

УДК 573.22

АНДРЕЙ ВИКТОРОВИЧ КОРОСОВ

доктор биологических наук, профессор кафедры зоологии
и экологии эколого-биологического факультета ПетрГУ
korosov@psu.karelia.ru

СИСТЕМЫ И ЭКОСИСТЕМЫ

Понятия «закономерность» и «системность» не коррелируют. Закон выражает устойчивое отношение объектов (явлений) природы. Система – это метод целесообразного научного мышления, а не часть природы. Если эти понятия отделить, поиск эмпирических законов природы с помощью моделирования станет более эффективным.

Ключевые слова: системный подход, моделирование, экосистема

Главное место в экологии (речь пойдет о биологическом аспекте этой науки) до сих пор занимает поиск и констатация новых фактов. В последнее время эти описания обрели количественную форму статистического (часто многомерного) анализа. Между тем предназначение эмпирической науки состоит в поиске закономерностей. «Научное познание предполагает... нахождение эмпирических зависимостей между отдельными параметрами... системы... и объяснение установленных фактов» [1]. К сожалению, в литературе редко встречаются примеры построения (имитационных) моделей конкретных экологических процессов, которые воссоздавали бы явление не по частям, но в целом, реконструировали бы причинно-следственные связи, обнажали преемственность происходивших событий, т. е. представляли информацию об изучаемом объекте в форме знания, а не набора фактов.

На наш взгляд, этому мешает не только широко распространенное мнение о чрезмерной сложности процедуры построения моделей, которое вполне просто решается в среде пакета Excel [2]. Основная проблема кроется в укорен-

ившейся привычке биологов не обращать внимание на главный инструмент научного поиска – на *собственное мышление*. Привычное мнение «нет алгоритма творчества» опирается на авторитетные мнения. «Мало у кого есть талант для открытия... Это догадка... а не плановый процесс, контролируемый логикой» [3]. В результате складывается ситуация, когда «мышление о мышлении отстало от мышления обо всем прочем» [4]. Если же принять, что «главная цель любой науки состоит в том, чтобы ... показать, что сложность, если смотреть на нее под верным углом зрения, оказывается всего лишь замаскированной простотой...» [5], то стоит задуматься о способах взглядывания в природу.

Одним из эффективных методов познания является *системный подход*. Наиболее существенное свойство системного подхода состоит в его ясной целесообразности: он ориентирован на создание максимально прозрачной и конкретной (количественной) модели объекта исследования [6]. «Специфика системных исследований заключается в отыскании методов адекватного упрощения сложных систем» [7]. Системный

подход помогает оптимальным образом организовать ход решения задач. Он предлагает проверенные веками методы мышления, системные принципы, предписывающие эффективный алгоритм всему ходу исследования. Примером построения изобретений с помощью системного подхода является теория решения изобретательских задач (ТРИЗ), разработанная советским инженером Г. С. Альтшуллером [8] как раз для преодоления стереотипов мышления. Одно из основных достижений этой теории состоит в создании технологии творческого процесса изобретения – алгоритма решения изобретательских задач (АРИЗ). Результаты применения ТРИЗ поражают воображение. Например, в последнее время фирма Boeing Corporation, взявшая на вооружение метод, добилась значительных успехов и не желает публиковать наработки, «чтобы они не оказались... у конкурентов», в Samsung Electronics работают более 80 сертифицированных ТРИЗ-специалистов (<http://www.ariz.ru/casesboeing.php>). В общем, правоту Г. Селье доказывают его оппоненты: пока человек не научится понимать ход своей мысли, озарения останутся уделом единиц.

К сожалению, в последнее время идеи и технологии системного подхода к эколого-биологическим явлениям почти не развиваются. Ключевой термин «система» употребляется по большей части не к месту, теряя свое содержание и значение. Анализ публикаций по курсу «концепции естествознания» [9] показал, что понятие системы употребляется в самой простой форме (совокупность взаимодействующих частей, порождающая новое свойство, отсутствующее у элементов) без указания на его методологический характер, а многие ценные наработки системного подхода просто игнорируются. С другой стороны, системные идеи воплотились в ряд сложных специальных дисциплин, имеющих с системным подходом лишь общие корни, отвлекая внимание исследователей от методологических проблем. Очень грубо направления системных исследований можно объединить в четыре группы [10] – это системотехника (исследование поведения математических систем математическими методами), системный анализ (теория и методика решения проблем, в технике – ТРИЗ), теория систем (онтологический аспект системной организации) и собственно системный подход. Несмотря на обилие публикаций, в которых используется термин «система», «системный», остро чувствуется дефицит в определенности многих его положений.

Предпринимая наше исследование, мы рассчитываем на популяризацию системной идеологии в области моделирования эколого-биологических явлений. Главная цель работы – выявление тупиков в изложениях системных идей, поиск путей их преодоления, упрощение и конкретизация системных принципов мышления об объектах природы, демонстрация путей конструирования моделей. Данная публикация касается только принципа системности.

ПРИНЦИПЫ СИСТЕМНОГО МЫШЛЕНИЯ

Системный подход мы вполне традиционно рассматриваем как общенаучную методологию, как единство приемов проведения научного исследования. Анализ достаточно обширной литературы позволил нам сформулировать семь тезисов [11], соответствующих принципам (законам) системного мышления, называемых в литературе разными именами. Каждый из принципов представляет собой эмпирическое обобщение, которое апробировалось иногда не одну сотню лет и вошло в сферу научной мысли как полезное методологическое правило. «Системные законы» проявляются в виде аналогий, или «логических гомологий», законов, представляющихся формально идентичными, но относящихся к совершенно различным явлениям или даже дисциплинам» [12]. В своих наиболее законченных формах они образовали логически замкнутое множество (систему), в котором каждый из принципов может быть путем умозаключений выведен из 2–3 других (этот анализ требует отдельной публикации). Предполагая в будущем уделить внимание всем принципам, рассмотрим их краткие формулировки.

