

Системный подход как научная парадигма естественно-научного познания

© 2022. Л. Ш. Ахмедова, к. б. н., доцент,
А. А. Гаджиев, к. б. н., доцент, Н. О. Гусейнова, к. б. н., доцент,
Дагестанский государственный университет,
367000, Россия, г. Махачкала, ул. Дахадаева, д. 21,
e-mail: nadira_guseynova@mail.ru

В статье рассматривается смена методологической парадигмы в естествознании в XX веке, раскрываются ключевые понятия и смыслы. Переход на новую – системную парадигму многие специалисты оценивают как революционный процесс в современном естествознании. Основной смысл произошедшей революции состоит в размывании междисциплинарных границ, сложившихся за многовековую историю специализации наук по их объектам, конструировании логических и математических моделей, несовместимых, на первый взгляд, объектов и т. д. Системный подход в качестве общенаучного принципа познания и социальной практики, изначального представления объектов исследования как систем ориентируется на выявление внутренней структуры исследуемого объекта и раскрытия его целостных свойств и качеств с привлечением методов моделирования, логического конструирования, объяснения, предвидения и т. д.

Основная процедура и результат системного анализа – построение обобщённой модели объекта исследований с выявлением свойств целостности. Системный анализ предполагает решение трёх задач с соответствующей постановкой акцентов согласно целям исследования: анализ истории объекта безотносительно к его структуре; анализ структуры объекта безотносительно к его истории; структурно-генетический анализ объекта, который может выступать как в форме объяснения истории объекта через его структуру, так и в форме объяснения структуры объекта через его историю.

Ключевые слова: парадигма, методология, система, системный подход, системный анализ, естествознание, устойчивое развитие.

System approach as a scientific paradigm of natural science knowledge

© 2022. L. Sh. Akhmedova ORCID: 0000-0003-1347-1429
A. A. Gadzhiev ORCID: 0000-0002-7359-1951
N. O. Guseynova ORCID: 0000-0003-3979-4293
Dagestan State University,
21, Dakhadaev St., Makhachkala, Russia, 367000,
e-mail: nadira_guseynova@mail.ru

The article discusses the change in the methodological paradigm of natural science in the twentieth century and reveals the key concepts and meanings. The transition to a new systemic paradigm is regarded by many experts as a revolutionary process in modern natural science. The main meaning of the revolution that has taken place is the blurring of interdisciplinary boundaries that have developed over the centuries-old history of specialization of sciences according to their objects, the construction of logical and mathematical models that are incompatible at first glance, objects, etc. The system approach as a general scientific principle of cognition and social practice, the initial presentation of research objects as systems is focused on revealing the internal structure of the object under study and revealing its integral properties and qualities with the involvement of modeling methods, logical design, explanation, foresight, etc.

The main procedure and result of system analysis is the construction of a generalized model of the research object with the identification of integrity properties. System analysis involves the solution of three tasks with the appropriate placement of accents according to the objectives of the study: analysis of the history of the object, regardless of its structure; analysis of the structure of the object, regardless of its history; structural-genetic analysis of the object, which can act both in the form of an explanation of the history of the object through its structure, and in the form of an explanation of the structure of the object through its history.

Keywords: paradigm, methodology, system, system approach, system analysis, natural science, sustainable development.

С середины XX века происходит стремительный рост внимания практически всех слоёв общественности, особенно в промышленно развитых странах, к проблемам окружающей среды. Такие опасные явления как «озоновые дыры» и «кислотные дожди», опустынивание и засоление земель, аварийные разливы нефти и т. д. хорошо известны не только специалистам, но и широким слоям населения. Осознание хрупкости человеческой жизни и её зависимости от техногенных рисков и аварий в глобальном масштабе прочно утвердилось в умонастроениях людей после Чернобыльской катастрофы и аварии на атомной станции в Фукусиме.

Переход на новую – системную парадигму многие специалисты оценивают как революционный процесс в современном естествознании. Основной смысл произошедшей революции состоит в размывании междисциплинарных границ, сложившихся за многовековую историю специализации наук по их объектам, конструировании логических и математических моделей, несовместимых, на первый взгляд, объектов, разработке высокоэвристичных познавательных инвариантов и т. д.

В сознание специалистов всё глубже проникает понимание того, что получение результата в научной деятельности непосредственным образом зависит от исходной теоретической установки, подхода к постановке и обоснованию проблемы, предварительной рабочей гипотезы и определения путей движения научной мысли и набора средств, используемых для достижения цели.

