

## СИНЕРГЕТИКА ЭКОЛОГИИ

**Егоров Владислав Викторович**

Д.х.н., профессор, ФГБОУ ВО Московская государственная академия ветеринарной медицины имени К. И. Скрябина, Москва, Россия [kaf\\_chimii@mgavm.ru](mailto:kaf_chimii@mgavm.ru)

**Ларионова Ирина Сергеевна**

Д.ф.н., профессор, ФГБОУ ВО Московская государственная академия ветеринарной медицины имени К. И. Скрябина, Москва, Россия [kfsgn@gmail.com](mailto:kfsgn@gmail.com)

### SYNERGY OF ECOLOGY

**V. Egorov  
I. Larionova**

*Summary.* the paper discusses the problems of ecology from the perspective of modern scientific paradigm — synergetics Prigozhin-onzager-VIAM. The concepts of the control parameter and Lyapunov's factors, theories of attractors and catastrophes, fractal geometry in relation to environmental protection are considered.

*Keywords:* ecology, synergetics, attractor, bioethics, noosphere.

*Аннотация.* в работе обсуждаются проблемы экологии с позиций современной научной парадигмы — синергетики Пригожина-Онзагера-Виама. Рассматриваются концепции управляющего параметра и факторов Ляпунова, теорий аттракторов и катастроф, фрактальной геометрии применительно к вопросам охраны окружающей среды.

*Ключевые слова:* экология, синергетика, аттрактор, биоэтика, ноосфера.

**Т**еория В.И. Вернадского о биосфере и экологическое учение в современных условиях обретают новое звучание через осмысление основных концепций синергетики: управляющего фактора и принципа подчинения, критериев Ляпунова, а также теорий аттракторов, катастроф и фрактальной геометрии.

Экология — раздел биологии, рассматривающий взаимодействие между организмами и между организмами и средой. «Нравственными вопросами, связанными с отношением человека к природе, занимается дисциплина «экологическая этика» — направление философских исследований, в котором в качестве моральных проблем человека рассматриваются не только благополучие и социальные связи людей, но и ответственность за благо всех форм жизни» [3; с. 136]. В основе экологии лежит теория В.И. Вернадского о биосфере, главными постулатами которой являются:

1. живое на Земле непрерывно распределено в пространстве и во времени;
2. организмы на планете выполняют строго определенные функции;
3. биосфера необходимо переходит в ноосферу — сферу разумной деятельности человека.

Основные положения экологического учения можно сформулировать в виде нескольких положений:

1. Для поддержания жизни на Земле необходима устойчивость в системе «организм-среда», обеспечиваемая взаимодействием всех ее элементов, а также энергией солнца.
2. Эта устойчивость поддерживается биотическим круговоротом — движением биогенов, осуществляемым организмами.

3. Основой экологического метаболизма на планете является обмен веществ в водных экосистемах.

Особой проблемой экологии является защита окружающей среды, в первую очередь от антропогенных воздействий. «Антропогенное воздействие на природную среду приводит к изменению естественного состояния атмосферы, природных вод и ландшафта планеты, её флоры и фауны... Только осознание человеком культурных принципов отношения к природе и их преемственности в культуре может способствовать сохранению природы и человека как биологического существа» [7; с. 8].

Встает вопрос: относятся ли основные концепции экологии к синергетике — науке об открытых, устойчиво неравновесных, самоорганизующихся системах с нелинейной динамикой? Выше отмечалось, что предметом экологии является система: организм и окружающая его среда (биота и биом, совокупность биогеоценозов), т.е. биосфера. Рассмотрим, подпадают ли ее характеристики под понятие синергетических систем.

Очевидно, что любой организм является открытой системой, поскольку через него постоянно проходят потоки веществ-биогенов (см. второе положение экологии), энергии и информации. Без них он не мог бы поддерживать свое устойчивое неравновесие, заложенное в первом положении экологического учения (см. выше) и являющееся основным критерием живых систем. Крупнейший теоретик биологии Э. Бауэр писал: «Все и только живые системы никогда не бывают в равновесии и исполняют за счет своей свободной энергии постоянную работу против равновесия, требуемого законами физикохимии при существующих внешних условиях» [1; с. 53].

