

Артюхов В.В. Общая теория систем: Самоорганизация, устойчивость, разнообразие, кризисы. – М.: URSS, 2009. – 224 с.

Artyukhov V.V. General system theory: Self-organization, stability, diversity, crises. – М.: URSS, 2009. – 224 p.

Эпистемология XX в. в своем развитии пришла к убеждению, что системный подход является «единственным путем соединить в одно целое куски нашего разобщенного мира и достичь упорядоченности вместо хаоса» [5, с. 16]. В предисловии к этому фундаментальному труду выделяется четыре этапа в развитии системных исследований. Исторически первым вариантом общей теории систем (ОТС) явилась книга А.А. Богданова «Тектология» [4], три части которой впервые были изданы в 1913, 1917 и 1922 гг. (см. также: [3]) и которая концептуально обобщила труды российских химиков А.М. Бутлерова и Д.И. Менделеева, кристаллографа Е.С. Федорова, физиолога Н.А. Белова, а также основоположников «философии науки», таких, как Дж. Милль, О. Конт, Л. Фейербах и др. В 30-е годы идея системного подхода и построения ОТС была возрождена в работах Л. фон Берталанфи и других ученых. С рождением кибернетики системные исследования получили свое подлинное развитие – на солидной научной и технической базе, с использованием опыта проектирования автоматических и автоматизированных систем (работы Н. Винера, В.А. Котельникова, К. Шеннона, У. Эшби и др.). В результате взаимопроникновения методов кибернетики и системных исследований в 60-е годы были созданы оригинальные варианты ОТС, имеющие собственный математический аппарат (работы А.А. Ляпунова, М. Месаровича, Б.Г. Сушкова, А.И. Уёмова, и др.).

Теоретические положения системного подхода еще на ранней стадии его развития подвергались критическим и скептическим оценкам. Главным объектом критики являлась якобы малая эффективность, и даже бесплодность системных исследований. Критикам представлялись малоубедительными даже реальные результаты, достигнутые с использованием комплекса приемов и методов решения конкретных (теоретических и практических задач) на основе принципа системности. Другая проблема состояла в том, что большинство исследователей часто без каких-либо оснований оперирует «системной терминологией», просто заменяя традиционные термины и понятия на новые, более «научные». Это вызвало негативную реакцию и чувство разочарования у специалистов: например, Б.М. Миркин и Л.Г. Наумова [9, с. 401] считают, что «понятие "системный подход" сегодня изрядно затаскано и стало обыденным научным клише, которое уже при-

носит скорее вред, чем пользу». Но так ли уж виноват здесь сам «системный подход»?

Системные идеи в биологии имеют глубокие корни. Еще Ч. Дарвин, сформулировавший (системный, по своей сути) принцип естественного отбора, в своих трудах рассматривал (вероятно, впервые так полно) совокупность биологических видов как систему. Насущная необходимость изучения таких неотъемлемых свойств экосистем как самоорганизация, устойчивость, динамика разнообразия, периодичность кризисов и адаптационные механизмы заставила многих теоретически мыслящих биологов обратить внимание на типы систем и закономерности их эволюции (см. работы В.И. Вернадского, К.А. Тимирязева, В.П. Эфроимсона, А.А. Заварзина, М.М. Завадовского, А.А. Малиновского и др.). Законное место среди этих имен занимает Ю.А. Урманцев (доктор философских и биологических наук, профессор, действительный член ряда научных организаций и обществ России, Великобритании, США и др.), разработчик одной из наиболее продвинутых и современных системных теорий – ОТС(У).

В отличие от предшествующих системных конструкций, ОТС(У) не использует принимаемых на веру аксиоматических предпосылок или некоего свода сомнительных базовых утверждений (например, «энергия не появляется и не исчезает»). Её основные положения выводятся формально-логическим путем из нескольких очевидных фундаментальных понятий, таких, как: «существует множество объектов, между которыми возможны отношения единства». Главным достоинством ОТС(У) является предельная всеобщность, способность описать любой объект материальной или идеальной действительности. Однако это является и главным ограничением для применения её на практике – как правило, предельная всеобщность рассмотрения объектов приводит к столь же общим результатам (фактически, реализуется системологический принцип несовместимости Л. Заде). Для их доведения до нужд конкретной прикладной области необходим своеобразный теоретический «мостик» в виде внутридисциплинарных методов и моделей, оперирующих конкретными объектами биологии, термодинамики или теории информации.

