Эпистемология и философия науки
2026. Т. 63. № 3. С. 132–148
УДК 167.7

Epistemology & Philosophy of Science
2026, vol. 63, no. 3, pp. 132–148
DOI: https://doi.org/10.5840/eps202663345

Реализм и холизм Дэвида Бома: система метафор и отличия от линий Н. Бора и В. Гейзенберга

Абрамов Петр Дмитриевич – кандидат философских наук, доцент.
Омский государственный университет путей сообщения.
Российская Федерация, 644046, г. Омск, просп. Маркса, д. 35.
Омский государственный медицинский университет.
Российская Федерация, 644099, г. Омск, ул. Некрасова, д. 5А;
e-mail: pab87@yandex.ru



Бомовская механика является ведущей нелокальной реалистической интерпретацией квантовой механики. Ее развитие и защита от возражений (В. Аллори, Б. Хайли и др.) – отдельная область на стыке физики и философии науки. Цель работы состоит в том, чтобы в контексте современных дискуссий о квантовом реализме рассмотреть во взаимосвязи научные и философские идеи Д. Бома. К новизне статьи относятся: характеристика эпистемологии Д. Бома, его системы метафор, а также сравнительный анализ его метафизики с философскими концепциями Н. Бора и В. Гейзенберга. В эпистемологии Бом соединяет реализм с представлением об ограниченности наших знаний. В случае с одной частицей можно визуализировать ее траекторию, для сотни частиц это практически невозможно. Аналогично в метафизике мир реален, но на глубинном уровне имплицитного порядка он для нас ограниченно познаваем. Подчеркивается, что у Бома существует система взаимодополняющих друг друга и поясняющих его метафизику метафор: помимо голографической, это «рыба в аквариуме», «капля чернил» и «радиосигнал кораблю». Метафора радиосигнала кораблю в механике демонстрирует информационное, а не силовое воздействие на частицу. В метафизике она приобретает более широкое значение: информация направляет развитие макрообъектов. В философии физики динамический холизм Д. Бома противопоставляется эпистемологической линии Н. Бора и пифагорейской (А. Плотницкий) линии Гейзенберга. Бор также признает холизм, но это холизм частицы, прибора и исследователя. У Бома холизм носит онтологический, универсальный, а не фрагментированный в соответствии с позицией исследователя характер. Для Гейзенберга симметрии, выраженные в уравнениях, – в основе реальности, для Бома же смысл и значение уравнений – лишь обособленный аспект единого целого, проявление из него активной информации. Три линии – три ответа на вопрос об основе физической реальности.

Ключевые слова: интерпретации квантовой механики, теория Бома, философия Бома, холизм, имплицитный и эксплицитный порядок, реализм

© Абрамов П.Д., 2026

D. BOHM'S REALISM AND HOLISM: THE SYSTEM OF METAPHORS AND DIFFERENCES FROM THE LINES OF N. BOHR AND W. HEISENBERG

Petr D. Abramov –
PhD in Philosophy,
Associate Professor.
Omsk State Transport University.
35 Marx Av., Omsk 644046, Russian Federation.
Omsk State Medical University.
5A Nekrasov St., Omsk 644099, Russian Federation;
e-mail: pab87@yandex.ru

Bohmian mechanics is the leading non-local realistic interpretation of quantum mechanics. Its development and defense against objections (by V. Allori, B. Hiley, and others) constitute a distinct field at the intersection of physics and the philosophy of science. The aim of this work is to examine, in the context of current debates on quantum realism, the scientific and philosophical ideas of D. Bohm in their interconnection. The novelty of the article includes: a characterization of D. Bohm's epistemology, his system of metaphors, as well as a comparative analysis of his metaphysics with the philosophical concepts of N. Bohr and W. Heisenberg. In his epistemology, Bohm combines realism with the view that our knowledge is limited. In the case of a single particle, its trajectory can be visualized; for a hundred particles, this is practically impossible. Similarly, in metaphysics, the world is real, but at the deep level of the implicate order it is only partially knowable for us. It is emphasized that Bohm possesses a genuine system of mutually complementary metaphors that elucidate his metaphysics: besides the holographic one, these are "the fish in the aquarium", "the drop of ink", and "the radio signal to the ship". The metaphor of the radio signal to the ship in mechanics demonstrates an informational, rather than a force-based, influence on the particle. In metaphysics, it acquires a broader meaning: information guides the development of macro-objects. In the philosophy of physics, D. Bohm's dynamic holism is contrasted with N. Bohr's epistemological line and Heisenberg's Pythagorean line (A. Plotnitsky). Bohr also recognizes holism, but it is the holism of particle, apparatus, and observer. In Bohm, holism has an ontological, universal character, rather than being fragmented according to the observer's standpoint. For Heisenberg, symmetries expressed in equations lie at the foundation of reality; for Bohm, however, the meaning and significance of equations are merely an isolated aspect of a unified whole, a manifestation of active information from it. These three lines represent three answers to the question of the foundation of physical reality.

Keywords: interpretations of quantum mechanics, Bohm's theory, Bohm's philosophy, holism, implicit and explicit order, realism

Введение

Среди интерпретаций квантовой механики особое место занимает теория Дэвида Бома. «В последнее время просматривается тенденция бурного развития» [Эрекаев, 2023, с. 12] этой интерпретации. В недавнем опросе журнала Nature [Gibneys, 2025] она была предложена как

одна из семи интерпретаций, из которых могли выбрать физики-практики и теоретики [Фурсов, 2025, с. 225]. В более раннем опросе [Sivasundaram, Nielsen, 2016] ее сильные и слабые стороны были рассмотрены наряду с копенгагенской и многомировой. При этом в отечественной философской литературе данная теория освещена скупо, что делает обращение к ней своевременным и оправданным.

