

УДК 577.22

doi:10.18720/SPBPU/2/id23-493

*Бутакова Екатерина Дмитриевна*<sup>1</sup>,  
студент;  
*Волкова Виолетта Николаевна*<sup>2</sup>,  
профессор, д-р экон. наук, профессор

## ПОНЯТИЯ «ПРОСТРАНСТВО» И «ПРОСТРАНСТВО СОСТОЯНИЙ» В СИСТЕМНЫХ ИССЛЕДОВАНИЯХ

<sup>1, 2</sup> Россия, Санкт-Петербург, Санкт-Петербургский политехнический  
университет Петра Великого,  
<sup>1</sup> bukadmi@mail.ru, <sup>2</sup> violetta\_volkova@list.ru

**Аннотация.** В статье рассматривается представление о пространстве и пространстве состояний в исследованиях Аристотеля, И. Ньютона, А. Эйнштейна, В.И. Вернадского, А.А. Богданова, Л. фон Берталанфи, М. Месаровича, В.Н. Сагатовского и Ф.И. Перегудова, А.А. Денисова. Ставится задача определить эти понятия в системных исследованиях.

**Ключевые слова:** подвижное равновесие, пространство, пространство состояний, системные исследования.

*Ekaterina D. Butakova*<sup>1</sup>,  
Student;  
*Violetta N. Volkova*<sup>2</sup>,  
Professor, Doctor of Economics

## THE CONCEPTS OF “SPACE” AND “STATE SPACE” IN SYSTEM RESEARCH

<sup>1, 2</sup> Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University,  
St. Peterburg, Russia, <sup>1</sup> bukadmi@mail.ru, <sup>2</sup> violetta\_volkova@list.ru

**Abstract.** The article discusses the concept of space and space of states in the studies of Aristotle, I. Newton, A. Einstein, V.I. Vernadsky, A.A. Bogdanov, L. von Bertalanffy, M. Mesarovich, V.N. Sagatovsky and F.I. Peregudov, A.A. Denisov. The task is to define these concepts in system research.

**Keywords:** movable equilibrium, space, space of states, systems studies.

## **Введение**

Развитие представлений о пространстве связано с развитием учения о материи и движении.

Проблема была поставлена еще в древней натурфилософии. Атомисты (Демокрит, Эпикур, Лукреций) разделили все существующее на непроницаемые, неизменные материальные атомы и пустое пространство, которое по их мнению необходимо для объяснения движения. Однако их представления вызвали возражения ряда древних философов (напр., Аристотель). Дискуссии о природе и связи пространства с материей продолжались в течение многих лет. В период Нового времени пространство стало рассматриваться не только «объективно», как связанное с физическими телами, но и «субъективно», как продукт сознания или восприятия (Гоббс, Дж. Локк).

В специальной теории относительности Эйнштейна пространство является четырехмерным пространством Минковского и представляет собой псевдоэвклидово многообразие, в котором находятся различные физические поля.

Идею об особой роли пространства и времени в социально-экономических системах впервые выдвинул А.А. Богданов.

Проблема определения пространства состояний возникает при постановке практически любых задач, особенно в сложных системах. Поэтому актуально изучение представлений о пространстве и обоснование выбора определения и формализованного описания пространства состояний при решении конкретных задач.

### **1. Представления о пространстве**

В современных энциклопедиях и словарях пространство определяется как «всеобщая форма существования материи» [1] уточняется как «объективная реальность, форма существования материи, характеризующаяся протяженностью и объемом» [2], характеризуется с большей детализацией форм восприятия реальности и отношений применительно к различным сферам применения этого термина (в математике, физике и др. [2], Исторически первое и важнейшее математическое пространство евклидово [3]), предлагаются варианты определений [4]).

Согласно современным представлениям, физический вакуум не есть пустота как абсолютное ничто или как лишенное материальных частиц протяжение или пространство, но является основным состоянием физической системы, обладающим минимально возможной энергией, которая может быть и не равна нулю.

Системное социально-экономическое пространство — арена функционирования, взаимодействия и трансформации социально-экономических систем различного масштаба и назначения.

Рассмотрим физические аналоги социально-экономического пространства (см. табл. 1).