Но относится ли свойство открытости к биосфере, где живое-биота вписана в некое ближайшее окружение — биом? Да, поскольку сама наша экологическая среда, безусловно, открытая система, куда извне поступает и вещество (пища) и энергия (в первую очередь Солнца), необходимые для поддержания жизни. Их постоянно потребляют организмы, выделяя отходы жизнедеятельности и тепло, утилизируемые средой (поллютанты) или рассеиваемые в пространстве (тепло).

Самоорганизация в биосфере также не вызывает сомнений, поскольку речь идет об организмах, которым для выживания требуется определенное взаимодействие и партнерство. Причем это не обязательно организмы данного вида (стая волков, стадо оленей, культура клеток). Например, понятие симбиоз относится к организации, определяющей взаимодействие и взаимовлияние организмов разных видов, полезное для тех и других (например, популяция микрофлоры в нашем организме). При этом такие системы, как биоценозы, по сути, представляют собой особые структуры, в основе которых лежит самоорганизация, позволяющая осуществлять эффективный обмен веществом и энергией, а также информацией (в первую очередь важной для высших животных и человека) внутри сообщества растений и животных. Это заложено в первом положении теории Вернадского (см. выше), в котором заключена не только непрерывность всего живого, но и последовательные сгустки-разряды биоты как по горизонтали (на данном историческом уровне), так и по вертикали, т.е. в процессе совершенствования и эволюции, что определяется, по нашему мнению, в первую очередь доступностью пищевых ресурсов.

В связи с вышесказанным самым слабым звеном или синергетическим параметром порядка в биосфере является ее энергия (пища плюс кислород для организмов, где последний заменяется другими окислителями у хемотрофов), поскольку ни одно живое существо не может существовать в ее отсутствии. Именно она формирует и поддерживает жизнь, позволяя осуществляться метаболизму в клетках, их реакции на внешние воздействия, движению, трансформации, пролиферации-размножению и т.д. То же относится к любым организмам. Таким образом, принцип подчинения всех остальных переменных любой живой системы (и биосферы в целом) ее энергии налицо. При этом одной из важнейших, а может главной функцией живого является самоподдержание. Именно здесь роль энергетического фактора выявляется как нигде, поскольку только обеспечение достаточным количеством пищи позволит любому организму эффективно осуществлять все свои функции.

Внутри живой системы, живого организма одновременно действуют противоположные факторы: ор-

ганизирующий и разрушающий. Действительно, в нашем организме постоянно происходит, например, гибель одних клеток и рождение других, что обеспечивает целостность и устойчивость, в том числе в плане приспособления к изменяющимся условиям, всей системы. То же отмечается и в любой популяции организмов (где плотность «населения» изменяется от центра к периферии — распределение Ципфа-Парето), и в биосфере в целом, где, как отмечалось, постоянно действуют встречные потоки вещества, энергии, информации, одни из которых являются центробежными (положительный фактор Ляпунова), а другие — центростремительными (отрицательный фактор Ляпунова). В целом совокупное действие противоположных факторов приводит к колебательным явлениям во всех динамических системах, без чего невозможно представить себе их устойчивость в плане оперативной перестройки под влиянием изменяющихся внешних воздействий. Это является и основой их эволюции, когда положительные обратные связи Ляпунова в какой-то момент превышают по интенсивности отрицательные.

С этого момента начинается преобразование или, как говорит синергетика, движение системы в направлении некоего аттрактора — точки притяжения (в биологии мы говорим об экологической нише). Причем, таких аттракторов может быть достаточное множество, но живая система выбирает лишь один (принцип Кобозева — см. ниже), наиболее благоприятный по ряду признаков (доступность, способность оптимально обеспечить выживаемость и другие преимущества перед остальными точками сборки). Указанное относится и к любому биогеоценозу, и к биосфере в целом, поскольку внешние условия постоянно изменяются, стимулируя реорганизацию в целях приспособления всей системы (идеоадаптация по Северцову), ее движение к аттрактору.