Системность. Любой объект (явление) природы можно представить обособленной системой, то есть применить к нему системные принципы и построить его модель.

Целесообразность. Удовлетворяя наши научные или практические потребности, мы назначаем системой те объекты, которые являют себя, значимо функционируют. Система – это то, что мы считаем системой (условно отделяем от природы), исходя из наших целей.

Структурно-функциональная организация. Систему можно описать через описание элементов (частей) и связей (отношений) между ними.

Эмерджентность. Взаимодействие элементов производит свойства (функции) системы путем существенного усиления некоторых свойств ее элементов.

Иерархия. Элемент системы – сама система, а система – элемент надсистемы; можно рассматривать много уровней иерархии (оптимально – три).

Целостность. Взаимодействие элементов ограничивает реализацию их потенциалов, тем самым стабилизирует существование системы, обеспечивает функционирование (и развитие).

Развитие (историзм). Эволюция системы состоит в дифференциации и интеграции – в появлении новых способов интеграции некоторых элементов системы в ее пределах, в появлении новых уровней иерархии; при этом меняется число элементов, число и характер отношений между ними, эффективность (эмерджентность) и целостность системы.

Центральное место системный подход отводит понятию «система» (systema – «целое»). Каждый принцип формулирует это понятие со своей точки зрения. Основная наша установка

состоит в том, что *система – это не объект (природы), а способ мышления (о ней)*; понятие системы нельзя нагружать онтологическим смыслом. Эта точка зрения не нова. «...Попытки построения теории систем, основанной на понятии силы ... удовлетворяют лишь своих создателей» [13]. «Системность предстает ... как современный способ видения объекта и стиль мышления, сменивший механистические представления и принципы интерпретации» [14]. Однако в повседневной практике научного поиска доминирует прямо противоположная формула. «Изоморфизм образа и объекта является частным случаем изоморфизма структуры мышления и структуры объективного мира» [15], «системный подход получил свою жизнь от свойства «системность» объектов реального мира (мать) и системного мышления субъекта (отец), объективно отражая системные свойства сложноорганизованных систем, на основе материалистической диалектики» [16]; «согласно современным научным взглядам на природу все природные объекты представляют собой упорядоченные структурные иерархически организованные системы» [17]. Данная позиция («мышление системно потому, что отражает системную структуру природы») имеет три по-своему ложных основания (мышление системно, природа системна, мышление соответствует природе). Нам кажется, что подходить к определению принципа системности лучше всего через критику «овеществленного» понятия «система».

«МЫШЛЕНИЕ СИСТЕМНО»

Системное видение мира – это, прежде всего, возможность применять наработки системного подхода, принципы системного мышления, то есть в самом широком смысле – способность логически мыслить. Исторический опыт показывает, что люди часто ошибаются в своих суждениях, нарушают даже «законы» формальной логики (тождества, противоречия, исключения третьего). «Ведь человеческий ум, затемненный или как бы заслоненный телом, ... скорее подобен какому-то колдовскому зеркалу, полному фантастических и обманчивых видений» [18]. «У разных лиц умственные образы, соответствующие одному и тому же понятию, различны» [19]. «...Люди сплошь да рядом мыслят весьма нелогично. Даже элементарно нелогично, не говоря уже о логике более высокого порядка» [20]. Уже давно «законы» формальной логики переведены в разряд рекомендаций, правил составления непротиворечивых формально-логических высказываний (включая правила составления и решения математических уравнений). Принципы системного мышления в этом отношении от них не отличаются – это всего лишь алгоритмы проведения эффективных размышлений, ведущих к построению моделей (в том числе и количественных). В отличие от формальной

логики, системные принципы ориентированы на этапы мышления, предшествующие формальным построениям, системная логика создает формы мысли, поставляет объекты формальной логике. Например, важнейший прием определения (формально-логических) понятий – это прием «деление понятий» [21], но он никак не определяется формально-логическими операциями, а целиком передается в область интуиции и «здравого смысла». Системный подход предлагает правила такого «деления», определяя его «цель» (предназначение) и композицию (структуру) (вопрос о соотношении формальной и системной логики требует отдельной публикации). Иными словами, системный подход предстает как свод правил эффективного мышления. Может ли человек невольно нарушить эти рекомендации? Естественно, может. Чаше, однако, люди сознательно им не следуют, считая системный подход ненужной философией. Здесь можно лишь напомнить справедливые слова классика марксистской философии. «Какую бы позу не принимали естествоиспытатели, над ними властвует философия. Вопрос лишь в том, желают ли они, чтобы над ними властвовала какая-нибудь скверная модная философия, или же они желают руководствоваться такой формой теоретического мышления, которая основана на знакомстве с историей мышления и ее достижениями» [22]. В общем случае такое мышление нельзя назвать системным. Только сознательное применение наработок системного подхода можно назвать системным подходом, который помогает исследователю скорейшим образом прийти к его цели – построению строгой (лучше количественной) модели объекта. Можно ли считать, что только системное мышление является правильным? Очевидно, нет, поскольку до сих пор большинство ученых не применяло системные принципы явно, а выдающиеся успехи науки налицо.