Парадигма – многоаспектное понятие, введённое американским науковедом Т. Куном [1, 2]. В широком, общеметодологическом смысле парадигмой называют господствующий на данном историческом этапе способ и тип научного мышления, выраженный в относительной согласованности взглядов на явления и вещи окружающего мира. В более узком смысле парадигма – система господствующих на данном этапе убеждений и взглядов, разделяемых большей частью научной общественности. Например, смена парадигмы ньютоновской механики на квантовую, основанную на принципах дополненности, соответствия, неопределённости, когда классическую механику стали рассматривать как частный случай более общей теории. Аналогичный процесс произошёл и в естественных науках, в том числе и в экологии.

Методология в широком смысле означает область знания, изучающая средства

и принципы организации познавательной и практически-преобразующей деятельности. В этом смысле методология тесно связана с гносеологией (теорией познания), анализирующей всеобщие законы и характеристики познавательной деятельности, рассматриваемые в курсе философии. В более узком смысле методология науки – совокупность, весь арсенал познавательных средств, методов (объяснения, доказательство, эксперимент), логической организации анализа данных (выводное знание), используемых в какой-либо конкретной науке.

Системный анализ и системный подход также входят в компетенцию методологии в этом узком смысле. В дальнейшем мы будем пользоваться данными понятиями, имея в виду, что человек имеет достаточную подготовку в теории познания по философским дисциплинам.

Приведённый краткий комментарий к ключевым понятиям позволяет оценить условия смены традиционной парадигмы на системную, проанализировать современные методологические приоритеты в построении теоретического знания. Особый интерес в связи с этим представляет современная экология, теоретическая компонента которой складывалась в условиях ввода в научный оборот понятия «экосистема» как объекта исследования.

Целью данного исследования является анализ предпосылок для формирования смены методологической парадигмы в естествознании к середине XX века и становление системного подхода как принципа познания, раскрытие ключевых понятий и смыслов.

Объекты и методы исследования

Для достижения поставленной цели в статье использовались системный и обзорно-аналитический методы. Проанализированы научные труды отечественных и иностранных учёных, начиная с 50-х г. XX века и по настоящее время, т. е. в период, когда происходила смена методологической парадигмы в естествознании.

Релевантный поиск был осуществлён с помощью идентичного поискового запроса в библиографических поисковых системах по ключевым словам, названиям статей, авторам (в Национальной электронной библиотеке eLIBRARY.RU, а также на специализированном сайте научной электронной библиотеки «КиберЛенинка», на поисковом сайте Google Scholar, в политематических реферативно-

библиографических и наукометрических базах данных Scopus и Web of Science).

Для развития научного познания в XX веке и построения картины мира стало характерно всё нарастающее внимание к способам и методам научной деятельности и получения конечного результата. К середине XX века в сознание специалистов всё глубже проникает понимание того, что получение результата в научной деятельности непосредственным образом зависит от исходной теоретической установки, подхода к постановке, обоснованию проблемы, предварительной рабочей гипотезы, определения путей движения научной мысли и набора средств, используемых для достижения цели.

С середины XX века во всех естественных науках начал проявляться обострённый интерес к методологической составляющей науки, стремление не просто к воспроизведению и отображению в знании изучаемого фрагмента реальности, но и целенаправленной теоретической деятельности на осмысление собственных действий, методологических оснований процесса познания, т. е. то, что принято называть рефлексией. Наиболее ярким проявлением рефлексии явился всё усиливающийся отход от наглядных образов и методов исследования, широкое привлечение формальных, логико-методологических приложений математики к ряду естественных наук, которые ранее полностью обходились без них. В этом отношении далеко продвинулись фундаментальные и прикладные труды по экологии [3–7], что способствовало окончательному утверждению системной парадигмы, опирающейся на концепцию экосистемы как основы предмета современной экологии.

Эти и многие другие трудности в получении новых знаний привели к решительному пересмотру научной парадигмы, поиску других, более эффективных (эвристичных) путей и процедур получения теоретического знания. Особенно очевидными стали недостатки традиционных подходов, когда с середины XX века приступили к исследованию, моделированию и конструированию сложных динамических систем с привлечением быстродействующих электронно-вычислительных машин (кибернетика, информатика, системотехника). С этого времени в научный обиход активно вошли такие понятия, как система, системный подход, системный анализ, широко стали применяться терминология и символика теории множеств, математической логики. И дело здесь не в словоприменении, а в сущностном

изменении подходов к исследовательским процедурам, в смене научной парадигмы.