## Физические аналоги социально-экономического пространства

Название	Краткое определение	Пояснения
Пространство Аристотеля	Пространство мест, занимаемых телами	У Аристотеля пространство представляет собой «индивидуальное достояние» чувственно-воспринимаемых (физических) тел, т. е. место. Существование места доказывается тем, что, во-первых, все предметы находятся где-нибудь, если они существуют; во-вторых, фактом пространственного перемещения и, в-третьих, перестановкой вещей (например, там, где раньше была вода, может находиться воздух или другое тело). Место не только существует, представляя собой нечто, но и имеет определенную силу, поскольку по Аристотелю каждое тело, если ему не препятствовать, стремится занять свое собственное место
Пространство И. Ньютона	Пустота, заполняющая промежутки между телами	«Предполагать... что тело может действовать на другое на любом расстоянии в пустом пространстве, без посредства чего-либо передавая действие и силу, это, по-моему, такой абсурд, который немислим ни для кого, умеющего достаточно разбираться в философских предметах» [5]. <b>Абсолютное пространство</b> — в классической механике — трёхмерное евклидово пространство, в котором выполняется принцип относительности при преобразованиях Галилея. Термин введен Ньютоном. Пространство и время у него выступают в качестве универсального вместилища, обладающего отношениями порядка и существующие независимо как друг от друга, так и материальных тел
Пространство А. Эйнштейна	Поле взаимного влияния материи и энергии, искривляющего геометрию пространства-времени	Согласно представлению Эйнштейна, каждое движение тела происходит относительно определённого тела отсчёта, поэтому все физические процессы и законы должны формулироваться по отношению к точной системе отсчёта, следовательно, не существует никакого абсолютного пространства и времени. Теория относительности рассматривает мир как четырёхмерный, где тремя координатами $x$ , $y$ , $z$ описывают пространство, а четвёртой — время $t$ . Пространство и время — динамические величины: когда движется тело или действует сила, это изменяет кривизну пространства и времени, а структура пространства-времени в свою очередь влияет на то, как движутся тела и действуют силы [6]. Используется четырехмерное пространство, открытое Пуанкаре (1905) и Минковским (1908), лоренцевы (или галилеевы) координаты, координаты Риндлера и координаты Борна и др.

Название	Краткое определение	Пояснения
Пространство В.И. Вернадского	Биосфера, содержащая живую, социальную и неживую материю	«Живое вещество, мне кажется, есть единственное, может быть, пока земное явление, в котором ярко проявляется пространство-время» [7]. Каждая экосистема находится в непрерывном развитии — сукцессии. Экологическая сукцессия — это упорядоченный процесс развития сообщества животных, который происходит вместе с изменением окружающей среды [7]

## 2. Пространство А.А. Богданова

На основе исследования различных представлений о пространстве и их сопоставления с разделами экономики Г.Б. Клейнер [8] делает вывод о том, что применительно к общеизвестным разделам экономики можно утверждать, что макроэкономика функционирует главным образом в абсолютном пространственно-временном континууме И. Ньютона; мезоэкономика — в пространстве локализаций («мест») Аристотеля; микроэкономика — в пространстве взаимозависимости массы, характеристик пространства и времени А. Эйнштейна; наноэкономика — в биологическом пространстве и времени (биосфере) В. Вернадского (табл. 2).

Таблица 2

Разделы экономики как пространства

Разделы экономики	Пространство
Макроэкономика	Абсолютный пространственно-временной континуум И. Ньютона
Мезоэкономика	Пространство локализаций («мест») Аристотеля Время описывается и воспринимается через движение мест, занимаемых телами
Микроэкономика	Пространство взаимозависимости массы, характеристик пространства и времени А. Эйнштейна
Наноэкономика	Биологическое пространство и время (биосфера) В.И. Вернадского

Кроме того, Г.Б. Клейнер считает, что пространство в работах российского учёного-энциклопедиста А.А. Богданова должно стать платформой для «объединения» видов экономик и базой для изучения влияния одной на другую: «Системная модель А. Богданова должна стать основой комплексных экономических исследований, сопрягающих проблематику и результаты макро-, мезо-, микро- и наноэкономики», амальгамой пространств Аристотеля, И. Ньютона, А. Эйнштейна, В. Вернадского» [8].

