

УДК 001.8+167.7

Волна как общенаучное явление: Системно-понятийный аспект

Кобзарь Константин Павлович

Новосибирский государственный педагогический университет

кандидат геолого-минералогических наук, доцент кафедры информационных, сервисных и общетехнических дисциплин

Аннотация

Показано общенаучное значение волн как универсального типа движения. Волна рассмотрена как система, характеризующаяся специфическими особенностями. Предложено из общего числа волн выделить "псевдоволны", как объекты, не обладающие необходимой совокупностью свойств волн.

Ключевые слова: волна, система, колебание, закон философии, иерархия, форма движения, общенаучное значение

UDC 001.8+53.04

Wave as a general scientific phenomenon: System-conceptual aspect

Kobzar Konstantin Pavlovich

Novosibirsk State Pedagogical University

Ph.D. in Geology and Mineralogy, Associate Professor, Department of Information, Service and General Technical Disciplines

Abstract

Displaying scientific importance of waves as a universal type of movement. Wave is considered as a system, which is characterized by specific features. It is proposed to allocate from the total amount of waves "pseudowaves" as objects that do not have the required combination of properties of waves.

Keywords: wave, system, oscillation, law of philosophy, hierarchy, form of movement, scientific importance

Волны — широко распространенное и хорошо изученное явление, при этом распространенность, всеобщность и универсальность волн позволяет говорить об их

общенаучном и общеметодическом значении. Волновые движения проявляются в музыке и литературе, в химии и астрономии, в живых организмах и человеческом обществе. Наиболее детально и всесторонне исследованы волны в физике: в оптике, атомной и ядерной физике, акустические, электромагнитные и иные волны. Выявлены законы волнового движения, разработана многоплановая классификация волн, которая подкреплена проработанным математическим аппаратом, описывающим волны. В то же время, на сегодня для волн и волновых процессов можно отметить проблемы с адекватным понятийным аппаратом. Например, в учебнике ведущей мировой школы физики нет даже определения — что такое волна [1]. С другой стороны, согласно определению в авторитетном справочном издании: "Волны — изменения некоторой совокупности физических величин (полей), способные перемещаться (распространяться), удаляясь от места их возникновения, или колебаться внутри ограниченных областей пространства. В современном понимании понятие волн настолько широко и многозначно, что фактически невозможно указать ни одного признака, общего для всех видов движений или процессов, которые наша интуиция или традиция относит к волновым" [2, с. 315]. Такое исключительно расширительное толкование позволяет неограниченно увеличивать сферу "волновых" явлений и процессов. Нисколько не претендуя на всесторонность предлагаемого анализа, попробуем выделить некоторые конкретизирующие характеристики волновых процессов.

Стандартным является совместное рассмотрение колебаний и волн. Колебания — это "движения или состояния, обладающие той или иной степенью повторяемости во времени... С помощью распространяющихся механических колебаний плотности и давления воздуха, воспринимаемых нами как звук, а также очень быстрых колебаний электрического и магнитного полей, воспринимаемых нами как свет, мы получаем большую часть прямой информации об окружающем мире" [3, с. 399]. Странное сочетание слов "состояние" и "степень повторяемости во времени", ведь последнее отражает динамику, в то время как "понятием «состояние» обычно характеризуют мгновенную фотографию, «срез» системы, остановку в ее развитии" [4, с. 39]. В свою очередь, "распространяющиеся колебания" — это уже не колебания, а волны. Более того, в физическом мире в связи с трением и иными сопротивлениями движению все свободные "колебания" являются затухающими, что опять же характеризует такие движения как волны. Таким образом, видно, что в понятийном аспекте для волновых явлений отмечаются определенные неточности и несоответствия.

Волна в отличие от колебаний характеризуется двумя типами взаимосвязанных движений: колебательным и "поступательным", "линейным". Это относится как к волнам, выделяемым по типам движения: продольные, поперечные или смешанные, так и к волнам, распространяющимся в разных средах: дискретных или непрерывных. Впрочем, в этих

средах, возможно, нет принципиальной разницы, поскольку непрерывность субстанции может отражать лишь современный уровень нашего незнания. Формы фронта волны: плоская, сферическая, эллиптическая, спиральная и другие также не несут новой нагрузки в рассматриваемом нами аспекте.

