УДК 57.018.634.72
DOI: 10.17277/voprosy.2026.02.pp.029-045

ПРИНЦИПЫ СИММЕТРИИ И ДИССИММЕТРИИ В НАУЧНОМ НАСЛЕДИИ В. И. ВЕРНАДСКОГО

© Н. С. Попов[1]✉, С. Г. Толстых[1]

[1] *ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный технический университет», Тамбов, Российская Федерация*
✉eco@mail.tstu.ru

Ключевые слова: гармония; единство в многообразии; компромисс; координация; красота; пропорция; принципы симметрии; природо-промышленные макросистемы; ряд Фибоначчи; устойчивое развитие; учение В. И. Вернадского о биосфере.

Аннотация: В разные исторические эпохи постижение человеком красоты и гармонии Вселенной приводило к развитию его духовной и нравственной культуры, поиску таинства смысла жизни, обогащению знаний о структурных особенностях живого и косного вещества, росту самосознания. Впечатляющий интерес у людей вызывали симметричные формы природных тел, их пропорции, сочетания цветов и звуков. Переход от чувственного восприятия гармонии к количественным измерениям означало трансформацию качественной философской категории в практический инструмент науки и искусства. Идеи В. И. Вернадского о симметрии и диссимметрии заложили основы в изучение пространственно-временных характеристик природных процессов, эволюционных механизмов и взаимодействий живого вещества с косным. Настоящая работа посвящена продвижению идей ученого в область обсуждения стратегии устойчивого развития цивилизации.

Введение

Три тысячелетия лучшие умы человечества – мыслители и философы, ученые и зодчие пытались объяснить феномен визуальной красоты мироздания – от земных пространств, наполненных естественными и антропогенными ландшафтами, разнообразием геометрических форм природных тел, эффектными цветовыми и звуковыми явлениями, до космических пространств, доступных человеческому взору и поражающих воображение неизменностью движения небесных тел, их красотой и величием.

Красота окружающего мира вдохновляет людей на творчество и созидание, подвиги и открытия, на понимание смысла жизни, заложенного в универсальном законе бытия, именуемом гармонией. Древнегреческое слово гармония, как известно, означает связь, стройность, соразмерность, соотношение, слияние [1]. Оно выражает согласованность и соразмерность

сущностей любой системы, прообразом которой часто оказываются земные пейзажи и тела.

В философско-эстетическом смысле гармония означает согласованность разнородных и, возможно, противоположных элементов, слаженность целого, которая рождается от сочетания противоположных по качеству сущностей.

Великий французский математик, механик, физик, астроном и философ А. Пуанкаре в книге «Ценность науки» (1905 г.) писал, что «гармония мира и есть единственная объективная реальность, единственная истина». Он считал, что гармония выражается математическими законами и является источником всякой красоты. Гармония отдельных частей, их симметрия и равновесие вносят порядок и сообщают частям единство, позволяют ясно их различать и понимать целое одновременно с деталями. Выдающийся физик-теоретик А. Эйнштейн в книге «Мир, каким я его вижу» (1935 г.) писал, что законы Вселенной, придающие ей не только красоту, но и гармонию, – это и есть проявление Бога. Крупнейший и влиятельный математик XX века Г. Вейль считал, что: «Красота тесно связана с симметрией» [2].

Теме красоты и гармонии мира посвящено большое количество философских, культурологических и научных публикаций [3 – 8], материалы которых нашли свое отражение и в настоящей работе. Ее основные цели связаны с продвижением идей симметрии – диссимметрии, изложенных в трудах академика В. И. Вернадского, в проблему устойчивого развития земной цивилизации.

История развития учения о гармонии

Каждое поколение ученых стремится осмыслить Вселенную – понять ее устройство, смысл и законы развития, используя для этого наследие прошлого и открывая с его помощью новые горизонты познания. Исторически эволюция учения о гармонии развивалась по двум направлениям: «чувственному» – в творчестве художников, скульпторов, поэтов и композиторов, и «числовому» – в работах математиков, физиков, архитекторов и инженеров. Красота мироздания, воплощенная в произведениях деятелей искусства, становилась основой при поиске количественных измерений (закономерностей) гармонии теми, кто использует математические расчеты в своей профессии. Учение Пифагора о гармонии является свидетельством сочетания идей, связанных и с искусством, и с математикой.

Осознав число как принцип гармонии, пифагорейцы развили учение о креативной сущности числа во всем мироздании и пришли к заключению о том, что «все есть число». В античной философии представление о гармонии развивалось в учениях Гераклита, Платона и Аристотеля. Для них гармония – это соразмерность, единство составных частей, порядок и регулярность. Она объясняется пропорцией, мерой и числом.

В античную эпоху триада: «красота – гармония – симметрия» была основной догмой, а симметрия трактовалась как зеркальное сходство частей целого. Именно в эту эпоху зародилось понятие «золотого сечения» – особой пропорции, при которой целое относится к большей части так же, как большая часть к меньшей. При этом число, выражающее это отноше-

ние φ = 1,618 …, именуют золотым числом. Впервые золотое сечение было описано Евклидом (III в. до н.э.) в книге VI «Начала».

В эпоху Средневековья гармония воспринимается как пропорция и свет, что добавило к античному количественному представлению о гармонии качественный смысл. Однако математическое восприятие гармонии закрепилось и в средневековой культуре. Философ и богослов А. Августин в учении о гармонии утверждал: «красота есть гармония, гармония есть пропорция, пропорция есть число». Не осталась без внимания и «золотая пропорция»: математик Л. Пизанский (Фибоначчи) описал последовательность чисел, ставшую основой для приближения к числу φ.