Общая характеристика теории Бома была представлена нами в работе [Абрамов, Некрасова, 2024]. Цель данной статьи состоит в том, чтобы рассмотреть базовые принципы научно-философской теории Бома *в контексте современных дискуссий о квантовом реализме* [Терехович, 2019], [Салом, 2024] и др. В этой статье мы сосредоточимся на описании физики и философии Бома, а также прояснении причин конкурентоспособности Бомовской механики. Далее мы представим систему метафор Д. Бома как часть его эпистемологии, которой зачастую уделяется недостаточно внимания. В завершение мы сопоставим онтологию Бома с представлениями Н. Бора и В. Гейзенберга.

Сразу необходимо сделать уточнение о том, что понимается под *Бомовской механикой и философией Бома*. Поскольку его философские воззрения менялись, мы будем рассматривать те, что относятся к зрелому и позднему периоду его творчества. Его философию можно разделить на относящуюся к философии науки *онтологическую интерпретацию квантовой механики и его метафизику имплицитного порядка*[1]. Два фундаментальных научно-философских труда Бома «Целостность и имплицитный порядок» [Bohm, 2005] и «Неделимая вселенная: онтологическая интерпретация квантовой теории» [Bohm, Hiley, 1993] демонстрируют связь между философией науки и онтологией. Однако у Бома есть и статьи по метафизике – например, «Новая теория взаимоотношения разума и материи» [Bohm, 1990].

Признание физической теории Бома (в том числе ее онтологических положений) не требует обязательного признания его философии. Однако именно *научная теория выступает в качестве эмпирической основы его философии*. Нелокальность, или мгновенная взаимозависимость, частиц используется Бомом для обоснования холистической метафизики. В свою очередь, переход элементов целостной реальности от имплицитного, скрытого состояния к эксплицитному имеет в качестве своего физического аналога утрату когеренции, когда частица оказывается «запертой» в одной из ветвей волновой функции, в то время как остальные перестают на нее влиять. Бом был одним из немногих, кто разработал развернутую, хотя и недостаточно систематизированную *онтологию на основе*

[1] Это фундаментальный уровень бытия, где материя и пространство-время еще не разделены.

реалистически понятой квантовой механики. Бом воплощал собой редкий пример философа и ученого в одном лице. Из двух его наиболее известных учеников, Б. Хайли (1935-2025) и П. Пюлькканена, первый был физиком, а второй является философом [Globus, 2007, p. 396]. Б. Хайли разрабатывает преимущественно Бомовскую механику [Hiley, Van Reeth, 2018], а П. Пюлькканен – философию сознания и метафизику. Его монография «Разум, материя, имплицитный порядок» [Pylkkänen, 2007] дает целостное представление о философии Бома и авторское видение его идей.

Реалистическая Бомовская механика

Понять онтологию и эпистемологию Бома сложно без исследования основ его физики, поэтому мы намерены начать изложение с основ бомовской механики. Она ставит целью ответ на вопрос о том, какие элементы реальности существуют в рамках концептуализаций и экспериментов физики.

Разумеется, бомовскую механику можно редуцировать к определенной версии реализма – и это будет сделано в дальнейшем. Однако, на наш взгляд, понимание его реалистической онтологии и эпистемологии останется неполным и абстрактно-схематичным, если предварительно не очертить контуры самой механики. В то же время критический анализ состоятельности данной теории и ответ на возражения против нее представляют собой самостоятельную область исследования, лежащую на стыке теоретической физики и философии науки [Allori, 2025; Hiley, Van Reeth, 2018].

Механику Бома называют механикой скрытых параметров, *волны-пилота* или волны лоцмана. Эту интерпретацию также называют причинной, поскольку ей присущ детерминизм, точнее сверхдетерминизм (частица зависит от других, взаимосвязанных с ней частиц). Она же – теория волны-пилота, поскольку ее волны являются реально существующими и направляющими частицы в противоположность волнам-вероятностям квантового антиреализма. Предпосылки теории были заложены де Бройлем еще в 1920-х гг., впоследствии она была возрождена Д. Бомом [Bohm, 1952; Бом, 1965], оформившим ее математический аппарат.

Фундаментальным для всей квантовой механики является уравнение Шрёдингера, описывающее изменение состояния квантовой системы с течением времени. Волновая функция – решение этого уравнения, она позволяет вычислить вероятность нахождения частицы в определенной точке пространства. Причем согласно наиболее распространенной позиции частицы не имеют определенных траекторий до измерения и волновая функция описывает лишь вероятность

нахождения частицы в определенной точке пространства. У Бома же уравнение Шрёдингера, точнее, его решение – волновая функция, описывает реальное положение частиц, оно определяет актуально существующие состояния квантовой системы. Бом также вводит добавочное или *направляющее уравнение*, в него входит волновая функция, и оно *управляет изменением положения частиц* и определяет их реальные траектории. Причем это не силовое, а *информационное управление*. Бом и Хайли, характеризуя движение частицы в двухщелевом эксперименте, отмечают: «мы имеем дело с информацией» [Bohm, Hiley, 1993, p. 35]. В двухщелевом эксперименте в интерпретации Бома волна проходит сквозь обе щели, а частица – через одну. В стандартной же интерпретации электрон находится в суперпозиции состояний и только во время коллапса волновой функции получает свои локализованные координаты.