Конечно, мышление могут назвать системным приверженцы (по-нашему, ложной) идеи считать все объекты природы системами. С этих позиций и верные суждения, и ложные будут системными «по природе вещей». Но какой прок от такой теории? Разве абсурдная сентенция: «Пусть я мыслю ошибочно, но зато системно» может подвинуть нас в познании чего бы то ни было? Очевидно, нет. Другое дело, если с помощью системных принципов ошибочная мысль будет проанализирована (представлена в виде системы), будет найден источник эмерджентности (общей ложности суждения) – неверный постулат, суждение или факт – и выработаны рекомендации, как его исправить. В этом процессе системный подход будет полезен и приведет к позитивному, полезному результату (по словам П. Л. Капицы, «ничто так не поучительно, как заблуждение гениев»). Системный подход – это всего лишь один из возможных методов познания, однако, как показывает практика, весьма эффективный.

«ПРИРОДА СИСТЕМНА»

Такая постановка вопроса имеет корни в афоризме автора теории систем Л. фон Берталанфи: «Кругом системы». В свое время он был очень полезен, поскольку стимулировал продвижение системных идей в практику научного познания. Со временем он стал очевидным тормозом к дальнейшему развитию системного подхода, поскольку последовательное проведение в жизнь идеи системности природы ведет к неискоренимым противоречиям и недоразумениям, отрицающим значимость системных идей в биологии. К тому же, считая природу системной, велик соблазн объявить свои системные представления истинными. Рассмотрим широко известную *онтологическую* трактовку принципа иерархии, который явно мешает развитию моделирования в биологии. Дело в том, что традиционно иерархии понимаются как сугубо статические образования. Многочисленные исследования уровней иерархии природы проводятся как бы на трупe природного тела – в работах приводятся только морфологические деления: ... вещество..., макромолекулы..., клетка, ткань, орган, организм, группировка..., популяция, ценоз, экосистема ... и пр. [23] Безусловно, эти иерархии даже в статическом аспекте являют собой полезные упрощения разнообразной живой природы. Но при анализе их функционирования, при построении моделей жизненных отклонений эти иерархии никакой пользы не приносят. Например, грубая модель функции дыхания животного должна включать в себя, как минимум, *клетки* рецепторов-газоанализаторов (оценка уровня pH в гипоталамусе), нервную *ткань* дыхательного центра, *систему органов* грудной клетки (обеспечивающую нагнетание воздуха), *орган* легкое, *смесь газов* воздуха, кровеносно-сосудистую *систему* органов. Все части этой модели взяты с 5 разных (даже не смежных) уровней статической иерархии! Какую роль играет общепринятая «иерархия природных объектов» в построении данной модели? В лучшем случае никакую, если не отрицательную! Действительно, автор модели должен явно *отказаться* от применения идеи статичной иерархичности, поняв, что в пределах организма различные функции организма «пронизывают» его «насквозь в разных плоскостях» и задействуют части, относящиеся (надо говорить – «относимые») к *разным* уровням иерархии. Классификация по уровням иерархии оказывается не только ненужной, но еще и отнимает силы на свое отрицание! Каково должно быть отношение исследователей к системному подходу, если первое, что они должны сделать для понимания своего объекта, это – отказаться от готовых наработок системного подхода, от иерархий? Конечно, отрицательное. Возможно, потому системные идеи, значит и моделирование, не очень широко внедрились в биологию,

что системный подход не развивается, но сохраняется в многочисленных публикациях в зачаточной форме, на стадии его создания. Редкий пример системного подхода к иерархии находим в работах П. К. Анохина, который целенаправленно применил системные принципы к поведенческой функции, процессу, включив в «функциональную систему» компоненты, относящиеся к разным уровням статической иерархии. «Состав функциональной системы не определяется топографической близостью структур... В нее могут быть избирательно вовлечены как близко, так и отдаленно расположенные структуры организма. Фактором, определяющим избирательность этих соединений, является ... физиологическая архитектура самой функции» [24]. Этот пример показывает, что иерархические построения целесообразны, а не естественны.

Безусловно, природа дискретна; энергия «распылена» в пространстве не гомогенно, но образует овеществленные «сгустки» – частицы, молекулы ... биосферу ... Вселенную. Однако что меняется, если кроме признания дискретности природы, мы будем утверждать, что она «системна»? Зачем вводить еще одно слово, не добавляющее смысла в исследование? Появление смыслового содержания термина можно выяснить, отслеживая этапы познания, на которых вводится этот термин. Чаще всего термин «система» вводится *после* исследования природного объекта (явления), и его части называются элементами, а соединения частей – связями. Например, определив соотношение разновозрастных групп в популяции, их можно было бы смело называть элементами целого. Однако эти дефиниции будут представлять собой избыточные (то есть бессмысленные) тавтологии, поскольку все объекты исследования уже получили свои специальные экологические определения (новорожденные, прибылые, взрослые, старые ...). Если же, приступая к исследованию неизвестного объекта, мы *перед* исследованием предположим наличие у него элементарных частей и связей между ними, направив внимание на их идентификацию, на исследование их свойств и способы объединения в целое, то в этом случае придется признать, что система есть прием мышления, способ анализа. Как только части получают свое предметное (желательно количественное) определение, необходимость в системной терминологии отпадает! К сожалению, в экологической литературе часто можно встретить системную терминологию, которая вводится в текст явно после завершения исследований (на стадии подготовки публикации) и свидетельствует о том, что системный подход в данном случае как раз не применялся. «Система» – это априорная конструкция мысли о любом объекте природы. Познание законов его функционирования отбрасывает системную терминологию, которая заменяется специальной. Результатом исследования становится модель объекта (закон, тео-

рия), выраженная на специальном языке данной науки. Поскольку познание бесконечно («электрон так же неисчерпаем, как атом»), то малоизученный компонент этого объекта вновь может быть назван системой и подвергнут последовательному системному анализу до стадии выяснения своей предметной сущности. Однако правильно выполненное системное исследование не должно оставлять после себя следы в тексте специальной публикации в форме общих терминов «система», «элемент», «уровень иерархии» и пр. (кроме системного исследования сущности системного исследования).