Идея гармонии была характерна и для эпохи Возрождения (Ренессанса), ознаменованной творчеством трех великих итальянских мастеров: Леонардо да Винчи, Микеланджело Буонарроти и Рафаэля Санти. И если в античности гармония воспринималась как свойство космоса, а в Средневековье – свойством Бога, то в Ренессансе она в равной степени считалась свойством природы, искусства и человека. И в отличие от статичной гармонии средневековья в эпоху Возрождения появилось понимание гармонии движения (грации), а в общем смысле – динамического процесса, отражающего перемены в обществе и культуре. Не была забыта и «золотая пропорция»: математик Л. Пачоли подробно разобрал ее эстетические и геометрические стороны в трактате «О божественной пропорции» (1509 г.), а Леонардо да Винчи сопроводил текст рисунками.

В эпоху Нового времени и эпоху Просвещения гармония являлась объектом изучения науки. Эти периоды связывают с трудами выдающихся мыслителей: Р. Декарта, Ф. Бэкона, И. Ньютона, Д. Дидро, И. Канта, Ф. Хатчесона и многих др. Немецкий философ И. Кант понимал гармонию как единство в многообразии и считал ее результатом эволюции самой природы. В работах других просветителей гармония рассматривалась не только в виде символа согласия и упорядоченности, но и в аспекте равновесия рационального и эмоционального начала в человеке. Немецкий философ А. Цейзинг, основными интересами которого были математическая эстетика и золотое сечение, приписывал золотому сечению универсальную роль в красоте природы и искусства, что поспособствовало широкому распространению этой мысли в научном сообществе того времени.

Принцип «единство в многообразии», по всей видимости, является наиболее значимым в описании гармонии, поскольку он прошел испытание временем – от античности (философ Плотин, ок. 270 г. н.э.), до наших дней. Шотландский философ эпохи Просвещения Ф. Хатчесон в трактате «О красоте, порядке, гармонии, целесообразности», в разделе «О красоте теории» (1725 г.) впервые ввел в науку данный принцип в формулировке – «красота есть единство в многообразии». Он может рассматриваться как общесистемный, поскольку в нем заложено понятие вариативности элементов (сущностей), характерных для любой системы. Эстетическое восприятие принципа связано с единством многообразных геометрических форм, образов, структур, проявлений или ценностей, создающих визуальную красоту и слаженность.

В 1938 г. американский психолог Р. С. Вудворт использовал принцип «единство в многообразии» для объяснения феномена золотого сечения следующим образом: «квадрат – это единство, узкий прямоугольник – это многообразие, а приятный глазу вид – нечто среднее». Под «нечто среднее» понимается результат синтеза «единства» и «многообразия». В конце XX века вновь возрос интерес к более точным определениям единства в многообразии. В 2000 г. этот принцип стал официальным девизом Евросоюза.

На современном этапе развития науки, отмеченном междисциплинарным характером проводимых исследований, использованием принципа универсального эволюционизма академика Н. Н. Моисеева и разработкой теории синергетики, гармония рассматривается как универсальный способ отбора структур в процессах самоорганизации. Она уже не является субъективным эстетическим идеалом, а объективной закономерностью, отвечающей на главный вопрос: почему природа и общество выбирают определенные формы развития из множества возможных.

Из истории учения о гармонии следует вывод о том, что количественное и всеобъемлющее математическое описание гармонии, рассматриваемой в качестве универсального закона бытия, ученым пока получить не удалось. Пропорция «золотого сечения», ряд Фибоначчи и эмпирические законы движения планет Кеплера являются гениальными открытиями в истории человечества, нашедшими применение в различных областях науки, техники, культуры и искусства, но по сути могут рассматриваться в виде фрагментарных математических моделей реального мира, созданных на основе законов логики, геометрии, астрономии и небесной механики. Для лучшего понимания гармонии, как универсального закона мироздания, необходимо использовать не только философские подходы, но и универсальные принципы, одним из которых является упомянутый выше принцип «единство в многообразии».

Диалектика принципа «единство в многообразии»

Согласно данному принципу целостность не исключает различий (многообразий), а даже напротив, предполагает их и формируется на их основе. При этом единство понимается через свойство эмерджентности, то есть через связь элементов, создающих структуру с качественно новыми свойствами (целое не сводится к сумме частей), а многообразие – это различие между элементами системы, их уникальные особенности и функции. Отсюда формула принципа в диалектике следующая: целостность возникает и развивается через взаимодействие противоположностей, а гармония достигается не уничтожением различий, а их конструктивным взаимодействием на основе согласований целей и средств достижения. И вследствие большой общности данного принципа он применим ко всем условиям реальности – от субмикронных частиц до биосферы в целом.

Для живой и неживой природы принцип «единство в многообразии» выразим с помощью кибернетической модели, изображенной на рис. 1.

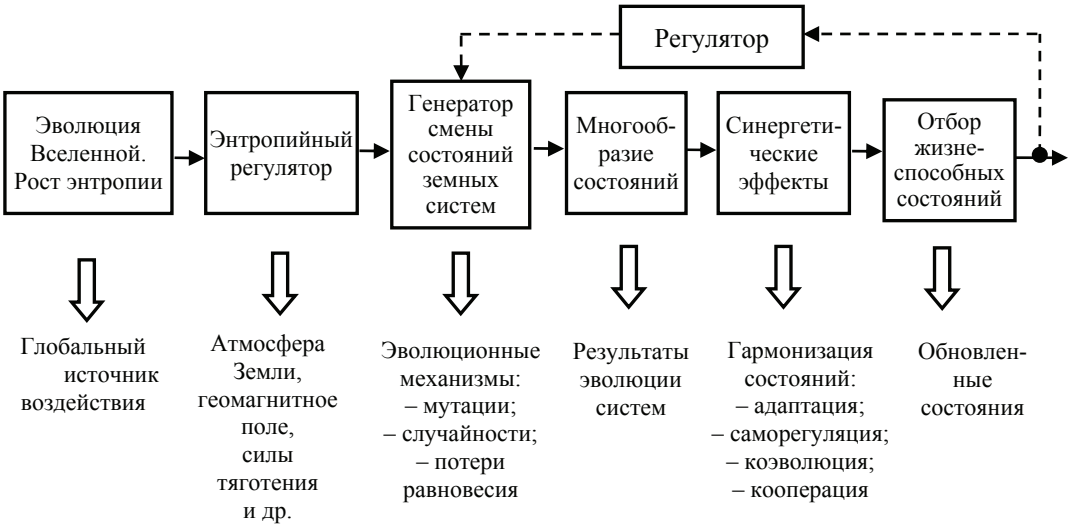

Рис. 1. Кибернетическое отображение принципа «единство в многообразии»