Центральное место в метафизике Бома отводится так называемой активной информации (этот вопрос обсуждается ниже). Примечательно, что данное понятие ценно не только для самой теории, но и для ее педагогической интерпретации – в частности, благодаря метафоре «корабля, направляемого радиоволнами» [Ibid.]. Корабль – частица, радиосигнал – это информация, соответственно, воздействие на частицу со стороны волны-лоцмана идет не силовое, а информационное. Значима не сила сигнала, а его содержание, аналогично тому, как не имеет значения, прокричат нам или скажут шепотом номер кодового замка – главное, чтобы цифры были правильными. Частица, направляемая информационными сигналами, следует по определенной траектории. При этом стоит уточнить, что метафора радиосигнала кораблю имеет механистический характер: есть локализованные и отделенные друг от друга радиопередатчик и радиоприемник, если радиоприемник на корабле сломается, то корабль собьется с курса. Однако на фундаментальном уровне электрон как динамическая система, непрерывно взаимодействующая с другими частицами, неразрывно связан с квантовым полем. По сути *информационную, со стороны геометрии пространства, а не механическую причинность подтверждает и эффект Ааронова – Бома*. Заряженная частица испытывает воздействие магнитного поля даже там, где это магнитное поле равно нулю, но отличен от нуля его векторный потенциал.

У Бома траектория одной частицы взаимосвязана с движением всех частиц во Вселенной через квантовый потенциал, отвечающий за нелокальность и также имеющий информационную природу. В этом радикальность теории Бома, его сверхдетеминизм. Точные начальные координаты одной частицы и множества нелокально взаимосвязанных с ней частиц являются для нас скрытыми параметрами, соответственно, точные траектории для нас непознаваемы, но они есть, существуют реально, независимо от нас.

Бом, с одной стороны, в своих работах по физической теории действует как философ, предлагающий свою холистическую математизированную метафизику. С другой стороны, он остается *эмпирически ориентированным ученым*. В качестве такого ученого он *применял упрощенные модели для изолированных систем*. Экспериментатор может рассматривать систему как изолированную, поскольку на практике влияние удаленных частиц, находящихся в других звездных системах и даже в других галактиках, пренебрежимо мало. Бом выводил направляющее уравнение для одной, двух частиц и давал его обобщение на систему многих тел [Bohm, 1952]. Теория Бома позволяет в соответствии с направляющим уравнением рассчитать траектории частиц и в двухщелевом эксперименте. В этом эксперименте расчет производится для изолированной системы, состоящей из частицы, щелей, через которые она проходит, и измерительного экрана. В двухщелевом эксперименте явственно видно отличие от антиреалистического понимания квантового мира: до измерения у Бома есть реальная траектория частицы, а у антиреалистов лишь суперпозиция состояний или облако возможностей.

Однако проблема в следующем. К. Ровелли, отстаивающий свою интерпретацию квантовой механики, пишет: «Теория Бома нравится многим философам потому, что она дает концептуально ясную картину. Но она не нравится физикам, потому что любые попытки ее применения к более сложным задачам, чем случай одной-единственной частицы, приводят к нагромождению проблем» [Ровелли, 2020, с. 23]. Ровелли частично прав. Теорию Бома можно использовать к задачам с двумя, тремя и даже десятью частицами, но для большего количества, уже для десятков частиц, она неприменима, так как для каждой из них нужно рассчитывать добавочное уравнение.

Поэтому для сложных задач сторонниками Бома в вычислениях используются *приближенные методы*, вероятности, такие же, как и в классической, стандартной механике. Механика Бома, как, впрочем, и теория Эверетта и некоторые другие альтернативные понимания, *эмпирически эквивалентна классической квантовой механике*. Это значит, что при инженерных расчетах используется одна и та же упрощенная математика без добавочного уравнения, показывающая свою практическую эффективность. О применении стандартного формализма при инженерных решениях пишут, например, сторонники Бома С. Тойфель и Д. Дюрр [Teufel, Dürr, 2009].

Что дает добавочное уравнение и Бомовское видение траекторий частиц как реальных? Во-первых, это объяснение нелокальности. Ведь «Бом отстаивал свою механику не вопреки ее свойствам нелокальности, т.е. неразделимости, а благодаря им» [Салом, 2024]. Детерминированные, управляемые волновой функцией траектории зависят от конфигурации всей системы из множества частиц. Бом

с помощью своих уравнений обосновывает *нелокальность, которая в наблюдениях проявляется как мгновенные корреляции двух или большего количества «запутанных» частиц*. Именно Бом в работе 1951 г. [Bohm, 1951] предложил, а в статьях 1952 г. [Bohm, 1952] уточнил и доработал проверку эксперимента Эйнштейна – Подольского – Розена, направленную на подтверждение нелокальности. У Эйнштейна – Подольского – Розена в 1935 г. был представлен скорее теоретический парадокс, они оперировали координатами и импульсом частиц. Бом же от этих неизмеримых в то время параметров переходит к спину частицы, тем самым формулируя проверяемую физическую гипотезу. Она оказала решающее влияние на Д. Белла, формулирующего в 1964 г. [Bell, 1964] свои неравенства. Впоследствии их проверка А. Аспе в 1982 г., т.е. при жизни Д. Бома (1917–1992), подтвердила нарушение неравенств Белла и реальность нелокальности. Во-вторых, механика Бома дает наглядность – детерминированные, реальные траектории частиц можно визуализировать. Последнее важно с педагогической точки зрения, позволяет лучше понять природу квантовых процессов, но не только. Визуализация важна и в квантовой химии, для моделирования того, как электроны движутся в атомах [Maddox, Bittner, 2001].