Традиционная методологическая парадигма в естествознании

Традиционный теоретический стереотип естествознания, методологический образец мышления в постановке и решении научно-практических задач складывался, начиная с XVII века, благодаря успехам классической механики (Галилей, Ньютон и др.), и просуществовал в качестве господствующей парадигмы до середины XX века. Философскую основу традиционной парадигмы составляли последовательно сменявшие друг друга различные течения и направления в теории познания: метафизика, позитивизм, неопозитивизм и др.

Традиционный стереотип, которого придерживается и в настоящее время значительная часть специалистов, в том числе и в экологии, заключается в сочетании произвольных и неконтролируемых гипотетических установок и схем с культом первичных эмпирических материалов, не связанных с какими-либо методологическими построениями исследователя.

Характерные черты традиционной парадигмы хорошо известны и сводятся в основном к следующему:

1. Объекты научного исследования даны в готовом виде самой природой и задача исследователя – всесторонняя и полная характеристика объектов.

2. Ведущая роль в исследовании принадлежит наблюдению, измерению, эксперименту.

3. Индуктивный синтез экспериментальных данных – единственный путь построения подлинно научного знания, противостоящего дедуктивным спекуляциям.

4. Основное назначение теоретических схем – систематизация, классификация эмпирических данных и предсказание новых, а не объяснение исследуемой реальности.

При использовании традиционного подхода к научному исследованию необходимо обратить внимание на два момента:

1. Природа даёт не объекты исследования в готовом виде, а представляет собой бесконечное разнообразие по признакам, свойствам и характеристикам реальности. Выделение из этого разнообразия конкретного объекта исследования представляет собой логико-методологическую процедуру, подчиняющуюся определённым правилам.

2. Утверждение, убеждение и возможность построения научной теории путём индуктивного обобщения эмпирических данных – одно из наиболее распространённых заблуждений. Группа учёных, проанализировав многочисленные прецеденты построения теорий, пришли к заключению, что ни одна из них не была создана только путём индуктивного обобщения эмпирических данных – все они были созданы методами гипотетико-дедуктивного моделирования [8].

Здесь уместно напомнить высказывание известного английского физика и организатора науки Дж. Бернала о том, что «... утвердившийся взгляд на науку описывает её законы и теории как закономерные и даже логические выводы из экспериментальных фактов. Сомнительно, чтобы при наличии такого ограничения существовала бы какая-нибудь наука» [9]. Достаточно авторитетное суждение, высказанное в начале становления системного подхода в физике, когда квантовая механика поставила трудноразрешимые проблемы с точки зрения традиционного подхода.

Системный подход и системный анализ: основные понятия и термины

Термином «система» специалисты пользовались с древнейших времён в самых разных областях знания, например, солнечная и звёздная система, нервная и кровеносная система, экономическая и политическая система, травополюсная и транспортная система и т. д. Однако до середины XX века слово «система» оставалось термином свободного пользования, поскольку системный подход не получил статуса внутренней единой исследовательской позиции, научной парадигмы.

Тем не менее в работах ряда естествоиспытателей XIX и начала XX веков можно обнаружить многие положения системного подхода. Близкие к современным идеи системного подхода высказывал известный немецкий агрохимик Юстус Либих: «Все явления связаны друг с другом без начала и конца... Мы рассматривали природу как одно целое, и все явления представляются нам взаимно связанными, как узлы в сети» [10].

Более определённые взгляды на этот счёт высказывал наш соотечественник А.А. Богданов, которого многие специалисты считают основоположником системной концепции. В работе «Всеобщая организационная наука (тектология)» её автор, в частности, писал: «... организационная наука характеризуется

прежде всего и больше всего своей точкой зрения», «... всякая задача практики и теории сводится к тектологическому вопросу: о способе наиболее целесообразно организовать некоторую совокупность элементов, реальных или идеальных...» [11].

Изложению основных положений общей теории систем посвящено множество работ, среди которых можно отметить труды Н. Винера [12], У.Р. Эшби [13], А. Ляпунова [14], М. Месаровича [15], Э. Юдина [16], Л. Берталанфи [17], Дж. Форрестера [18] и др. Значительно больше работ посвящено системным исследованиям в конкретных научных дисциплинах, в том числе и при изучении экосистем. Среди последних высоким уровнем культуры системного мышления отличаются учебники Ю. Одум [3], В.Д. Федорова, Т.Г. Гильманова [4].

Проникновение системных взглядов в массовое сознание разнопрофильных специалистов началось со времени выхода книги «Исследования по общей теории систем» [19]. История становления и развития системных исследований в нашей стране и за рубежом подробно освещена в работе «Становление и сущность системного подхода» [20].