Говоря о системной организации вещей, часто подчеркивают их самодостаточность, «цельность от природы», «целостность», способность к самостоятельному существованию в отличие от объектов, не способных к этому (особенно часто противопоставляется управляемая система организма и хаос среды). С этой позиции в природе есть «системы», а есть «не-системы». Подобная трактовка прямо отрицает универсальность системных принципов, их общенаучное методологическое содержание. Во-первых, в разряд не-систем можно отнести все, что непонятно! Во-вторых, начинается выявление «истинных» систем с использованием разнообразных критериев, главный из которых – способность к относительно самостоятельному существованию. Например, особь по общему признанию является безусловной системой. Однако определение «самодостаточная особь малой бурозубки» актуально лишь в течение часа, после чего без пищи это очень маленькое теплокровное животное погибает. Следовательно, в определение «самодостаточная особь малой бурозубки в течение дня» необходимо включать пищу массой 5 г. (в течение суток она потребляет кормов объемом около 100% от собственной массы), а также потребленный кислород, растения, его вырабатывающие и ... в конечном итоге, всю биосферу. Есть другой путь – принять, что определение особи целесообразно ограничено по времени (в разных ситуациях разное), по пространству и по веществу (говорят, что особь – «открытая система, обменивающаяся со средой энергией»). Особенно четко такого рода конвенции выражают географы в процессе вычленения природных геосистем: «Ландшафт – реальность, выделение компонентов – уже абстракция» [25], «границы лишь изображают, но не изображаются» [26]. Такой подход общепринят и в философии: «...Чтобы понять отдельные явления, мы должны вырвать их из всеобщей связи и рассматривать их изолированно, а в таком случае сменяющиеся движения выступают перед нами – одно как причина, другое как действие» [27]. В нашем контексте такая постановка вопроса означает признание условности, искусственности любой выделяемой системы, а поэтому вовсе не «цельной» и не самодостаточной. Итак, «цельных от природы» систем нет, не-систем тоже нет, все – системы. Но тогда онтологическое понятие системы не нужно – зачем

называть все и любые объекты одним и тем же именем? Другое дело, если системой назвать отдельный объект, условно и временно отделенный от всех прочих, ставших для него не-системой (неанализируемой) средой. В этом случае появляется возможность, используя системные принципы мышления, достаточно быстро количественно изучить объект, построив его модель. Дискретные объекты существуют в природе, системы – в головах авторов.

Для современного этапа характерно, кроме того, поверхностное отношение к объяснению и демонстрации системного метода познания, включая определение ключевого термина «система» с помощью критерия «целостности» данного образования. «...Свойства простых совокупностей аддитивны, то есть суммируются или складываются из величин их частей... свойства систем как целостных образований неаддитивны... Кучу камней вряд ли кто-либо назовет системой, в то время как... сообщества живых существ всякий будет интуитивно считать системой» [28]. Такой аргумент разрушает представление о системном методе как в онтологическом, так и методологическом смысле. У «кучи» камней не просто есть целостные свойства (усиленные при взаимодействии компонентов), но их число бесконечно велико. Так, очень большие груды камней или льда (планета, комета) имеют форму шара – это результат гравитационного взаимодействия не абсолютно прочных материалов. В горах камней (между которыми находится воздух) на полях Карелии формируются очень специфические температурные условия, не выводимые из суммы теплопроводных свойств камней и воздуха. Поскольку сквозь гряду не могут прорасти деревья и травы, они открыты солнцу и являются аккумуляторами тепла; по этой причине их периферия занята свето- и теплолюбивыми растениями, а внутри гряд зимуют многие организмы (рептилии, насекомые). Главная же ошибка цитированного утверждения состоит в том, что системный подход призван организовать мысль, а не вывести из ее поля зрения непонятые явления. Любой объект природы можно представить системой. И любой объект (духовный, интеллектуальный, социальный, биологический, неорганический) обладает своими особыми свойствами, связанными с интеграцией частей. Причем число этих эмергентных качеств по определению бесконечно и среди них есть как аддитивные, так и суб- и супрааддитивные и т. д. [29]. Нельзя обеднять содержание принципа системности только потому, что некоторые объекты природы специфичны. Понятие системы лишено эмпирического содержания, это формула мысли.

«МЫШЛЕНИЕ СООТВЕТСТВУЕТ ПРИРОДЕ»