В связи с эмпирической эквивалентностью стандартной квантовой механики и механики Бома популярным является следующее возражение: механика Бома с ее добавочным направляющим уравнение избыточна. В. Аллори отвечает на это, что теория волны-пилота дает более глубокое понимание квантовых явлений, и ситуация, когда есть две физически эквивалентные теории, встречается в физике. Например, статистическая механика обосновывает на более фундаментальном, связанном с элементарными частицами уровне законы термодинамики. Более того, у теории волны-пилота есть и эмпирические подтверждения: «Экспериментальные достижения, включая слабые измерения, показали, что траектории, предсказанные теорией, тесно соответствуют наблюдаемым явлениям, что еще раз подтверждает ее физическую значимость» [Allori, 2025, p. 147].

К приведенной выше цитате К. Ровелли можно добавить, что теория Бома нравится не только реалистически ориентированным в онтологии философам. Многие физики-экспериментаторы принимают реалистическую интерпретацию квантовой механики, поскольку в своих опытах они управляют движением квантовых частиц. Манипулирование с объектом в эксперименте, например при квантовой телепортации и при работе с квантовым компьютером, убеждает в его реальности. В.Э. Терехович отмечает «сильным аргументом в споре о квантовой реальности становятся новые технологии, внедряемые в рамках второй квантовой революции» [Терехович, 2019, с. 181]. При этом убеждение в реальности квантового объекта

не ведет автоматически к принятию механики Бома, можно довольствоваться и стандартной механикой. Преимущество механики Бома перед другими интерпретациями – в том, что она дает наиболее наглядное объяснение нелокальности. Перейдем от реалистической физики к взаимосвязанной с ней реалистической, точнее холистической, философии Бома.

«Голограмма», другие метафоры и структура бытия у Бома

Философия Бома эволюционировала от ранней, с уклоном в материализм до зрелой и поздней холистической, объединяющей идеальное и материальное. В данном разделе будут представлены базовые *метафоры, а также онтологические и эпистемологические положения* Бома, чтобы в итоге охарактеризовать ключевые положения его «полновесного» онтологического реализма.

Наиболее известной и характерной метафорой Вселенной у Бома является голографическая метафора. На пластину записана голограмма, при этом часть пластины также несет всю голограмму, пусть и менее четкую. Средством воспроизведения голограммы является лазерный луч. Голографическая пластина символизирует собой скрытый, имплицитный порядок, голографическое изображение – эксплицитный, явный, развернутый порядок. Лазерный луч связан с холодвижением или переходом от скрытого к явному порядку. Принципиально, что лазерный луч когерентен или упорядочен, и только такой упорядоченный поток энергии может проявить объемное изображение. Скрытый порядок есть всегда, но его познание для нас недоступно, аналогично тому, как, глядя на голографическую пластину, мы увидим лишь размытие цветовые пятна, и лишь структурированный поток энергии проявляет четкие формы. Бом особо подчеркивал [Bohm, 1980, p. 183], что слово «голограмма» происходит от двух греческих корней: “holo” – целое, и “gram” – «пишет». Согласно Бому, целое «пишет» или воспроизводит уменьшенные копии или подобия себя. Бом называл их субтотальностями.

У Бома существует не одна, а *четыре взаимодополняющие друг друга метафоры*. Помимо *голографической, это – «рыба в аквариуме», «капля чернил» и радиосигнал кораблю.* Выше мы уже использовали метафору корабля, управляемого радиоволнами. Теперь рассмотрим две другие наглядные аналогии, к которым прибегает Бом: начнем с образа рыбы, плавающей в аквариуме [Bohm, 2005, p. 237]. С одной стороны аквариума направленная на нее телекамера снимает бок рыбы, с другой же – другая камера – хвост. Выглядят они,

естественно, по-разному, но как только движется бок рыбы, одновременно меняется положение головы. Две запутанные или взаимозависимые частицы занимают разное положение в пространстве и обладают разными характеристиками, как и части рыбы. При этом они меняются синхронно, потому что являются частями одного объекта, единой неделимой вселенной. «Рыба в аквариуме» – это то, как мы, находясь в области имплицитного, развернутого, локализованного порядка, видим в нем проявления имплицитного, целостного порядка.

П. Пюлькканен делает особый акцент на бомовской метафоре «капля чернил». Капля чернил помещена в глицерин, находящийся внутри цилиндра, и когда этот цилиндр начинает вращаться, капля растягивается в чрезвычайно тонкую, невидимую нашему глазу нить. При остановке вращения она опять становится той же каплей. П. Пюлькканен отмечает, что «капля сохраняет свою идентичность и в определенном смысле даже тождественность в свернутом состоянии» [Pylkkänen, 2007, p. 63]. Идентичность – это эпистемологическая характеристика, то, как вещь является нам, как мы отличаем ее от других вещей, а тождественность – онтологическая характеристика, связанная с внутренней устойчивостью, сохранением вещи. Бом предлагает свою метафизику вещи, в которой она рассматривается не как самодостаточная, а как зависящая от холодвижения: если это движение целого интенсивно, то вещь переходит в свернутое состояние, если оно замедляется или локализуется, то вещь принимает устойчивые очертания, мы идентифицируем ее как каплю или другой объект.

