex.ru*

Keywords:
system,
emergence,
chaos, Eskov –
Zinchenko effect

Received on:
05 November
2024

Published on:
26 December
2024

Summary: This paper reveals the essence of the problem of emergence in ecology, which is primarily related to how ecosystems consisting of many interacting components exhibit properties that cannot be predicted or understood solely based on the properties of individual components. The dynamics of the behavior of such complex systems cannot be fully explained by studying each of their properties individually. The publication highlights examples of real emergence in ecology, taking into account the principles of organizing the emergence of the mind. The authors call for a discussion of the importance of the general theory of systems for ecologists and environmental science. In the article, ecosystems are presented as systems of the third type, which are real Complexity, the study of which must be carried out in accordance with the principles of general systems theory, system analysis and system synthesis. The article of GS Rosenberg « Comment by the translator on the article of Warren Weaver » raises a fundamental question for ecology: is emergence and systemic principles used in ecology? It is well known that ecology is now divided into many sections (sciences). These sciences (systemic ecology, animal ecology, human ecology, industrial ecology, etc.) study different ecosystems, but often without a systemic principle. G.S. Rosenberg touches upon the possibility and raises the problem of a systematic approach in all sections of ecology from the standpoint of the Eskov-Zinchenko effect. This effect brought the whole ecology to the solution of the problem of system synthesis, which is now absent in all sciences about living systems. Solving the problem of system synthesis is impossible within the framework of modern science precisely because of the Eskov-Zinchenko effect.