Рецензируемая монография В.В. Артюхова представляет собой обзор наиболее общих положений ОТС(У) и развитие её идей до уров-

на наиболее актуальных и востребованных сегодня частных теоретических конструкций: самоорганизации, устойчивости, разнообразия, развития кризисов. Для читателей, желающих познакомиться с цельным систематическим изложением теории, автор рекомендует обратиться к первоисточникам [11, 12]. При этом он стремится избежать многоэтажных математических выкладок и формул (последуем ему в этом и мы), делая акцент на детальное обсуждение смысловых понятий.

Книга состоит из предисловия, пяти глав и списка рекомендуемой литературы.

Первая глава посвящена теоретическим аспектам *самоорганизации* сложных систем. Аксиоматическими предпосылками ОТС(У) является реальное существование в окружающей действительности вполне различных и достаточно устойчивых объектов с определенными признаками, по которым их можно отнести к некоторому множеству. Базовую модель самоорганизации В.В. Артюхов видит в способности «первичных» элементов системы к ассоциации и диссоциации. В самом общем виде процесс самоорганизации представляется как самопроизвольное усложнение иерархической структуры системы под действием факторов противоположности, соотношение которых определяется уровнем внутрисистемного сродства. Основными механизмами самоорганизации являются неделимость «первичных» элементов, определяющих нижний уровень декомпозиции системы, и способность к обмену движущейся материей, позволяющая заполнить её «виртуальную» структуру. Автор (к его заслуге, острожно) вводит понятие «системного сродства»¹, как некоторой организующей движущей силы, являющейся противвесом энтропии, деорганизующей материю.

Во второй главе «Термодинамика самоорганизации» на базе принципа самоорганизации и предпосылок ОТС(У) обсуждаются модели *термодинамики* открытых самоорганизующихся систем, органично дополняющие классическую энтропийную парадигму, основанную на втором начале и справедливую для идеально изолированных систем. Здесь автор обобщает «антиэнтропийные» концепции современной нелинейной термодинамики, в частности, *принцип локального уменьшения энтропии* И. Пригожина. Анализируется связь между сопряженными процессами в системе и её макроэволюцией, из чего выводится обобщенное выражение для изменения работы A по самоорганизации (т.е.

внутреннего эволюционного критерия) в виде $dA/dt = dE/dt - dU/dt \geq 0$, где E – обобщенная энергия системы, U – суммарная энергия «первичных» элементов (с. 55). Приводятся модели для пяти различных стратегий самоорганизации открытых неравновесных систем (вблизи и вдали от состояния равновесия) и оценивается их сравнительная эффективность. Здесь особый интерес представляют рассуждения Артюхова о связи эффективности использования энергии системой (своего рода, КПД) с её сложностью; иными словами, попытка оценить сложность системы через её эффективность. Введение представлений об «энергетической насыщенности одной связи системы» f позволяет автору уйти от выводов типа «чем больше элементов в системе, тем она сложнее», и прийти к заключению о том, что «система, сумевшая связать в малом количестве "первичных" элементов большой запас энергии с термодинамических позиций должна рассматриваться как более эффективная» (с. 60). Но в этом случае мы никак не избегаем, так называемого, «эффекта кучи» (при каких значениях числа «первичных» элементов или f провести границу между простыми и сложными системами?). И еще один вывод, который напрашивается, но остался за рамками рассмотрения термодинамики самоорганизации, – это вывод о фрактальной природе такого рода систем. действительно, степенная зависимость f от «первичных» элементов является выражением самоподобия, что и диагностирует признаки фрактального объекта.

В этой же главе в рамках раздела «Теоретическая экология» рассматриваются возможные механизмы, посредством которых метаболические системы могут вывести из оборота избыток «мертвого» органического вещества (транспортный, снижение производства «мертвой» органики и уничтожение отходов – катастрофическое или эволюционно-экологическое). Предлагаемые Артюховым весьма простые формализмы, которые следуют из единственного допущения $dA/dt \geq 0$, позволяют формальным путем получить адекватное представление о взаимодействии систем «продуценты», «консументы» и «редуценты» в рамках суперсистемы – экосистемы.