Однако, в этом движении системы изменяются не столь кардинально, обеспечивая определенную преемственность в структурно-функциональном смысле. В этой связи можно говорить о развитии структурных и динамических фракталов, столь свойственных синергетическим системам. Действительно, рассматривая любой организм, начиная с клетки, мы выделяем в нем определенные структуры, обеспечивающие работу управляющей системы (геном, головной мозг) и подчиненных ей разного рода исполнительных систем: метаболизма или пищеварительной и дыхательной, рецепторной или системы органов чувств, двигательной, системы продолжения рода и пр. В этом плане структурная организация биосферы и функции всех ее иерархических уровней от одноклеточных до человека, по сути, подобны, хотя и в определенной степени изменяемы (совершенствование и специализация снизу вверх), что позволяет рассматривать всю

систему как совокупность функциональных динамических фракталов.

Но вот в процессе изменения биосферы наступает момент, когда ее определенный уровень не в состоянии обеспечить дальнейшее приспособление и развитие, например, к резко изменившимся условиям (ледниковый период). В этом случае наступает глубокая и кооперативная реорганизация всей биоты: отмирают одни (древние ящеры, гигантские хвощи) и возникают другие виды (мелкие, густошерстные, способные создавать жилища — норы, гнезда и пр.). Этот момент, как правило, достаточно протяженный по времени, но короткий в историческом плане, связан с максимальным хаосом во всей биосфере (принцип фазового перехода Пригожина-Ландау). Она оказывается в состоянии бифуркации в синергетической теории катастроф (Зиман и др.), т.е. перед выбором дальнейшего пути: вверх к совершенствованию (ароморфоз по Северцову) или вниз к деградации. Такие условия возникали на планете не единожды. Вспомним, например, вызванный деятельностью организмов, переход от первичной восстановительной атмосферы к кислородной окислительной. Сегодня мы также стоим перед выбором пути в связи с активной деятельностью человека по изменению окружающего мира (выбросы загрязнителей и тепла; уничтожение одних и культивирование других, не приспособленных к самостоятельному выживанию, видов; изменение своей природы и пр.). Вернадский предсказывал, что выходом из этой ситуации может быть только переход к ноосфере — разумному антропному управлению природой по ее собственным законам. «Всё более актуальной становится необходимость изменения ориентиров последующего социокультурного прогресса, что предполагает широкое распространение экологических знаний, помогающее предотвратить отрицательное влияние производственной деятельности человека на природный мир» [7; с. 8].

Сам революционный переход или скачек, как отмечалось, происходит кооперативно во всей системе (принцип синергетики) в направлении одного или нескольких заданных аттракторов. На это указывает принцип Кобозева: наиболее устойчивой является система, способная расти и множиться, переводя в себя окружающую материю и энергию. Причем, такой скачек может быть инициирован каким-либо незначительным по силе воздействием (принцип Пригожина). Так, например, под влиянием «давления массы» находящихся в воде организмов, одна из групп может выйти на сушу вслед за переселением туда лишь нескольких особей. Важно, что для этого организмы должны иметь определенные структурно-функциональные предпосылки, которые, как полагал Дарвин, возникают случайно, т.е. сами по себе в результате мутаций, но далее сохраняются и совершенствуются в про-

цессе конкуренции или борьбы за выживание и отбора. Однако в синергетике действует принцип «опережающего отражения» по Анохину, который утверждает, что ничего не происходит случайно. Организм (как и любая другая система) должен заранее готовиться к тем изменениям, которые критичны для выживания. Это происходит уже на стадии выбора аттрактора («завтра заложено в сегодня» — Князева, Курдюмов).

В результате всего вышесказанного эволюцию биосферы, как типичной синергетической системы, можно представить себе как цепь скачков-катастроф. Именно в этом состоит принцип развития Пригожина «синергетическая система последовательно проходит ряд точек, в которых происходит нарушение единственности решения уравнения параметра порядка». При этом, как констатирует второе начало термодинамики для закрытых систем, движение наблюдается в сторону роста энтропии-хаоса. Действительно, одной из важнейших проблем современности является загрязнение окружающей среды. Оно уже превысило все мыслимые пределы, что отражается в первую очередь на нас самих, а также и на всей остальной живой природе. И, казалось бы выхода нет, поскольку второе начало термодинамики отменить нельзя. В работах авторов этой статьи ранее было показано, что рост энтропии в мире одновременно стимулирует увеличение информации (принцип саморегулируемых информационных систем). Именно наши знания открывают реальную возможность сохранить наш мир. При этом, как скорость роста энтропии, так и скорость накопления информации непрерывно снижаются [4], что напрямую следует из теоремы Пригожина-Онзагера-Виам.