Наиболее существенной, определяющей характеристикой волны является то, что колебательные и поступательные движения осуществляют различные компоненты. Например, в хрестоматийном примере механического волнового движения колеблются частицы вещества, а распространяется импульс (энергия). Упругие волны, например звуковые, характеризуются колебаниями плотности, скорости, давления и обычно осуществляют перенос энергии. В музыкальных произведениях звуки осуществляют ритмичные колебания, а в стихах ритмика колебаний отражается буквами и слогами, что в совокупности и в первом, и во втором случаях определяет "линейное" развитие темы. В экономическом законе К. Маркса "товар — деньги — товар" периодическая смена перечисленных параметров — это колебания, а изменение (рост, уменьшение) капитала — "линия". Закон "товар — деньги — товар" — это, конечно, лишь схема волны, поскольку как товар, так и деньги в каждом периоде образуются и характеризуются конкретными единицами товара и соответствующими суммами денег. В популяционных волнах колебания количества особей в популяции обуславливают ее общее развитие. Все земные организмы живут в системе волн. Таковы волновые системы дыхания, кровообращения, температурного режима, волны эмоций и другие, при этом каждая из них и все в совокупности обеспечивают последовательное развитие организма. То же относится к экономическим волнам (циклам) Кондратьева, отражающим совокупность колебательных движений во времени различных экономических показателей и последовательным развитием промышленности [5]. В волне, характеризуемой Периодическим законом Д.И. Менделеева, колеблется количество электронов на внешних оболочках атомов, а поступательное движение характеризуется последовательным увеличением в атомах количества протонов и электронов. При этом свойства веществ отражают в себе участие как колебательной, так и линейной составляющих. Последние примеры показывают не множественную совокупность волн, а единичную волну. Такую же волну характеризует в физике солитон — "уединенная" волна [6], обусловленная колебаниями частиц и несущая структуру. Природа очень часто показывает не отдельные линейные или колебательные системы, а волновые, сочетающие линейную и колебательную составляющие. Например, дерево можно назвать "фрактальной мультиволной", в которой на линейном дереве развивается "колебательная" совокупность дискретных веток, что дает волновую картину, многократно повторяющуюся на каждой ветке. «Застывшие» волны можно наблюдать на гранях кристаллов. Разнообразие наблюдаемых в природе волн

позволяет предполагать определенную выгодность таких движений. Волны, которые можно назвать *статичными*, наблюдаемые, например, у деревьев, листьев, перьев птиц, характеризуются повышенной прочностью, то есть для структур также имеют преимущество. Приведенные примеры показывают, что в каждом случае основной — причинной или целеобразующей — является линейная составляющая, а колебательная служит для обеспечения эффективного протекания процесса.

Важен вопрос линейной составляющей, которая может переносить импульс (энергию), материю или информацию. Перенос импульса (энергии) в изученных волнах наиболее распространен. Перенос материи отмечается реже, например, в потоках. Так, волна движения автомашин по дороге характеризуется линейным движением самих автомашин, сопровождаемым колебаниями плотности автомашин — количеством машин на единице длины трассы. Акустические течения — это перенос вещества среды, возникающий при распространении интенсивных звуковых волн. Своеобразны волны плотности, наблюдаемые в астрофизике в спиральных галактиках, когда у спирали, образованной вращением галактики, скорость волны, формирующей спираль, совершенно иная, чем скорость вращения галактики [7]. Понятно, что линейная составляющая волны совсем не обязательно прямолинейная, а в ряде случаев понятие ее "линейности" вообще относительна, например, в случае волн во времени. Линейная составляющая характеризует каждую волну. При этом распространение в пространстве обычно вопросов не создает. Развитие волны во времени не столь наглядно, что нередко приводит к желанию считать такую волну простой совокупностью одинаковых колебаний, что, естественно, некорректно.

Кроме перечисленных можно рассмотреть еще некоторые типы волн. Своеобразными являются *ударные волны*, образующиеся, когда скорость распространения волны превышает скорость звука в данной среде. При этом фронтальная часть волны имеет поверхность (тонкую переходную область) разрыва непрерывности физических величин: давления, плотности, скорости движения. При этом происходит также переход разных видов энергии в тепловую [8, с. 146-232]. *Ударные волны* могут формироваться при взрывах, детонации, мощных электрических разрядах, сходе лавин. Отдельно следует рассмотреть *автоволны*, колебательный режим в которых обеспечивается не внешними, а внутренними источниками энергии, энергией среды. Это, например, перенос энергии в волне горения, импульса возбуждения в нервном волокне, информации в линии связи [9]. Еще один тип волн — это волны, образуемые системами с не связанными (слабо связанными) частицами. В этом случае воздействие внешнего "линейного" источника энергии при определенных условиях может приводить к появлению как бы "волновых", в том числе, интерференционных, картин, наблюдаемых, например, на песке — на поверхности земли или в водоеме. Принципиальное