Мы беремся за обсуждение этого сложнейшего вопроса только потому, что стремимся

получить частное решение – показать путь построения количественной модели явления природы с помощью понятия «система». Модель – это предметное, конкретное выражение специфических свойств объекта исследования. Качественная или количественная *модель* – это заместитель оригинала, слепок, образ реального прототипа. Воплощая в себе некоторые его свойства (аналогичным образом реагируя на аналогичные стимулы), модель может служить источником информации о реальном объекте исследования. Эти вопросы детально рассмотрены нами ранее [30]. Модель, как и любое знание, лишь только в некоторых чертах соответствует образцу. «Всякая гипотеза является обобщенной *моделью* некоторого явления» [31]; «...мы стремимся познать природу, которая действительно существует... Мысля предметы, мы тем самым превращаем их в нечто всеобщее ... Мы превращаем <природу> ... в нечто иное, чем она» [32]; «...непосредственная данность, если вы хотите ее осознать, превращается в некую абстрактную структуру... Вместо живой непосредственной данности вы получаете логически осознанную закономерность» [33]. Коренная причина неизбежной неполноты модельных представлений состоит в том, что природные объекты безграничны в своих проявлениях («электрон также неисчерпаем, как атом»), а мысль (и модель) отображает лишь некоторую часть их свойств, значимых для исследователя. Модельные построения ограничены, поскольку целесообразны, состав и структура модели всегда соответствуют интересам исследователя. «Границы разбиения на подсистемы определяются целями» [34]; «проведение границ между экосистемами всегда есть до некоторой степени условность ... между экосистемами обязательно существует обмен веществом и энергией» [35]. Специфика объекта исследования никогда не диктует ни тип выбранной модели, ни математическую форму для выражения наблюдаемых закономерностей. «Исследователь является творцом модели» [36]; «одно и то же явление может быть адекватно объяснено с помощью разных математических уравнений» [37]. Иными словами, мышление непосредственно не соответствует природе. Если бы природа была системна, то наши знания (и модели) не могли быть в той же мере системными. Скорее напротив – наши знания могут (и должны) быть системно организованными, чтобы максимально целесообразно и прозрачно отображать способы существования объектов природы, которым присуща не системность, а дискретность.

Может показаться, что наша аргументация, направленная против овеществления понятия «система», явно порождает противоречие. Ведь в разных областях науки выработано большое число полезных работоспособных системных представлений действительности, существенно

помогающих в процессе исследований природы. В этот обширный список входят понятия «солнечная система», «неравновесная система», «кровеносная система», «экологическая система». Спрашивается, разве экосистема – не система?

Экосистема – это не система, но природный объект (явление), часть природной среды, обладающая вполне самостоятельной судьбой и способная к относительно самостоятельному существованию. В этом термине слово «система» является синонимом слова «объект» и омонимом слова «система» из системного подхода. С его позиций экосистему можно всего лишь *представить* системой для глубокого и целенаправленного изучения ее сущности, механизма функционирования и динамики. Экологические исследования последнего века наполнили понятие экосистемы специфическим структурным и функциональным содержанием, характеризующим именно и только надорганизменные объединения. При этом понятие *экологической* системы утратило ряд общесистемных свойств, присущих логическому понятию «система». Система – это нечто безразмерное и вневременное, понятие, приложимое к любому объекту или процессу (алгоритм мысли). Экосистема же локализована в пространстве, обладая относительно небольшими размерами (например, «биогеоценоз» ограничен десятками гектаров); понятие экосистемы в большей мере относится к веществу природы, а не к процессу (в отличие, например, от понятия сукцессии). Несмотря на многокомпонентность, понятие экосистемы несет биологическое содержание и рассматривает в первую очередь функционирование биологических объектов (биоценозы), отставляя другие компоненты геосистем несколько в сторону.

Такого рода целесообразные логические конструкции (проверенные практикой формальные схемы декомпозиции объектов исследования, системные построения частных наук) предложено называть *фреймами* (логическими каркасами) [38]. «...Мы имеем в науке многочисленные логические построения, которые связывают научные факты между собой... – научные теории, научные гипотезы, рабочие научные гипотезы, конъюнктуры, экстраполяции и т. п., достоверность которых обычно небольшая, колеблется в значительной степени; но длительность существования их в науке может быть иногда очень большой, может держаться столетиями» [39], «попытка подведения каждой новой проблемы под известный класс проблем является одним из важнейших эвристических правил научного исследования» [40]. Основное содержание современной биологии составляют полуэмпирические структурно-функциональные схемы, фреймы. *Понятие экосистемы – это фрейм*. Понятие фрейма призвано отображать некий этап сознательного применения системных идей в движении мысли



Рис. 1. Место «системы» в процессе модельного исследования объекта природы

1 – Вычленение и наблюдение объекта природы; 2 – Обобщение накопленных данных в форме первичных гипотез и теорий; 3, 4 – Создание фреймов с помощью известных теорий и системных идей; 5, 6 – Построение и настройка структуры моделей; 7 – Численная настройка моделей (оценка параметров); 8 – Интерпретация модели, включение в теорию, формулировка закона

исследователя от объекта исследования и «системы» – к модели (рис. 1).

Фреймы имеют двойственную природу. В первую очередь, они представляют собой результаты предыдущего законченного исследования, глубоко специфический (системный) образ объекта природы. Например, знание, полученное в отношении структуры многих популяций животных, позволяет сформулировать определение: «Под структурой популяции ... имеются в виду любые подразделения популяции как единичного целого на связанные в определенном порядке части. При этом возникает возможность говорить о половой, возрастной, пространственной, генетической и экологической структурах» [41]. Это определение охватывает широкий класс явлений, но не все. Некоторые даже высшие животные образуют партеногенетические популяции (100% самок), не имеющие поэтому никакой «половой структуры»; в предложенном списке «структур» не упоминается этологическая. Следовательно, общие знания о структуре популяции имеет смысл фрейма, логической схемы с невысокой степенью достоверности, не соответствующей статусу закона. С другой стороны, подобные определения биосистем служат одновременно и хорошим руководством к действию. Следуя приведенной дефиниции и приняв некий объект природы в качестве популяции, можно приступить к поиску конкретных значений обилия, долей, соотношений их компонентов, численно оценивать предзаданные структурные единицы, то есть наполнять первичную простую схему предметным содержанием, строить модели (конкретное соотношение полов в данной популяции есть простейшая частная модель). Фреймы представляют собой системные конструкции, предписывающие оптимальный ход мысли в процессе выполнения специального исследования. Система – это алгоритм размышлений о любом объекте природы (и общества). Фрейм – это алгоритм