С 1969 г. выходит ежегодник «Системные исследования» [21], в которых рассматриваются не только философско-методологические аспекты теории систем, но и приводятся результаты системных исследований в конкретных областях знания, в том числе и в экологии.

К настоящему времени сложилось большое количество специфических для системного подхода понятий и принципов.

Системный подход – общенаучный принцип познания и социальной практики, изначального (в явном виде) представления объектов исследования как систем; ориентируется на выявление внутренней структуры исследуемого объекта и раскрытия его целостных свойств и качеств с привлечением методов моделирования, логического конструирования, объяснения, предвидения и т. д.

Системный анализ – совокупность методологических, технических и аналитических средств, используемых для постановки, обоснования и решения сложных комплексных проблем; опирается на системный подход и современные методы теории управления с привлечением методов ряда математических дисциплин. Основная процедура и результат системного анализа – построение обобщённой модели объекта исследований с выявлением свойств целостности.

Системный анализ предполагает решение трёх задач с соответствующей расстановкой акцентов согласно целям исследования: анализ истории объекта безотносительно к его структуре; анализ структуры объекта безотносительно к его истории; структурно-генетический анализ объекта, который может выступать как в форме объяснения истории объекта через его структуру, так и в форме объяснения структуры объекта через его историю [20].

Две первые задачи взаимосвязаны и соответствуют диалектическим принципам развития и единства мира, а результаты решения двух первых задач служат основанием для решения третьей задачи (структурно-генетической), соответствующей абстрактно-теоретическому уровню познания. Все три задачи направлены на восстановление полной структуры целостного и организованного объекта (экосистемы).

Таким образом, и системный подход, и системный анализ складывались в условиях смены научной парадигмы, составляют её основную суть и содержание.

Особенности системного подхода

В условиях веками складывавшегося традиционного подхода внимание специалистов полностью было приковано к объекту исследования (воздух, вода, почва, растение, животное и т. д.), а прогресс познания, успех научного исследования измерялся и оценивался исключительно по совокупному конечному результату.

К настоящему времени произошла переориентация внимания специалистов от оценки конечного результата к процедурам его получения, к вопросам логики и методологии движения исследовательской мысли от рабочей гипотезы к теоретическим обобщениям и выводам. Такой переворот был обусловлен множеством причин, и главные выводы среди них могут быть следующие:

1) Возросшая сложность актуальных научных проблем, для решения которых требовалась огромная техническая оснащённость с привлечением значительных национальных ресурсов, а порой и международной кооперации (например, работы в ядерной физике, которые оказались обременительны для национальных бюджетов). В этих обстоятельствах неизбежно встаёт вопрос о критериях экономической эффективности проектируемых затрат, соотношения их с ожидаемыми результатами.

2) Необходимость привлечения для решения проектируемых работ большого количества разноплановых специалистов, превращение науки в коллективный труд, когда лидер коллектива вынужден объяснять исходные основания научно-практических разработок, методологию достижения цели.

3) Междисциплинарный характер большинства современных научных проблем, разрушение методических редутов, возведённых между специализированными по объектам исследования научными дисциплинами, что потребовало необходимости выработки конструктивных познавательных инвариантов.

Это легко понять на примере экологических исследований, в которых приходится рассматривать в единой системе объекты живой и неживой природы, а также ресурсопотребительскую деятельность человека. Поэтому не случайно, что среди всех естественных наук именно в экологии системные исследования получили наибольшее развитие, а основным объектом науки принята экосистема, т. е. изначально, в формулировке научной дисциплины даётся установка на системный характер исследований.

В настоящее время системный подход составляет основу теории управления сложными системами и широко применяется во многих сферах человеческой деятельности в виде логистических схем движения и перемещения услуг и товаров, управления движением городского транспорта, мониторинга особо охраняемых природных территорий [22], создания комфортной экологической среды и т. д.

Заключение

Смена методологической парадигмы в естествознании в XX веке с традиционной на системную многие специалисты оценивают как революционный процесс. Основной его смысл – размытие междисциплинарных границ, сложившихся за многовековую историю специализации наук по их объектам; конструирование логических и математических моделей, несовместимых объектов; разработка высокоэвристичных познавательных инвариантов и т. д. Системный подход ориентируется на выявление внутренней структуры исследуемого объекта и раскрытие его целостных свойств и качеств с привлечением методов моделирования, логического конструирования, объяснения, предвидения.