Биосфера Земли – это открытая диссипативная система, функционирующая за счет потока солнечной энергии. Она формируется под влиянием аллогенных (внешних) сил, таких как геологические и климатические изменения, и аутогенных (внутренних) процессов, обусловленных активностью живого вещества. По существующей на сегодня космологической теории уровень галактической радиации влияет на земную жизнь, вызывает мутации в ДНК организмов, ускоряет эволюционные процессы и приводит к появлению новых биологических видов. Энтропия Вселенной не определяет напрямую эволюционные события на Земле, но задает для них фундаментальные ограничения и возможности.

В свою очередь атмосфера Земли выступает «энтропийным регулятором», поскольку работает как сложная саморегулируемая система: 1 – оптимизирует поток солнечной энергии (через парниковый эффект и конвекцию); 2 – усиливает действие отрицательной обратной связи (формируя облака и изменяя альбедо); 3 – поддерживает условия протекания биохимических процессов, запасающих негэнтропийную энергию; 4 – защищает упорядоченные структуры от дестабилизирующих факторов. Многообразие проявлений жизни на Земле есть результат сложного взаимодействия ряда факторов: потока солнечной энергии с низкой энтропией, механизмов адаптации и естественного отбора, гравитационной, электромагнитной и космической энергий. По определению Э. Шредингера «Жизнь – это упорядоченное и закономерное поведение материи, основанное не только на одной тенденции переходить от упорядоченности к неупорядоченности, но и частично на существовании упорядоченности, которая поддерживается все время». А значит жизнь – это процесс непрерывной смены состояний живой материи в пространстве и времени, в результате которого возникает полиморфизм – многообразие форм, видов или проявлений, из которых рождается гармоническое целое. Организмы создают и поддерживают сложную структуру в сообществах, противостоя термодинамическому равновесию.

Генератором смены состояний биосферы является эволюция. По мнению Нобелевского лауреата Ж. Моно, «инициатором» эволюционных процессов в биосфере выступает случайность [9]. С учетом этого формализуем эволюционный процесс E_{vop} в виде [10]

$$E_{\text{vop}} := P\left\{\exists \varepsilon^* \in E \mid h(t_i) \underset{\varepsilon^*}{\Rightarrow} h\left(t'_{i+1}, \varepsilon^*\right) \underset{\min H}{\Rightarrow} h(t_{i+2}) \wedge \theta(h(t_{i+2})) > \theta(h(t_i))\right\},$$

$$i = 0, 1, 2, \ldots, \tag{1}$$

где P и : = – соответственно символ вероятности и знак «по определению»; $\wedge$ – логический знак «И»; H – знак энтропии нового состояния системы.

Согласно (1) эволюционный процесс определен как вероятность существования такого случайного события (возмущения, мутации) ε^* на множестве возможных событий E, что система, находящаяся в состоянии $h(t_i)$, в момент времени t'_{i+1} переходит в состояние $h\left(t'_{i+1}, \varepsilon^*\right)$, выход из которого осуществляется под действием соответствующих движущих сил, минимизирующих энтропию системы, и при этом структурная сложность нового состояния, обозначенного $\theta(h(t_{i+2}))$, становится больше структурной сложности предыдущего состояния $\theta(h(t_i))$. В процессе эволюционного развития система максимизирует контакты с внешней средой, увеличивает устойчивость, улучшает понимание условий внешнего окружения и повышает свою управляемость. Наличие вероятностного оператора P связано с недостаточной предсказуемостью эволюционного процесса из-за неопределенности состава элементов множества E.

Итак, в процессах эволюции природных и антропогенных систем возможно появление множества состояний, каждое из которых обладает конкретными физико-химическими, биологическими, геометрическими, функциональными и иными свойствами. Синергетический эффект гармонизирует состояния сложных нелинейных экосистем с их окружением через процессы самоорганизации – самопроизвольного возникновения пространственно-временной упорядоченности (слаженности). Механизмы возникновения положительного синергетического эффекта известны как комменсализм, кооперация и мутуализм [11]. Отрицательный синергетический эффект может быть вызван такими механизмами, как конкуренция, аменсализм, паразитизм, хищничество и нейтрализм.

Отрицательный эффект вызывает дисгармонию в системах через уменьшение их общего потенциала и организованности в результате негармоничного взаимодействия элементов и частей. В результате этого происходит отбор наиболее гармоничных жизнеспособных и устойчивых состояний. В антропогенных системах человек сознательно участвует в создании новой реальности, производя смену состояний под контролем – в целях обеспечения устойчивого развития экономики, природы и общества.

В формализованном виде принцип «единство в многообразии» представим следующим образом. Пусть в гипотетической системе S существует набор элементов (сущностей), образующих многообразие $M = (m_1, m_2, \ldots, m_n)$, для которого декартово произведение можно выразить в форме

$$M^n = M \times M \times ... \times M \ . \tag{2}$$

Введем оператор отображения F, преобразующий (2) в качественно новое свойство χ:

$$F : M^n \to \chi \, , \tag{3}$$

где M^n – множество всех возможных комбинаций элементов; χ – свойство «единства», возникающее в результате взаимодействия элементов; F – оператор, реализующий рассматриваемый принцип.