анализа объектов частных наук, это система, подогнанная под формат конкретного объекта исследования (в рамках заявленных целей). По мере накопления фактов в процессе выполнения нового исследования первичный образ фрейма будет перестраиваться, приобретая черты нового конкретного объекта (при этом нельзя забывать, что любой фрейм реализует лишь часть системных наработок и для создания новых фреймов и моделей необходимо привлекать весь арсенал средств системного подхода). Степень общности и степень детальности разных фреймов различна и определяется объемом, числом объектов, подпадающих под эту логическую схему, и точностью численных оценок их свойств. Одним из важных фреймов, относящихся к большому кругу динамических объектов, является понятие обратной связи; фрейм двухконтурной отрицательной обратной связи [42] охватывает меньший круг объектов. К предельно детальным фреймам относится любая блок-схема. Построение фрейма должно неизбежно вести к его «оцифровке» – созданию количественной модели.

СИСТЕМА И ЗАКОНОМЕРНОСТЬ

Иногда фреймы (схемы обобщений) рассматриваются как переходные формы существования знания между эмпирическими моделями и законами. «Молодые ... биологические науки ... можно назвать «мягкими» в том смысле, что они не столь точны, как более старые и более установившиеся «жесткие» науки, например химия и физика. По мере своего развития каждая наука становится все более абстрактной, а ее гипотезы ... совершенствуются до тех пор, пока не достигнут статуса «законов», подобных известным нам законам химии и физики» [43]. Эта точка зрения нам кажется неточной. В биологии (в том числе и в связи с большой сложностью биологических объектов) доминируют направления исследования, структурирующие наши представления о живой природе, но не подходы, позволяющие получать формулы ее законов. Общеэкологические (тем более аналитически выраженные) законы практически неизвестны. «Начав с очень общих вопросов и попыток установить сразу универсальные правила и соотношения, претендующие на статус «законов» (похожие на те, что были известны для физики), экологи пришли к необходимости ставить частные разрешимые задачи» [44].

На наш взгляд, онтологическая системная доктрина отвлекает внимание биологов и философов от разработки понятия «биологический закон», заслоняя важнейшую цель биологии – познание этих законов. Внимание направлено на выяснение «системной сущности биосистем». Например, первое из современных направлений экологии в одной из последних солидных монографий звучит как «создание онтологии биоразнообразия животного и растительного мира и ди-

намики экосистем» [45]. При этом онтология понимается как всего лишь «каталогизация», отмечается, что «особенно сложна часть, касающаяся пространственно-временной организации биоразнообразия» [46]. Скорее всего, эта «сложность» соответствует не природе объекта (любой компонент природы бесконечно разнообразен), а бесструктурному методу познания и коренится в методологической незрелости экологии, неумении «открыть закономерности в кажущемся хаосе» [47]. Конечно, изучать «системность» биоэкологических объектов (кадастр, состав, разнообразие...) существенно проще, нежели выявлять законы природы (причинная обусловленность, обратная связь...). О сходной ситуации в морфологии было сказано: «...Обычный атомистический анализ расчленяет организм на части: «системы» органов, органы, ткани, клетки. Механисту целое представляется суммой частей, и жизненные отправления организма составляются из функций отдельных органов и тканей. ... Для нас приобретают основное значение взаимозависимости частей, определяющие согласованное их развитие. ...Мы должны анализировать интегрирующие факторы развития» [48]. Мы рассматриваем эту установку как призыв к поиску биологических законов. Однако углубление «системного видения» природы не ведет непосредственно к установлению биологических законов, поскольку системные построения отражают не структуру реальных объектов, а служат схемой их интеллектуального восприятия. «По мнению ряда ученых ... вряд ли можно ожидать, чтобы системы ... разного характера обладали нетривиальными общими свойствами. Метафора и аналогия могут быть очень полезными, но могут и вводить от истины» [49]. Системы не выражают законов, управляющих существованием природы, но лишь констатируют взаимосвязь известных фактов. Системно, по аналогии, можно только вести поиск законов существования объектов, но сами законы вполне специфичны у разных объектов природы.

Реализуется системный метод через построение фреймов, в той или иной степени соответствующих специфике объекта исследования. При этом нет никаких ограничений на структурные композиции этих фреймов, поскольку прежние интеллектуальные построения априори не соответствуют «структуре» природы. Более того, системный подход постулирует: познание не укрепляет ранее созданные эмпирические системы (фреймы) – оно их разрушает! Идеальным результатом познания следует считать освобождение от системных описаний и представление знаний о природе только в форме законов. Естественно, при этом не обойтись без структурного представления объектов исследования хотя бы для обозначения тех компонентов природы, проявление которых описывает закон. «Все, что мы ... знаем о физическом мире, целиком зависит от допущения, что причинные зако-

ны существуют» [50]. Здесь возникает вопрос, если системы – условные понятия, то могут ли быть объективными законы, выраженные на языке взаимоотношений между «системами» (или их элементами)? Очевидно, нет. Законы природы, во-первых, разнообразны: форма шара одинаково эффективно создается силами гравитации (планеты) и поверхностного натяжения (мыльный пузырь). Во-вторых, законы природы иные, чем научные законы, описывающие поведение природных объектов: никто всерьез не будет считать законы организации антропидного робота (имитационную математико-физическую модель) эквивалентными законам организации человека только потому, что у них есть сгибающиеся конечности. Даже строгие количественные соотношения между искусственно (целесообразно) выделенными объектами природы будут искусственными.