Вместе с тем, если о росте энтропии в процессе развития можно говорить реально в случае биосферы — условно закрытой системы «организм-среда» (выбросы продуктов жизнедеятельности, отходов и тепла), то в популяции организмов все происходит как раз наоборот. В живой природе мы наблюдаем непрерывное совершенствование — эволюцию. В результате происходит снижение структурной энтропии биоты [1], что определяется, безусловно, открытым характером любой живой системы.

Для выживания человечества в условиях угрозы экологического, минерально-сырьевого и демографического кризисов следует со всей серьезностью отнестись также к проблеме медико-биологических основ здоровья, жизни (физического выживания, сохранения собственной идентичности вида *Homo sapiens*). Данную проблему можно рассматривать как «стыковую». Она непосредственно связана одновременно и с отношением «общество-природа», и с отношениями «общество-человек» [8].

Таким образом, приведенный анализ позволяет утверждать, что биосфера нашей планеты не только является типичной синергетической системой, но и обладает своими особенностями, связанными с жизнью как таковой. При этом в своей основе жизнедеятельность, как отмечалось, зависит от энергии организмов (лимитирующий фактор), определяемой наличием кислорода и органических продуктов в биоме. Сегодня основным их источником является фотосинтез в живых растениях, сосре-

доточенных на 90% в мировом океане. Следовательно, именно водные экосистемы определяют существование самой биосферы (см. третье положение экологического учения) и их подавление и разрушение (промышленные и бытовые выбросы, захоронения отходов) является критичным для самой жизни на Земле. По сути этим и определяется в современном мире важнейшая роль экологии как науки и ее раздела — охраны окружающей среды, опирающихся на новую парадигму — синергетику.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Бауэр Э. С. Теоретическая биология. М.: Л.: ВИЭМ, 1935. — 206 с.
2. Вернадский В. И. Биосфера и ноосфера. — М.: Айрис-пресс, 2012. — 576 с.
3. Гришина А.А., Ларионова И. С. Философские аспекты ветеринарии: экологическая этика — переход от антропоцентризму к биоцентризму./Вопросы ветеринарии и ветеринарной биологии: Сборник научных трудов молодых ученых. Вып. 11. — М.: ФГБОУ ВО МГАВМиБ — МВА им. К. И. Скрябина, 2016. — 170 с.
4. Егоров В.В., Ларионова И. С. Философский синтез синергетики и дарвинизма: лекция. — М.: ФГБОУ ВО МГАВМиБ — МВА им. К. И. Скрябина, 2013. — 46 с.
5. Егоров В.В., Тихомиров Н. В., Ларионова И. С. Социальная синергетика. — М.: ЗооВетКнига, 2017. — 92 с.
6. Егоров В.В., Тихомиров Н. В., Ларионова И. С. Теория и методология науки, термодинамические и синергетические основы. — М.: ЗооВетКнига, 2017. — 32 с.
7. Желудева Е.В., Ларионова И. С. Экологическое образование — путь к экологической культуре.// Современная наука: актуальные проблемы теории и практики. Серия: Познание. 2017. № 9–10. С. 8
8. Ларионова И. С. Здоровье как ценность./ Актуальные вопросы современной науки: Сборник научных трудов МГАВМиБ. — М.: ФГБОУ ВО МГАВМиБ — МВА им. К. И. Скрябина, 2011. — 203 с.

© Егоров Владислав Викторович ( kaf\_chimii@mgavm.ru ), Ларионова Ирина Сергеевна ( kfisgn@gmail.com ).

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»



Московская государственная академия ветеринарной медицины имени К.И. Скрябина