Оператор F необходимо наделить рядом свойств для адекватного отображения единства в многообразии:

1. Неаддитивностью

$$F(m_i, m_j) \neq F(m_i) + F(m_j), i, j = \overline{1, n} \, , \tag{4}$$

из которого следует, что свойство χ не является суперпозицией известных свойств отдельных элементов, поскольку это эмерджентное свойство.

2. Зависимостью от структуры взаимодействующих элементов

$$F_s : M^n \to \chi \, , \tag{5}$$

где s – признак правила взаимодействия элементов.

3. Сохранения индивидуальности элементов в системе, несмотря на появление нового свойства χ

$$\pi_i \circ F_s = \text{const} \, , \tag{6}$$

где $\circ$ – символ проекции результата π_i на i-й элемент.

4. Инвариантности перестановок элементов

$$F(m_1, m_2, ..., m_n) = F(m_{\nu(1)}, m_{\nu(2)}, ..., m_{\nu(n)}) \, , \tag{7}$$

где ν – обозначение перестановок.

5. Устойчивости взаимодействия

$$\left| m_i - m_i^{\text{в}} \right| < \varepsilon \Rightarrow \left\| F_s(m) - F_s(m') \right\| < \delta(\varepsilon) \, , \tag{8}$$

где m_i, $m_i^{\text{в}}$ – соответственно элементы в первоначальном и возмущенном состояниях; $\|\cdot\|$ – метрика; ε, $\delta(\varepsilon)$ – допустимые диапазоны изменений элементов и структур.

Симметрия в гармонии

По преданию слово «симметрия» приписывают скульптору Пифагору Регийскому, жившему в V веке до н.э., Южная Италия. По замечанию В. И. Вернадского, понятие симметрии выросло на изучении живых организмов и живого вещества, в первую очередь человека.

Рассмотрим гипотетическую систему S, состоящую из разнородных элементов обозначенных символами m_1, m_2,…, m_n, любая часть которых может многократно дублироваться согласно устройству системы. К ней относятся физико-химические, механические, электрические, биологиче-

ские, информационные и другие системы, из категории сложных. Свойство эмерджентности проявляется в динамических системах в виде спонтанного возникновения новых структур, без участия каких-либо внешних воздействий, только за счет взаимодействия элементов. В статических системах – при воздействии внешних факторов, с проявлением какого-либо неожиданного свойства, например, гармонии.

Схема соединения элементов в S формируется в процессе создания системы в конкретных искусственных или естественных условиях, либо в процессе внешнего управления межэлементными связями. К последнему варианту относится и ситуация, в которой потенциальный наблюдатель, рассматривая пейзаж, подсознательно акцентирует внимание именно на той совокупности объектов, которая в его представлении создает эффект гармонии.

Термин «система» означает множество элементов и отношений между ними. Отношение понимается как связь, соединение, структура и т.д. С учетом этого система S представляет собой упорядоченную пару $S = (M, R)$, где M – конечное множество элементов: $m_1, m_2, \ldots, m_n$, R – конечное множество отношений между ними. Задание бинарных отношений элементов m_i, $m_j \in M$ возможно матричным или графовым способом. Первый способ полезен при компьютерной обработке информации, обычно задаваемой матрицей смежности $\|m_{ij}\|$, а второй – при визуализации структуры или свойств отношений. Теория графов позволяет строить математические модели для любых систем, содержащих бинарные отношения. В работе [12] приведены множественные примеры построения диаграмм графов, орграфов и деревьев, часть которых обладает свойством симметрии. Бинарное отношение R на множестве M симметрично, если $\forall m_i, m_j \in M, m_i R m_j \Rightarrow m_j R m_i$.

Симметрия структуры – это упорядоченность расположения элементов внутри объектов (систем) относительно точек, линий или плоскостей симметрии. Тогда как симметрия самого объекта (системы) заключается в ее неизменности (инвариантности) при определенных преобразованиях координат: поворотах, сдвигах, переносах, отражениях и т.п. Симметрия структуры задает возможные формы и свойства системы. Согласно принципу Ф. Э. Неймана, известного в кристаллографии, «Элементы симметрии любого физического свойства кристалла должны включать элементы симметрии точечной группы самого кристалла»: $G_s \subseteq G_p$, где G_s и G_p – соответственно симметрии структуры и свойства. Чем более упорядочена и регулярна внутренняя структура, тем больше вероятность того, что сама система будет симметричной. Верно и обратное – наблюдая симметрию системы, можно предположить наличие симметрии ее структуры. При этом структура является первичной. Поскольку любая структура формируется в результате комбинаций последовательного и/или параллельного соединения элементов, для симметричных структур характерны параллельные соединения и тождественные (при преобразованиях) элементы. А как известно, надежность систем с параллельным соединением элементов оказывается выше последовательных. Возникновение в природе сим-

метричных объектов и систем может быть оправдано их более высокой надежностью и устойчивостью к внешним воздействиям.

Симметрия является количественным выражением гармонии и красоты. Будучи важнейшим природным формообразующим принципом, симметрия оказывается и ведущим принципом гармонии. В XX веке стало понятно, что принцип симметрии фактически лежит в основе всего мироздания. Физик-теоретик Ю. Вигнер в своей Нобелевской лекции (1963 г.) назвал симметрию «сверхпринципом науки». Он считал, что принципы симметрии устанавливают связи между законами природы, а законы природы устанавливают структуру в мире явлений.

Симметрия тел способна порождать полезные физико-химические, механические, электрические и оптические свойства. Вот некоторые из них: в авиа-, ракето- и судостроении симметрическая форма изделий снижает сопротивление обтекающей их среды, позволяет развивать большую скорость и экономить топливо; в химической отрасли и машиностроении создавать материалы с изотропными свойствами, что упрощает разного рода инженерные расчеты; в лазерах симметричное строение кристаллов улучшает качество выходного излучения.