Третья глава посвящена анализу механизмов *устойчивости* материальных систем. Здесь справедливо подчеркивается отсутствие «четко определенного содержания» понятия устойчивости и приводится 38 его литературных трактовок. Впрочем, можно порекомендовать автору публикацию [13], где насчитывается уже 233 различных определений «устойчивости» и «стабильности»². Артюхов, основываясь на

¹ «При этом название не важно (можно придумать и более благозвучное), важно, что это с неизбежностью следует из ОТС и рано или поздно должно быть проделано» (с. 30). С этим нельзя не согласиться, особенно учитывая то, что данное словосочетание еще в начале 60-х годов использовал психофизиолог Н.А. Бернштейн [2, с. 155].

² Сюда же можно добавить представления Ю.М. Свиричева об *иерархической устойчивости* (сохранение структуры

ОТС(У), дает еще одно: «Устойчивость – это свойство системы S совпадать по признакам $\{P\}$ до и после изменений $\{M\}$, вызванных действием комплекса факторов $\{F\}$ » (с. 97). Автор выделяет четыре фундаментальных класса устойчивости и приводит типологию основных механизмов её поддержания («истинная устойчивость»). В частности, обсуждаются такие виды устойчивости, как инерционность, симметрия, адаптивность, гомеостаз, групповая, отложенная и композиционная устойчивости. Специальные разделы посвящены «системной картине мира» и классификации материальных систем по типам устойчивости и механизмам её реализации.

Четвертая глава рассматривает *разнообразие* как общесистемную категорию, выделяя три его составляющие: разнообразие количества, качества и отношений между «первичными» элементами. Показано, что разнообразие, рассчитанное как число элементов, является характеристикой только для статистических моделей, основанных на принципе независимости событий, что принципиально некорректно для любых связанных систем. Обсуждаются такие особенности разнообразия как его комбинаторный характер, взаимосвязь с адаптивными возможностями систем и влияние комплекса внешних факторов. Приводятся модели стратегий поведения систем с различным типом структурного разнообразия. В разделе «Практические вопросы» рассматривается ограниченность применимости энтропийной формулы Шеннона для оценки видового разнообразия и адаптивности биологических систем (рецензенты в этом полностью солидарны с автором) и предлагается «своя», новая формула для оценки *адаптивного разнообразия*. И здесь вновь следует вспомнить о «фрактальной самоорганизации внутри системы» [8, с. 143]: было показано (см., например, [4]), что именно мультифрактальный спектр дает возможность представить обобщенный геометрический портрет видовой структуры сообщества. Очень интересной особенностью мультифрактального спектра является тот факт, что практически все известные (чаще всего, эмпирические) индексы разнообразия «находят» на нем свое место. И здесь было бы интересно узнать, в какой части этого спектра может оказаться новый индекс адаптивного разнообразия.

С 80-х годов прошлого века все более распространенным клише средств массовой информации становятся близкие по смыслу термины «катастрофа», «стресс», «кризис». Последнему феномену посвящена пятая глава «Кризисы», эпиграфом к которой использована

мысль В.И. Вернадского «В природе нет скачков именно потому, что она складывается сплошь из скачков». Здесь (пожалуй, впервые в методической литературе³) вводится системное и достаточно формализованное понятие кризиса как естественного этапа развития, строится типология кризисов, исследуются основные свойства кризисных процессов. Интуитивно ясно, что кризис – это период, когда разница между двумя состояниями системы становится серьезной. При этом многое зависит от того, какой смысл мы вкладываем в оценку «серьезная разница». Поэтому важна разработка методов для количественной диагностики кризисных явлений, исследующих поведение разных типов систем при различных видах изменений, что позволяет не только прогнозировать, но и планировать кризисы.

Развитие системы есть ни что иное, как последовательность её состояний, устанавливающая в рамках ОТС(У) отношения $\{R\}$ между элементарными изменениями $\{M\}$ во времени и характеризующаяся определенным законом композиции – «траекторией» процесса $\{Z\}$. Именно по характеру этой траектории можно присваивать развитию соответствующие категории «быстро – медленно», «прогрессивно – регрессивно», «циклично» и т. д. Исходя из иерархии форм движения [11] автор выделяет три основных формы кризисов: *кризис как изменение, кризис развития* (т. е. изменение изменений) и *эволюционный кризис* (изменение типа развития). Основываясь на связке «объект-система», различаются три типа кризисов: преобразование «первичных» элементов (*m-кризисы*), перестройка отношений (*r-кризисы*) и изменение внешних и внутренних условий (*z-кризисы*). Наконец, по характеру преобразования элементов и отношений выделяются *конструктивные* и *деструктивные* кризисы. Реакция системы на кризис видится в последовательном подключении трех компенсационных процессов: механизмов адаптации, снижения эффективности и расхода внутренних запасов вещества и энергии. При этом мощность компенсационных механизмов и степень кризисных явлений различна для разных областей систем с разнообразием [9, с. 215-216]:

- структурно сбалансированное *ядро* наиболее адаптивно устойчиво;
- предельно разнообразная *кризисная периферия* слабо адаптирована и реагирует своим качественным преобразованием;
- монотонная по структуре *консервативная периферия* претерпевает серьезные количественные изменения.