Переход от системы к закону осуществляется через фрейм и модель (см. рис. 1). Модель отражает способ существования реальных объектов (его можно успешно выразить с помощью имитационных моделей, портретных количественных описаний). Тогда закономерность определяется как частное отношение между компонентами фрейма. Модель выражает эмпирические зависимости между конкретными явлениями природы. Задача эмпирического исследования состоит в формировании знаний о *способе существования* конкретного природного объекта, представленного в виде фрейма.

В качестве примера предложенного подхода приведем наши исследования факторов динамики численности популяций [51]. Роль фрейма сыграла теория неравновесных систем, в частности, опыты описания динамики численности нескольких видов с помощью функций последования [52]. На основе этого фрейма нами были построены имитационные модели популяционной саморегуляции, которые на 84 % объясняли межгодовые изменения численности рыжей полевки в южной Карелии. В качестве основного результата выступил ключевой параметр $N_K \approx 30$ экз./га – значение плотности животных в оптимальных местообитаниях, по достижению которой популяция начинает утрачивать способность к воспроизводству в следующем году (и чем больше превышение данного порога, тем глубже будет депрессия). Полученное значение есть экологическая оценка физиологической чувствительности особей к чрезмерно частым контактам с соседями, что нарушает их нормальное самочувствие, выживаемость и способность к размножению. Этот параметр выражает видовую норму, он представляет собой эмпирический закон автономной регуляции численности.

Через закономерность проявляет себя закон природы – устойчивые отношения между объектами природы. Путь к теории, к формулированию закона проходит, видимо, через обобщение закономерностей. «Необходимо открывать такие

общие принципы, из которых... эмпирические зависимости могут быть выведены как частные следствия» [53]. Поскольку «общее понятие распространяется скорее на все *возможные*, чем на все *актуально существующие* характеристики» [54], то задача *теоретического* исследования состоит в определении (выявлении и формулировании) законов, обуславливающих *возможность существования* природных объектов.

К сожалению, путь построения теоретической экологии на основе эмпирических законов не очевиден, поскольку само понятие «биологический закон» не определено. Оценивая «системные» перспективы движения в этом направлении, можно ориентироваться на АРИЗ. Ключевой идеей алгоритма служит поиск физического противоречия старой инженерной конструкции (невозможность выполнять некоторые желательные функции) и *преодоление этого физического недостатка* с помощью ограниченного набора типичных изобретательских приемов, путем создания «надсистемы», новой конструкции. По аналогии, биологические «системы» можно рассматривать как «изобретения», ликвидирующие физические барьеры (широко известны биофизические *кинетические барьеры*, преодоленные жизнью посредством матричного синтеза и компартиментации) [55]. Исходя из этого критерия, биологический закон внешне должен выглядеть как «нарушение» простых физико-химических (и математических) законов. Например, арифметический закон геометрической прогрессии («амебы умножаются делением») никогда не реализуется в популяции диких позвоночных вследствие внутривидовых механизмов закономерно (повторяемо) ограничивающих

(сдерживающих) рост численности задолго до истощения пищевых ресурсов. Возможно, биолого-экологический закон, относящийся к широкому классу явлений, должен конструироваться из наборов частных фреймов (моделей), выражающих эмпирические закономерности существования природных объектов.

ВЫВОДЫ

1. Принцип системности постулирует, что любые объекты (явления) природы могут рассматриваться как системы и быть описаны с помощью системных принципов; природа состоит из дискретных объектов, но не системы.

2. Слово «система» практически используется как синоним слова «объект». Эта подмена искажает смысл логической категории «система». Рекомендуется избегать этого термина вне рамок специального системного исследования.

3. Научные эколого-биологические исследования должны быть направлены на изучение законов, управляющих существованием объектов природы, следует отказаться от «выявления структуры природных систем» как основной задачи эколого-биологических исследований.

4. Системный подход – это методология научного познания, система – логическая категория, форма мысли о любом объекте природы. Системная мысль о специфическом объекте природы принимает форму фрейма, специальной системы. Модель есть числовой аналог объекта исследования, «оцифрованный» фрейм.