Основной результат системного анализа – построение обобщённой модели объекта иссле-

дований с выявлением свойств целостности. Системный анализ предполагает решение трёх задач: анализ истории объекта безотносительно к его структуре; анализ структуры объекта безотносительно к его истории; структурно-генетический анализ объекта, который может выступать как в форме объяснения истории объекта через его структуру, так и в форме объяснения структуры объекта через его историю.

Системный подход и системный анализ, складываясь в условиях смены научной парадигмы, составляют её основную суть и содержание.

References

1. Kuhn T. Structure of scientific revolutions. Moskva: AST, 2002. 606 p. (in Russian).
2. Kuhn T. The structure of scientific revolutions. 2ed. Chicago, London: University of Chicago Press Ltd, 1970. 210 p.
3. Odum Yu. Fundamentals of ecology. Moskva: Mir, 1975. 741 p. (in Russian).
4. Fedorov V.D., Gilmanov T.G. Ecology. Moskva: Publishing House of Moscow State University, 1980. 464 p. (in Russian).
5. Akhmedova L.Sh., Gasanov Sh.Sh. Biodiversity and ecosystem resilience: measurement, assessment, interpretation. Makhachkala: Publishing House of IPE RD "Ecopres", 2015. 352 p. (in Russian).
6. Abdurakhmanov G.M., Gasanov Sh.Sh., Akhmedova L.Sh., Radzhabova R.T. Again on sustainable development from the perspective of environmental measurements // South of Russia: Ecology, Development. 2014. No. 4. P. 7–16 (in Russian). doi: 10.18470/1992-1098-2014-4-7-16
7. Akhmedova L.Sh., Radzhabova R.T., Guseynova N.O., Kuramagomedov B.M. Geoecological evaluation of sustainable development of the Republic of Dagestan and normalizing the anthropogenic burden // South of Russia: Ecology, Development. 2015. No. 1. P. 177–184 (in Russian). doi: 10.18470/1992-1098-2015-1-177-184
8. Merkulov I.P. Hypothetical-deductive model and development of scientific knowledge. Problems and prospects of methodological analysis. Moskva: Nauka, 1980. 188 p. (in Russian).
9. Bernal J.D. The emergence of life. Moskva: Mir, 1969. 392 p. (in Russian).
10. Liebig Yu. Chemistry in application to agriculture and physiology. Leningrad: Selkhozgiz, 1936. 72 p. (in Russian).
11. Bogdanov A.A. General organizational science (tectology). Leningrad–Moskva: Kniga, 1925. 109 p. (in Russian).
12. Viner N. Cybernetics, or control and communication in the animal and the machine. 2nd ed. Moskva: Sovetskoe radio, 1968. 325 p.
13. Ashby W.R. Introduction to cybernetics. Moskva: Publishing house of foreign literature, 1959. 432 p.
14. Lyapunov A.A. What is the systematic approach to the study of real objects of complex nature // Sbornik trudov Akademii nauk SSSR, Sibirskoe otdelenie, Institut matematiki. Novosibirsk, 1970. No. 6. P. 44–56 (in Russian).
15. Mesarovich M. Theory of hierarchical multi-level systems. Translation from English // Foreword corresponding member Academy of Sciences of the USSR G.S. Pospelova / Ed. I.F. Shakhnova. Moskva: Mir, 1973. 344 p. (in Russian).
16. Yudin E.G. Methodology of science. Consistency. Activity. Philosophers of Russia of the XX century. Moskva: Editorial URSS, 1997. 444 p. (in Russian).
17. Bertalanffy L. General systems theory – a critical review. Studies in General Systems Theory: Collection of Translations // Eds. V.N. Sadovsky, E.G. Yudin. Moskva: Progress, 1969. P. 23–82.
18. Forrester J. Fundamentals of enterprise cybernetics (Industrial dynamics) / Ed. D.M. Gvishiani. Moskva: Progress, 1971. 340 p.
19. Research on the general theory of systems. Moskva: Progress Publishing House, 1969. 520 p. (in Russian).
20. Blauberg I.V., Yudin E.G. Formation and essence of the system approach. Moskva: Nauka, 1973. 271 p. (in Russian).
21. System Research. Yearbook [Internet resource] http://systems-analysis.ru/systems_research.html (Accessed: 06.05.2021).
22. Adamovich T.A., Skugoreva S.G., Ashikhmina T.Ya. Study of the chemical composition of water bodies protected area for use as a regional background // Theoretical and Applied Ecology. 2020. No. 1. P. 89–96 (in Russian). doi: 10.25750/1995-4301-2020-1-089-096