Уже упоминавшаяся метафора радиосигнала кораблю важна не только для микро-, но и для макромира. Бом использует ее применительно к сознанию: активная информация, идущая от него, управляет телом человека. Информация для Бома – не просто мера порядка. Его активная информация организует и упорядочивает, обеспечивает согласованное развитие части и целого. Физическое и ментальное неразрывно связаны: «Неразделимы в том смысле, что информация, содержащаяся в мысли, которая, как нам кажется, находится на “ментальной” стороне, одновременно является связанной с ней нейрофизиологической, химической и физической деятельностью (что, очевидно, и подразумевается под “материальной” стороной этой мысли)» [Bohm, 1990, p. 285].

Бом также признавал значение активной информации в живой природе. Организм полностью не изолирован, он развивается, направляемый информацией, поступающей не только от его генов, но и от окружающей среды. В контексте данной статьи упоминание организма человека и других существ важны в следующем отношении: Бом признает не только имплицитный нелокальный, но и эксплицитный локальный порядок макромира как относительно автономный.

На саму концепцию активной информации Бома повлияла формальная причина, которая есть не нечто внешнее, но «упорядочивающее и структурирующее внутреннее движение, определяющее сущность вещи» [Bohm, 2005, p. 16]. Часть этого внутреннего информационного движения локализована в организме, но в неизмеримо большем объеме оно присутствует в неделимой и нелокальной в своей основе вселенной. Все четыре метафоры (голографическая, радиосигнала кораблю, капли чернил, рыбы в аквариуме) имеют комплексный характер, взаимодополняют друг друга. Важно, что *все метафоры характеризуют реалистическое видение мира:* вселенная не только есть вне сознания человека, но и сама определяет свое развитие, порождая субтотальности, локализованные, относительно автономные части бытия.

Бом о познании как о процессе в бытии

При этом вселенная лишь ограниченно познаваема для квантовой физики. Бом как основатель механики скрытых параметров это прекрасно понимал. Как совместить полновесный реализм и ограниченность наших знаний о сущности мира?[2] Бом в своей философии подходит к *познанию* онтологически, рассматривает его как процесс, происходящий в бытии. В этом его сходство с рядом восточных и русских религиозных философов. Он «онтологизирует» эпистемологию. *Мысль, как и вещь, которую познает эта мысль, являются формами, абстрагированными или относительно автономными от общего процесса жизни.* Почему мысль соответствует вещи? Не в силу того, что она отражает эту вещь, а поскольку и она, и вещь имеют под собой единую основу, но отделены эпистемологически от единого целого.

Бом приводит аналогию *танца пчел* для иллюстрации процесса познания. В этом танце одна пчела указывает другим положение цветов, дающих мед. «Этот танец, вероятно, не следует понимать как создание в “уме” пчел формы знания в рефлексивном соответствии с цветами. Скорее, это деятельность, которая при правильном выполнении действует как указатель или индикатор, располагая пчел к порядку действий, который обычно приводит их к меду» [Ibid., p. 70]. Таким образом, для Бома познание – это не только не отражение, но и не рефлективное или интеллектуальное соотнесение ментальных данных с реальностью.

[2] Следует также помнить, что истинные знания о локализованных субтотальностях не есть знания о сущности мира, глубинных нелокальных уровнях бытия.

Это деятельность, точнее, часть общего эволюционного процесса: «Мысль – это своего рода “танец ума”, который функционирует указательно и который при правильном выполнении течет и сливается в гармоничный и упорядоченный вид общего процесса в жизни в целом» [Bohm, 2005, p. 70]. Обобщим: *подходу Бома к познанию свойственны прагматизм, принятие эволюционных принципов, а также холизм*. Прагматизм как критерий истины состоит в том, что истинное знание дает правильный, точнее, проходящий опытную проверку результат, а ложное – не дает, подобно танцу, который приводит к меду и который не приводит. Эволюционизм состоит в том, что правильное знание способствует эволюции или гармонирует с процессом «жизни в целом», тогда как неправильное не гармонирует. Холизм, представление о том, что познающий субъект связан с целостным многоуровневым мирозданием, отличает Бома от ряда направлений эволюционной эпистемологии с ее принципами борьбы за существование идей и познающих субъектов.

Для Бома в его холистическом видении главным является интеграция, кооперация и объединение всех элементов бытия. Причем не столько на горизонтальном уровне – с другими живущими и познающими субъектами – сколько с мирозданием в целом через нелокальные взаимосвязи. Истинное знание способствует целостному восприятию мира, когерентно с теми теориями, которые описывают вселенную как холистическую систему. При этом *субъект или познающий деятель относительно автономен от целого*: пчелы могут станцевать и танец, не ведущий к цветам. Эта относительная автономность или наличие субтотальностей в терминологии Бома и является причиной ошибок в познании.