Влияние симметрии на свойства определяется принципом П. Кюри: «Если определенные причины вызывают соответствующие следствия, то элементы симметрии причин должны проявляться в вызванных ими следствиях». Этот принцип позволяет, например, найти измененную симметрию кристалла и соответствующие изменения симметрии его физических свойств. Принцип П. Кюри в редакции академика А. В. Шубникова (1956 г.) выражен следующим образом: «Когда несколько различных явлений природы накладываются друг на друга, образуя одну систему, их диссимметрии складываются. В результате остаются лишь те элементы симметрии, которые являются общими для каждого явления в отдельности». Здесь под диссимметрией понимается частичное нарушение симметрии.

Воспользуемся формулировкой Шубникова и рассмотрим систему S, обладающую симметричной структурой до воздействия на нее явлений природы. И пусть каждое i-е из этих явлений вызывает диссимметрию, преобразуя структуру системы S в систему S_i с новой структурой в результате изменения вероятностей состояний. Тогда совместное действие всех явлений природы приводит к возникновению серии новых систем: $S \to S_1 \to S_2 \to \ldots \to S_n$, в которой S_n финальное состояние системы S, обладающее «остаточной» симметрией.

Если диссимметрические состояния зависимы, энтропия объединенных систем находится из выражения

$$H(S_1, S_2, ..., S_n) = H(S_1) + H(S_2 \mid S_1) + H(S_3 \mid S_1, S_2) + ...H(S_n \mid S_1, S_2 ..., S_{n-1}). \quad (9)$$

Нарушение симметрии в S порождает новые свойства и эффекты. Об этом гласит ключевой принцип П. Кюри: «Диссимметрия творит явление». Она служит механизмом эволюции – от кристаллов до биологических организмов. Диссимметрия не просто меняет вероятности состояний – она структурирует хаос, делая некоторые состояния более вероятными и тем самым определяя поведение систем.

Выдающийся математик Э. Нётер в 1918 г. доказала фундаментальную теорему, связавшую симметрии физической системы с законами сохранения. Идея теоремы заключается в том, что каждой непрерывной симметрии физической системы соответствует определенный закон сохранения: 1 – однородность времени (инвариантность законов физики относительно сдвига во времени) – закон сохранения энергии; 2 – однородность пространства (инвариантность относительно пространственных сдвигов) – закон сохранения импульса; 3 – изотропия пространства (инвариантность относительно поворотов системы координат) – закон сохранения момента импульса; 4 – калибровочная симметрия (в квантовой теории поля) – закон сохранения электрического заряда.

Принципы симметрии и диссимметрии в научном наследии В. И. Вернадского

В трудах выдающегося естествоиспытателя В. И. Вернадского принципы симметрии и диссимметрии занимают ключевое место, особенно в контексте изучения живого вещества биосферы и пространства – времени. Ученый рассматривает эти понятия как фундаментальные для понимания форм организации природы и ее эволюции.

Первичное знакомство с симметрией у Вернадского произошло еще в студенчестве – на лекциях по кристаллографии профессора В. В. Докучаева в 1881 г. В кристаллографию понятие симметрии вошло в конце XVIII века, а в первой половине XIX века получило развитие в трудах французского ботаника и кристаллографа О. Браве. В конце XIX века понятие симметрии использовалось в естественных науках. Немецкий геометр А. Ф. Мебиус (1790 – 1868 гг.) одним из первых сформулировал объективный подход к равенству и симметрии фигур.

В 1848 г. Л. Пастер открыл явление диссимметрии в молекулярном строении живых организмов. Вопрос о причине отличия живого вещества от косного он в 1984 г. связал с пространственным проявлением при изучении хиральности – свойства объектов не совмещаться в пространстве со своим зеркальным отражением. В 1894 г. французский физик П. Кюри распространил понятие симметрии на изучение физических явлений и полей, а в 1905 г. он, как и Л. Пастер, пришел к мысли о связи ее с состоянием земного пространства.

В 1903 г. В. И. Вернадский опубликовал книгу «Основы кристаллографии», один из разделов которой был посвящен явлениям симметрии и их зависимости от физико-химического строения кристалла. В ней автор рассматривал симметрию как базовое свойство кристаллических структур.

На протяжении 60 лет ученый размышлял о значимости явлений симметрии – диссимметрии, всесторонне анализируя результаты работ своих предшественников и современников. В понимании ученого «симметрия есть выражение геометрических пространственных правильностей», «геометрическая основа всех природных физико-химических пространств, в том числе и кристаллических», а «законы симметрии – это геометриче-

ские законы природных тел, то есть физико-химических пространств нашей планеты». В геологию ученый ввел новое понятие – «пространство земной реальности», а учение о симметрии рассматривал как область знаний, «определяющую геометрическое проявление природных пространств» [13].

Содержательность научных выводов Вернадского неоспорима: изучение геометрии земных физико-химических пространств позволяет глубже понять структуру и трансформацию природных систем, включая взаимодействие живых и неживых компонентов Земли. Он считал, что многообразие земных пространств и их состояний необходимо изучать параллельно с изучением явлений симметрии. Высказал гениальную гипотезу о том, что «геометрический субстрат живого вещества» может соответствовать одному из пространств в геометрии Римана. Такое пространство описывается как конечное, замкнутое и резко отделяющееся от всего окружающего (косного). Итогом анализа опубликованных разными авторами многочисленных работ по симметрии – диссимметрии для Вернадского стал синтез накопленных знаний в виде утверждения всеобщности принципа симметрии в окружающем мире.

Диссимметрию органических молекул В. И. Вернадский относил к фундаментальным свойствам живой материи. Он полагал, что передача этого свойства из поколения в поколение позволяет осуществлять воспроизводство органических полимеров в клетках. А «правизна» и «левизна» молекул определяет жизнь как пространство, отличное от пространства косного вещества. Взаимодействие диссимметрий ученый считал универсальным механизмом эволюции и видел в них энергетическое значение (движущую силу). Новаторской темой его глубокого анализа стала связь времени с пространством в аспекте живого вещества. В работе [13] он написал: «Для тела живого организма отделять время от пространства невозможно».