К сожалению, один из ключевых разделов «Прогнозирование и планирование кризисов»

системы за счет стабилизирующего действия суперсистемы), Б.С. Флейшмана о *живучести* (активная устойчивость) и пр. [6].

³ О системной роли кризисов в «вербальном исполнении» см. например работы [1, 7]

написан скороговоркой и не содержит практически полезных рекомендаций. Однако «фантазии» В.В. Артюхова на тему ОТС(У) (по его собственному определению; с. 218) могут стать для внимательного читателя реальными «тропинками», облегчающими путь в неизведанное. Важно, что рецензируемая книга помогает исследователям в следовании мудрой мысли Блеза Паскаля (1623-1662) «Я считаю, что познать части без знания целого так же невозможно, как познать целое без знания его частей».

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Арманд А.Д., Люри Д.И., Жерихин В.В. и др. Анатомия кризисов. М.: Наука, 1999. 238 с.
2. Бернштейн Н.А. Биомеханика и физиология движений. М.: Изд-во "Институт практической психологии"; Воронеж: НПО "МОДЭК", 1997. 608 с.
3. Богданов А.А. Очерки всеобщей организационной науки. Самара: Госиздат, 1921. 332 с.
4. Богданов А.А. Тектология. Всеобщая организационная наука / Под ред. акад. Л.И. Абалкина, акад. А.Г. Аганбегяна, акад. Д.М. Гвишиани, акад. А.Л. Тахтаджяна, докт. биол. наук А.А. Малиновского. М.: Экономика, 1989. Кн. 1. 304 с., Кн. 2. 351 с. (Всеобщая организационная наука [Тектология]. Ч. I. СПб.: Семенов, 1913. 255 с.; Всеобщая организационная наука [Тектология]. Т. 2. М.: Кн. изд-во писателей в Москве, 1917. 153 с. Тектология: Всеобщая организационная наука. Ч. 1. и 2. 2-е изд., заново перераб. и доп.; Ч. 3 [1-е изд.]. Берлин; Пг.; М.: Гржебин, 1922. 530 с.).
4. Гелашвили Д.Б., Иудин Д.И., Розенберг Г.С., Якимов В.Н. Степенной характер накопления видового богатства как проявление фрактальной структуры биоценоза // Журн. общ. биол. 2007. Т. 68, № 3. С. 170-179.
5. Гиг Дж. ван. Прикладная общая теория систем. М.: Мир, 1981. 733 с.
6. Краснощеков Г.П., Розенберг Г.С. Принципы усложнения механизмов устойчивости экологических систем // Проблемы устойчивости биологических систем. М.: Наука, 1992. С. 40-51.
7. Люри Д.И. Развитие ресурсопользования и экологические кризисы или зачем нам нужны экологические кризисы. М.: ИГРАН, 1997. 174 с.
8. Маргалев Р. Облик биосфера. М.: Наука, 1992. 254 с.
9. Миркин Б.М., Наумова Л.Г. О «нише» сравнительной флористики в современной науке о растительности // Журн. общ. биол. 1996. Т. 57, № 3. С. 399-410.
10. Урманцев Ю.А. Что может дать биологу представление объекта как системы в системе объектов того же рода? // Журн. общ. биол. 1978. Т. 39, № 5. С. 699-718.
11. Урманцев Ю.А. Общая теория систем: состояние, приложения и перспективы развития // Система, симметрия, гармония. М.: Мысль, 1988.
12. Урманцев Ю.А. Эволюционика или общая теория развития систем природы, общества и мышления. Пушино: ОНТИ, 1988. 79 с.
13. Grimm V., Wissell C. Babel, or the ecological stability discussions: an inventory and analysis of terminology and a guide for avoiding confusion. // Oecologia. 1997. V. 109. P. 323-334.

В.К. Шитиков, Г.С. Розенберг
*Институт экологии Волжского
бассейна РАН, г. Тольятти*