Квантовая механика изучает высокие энергии по сравнению с механическими энергиями, доступными нам в обыденном опыте. Волна-пилот Бома (а не волна-вероятность копенгагенской интерпретации) управляет энергиями высшего уровня по отношению к более грубым вещественным, «плотным» или «телесным», энергиям. Теория волны-пилота стремится постичь более тонкие слои реальности, а не адаптировать их к тому виду материи, что доступен нам в обыденном опыте. Теория познает реальность, но при этом есть скрытые параметры. Как быть с ними? *Незнание является свойством нашего сознания, а не мира как такового*. Многое в мире мы можем познать лишь частично. Так, темная материя и энергия познаваемы лишь частично, но при этом они не просто существуют, но определяют развитие Вселенной. В теории Бома мы можем рассчитать движение лишь нескольких частиц, расчет же траекторий нескольких десятков или даже сотен частиц нам недоступны, но из этого не следует, что данных траекторий нет. Д. Белл, констатируя ограниченность наших знаний о волновой функции Вселенной, отмечает: «Признание вещей, невидимых для таких

грубых существ, как мы, на мой взгляд, свидетельствует о достойном смирении, а не просто о прискорбной зависимости от метафизики» [Bell, 1987, p. 202].

Бом vs эпистемологическая линия Бора и «пифагореизм» Гейзенберга

В предыдущих двух разделах были охарактеризованы общие онтологические и эпистемологические идеи Бома. Помня о том, что его метафизика и философия физики взаимосвязаны, можно сопоставить его и альтернативные ей интерпретации квантовой механики. Копенгагенская интерпретация предстает как исторически первая и наиболее распространенная интерпретация. При этом единой копенгагенской интерпретации нет, в нее включают зачастую противоречащие друг другу воззрения[3].

По-видимому, термин «копенгагенская интерпретация» в силу своей исторической распространенности и обобщающего характера останется востребованным, но более корректно было бы говорить о подходе Бора, субъективистских теориях Дж. фон Неймана, Ю. Вигнера, пифагореизм позднего Гейзенберга и др. В данном разделе будет проведено сопоставление научной метафизики Бома и Бора как наиболее яркого и влиятельного представителя копенгагенской интерпретации, а также онтологии Бома и Гейзенберга. Конечно, в позиции Бора и его ученика Гейзенберга много сходных черт, но для нас важнее различия, связанные с ответом на онтологический вопрос о том, что существует. «Действительно, философские взгляды Гейзенберга на квантовую физику никогда не совпадали с взглядами Бора, особенно в поздних работах Гейзенберга» [Plotnitsky, 2025, p. 26].

К ключевым идеям копенгагенской интерпретации в изложении Бора относят статистический характер волновой функции, приоритет наблюдаемости и зависимость эксперимента от его условий и экспериментальной установки, принципы дополнительности [Бор, 1971]. Физическое событие – это то, что зафиксировано в опыте, при измерении, то, что мы можем по принципу дополнительности соотнести с параметрами, знакомыми нам из классической физики. В.Э. Терехович отмечает ряд причин популярности копенгагенской интерпретации, среди них можно выделить следующую: «Истинность квантовой теории никак не противоречит истинности классических и релятивистских теорий. Такая совместимость обеспечивается принципом дополнительности, статистической интерпретацией

[3] За ответом на вопрос о том, почему так произошло, можно адресовать к статье В.Э. Тереховича [Терехович, 2025].

волновой функции» [Терехович, 2019, с. 175]. Поскольку частицы не обладают определенными свойствами до измерения, то и не требуется объяснять их «странное», неклассическое поведение. При этом принципиальным положением копенгагенской интерпретации является представление о коллапсе волновой функции, обусловленной действием прибора и экспериментатора. До измерения частица как бы находится во всех состояниях одновременно, а после измерения она принимает одно определенное состояние.

К последовательно субъективистским и, следовательно, антиреалистическим интерпретациям квантовой механики относятся уже отмеченные концепции Дж. фон Неймана, Ю. Вигнера. Бор же признает наличие внешней реальности, но при этом считает, что она доступна нам только через призму исследовательских концепций, экспериментальной установки ученого. Это реализм сущностей, во многом близкий концепции Канта. Д. Бом и Б. Хайли противопоставляют свой онтологический подход эпистемологическому подходу Н. Бора. Бор воспринимает квантовое явление целостно, но это целостность системы из самого квантового явления и экспериментальной установки: «Однозначное описание собственно квантового явления должно в принципе включать описание всех существенных частей экспериментальной установки» [Бор, 1971, с. 529]. При этом данная целостность расходится с механицизмом классической механики, в рамках которого воздействием экспериментальной установки на физические объекты можно пренебречь[4].

Бом отстаивает не эпистемологический, а онтологический холизм: для него нелокальность – важнейшая характеристика бытия, включающего в себя и экспериментальную установку, и экспериментатора как свои аспекты. Для актуализации дискуссии Бома и Бора в качестве продолжателя эпистемологической линии Бора можно рассматривать А. Цайлингера. Цайлингер провел много экспериментов, подтверждающих нелокальность, но в его интерпретации квантовой физики ключевым выступает понятие информации, доступной и данной исследователю [Zeilinger, 1999].

Немного другой взгляд на реальность предлагает Гейзенберг, популяризовавший сам термин «копенгагенская интерпретация» квантовой теории в 1950-е гг. [Гейзенберг, 1989] в качестве обобщения своей позиции, позиции Бора и ряда других ученых. Гейзенберг предлагает свою версию онтологии, считая, что современная физика

[4] Бор, применяя принцип дополнительности, предлагает нередукционистское понимание жизни и сознания, взаимодополнение телеологического и механистического подходов к пониманию жизни. Он не просто дает интерпретацию квантовой физики, но и предлагает свою натурфилософию, как и Бом, также критиковавший механицизм. При этом натурфилософия Бора в отличие от Бома является эпистемологически и методологически ориентированной.