Основные черты модели экономического пространства А.А. Богданова будут рассмотрены далее.

### 3. Пространство состояний

Термин «пространство состояний» введен в математике и физике как фазовое пространство динамической системы. Траектория движения *изображающей точки* в этом пространстве — *фазовая траектория*.

В пространстве состояний создаётся модель динамической системы, включающая набор переменных входа, выхода и состояния, связанных между собой дифференциальными уравнениями. Для линейных систем — в виде уравнений первого порядка. Для нелинейных — в виде совокупности дифференциальных уравнений первого порядка, которые могут записываться в матричной форме.

В отличие от описания в виде передаточной функции и других методов частотной области, пространство состояний позволяет работать не только с линейными системами и нулевыми начальными условиями.

Термин применяется в теории вероятностей (вероятностное пространство), в теории игр (пространство состояний результатов игры), в теории искусственного интеллекта (пространство состояний нейронной сети).

В теории управления пространство состояния — один из основных методов описания поведения динамической системы.

Для исследования сложных открытых систем термин «пространство состояний» предложил использовать М. Месарович, который ввел этот термин, объясняя суть терминального подхода [9, с. 168], и определил пространство, используя понятие «черного ящика» У.Р. Эшби .

$$S \subset X \times Y,$$

где  $X = X_1 \times, \dots, \times X_m$  — входы (причины, стимул рассматриваемого явления или процесса);

$Y = X_{m+1} \times, \dots, \times X_n$ . — выходы (следствие, реакция).

В организационной теории «Тектология» А.А. Богданов [10] ввел понятие состояния *подвижного равновесия*.

При введении этого понятия А. А. Богданов опирался на «закон равновесия», сформулированный в физико-химических науках А. Л. Ле Шателье. Этот закон говорит о том, что «системы, находящиеся в определенном равновесии, обнаруживают тенденцию сохранять его, оказывают внутреннее противодействие силам, его изменяющим».

Закон равновесия, сформулированный Ле Шателье для физических и химических объектов, по мнению Богданова, имеет универсальный характер и является «выражением структурной устойчивости» развивающихся систем любого уровня организации вещества. А. А. Богданов так поясняет суть вводимого понятия:

*«Подвижное равновесие считалось специальной особенностью живых тел. Биологи дали двум его сторонам, двум образующим его потокам названия ассимиляции — дезассимиляции, т. е. буквально «уподобления — разуподобления». Первое означает усвоение элементов из внеш-*

ней среды, при котором они, входя в состав данного комплекса, образуют в нем группировки, «подобные» другим его группировкам, уподобляются им; второе — разусвоение элементов, их потерю в окружающую среду, причем они вступают в новые сочетания, не сходные с прежними, не подобные им. У нас те же термины будут относиться, конечно, ко всяким организованным комплексам, ко всем возможным тектологическим формам» [9].

Л. фон Берталанфи [11] связал введенное А. А. Богдановым понятие подвижного равновесия с понятием эквифинальности и сформулировал закономерность эквифинальности:

*« ... при соответствующих условиях открытая система достигает состояния подвижного равновесия, в котором ее структура остается постоянной, но в противоположность обычному равновесию это постоянство сохраняется в процессе непрерывного обмена и движения составляющего ее вещества. Подвижное равновесие открытых систем характеризуется принципом эквифинальности, то есть в отличие от состояний равновесия в закрытых системах, полностью детерминированных начальными условиями, открытая система может достигать не зависящего от времени состояния, которое не зависит от ее исходных условий и определяется исключительно параметрами системы»* [11, с. 42].

Л. фон Берталанфи объяснил суть подвижного равновесия на основе предложенной им закономерности, которая в открытых системах с активными элементами противоречит второму закону термодинамики — «способность противостоять энтропийным (разрушающим систему) тенденциям».

По Берталанфи, открытая система в отличие от закрытых (изолированных) при соответствующих условиях достигает состояния *подвижного равновесия*, в котором ее структура остается постоянной, в результате открытости системы. В последующем было осознано, что негэнтропийные тенденции инициируются *активными элементами*, проявляющими собственные «инициативы», активное начало.