На основании введенного В. И. Вернадским понятия физико-химического пространства академик В. В. Кафаров (1914 – 1995 гг.) сформулировал понятия физико-химических и биохимических систем, имеющих важное смысловое значение для процессов моделирования технологического оборудования [14]. Заметим, что В. И. Вернадский рассматривал биосферу через призму геохимических и биогеохимических процессов, акцентируя внимание на роль живого вещества в преобразовании Земли. Результаты нарушения симметрии в распределении материи и энергии в пространстве и времени, наблюдаемые в объектах, процессах или явлениях окружающего мира, представляют собой феномен объективной реальности, именуемый информацией. На этой основе дал свое определение информации академик В. М. Глушков (1923 – 1982 гг.), в работе «О кибернетике как науке» (1964 г.). Современные исследования показывают, что информация не существует без ее физического носителя. Например, в живых организмах генетическая информация определяет структуру и функции клеток. Расширение идей Вернадского о физико-химическом пространстве возможно за счет введения в это пространство информации

об энтропии, как мере смены его состояний, и интеграции современных знаний о взаимодействии материально-энергетических и информационных процессов.

В работах по симметрии ученый в основном ограничился рассмотрением статики явлений. Это объясняется историческим выбором объектов исследования, целями работ и особенностями методологии. В его понимании «геометрических пространств» симметрия ассоциируется с состоянием покоя, в отличие от диссимметрии, связанной с движением. А поскольку структурная упорядоченность свойственна статическим или равновесным системам, Вернадский изначально сосредоточил свой научный интерес на изучении статики кристаллических структур, одновременно являющихся хорошими наглядными пособиями. Цели его исследований были связаны с выявлением структурных закономерностей, характерных для статических систем, а методологический подход демонстрирует переход от простых систем, типа кристаллов, к более сложным: минералам, земной коре, биосфере. В этом смысле изучение динамики процессов является существенно более сложной задачей, не входившей в первоначальные планы ученого. Сегодня очевидно, что учение Вернадского о симметрии – диссимметрии применимо и к сложным неравновесным динамическим системам, способным развиваться. К их числу относятся, например, природо-промышленные [15], в которых эволюцию следует рассматривать как последовательную смену состояний симметрии и диссимметрии.

Диссимметрия и компромисс в стратегии устойчивого развития цивилизации

Эпохальным событием в 70-е годы прошлого века стало признание мировым научным сообществом наличия острой кризисной ситуации, возникшей в отношениях общества с природой и поставившей на грань выживания земную цивилизацию. О нарастании такой ситуации предупреждал В. И. Вернадский еще в начале 40-х годов.

Следствием осознания неотложности в решении новой неординарной проблемы стала разработка под эгидой ООН концепции устойчивого развития государств с учетом состояния их экономики, экологии и социальной сферы. По мнению академика Н. Н. Моисеева, переход к устойчивому развитию означает длительный процесс коэволюции человека с природой, особое место в котором отводится духовному совершенству человека. При этом стратегия устойчивого развития предполагает гармонию между людьми и между обществом и природой. Но не менее важную роль в этом процессе играют пространство и время, поскольку через эти два измерения осуществляются расширение и обновление геоэкономического пространства в интересах будущих поколений граждан.

В декабре 2024 г. распоряжением Правительства РФ №4146-р утверждена «Стратегия пространственного развития Российской Федерации на период до 2030 года с прогнозом до 2036 года», целью которой является «формирование сбалансированной системы расселения и территориальной организации экономики страны, достижение национальных целей и обес-

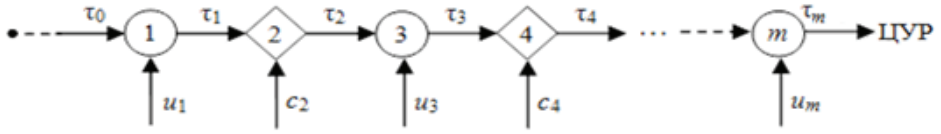

Рис. 2. Фрагмент эволюционного движения системы к целям

печение национальной безопасности». В контексте учения Вернадского это означает эволюцию геоэкономического и социально-экологического пространства городов и территорий в направлении осуществления национальных целей устойчивого развития (ЦУР).

Принимая в качестве субъектов развития региональные природопромышленные макросистемы [15], эволюционное движение можно изобразить в виде последовательной во времени смены условно равновесных (симметричных) и неравновесных (диссимметричных) состояний (рис. 2).

Условные обозначения: ○ и ◇ – условно равновесные и неравновесные состояния соответственно; u – управление в равновесных состояниях; c – диссимметрические факторы; τ_i – время пребывания системы в состояниях $i = 1, 2, \ldots$.

В схеме на рис. 2 диссимметрические факторы «запускают» структурные изменения в существующей до этого условно равновесной системе. Причины смены состояний подробно представлены в [10]. Поскольку равновесия
в пространстве противоречащих друг другу показателей состояния системы достичь нереально, то единственным способом выхода на приемлемое решение оказывается компромисс.

Диссимметрия и компромисс – две составляющие стратегии устойчивого развития цивилизации, поскольку первая из них создает неравнозначность и дисбаланс в разных по смыслу показателях, а вторая содействует поиску баланса между ними. С этой точки зрения – жизнь извечный поиск компромиссов в окружении биологических, социальных, этических, правовых, финансовых и иных нормативов. Диссимметрия создает условия для поиска компромисса, отвечающего ЦУР, а координация целей и ресурсов между сторонами конфликта способствует эффективному решению общей задачи [10].