идет вперед по пути Платона и пифагорейцев, для которых в основе мира были математические структуры. Для Гейзенберга это – уравнения, являющиеся математическим выражением свойств симметрии. Симметрия, если сильно упрощать, – это неизменность, и фундаментальные физические законы сохранения (энергии, импульса, момента импульса) основываются на том, что пространство и время однородны и симметричны. Гейзенберг констатирует: «“В начале была симметрия” – идея, безусловно, более правильная, чем демокритовский тезис “в начале была частица”» [Гейзенберг, 1989, с. 349]. Одни элементарные частицы порождают другие, многие из них неустойчивы, но мы знаем об их физических характеристиках, можем предсказать их преобразование, основываясь на уравнениях. Поэтому Гейзенберг и относит уравнения, выражающие симметрию, к основе реальности.

Пифагорейский подход Гейзенберга отличается от онтологически примитивного пифагореизма М. Тегмарка, сводящего всю реальность к математике. У Гейзенберга математика – в основе реальности, более того, он разграничивает актуальную и потенциальную реальность. Как отмечают Бом и Хайли, у Гейзенберга «волновая функция представляла собой не актуальную реальность, а скорее набор потенциальных возможностей, которые могли быть реализованы в соответствии с экспериментальными условиями» [Bohm, Hiley, 1993, p. 18]. Иными словами, математика в основе, но она реализуется в соответствии с экспериментальными условиями, определяемыми на макроуровне. В качестве одной из актуальных интерпретаций Гейзенберга можно рассматривать пифагорейскую концепцию реальности без реализма А. Плотницкого [Plotnitsky, 2025].

Заключение

Физика и философия у Бома взаимосвязаны. Этот общий тезис мы постарались прояснить на примере *эпистемологии Бома*, поскольку ей уделяется недостаточно внимания в исследованиях по философии Бома. В случае с одной частицей можно визуализировать ее траекторию. Если брать сотни частиц, то рассчитать их траектории невозможно. Их начальные координаты выступают для нас как скрытые параметры. Значит, *наши знания о реальности* весьма *ограниченны*. Квантовый реализм Бома отличается от классического, для которого физические объекты локализованы, а их свойства, такие как масса и скорость, познаваемы. При этом, согласно Бому, мы, как пчелы, ищущие мед, можем получить те знания, которые ведут нас к развитию.

В статье взаимосвязь физики и метафизики Бома поясняется через его концептуальные метафоры. Метафора радиосигнала кораблю

в его механике демонстрирует информационное, а не силовое воздействие на частицу. В метафизике она приобретает более широкое значение: информация направляет развитие макрообъектов на уровне эксплицитного порядка. Метафора радиосигнала кораблю рассматривается во взаимосвязи с другими метафорами, дополняющими друг друга. Так голографическая метафора демонстрирует, как единое целое Вселенной «пишет» или воспроизводит уменьшенные копии или подобия себя. Подчеркивается, что у Бома существует именно система метафор. Какую картину мира на основе реалистически понятой квантовой механики сформировал Бом? *Холистический многоуровневый (иерархический) реализм*. Насколько эти идеи с необходимостью следуют из квантовой механики? Холизм имеет своим основанием нелокальные взаимосвязи. Многоуровневость или иерархичность состоит в том, что есть как минимум два уровня: квантовый, нелокальный, и классический, где тела локализованы в пространстве. Причем *первичен нелокальный уровень бытия*.

В философии физики динамический холизм Бома противопоставляется эпистемологической линии Бора и пифагорейской линии Гейзенберга. Бор также признает холизм, но это холизм частицы, прибора и исследователя. У Бома холизм носит онтологический, универсальный, а не фрагментированный характер. Для Гейзенберга симметрии, выраженные в уравнениях, – в основе реальности, для Бома же смысл и значение уравнений – лишь обособленный аспект единого целого. Безусловно, «линия Бора», «линия Гейзенберга» в сопоставлении с «линией Бома» намечены лишь пунктирно, в общих чертах, развернутый анализ – предмет отдельных исследований.

Список литературы

Абрамов, Некрасова, 2024 – *Абрамов П.Д., Некрасова В.М.* Реализм и холизм научной теории волны-пилота и философии Дэвида Бома // Философия науки. 2024. № 4 (104). С. 34–50.

Бом, 1965 – *Бом Д.* Квантовая теория. М.: Наука, 1965. 728 с.

Бор, 1971 – *Бор Н.* Избранные научные труды в двух томах. Т. 2. М.: Наука, 1971. 676 с.

Гейзенберг, 1989 – *Гейзенберг В.* Физика и философия. Часть и целое. М.: Наука, 1989. 400 с.

Ровелли, 2020 – *Ровелли К.* Гельголанд. Красивая и странная квантовая физика. М.: Эксмо, 2020. 176 с.

Салом, 2024 – *Салом И.* Нобелевская премия 2022 года по физике и конец механистического материализма Часть 2: Реализм и локальность // Идеи и идеалы. 2024. Т. 16. № 4–1. С. 141–166.

Терехович, 2019 – *Терехович В.Э.* Три подхода к проблеме квантовой реальности и вторая квантовая революция // Эпистемология и философия науки. 2019. Т. 56. № 1. С. 169–184.