Важно оговорить, что термин «подвижное равновесие» имеет особый смысл, который сложно передать другими терминами и понять, не ознакомившись с работами А. А. Богданова и Л. фон Берталанфи.

При нахождении объекта в этом состоянии собственно движения не происходит, если связывать движение с системой координат пространства–времени. Происходит изменение соотношения энтропийно-негэнтропийных тенденций, т. е. имеет место принципиально другая система координат. В английском языке нет термина, абсолютно передающего сложное понятие «*подвижное равновесие*» (англ. *moving equilibrium* — движущееся равновесие; *state of mobile equilibrium* — состояние мобильного равновесия). Л. фон Берталанфи использует не-

сколько терминов, включая “(quasi-)state equilibrium” — «квазистатическое равновесие». Точнее всего смысл термина «подвижное равновесие» передает термин “movable equilibrium”.

### **Заключение**

Термины «пространство» и «пространство состояний» используются в системных исследованиях не только при применении терминального подхода М. Месаровича. В частности [12], В.Н. Сагатовский и Ф.И. Перегудов используют этот термин при применении системно-целевого подхода, связывая его со средой — «пространство инициирования целей».

Модель ситуации в информационной теории А. А. Денисова, построенную на основе формализованного представления законов диалектической логики и представляемую в виде системы дифференциальных уравнений второй степени, видимо, можно считать описанием пространства состояний с учетом кинематики и динамики поведения системы.

### **Список литературы**

1. Большая советская энциклопедия / Гл. ред. О. Ю. Шмидт. – М.: Советская энциклопедия, 1926–1947. – Т. 35. – С. 105.
2. Научно-технический энциклопедический словарь. – URL: [mydict.ru/dic/nauchno-tehnicheskij...slovar/](http://mydict.ru/dic/nauchno-tehnicheskij...slovar/) (дата обращения: 30.11.2022).
3. Большой энциклопедический словарь / Гл. ред. А. М. Прохоров. – 2-е изд, перераб. и доп. – М.: Большая Рос. энцикл. – СПб.: Норинт, 2000. – 1434 с.
4. Большая российская энциклопедия – электронная версия. – URL: [old.bigenc.ru](http://old.bigenc.ru) (дата обращения: 30.11.2022).
5. Вавилов С.И. Исаак Ньютон. – 2-е изд., доп. – М.–Л.: Изд. АН СССР, 1945.
6. Научные методы. Эмпирический уровень (наблюдение, измерение, эксперимент) и теоретический уровень (абстрагирование, формализация, идеализация, индукция, дедукция) [Электронный ресурс]. – URL: <https://studfile.net/preview/4114412/page:8/> (дата обращения: 23.10.2022).
7. Вернадский В. [Электронный ресурс] // Институт исследований природы времени. – URL: <http://www.chronos.msu.ru/old/quotations/vernadsky.html> (дата обращения: 23.11.2022).
8. Клейнер Г.Б. Новый взгляд на социально-экономическое пространство: организационно-управленческая модель А. Богданова // Системный анализ в проектировании и управлении: В 3 ч. Ч. 1: сборник научных трудов XXVI Международной научно-практической конференции, 13-14 октября 2022 г. – СПб.: ПОЛИТЕХ-ПРЕСС, 2023. – С. 14–20.
9. Месарович М.Д. Общая теория систем и ее математические основы // Исследования по общей теории систем: сб. переводов. / Общ. ред. и вступит. статья В.Н. Садовского и Э.Г. Юдина. – С. 165–180.
10. Богданов А.А. Тектология. Книга 1. [Электронный ресурс]. – URL: <https://traumlibrary.ru/book/bogdanov-tektologia-1/bogdanov-tektologia-1.html> (дата обращения: 23.10.2022).
11. Берталанфи Л. фон. Общая теория систем: критический обзор // Исследования по общей теории систем. – М.: Прогресс, 1969. – С. 23–82.
12. Системный анализ в проектировании и управлении: Научно-педагогическая школа / В.Н. Волкова, В.Н. Козлов. – СПб.: Изд-во политехн. ун-та, 2018. – 72 с.