отличие этих "волн" в том, что частицы не участвуют в колебательных движениях, лишь фиксируя свою "волновую" позицию [10, с. 111-116]. В колебательно-волновой совокупности можно выделить еще один тип движений, который можно назвать "движением по волнам". Этот тип характеризуется тем, что одни и те же составляющие участвуют и в колебательном, и в поступательном движении. Простейшие примеры: плывущая по волнам лодка или щепка, идущий по холмам человек, или, например, скатывающийся по волнистой поверхности поток воды. В этих движениях характерно участие двух независимо действующих сил (в общем случае "сил"): колебательные обуславливают одни, а поступательные — другие. Для линейного движения лодки это воздействие мотора или весел, а колебательные движения вызваны совсем иными причинами. Для человека линейное движение обусловлено целью, а колебательное — рельефом местности. Для потока воды — это гравитационное поле и форма поверхности, по которой он движется, для щепки — ветер. Причем в последнем случае, даже если волны тоже вызваны ветром, то все равно ветер действует на щепку как бы независимо от них. Таким образом, два последних из перечисленных типов "волн" нельзя считать полноценными волнами, поскольку в системах с не связанными частицами эти частицы в волновых движениях не участвуют, а для "движения по волнам" не соблюдается условие осуществления линейных и колебательных движений разными компонентами. Предлагается указанные типы движений считать и называть *псевдоволнами*.

Волновое движение — существенно системное, и имеющиеся сложности в понимании волновых процессов в значительной мере могут быть обусловлены неучетом соответствующих специфических особенностей волн. Ведь "для волнового движения необходимо существование такого физического объекта, который состоял бы из многих одинаковых и вместе с тем тесно связанных друг с другом частиц" [10, с. 17]. То есть принципиальная особенность волны — наличие иерархических уровней, при этом можно рассматривать волну как трехуровневую систему. Первый уровень — это волна в целом, которая имеет две подсистемы второго уровня: колебательную и линейную. Третий уровень — это под-подсистемы, представленные отдельными колеблющимися частицами. Элементы линейной составляющей также иногда могут быть наглядно видны.

Волна характеризует движение, развитие системы. В общем случае, учитывая принципиальное различие и многогранность объектов волнового движения, можно понятия "линейное" и "колебательное", взять в кавычки, а сам термин *движение* следует понимать не только как физическое, но обобщенно, в общеметодическом, почти философском смысле. Таким образом, во всяком волновом движении есть колебательная и линейная независимые составляющие, которые характеризуют принципиально разные объекты, выполняющие разные движения, описываемые разными законами. Говоря о свойствах волн надо понимать,

что они имеют коллективный характер. Если отражение еще может относиться к единичному объекту, то, например, интерференция для единичного объекта в принципе невозможна. В волновом движении может участвовать и одно тело, но это вовсе не значит, что оно является волной. Волновые свойства — свойства групповые, они могут быть только у ансамбля, поэтому часто описываются статистически. В сложных музыкальных произведениях, особенно при использовании ряда инструментов, может одновременно развиваться несколько тем, характеризуемых разными волнами, в совокупности развивающими общую тему. В этом случае сочетание волн может приводить к их интерференции, усиливающей эмоциональный эффект. Сказанное относится и к определенным литературным произведениям. Если волна как явление в природе доминирует, то каждому колебательному движению может соотноситься линейное. Следовательно, каждое линейное движение может оказаться компонентом волнового, и такой подход может являться мощным исследовательским инструментом.

Интересно рассмотреть "вырождение" колебательной составляющей. Это возможно в двух предельных вариантах. Первый — когда длина волны стремится к бесконечности, а частота к нулю, второй обратный — когда длина волны стремится к нулю, а частота к бесконечности. Таким образом, можно рассматривать волну, в которой как линейная, так и колебательная подсистемы являются линейными (квазилинейными). В первом варианте колебания не фиксируются, но, зависящая от фазы, амплитуда колебания может быть разной. Во втором варианте имеется "полоса" значений, определяемая размахом волны. Следовательно, анализ систем с квазилинейным колебательным движением с большой или исчезающе малой длиной волны может приводить к непониманию сущности процессов и экспериментальным неточностям.