5. Моделирование – процесс поиска строгих способов выражения природных закономерностей, эмпирических законов, путь к формулированию причинных законов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Славин М. Б. Методы системного анализа в медицинских исследованиях. М.: Медицина, 1989. С. 57.
2. Коросов А. В. Имитация экологических объектов в среде пакета Microsoft Excel // Экология, 2002. 2. С. 144–147.
3. Селье Г. На уровне целого организма. М.: Наука, 1972. С. 12, 15.
4. Ильенков Э. В. Диалектическая логика. М.: Политиздат, 1984. С. 114.
5. Саймон Г. Науки об искусственном. М.: Едиториал УРСС, 2004. С. 9.
6. Перегудов Ф. И., Тарасенко Ф. П. Введение в системный анализ. М.: Высшая школа, 1989. 367 с.
7. Ракитов А. И. Философские проблемы науки. М.: Мысль, 1977. С. 63.
8. Альтшуллер Г. С. Найти идею: Введение в теорию решения изобретательских задач. Новосибирск: Наука, 1991. 224 с.
9. Лаврененко В. М., Ратников В. П., Голубь В. Ф. и др. Концепции современного естествознания. М.: Культура и спорт. ЮНИТИ, 1997. 271 с.
10. Кноринг Л. Д., Деч В. Н. Геологу о математике. Л.: Недра, 1989. С. 17–18; Флейшман Б. С. Основы системологии. М.: Радио и связь, 1982. С. 5.
11. Коросов А. В. Развитие системного подхода к изучению островных популяций животных (на примере обыкновенной гадюки, *Vipera berus* L.) // Дисс. ... доктора биологических наук. Петрозаводск, 2000. 333 с.; Коросов А. В. Имитация экологических объектов в среде пакета Microsoft Excel // Экология, 2002. 2. С. 144–147.
12. Берталанфи Л. фон. История и статус общей теории систем // Системные исследования. 1973. С. 26.
13. Блауберг И. В., Юдин Б. Г. Становление и сущность системного подхода. М.: Наука, 1973. С. 30.
14. Микешина Л. А. Философия науки. Современная эпистемология. Научное знание в динамике культуры. Методология научного исследования. М.: Прогресс-Традиция: МПСИ: Флинта, 2005. С. 382.
15. Славин М. Б. Методы системного анализа... С. 126.
16. Бондаренко Н. И. Методология системного подхода к решению проблем. История–теория–практика. СПб, 1997. С. 85.
17. Лаврененко В. М., Ратников В. П., Голубь В. Ф. и др. Концепции современного естествознания. С. 74.
18. Бэкон Ф. Сочинения в двух томах. Т.1. О достоинстве и приумножении наук. М.: Мысль, 1977. С. 307.

19. Минто В. Дедуктивная и индуктивная логика. СПб.: Комета, 1995. С. 138. 20.
20. Ильенков Э. В. Диалектическая логика... С. 113.
21. Минто В. Дедуктивная и индуктивная логика. СПб.: Комета, 1995. 464 с.
22. Энгельс Ф. Диалектика природы. М.: Политиздат, 1987. С. 179.
23. Рассел Б. Человеческое познание. Его сфера и границы. К.: Ника-Центр., 2001. 560 с.; Флейшман Б. С. Основы системологии. М.: Радио и связь, 1982. 368 с.; Розенберг Г. С. Модели в фитоценологии. М.: Наука, 1984. 265 с. и мн. др.
24. Анохин П. К. Системные механизмы высшей нервной деятельности. М.: Наука, 1979. С. 38.
25. Преображенский В. С. Поиск в географии. М.: Просвещение, 1986. С. 101.
26. Трофимов А. М., Рубцов В. А. Районирование. Математика. ЭВМ. Казань, 1992. С. 95.
27. Энгельс Ф. Диалектика природы. С. 199.
28. Рузавин Г. И. Методология научного познания. М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2005. С. 203.
29. Блауберг И. В., Юдин Б. Г. Становление и сущность системного подхода. М.: Наука, 1973. 270 с.
30. Коросов А. В. Имитация экологических объектов в среде пакета Microsoft Excel // Экология, 2002. 2. С. 144–147; Коросов А. В. Специальные методы биометрии. Петрозаводск, 2007. 364 с.
31. Шмальгаузен И. И. Кибернетические вопросы биологии. Новосибирск: Наука, 1968. С. 218.
32. Гегель Г. В. Ф. Энциклопедия философских наук. Логика науки. Т. 1. М.: Мысль, 1974. С. 16.
33. Лосев А. Ф. Философия имени // Лосев А. Ф. Бытие–имя–космос. М.: Мысль, 1993. С. 621.
34. Перегудов Ф. И., Тарасенко Ф. П. Введение в системный анализ. С. 79.
35. Гиляров А. М. Популяционная экология. М.: Изд-во МГУ, 1986. С. 5.
36. Флейшман Б. С. Основы системологии. С. 55.
37. Славин М. Б. Методы системного анализа... С. 123.
38. Перегудов Ф. И., Тарасенко Ф. П. Введение в системный анализ. С. 278.
39. Вернадский В. И. Философские мысли натуралиста. Научная мысль как планетарное явление. М.: Наука, 1988. С. 112.
40. Славин М. Б. Методы системного анализа... С. 32.
41. Яблоков А. В. Популяционная биология. М.: Высшая школа, 1987. С. 9.
42. Коросов А. В. Специальные методы биометрии. Петрозаводск, 2007. 364 с.
43. Пианка Э. Эволюционная экология. М.: Мир, 1981. С. 12.
44. Гиляров А. М. Экология в поисках универсальной парадигмы // Природа, 1998. № 3. С. 81.
45. Биоразнообразие и динамика экосистем: информационные технологии и моделирование. Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2006. С. 17.
46. Биоразнообразие и динамика экосистем... С. 21.
47. Саймон Г. Науки об искусственном. С. 9.
48. Шмальгаузен И. И. Организм как целое в индивидуальном и историческом развитии // Избранные труды. М.: Наука, 1982. С. 13, 15–16.
49. Саймон Г. Науки об искусственном. С. 103.
50. Рассел Б. Человеческое познание... С. 333.
51. Коросов А. В., Зорина А. А. Исследование динамики численности рыжей полевки с помощью функций последования // Экология, 2007. № 1. С. 49–54.
52. Саранча Д. А. Количественные методы экологии. Биофизические аспекты и математическое моделирование. М.: МФТИ. 1996. 252 с.
53. Славин М. Б. Методы системного анализа... С. 57.
54. Вейль Г. Математическое мышление. М.: Наука, 1989. С. 8.
55. Руденко А. П. Эволюционная химия и естественно-исторический подход к проблеме происхождения жизни // Журн. ВХО им. Д. И. Менделеева. 1980. Т. 25. № 4. С. 390–398.