Заключение

Учение о симметрии и диссимметрии играло ключевую роль в научном мировоззрении В. И. Вернадского. Он рассматривал эти принципы как самые весомые для понимания законов о взаимосвязях структуры и свойств неорганического мира и эволюции живой материи, считал их тончайшими индикаторами состояния земного пространства. Его идеи зарождались на платформе двух наук – кристаллографии и минералогии, на историческом опыте и знаниях натуралистов, физиков и математиков, занимавшихся изучением явлений гармонии и симметрии в природе и природных телах.

Краткое изложение основных открытий ученого сводится к следующему.

1. Результатом анализа В. И. Вернадским многочисленных научных работ по теме строения живого и косного вещества стал синтез накопленных знаний в виде доказательства всеобщности принципа симметрии в окружающем мире.

2. В геологию введено качественно новое понятие – «пространство земной реальности», а слово «симметрия» определено как «выражение геометрических пространственных правильностей», основанных на геометрических законах.

3. Земное пространство впервые представлено как единое «физико-химическое пространство», характеризуемое симметрией.

4. Геометрия тел животных была связана с разными типами симметрии, задающими пространственную организацию строения организмов, соответствующую неевклидовым пространствам с переменной кривизной.

5. Высказана важная идея о том, что силы поверхностного натяжения играют основную роль в форме живых организмов.

6. Утверждается, что симметрия «правого» и «левого» нарушается только жизнью: в неживой природе признаков такого нарушения нет. Эта мысль высказана в контексте изучения пространства – времени живого и косного вещества.

На современном этапе развития науки учение академика В. И. Вернадского приобретает особое значение при изучении динамических процессов, происходящих в социально-экономических и экологических системах [10].

Список литературы

1. Большая советская энциклопедия: в 30 томах / Гл. ред. А. М. Прохоров. – Москва : Сов. энцикл. 1970 –1981. – 30 т.

2. Вейль, Г. Симметрия / Г. Вейль ; пер. с англ. Б. В. Бирюкова и Ю. А. Данилова ; под ред. Б. А. Розенфельда. – Москва : Наука, 1968. – 192 с.

3. Умберто Эко. История Красоты / Умберто Эко ; пер. с итал. А. А. Сабашниковой ; под ред. Умберто Эко. – Москва : СЛОВО/SLOVO, 2007. – 437 с.

4. Волошинов, А. В. Математика и искусство: Книга для тех, кто не только любит математику или искусство, но и желает задуматься о природе прекрасного и красоте науки / А. В. Волошинов. – 2-е изд., дораб. и доп. – Москва : Просвещение, 2000. – 399 с.

5. Хотеева, О. В. Гармония как константа культуры : автореф. дис. … канд. культурологи : 24.00.01 / Хотеева Ольга Викторовна. – Саратов, 2006. – 19 с.

6. Хисматуллина, Ю. Р. Симметрия, асимметрия и диссимметрия в структуре и развитии живой материи : автореф. дис. … канд. филос. наук : 09.00.08 / Хисматуллина Юлдус Рахимзяновна. – Саратов, 2005. – 20 с.

7. Урусов, В. С. Правизна-левизна в живой и неживой природе (от В. И. Вернадского до наших дней) / В. С. Урусов // в кн. : Вернадский и XXI век: геосфера, биосфера, ноосфера и симметрия. – София : ИК «Св. Иван Рилски», 2013. – С. 14–25.

8. Стахов, А. П. Роль «Золотого Сечения» и «Математики Гармонии» в преодолении «стратегических ошибок» в развитии математики. – URL : https://www.peacefromharmony.org/docs/7-26_Stakhov_Math_of_Harmony_RU.pdf (дата обращения: 15.05.2026).

9. Monod, J. Chance and necessity: An essay on the natural philosophy of modern biology / J Monod. – New York : Knopf, 1971. – 199 p

10. Попов, Н. С. О некоторых особенностях в постановке и решении региональных задач устойчивого развития. Часть IV / Н. С. Попов, О. В. Милованова, А. А. Баламутова, Л. Н. Чуксина // Вопросы современной науки и практики. Университет им. В. И. Вернадского. – 2022. – № 1(83). – С. 46–62. doi: 10.17277/voprosy.2022.01.pp.046-062

11. Одум, Ю. Экология : в 2 т. / Ю. Одум ; пер. с англ. Б. Я. Веленкина ; под ред. В. Е. Соколова. – Москва : Мир, 1986. – Т. 2. – 376 с.

12. Харари, Ф. Теория графов / Ф. Харари ; пер. с англ. В. П. Козыревой ; под ред. Г. П. Гаврилова. – Москва : Мир, 1973. – 300 с.

13. Вернадский, В. И. Собрание сочинений : в 24 т. / В. И. Вернадский ; под ред. акад. Э. М. Галимова. – Москва : Наука, 2013. – Т. 9. – 574 с

14. Кафаров, В. В. Современное состояние кибернетики химико-технологических процессов и систем / В. В. Кафаров, И. Н. Дорохов // Проблемы автоматизированного проектирования и автоматизации эксперимента. – Москва, 1983. – С. 5–23.

15. Попов, Н. С. О некоторых особенностях в постановке и решении региональных задач устойчивого развития. Часть I / Н. С. Попов, О. В. Пещерова, А. А. Чуксин // Вопросы современной науки и практики. Университет им. В. И. Вернадского. – 2020. – № 2(76). – С. 91–106. – doi: 10.17277/voprosy.2020.02.pp.091-106

References

1. Prohorov A.M. (Ed.) *Bol'shaya sovetskaya enciklopediya* [The Great Soviet Encyclopedia]: in 30 vols., Moscow: Sov. enciklopediya, 1970-1981, 30 vol. (In Russ.)

2. Vejl' G. *Simmetriya* [Symmetry], Moscow: Nauka, 1968, 192 p. (In Russ.)

3. Umberto Eko. *Istoriya Krasoty* [History of Beauty], Moscow: SLOVO, 2007, 437 p. (In Russ.)

4. Voloshinov A. V. *Matematika i iskusstvo*: *Kniga dlya tekh, kto ne tol'ko lyubit matematiku ili iskusstvo, no i zhelaet zadumat'sya o prirode prekrasnogo i krasote nauki* [Mathematics and Art: Book For those who not only love mathematics or art, but also want to reflect on the nature of beauty and the beauty of science], Moscow: Prosveshchenie, 2000, 399 p. (In Russ.)