Понятие *Волна* имеет два смысла: во-первых, это *форма движения*, во-вторых, *тип объектов*, характеризуемых этим движением. При этом волновое движение подразумевается не только в физическом, но в широком, общенаучном смысле. Например, люди — тоже природное явление, поэтому естественно, что стихи и музыка как структурно-эмоциональные волны оказывают на нас мощное воздействие. Ту же цель усиления эффекта преследует деление прозаических произведений на главы и абзацы, то есть придание структуре некой "волнистости". Ведь это не просто структурирование. Каждый блок текста или музыки — это период волны со своим началом, максимальной амплитудой и завершением.

Общенаучное значение волн обусловлено тем, что в них отражается действие основополагающих законов философии. В соответствии с *Законом единства и борьбы противоположностей* волна — это всегда борьба двух противоречивых тенденций: одна к увеличению амплитуды колебаний, вторая — к уменьшению с чередой последовательных

"побед" той или иной тенденции. При этом каждый цикл колебания приводит к новому состоянию системы и одновременно к возникновению нового противоречия, что последовательно обеспечивает неуклонное движение и развитие системы в целом. Очень отчетливо проявляется и *Закон перехода количественных изменений в качественные*. В волновом движении количественные (дискретные) изменения при колебаниях в своей совокупности приводят к изменениям качественным, характеризующим тенденцию направленного развития. В полном соответствии с *Законом отрицания отрицания* каждый новый цикл волны как бы перечеркивает, отрицает предыдущий, при этом сохраняя преемственность движения, как в частном — колебания, так и в общем — развитие. Описанная связь и обусловленность волновых движений принципами основных философских законов позволяет понять наблюдающуюся общность и применимость волновых явлений для описания и понимания самых разных явлений и процессов в различных областях в многообразии человеческих интересов.

Волновое движение включает линейное в качестве своего компонента и, следовательно, является более общим видом движения. При этом широкая распространенность, причем в совершенно разных областях, показывает, что волны — эффективный путь развития. Поскольку в природе всё очень закономерно, это может указывать, что волна — оптимальный вид движения. Возможно в нашем мире простота и целесообразность имеют несколько иной чем нам думается смысл, и человеческие представления, что линейные движения более выгодны по сравнению с волновыми не более чем эффект антропомышления. Например, как показано Ю.Л. Климантовичем, "хаотичное" турбулентное движение жидкости является более упорядоченным, чем ламинарное [11]. Сказанное позволяет в целом по-иному взглянуть на понимание энергетики процессов. Возможно волновое движение требует относительно меньших затрат энергии чем, например, просто линейное, то есть оно энергетически более выгодно. В таком случае естественно считать, что природные движения принципиально не линейные. Если это так, то "линейные" законы физики и других наук, быть может, не совсем адекватно отражают природные взаимосвязи?

Библиографический список

1. Крауфорд Ф. Волны: Учебное руководство. 3-е изд., испр. М.: Наука. Гл. ред. физ-мат. лит. 1984. (Берклевский курс физики). 512 с.
2. Физическая энциклопедия. В 5 тт. М.: Советская энциклопедия. Т. 1. 1988. 704 с.
3. Физическая энциклопедия. В 5 тт. М.: Советская энциклопедия. Т. 2. 1990. 704 с.
4. Волкова В.Н. Теория систем и системный анализ: учебник для бакалавров. М.: Издательство Юрайт. 2012. 679 с.

5. Кондратьевские волны: Длинные и среднесрочные циклы / Отв. ред. Л. Е. Гринин, А. В. Коротчаев. Волгоград: Учитель. 2014. 360 с.
6. Филиппов А.Т. Многоликий солитон. М.: Наука. Гл. ред. физ-мат. лит. 1986. 224 с.
7. Рольфс К. Лекции по теории волн плотности. М.: Мир. 1980. 208 с.
8. Компанеец А.С. Законы физической статистики. Ударные волны. Сверхплотное вещество. М.: Наука. Гл. ред. физ-мат. лит. 1976. 288 с.
9. Васильев В.А., Романовский Ю.М., Яхно В.Г. Автоволновые процессы. М.: Наука. Гл. ред. физ-мат. Лит. 1987. 240 с.
10. Кадомцев Б.Б., Рыдник В.И. Волны вокруг нас. М.: Знание. 1981. 152 с.
11. Климонтович Ю.Л. Турбулентное движение и структура хаоса. Новый подход к статистической теории открытых систем. М.: КомКнига. 2007. 328 с.