5. Hoteeva O.V. *Extended abstract of Candidate's of Cultural thesis*, Saratov, 2006, 19 p. (In Russ.)

6. Hismatullina Yu.R. *Extended abstract of Candidate's of Philosophical thesis*, Saratov, 2005, 20 p. (In Russ.)

7. Urusov V.S. [Right-leftism in animate and inanimate nature (from V.I. Vernadsky to the present day)], *Vernadskij i XXI vek: geosfera, biosfera, noosfera i simmetriya* [Vernadsky and the 21st century: geosphere, biosphere, noosphere, and symmetry], Sofiya: IK "Sv. Ivan Rilski", 2013, pp. 14-25. (In Russ.)

8. Stahov A.P. *Rol' «Zolotogo secheniya» i «Matematiki Garmonii» v preodolenii «strategicheskih oshibok» v razvitii matematiki* [The Role of the "Golden Section" and "Mathematics of Harmony" in Overcoming "Strategic Mistakes" in the Development of Mathematics], available at: https://www.peacefromharmony.org/docs/7-26_Stakhov_Math_of_Harmony_RU.pdf (accessed 15 May 2026)

9. Monod J. *Chance and necessity: An essay on the natural philosophy of modern biology*, New York: Knopf, 1971, 199 p.

10. Popov N.S., Milovanova O.V., Balamutova A.A., Chuksina L.N. [On some features in the formulation and solution of regional problems of sustainable

development. Part IV], *Voprosy sovremennoj nauki i praktiki. Universitet im. V.I. Vernadskogo* [Problems of Contemporary Science and Practice. Vernadsky University], 2022, no. 1(83), pp. 46-62, doi: 10.17277/voprosy.2022.01.pp.046-062 (In Russ., abstract in Eng.)

11. Odum Yu. *Ekologiya* [Ecology]. in 2 vols., Moscow: Mir, 1986, vol. 2, 376 p. (In Russ.)

12. Harari F. *Teoriya grafov* [Graph Theory], Moscow: Mir, 1973, 300 p. (In Russ.)

13. Vernadskij V.I. *Sobranie sochinenij* [Collected Works], in 24 vols., Moscow: Nauka, 2013, vol. 9, 574 p. (In Russ.)

14. Kafarov V.V., Dorohov I.N. [Current State of Cybernetics of Chemical-Engineering Processes and Systems], *Problemy avtomatizirovannogo proektirovaniya i avtomatizacii eksperimenta* [Problems of Computer-Aided Design and Automation of Experiments], Moscow, 1983, pp. 5-23. (In Russ.)

15. Popov N.S., Peshcherova O.V., Chuksin A.A. [On Some Features in the Formulation and Solution of Regional Sustainable Development Problems. Part I], *Voprosy sovremennoj nauki i praktiki. Universitet im. V.I. Vernadskogo* [Problems of Contemporary Science and Practice. Vernadsky University], 2020, no. 2(76), pp. 91-106, doi: 10.17277/voprosy.2020.02.pp.091-106 (In Russ., abstract in Eng.)

Principles of Symmetry and Dissymmetry in V. I. Vernadsky's Scientific Heritage

© N. S. Popov[1]✉, S. G. Tolstykh[1]

[1] *Tambov State Technical University, Tambov, Russian Federation*
✉ eco@mail.tstu.ru

Keywords: harmony; unity in diversity; compromise; coordination; beauty; proportion; principles of symmetry; natural-industrial macrosystems; Fibonacci series; sustainable development; V. I. Vernadsky's theory of the biosphere.

Abstract: Throughout history, the understanding of the beauty and harmony of the universe has led to the development of spiritual and moral culture, the search for the mystery of the meaning of life, an enriched knowledge of the structural features of living and inert matter, and a growth in self-awareness. Symmetrical forms of natural bodies, their proportions, and the combination of colors and sounds have generated a striking interest. The transition from the sensory perception of harmony to quantitative measurements signified the transformation of a qualitative philosophical category into a practical tool for science and art. V. I. Vernadsky's ideas on symmetry and dissymmetry laid the foundation for the study of the spatiotemporal characteristics of natural processes, evolutionary mechanisms, and the interactions of living and inert matter. This work is devoted to advancing the scientist's ideas into the field of discussion of strategies for the sustainable development of civilization.

Сведения об авторах

Попов Николай Сергеевич – доктор технических наук, профессор, профессор кафедры «Природопользование и защита окружающей среды», ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный технический университет», Тамбов, Российская Федерация; ORCID 0009-0006-6896-975X; e-mail: eco@mail.tstu.ru

Толстых Светлана Германовна – кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры «Системы автоматизированной поддержки принятия решений», ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный технический университет», Тамбов, Российская Федерация; ORCID 0009-0005-5196-8446; e-mail: svetlanatolstyh@mail.ru

About the author

Nikolay S. Popov – D. Sc. (Eng.), Professor, Professor of the Department of Nature Management and Environmental Protection, Tambov State Technical University, Tambov, Russian Federation; ORCID 0009-0006-6896-975X; e-mail: eco@mail.tstu.ru

Svetlana G. Tolstykh – Cand. Sc. (Eng.), Associate Professor, Associate Professor of the Department of Automated Decision Support Systems, Tambov State Technical University, Tambov, Russian Federation; ORCID 0009-0005-5196-8446; e-mail: svetlanatolstyh@mail.ru

© Попов Н. С., Толстых С. Г., 2026. Данная статья находится в открытом доступе и распространяется на условиях лицензии Creative Commons Attribution (CC BY) https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/