Терехович, 2025 – *Терехович В.Э.* Квантовая революция или революционные трансформации? // Эпистемология и философия науки. 2025. Т. 62. № 4. С. 6–24.

Фурсов, 2025 – *Фурсов А.А.* Обзор статьи Э. Гибни «Исследование Nature показало, что физики широко расходятся во взглядах о том, что квантовая механика говорит о реальности» // Эпистемология и философия науки. 2025. Т. 62. № 4. С. 222–230.

Эрекаев, 2023 – *Эрекаев В.Д.* Квантовая механика и современная философия: Онтология микромира и квантовое сознание. М.: URSS, 2023. 168 с.

References

Abramov, P.D., Nekrasova, V.M. “Realizm i holizm nauchnoj teorii volny-pilota i filosofii Djevida Boma” [Realism and Holism of the Scientific Theory of the Pilot Wave and the Philosophy of David Bohm], *Philosophy of Science*, 2024, no. 4 (104), pp. 34–50. (In Russian)

Allori, 2025 – Allori, V. “On Quantum Mechanics and the Pilot-Wave Theory: Empirical Equivalence and Other Objections”, *Epistemology & Philosophy of Science*, 2025, vol. 62, no. 4, pp. 133–150.

Bell, 1964 – Bell, J.S. “On the Einstein-Podolsky-Rosen Paradox”, *Physics*, 1964, vol. 1, no. 3, pp. 195–200.

Bell, 1987 – Bell, J.S. *Speakable and Unspeakable in Quantum Mechanics*. Cambridge: Cambridge University Press.

Bohm, 1951 – Bohm, D. *Kvantovaja teorija* [Quantum Theory]. Moscow: Nauka, 1965. (Trans. into Russian)

Bohm, 1952 – Bohm, D. “Suggested Interpretation of the Quantum Theory in Terms of “Hidden” Variables. II”, *Physical Review*, 1952, vol. 85, pp. 180–193.

Bohm, 2005 – Bohm, D. *Wholeness and the Implicate Order*. Taylor and Francis e-Library, 2005.

Bohm, 1990 – Bohm, D. “A New Theory of the Relationship of Mind and Matter”, *Philosophical Psychology*, 1990, vol. 3, no. 2–3, pp. 271–286.

Bohm, Hiley, 1993 – Bohm, D., Hiley, B.J. *The Undivided Universe: An Ontological Interpretation of Quantum Theory*. Routledge, 1993.

Bohm, D. “Kvantovaya teoriya” [Quantum Theory]. Moscow: Nauka, 1965. (Trans. into Russian)

Bohr, N. *Izbrannye nauchnye trudy v dvuh tomah. T. 2* [Selected Scientific Works in Two Volumes. Vol. 2]. Moscow: Nauka, 1971. (Trans. into Russian)

Erekaev, V.D. *Kvantovaja mehanika i sovremennaja filosofija: Ontologija mikromira i kvantovoe soznanie* [Quantum Mechanics and Modern Philosophy: Ontology of the Microworld and Quantum Consciousness]. Moscow: URSS, 2023. (In Russian)

Essential David Bohm, 2005 – Nichol, L. (ed.) *The Essential David Bohm*. London: Routledge, 2005.

Fursov, A.A. "Obzor stat'i Je. Gibni 'Issledovanie Nature pokazalo, chto fiziki shiroko rashodjatsja vo vzgljadah o tom, chto kvantovaja mehanika govorit o real'nosti'" [Review of E. Gibney's Paper 'Physicists Disagree Wildly on What Quantum Mechanics Says about Reality, Nature Survey Shows'], *Epistemology & Philosophy of Science,* 2025, vol. 62, no. 4, pp. 222–230. (In Russian)

Heisenberg, W. *Fizika i filosofija. Chast' i celoe* [Physics and Philosophy. Part and Whole]. Moscow: Nauka, 1989. (In Russian)

Gibneys, 2025 – Gibneys, E. "Physicists Disagree Wildly on What Quantum Mechanics Says about Reality, Nature Survey Shows", *Nature,* 2025, vol. 643, pp. 1175–1179.

Globus, 2007 – Globus, G. "Mind, Matter and the Implicate Order by Paavo TI Pylkkänen", *NeuroQuantology,* 2007, vol. 5, no. 4, pp. 396–399.

Hiley, Van Reeth, 2018 – Hiley, B.J., Van Reeth, P. "Quantum Trajectories: Real or Surreal?", *Entropy,* 2018, vol. 20, no. 5, 353.

Maddox, Bittner, 2001 – Maddox, J.B., Bittner, E.R. "Quantum Relaxation Dynamics Using Bohmian Trajectories", *The Journal of Chemical Physic*s, 2001, vol. 115, no. 14, pp. 6309–6316.

Plotnitsky, 2025 – Plotnitsky, A. "Heisenberg's Pythagorean Revolution: from Quantum Jumps to Matrix Algebra and Beyond", *Epistemology & Philosophy of Science*, 2025, vol. 62, no. 4, pp. 25–42.

Pylkkänen, 2007 – Pylkkänen, P. *Mind, Matter and the Implicate Order*. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, 2007.

Rovelli, K. *Gel'goland. Krasivaja i strannaja kvantovaja fizika* [Helgoland. The Beautiful and Strange Quantum Physics]. Moscow: Eksmo, 2020. (Trans. into Russian)

Salom, 2024 – Salom, I. "Nobelevskaja premija 2022 goda po fizike i konec mehanisticheskogo materializma" [The 2022 Nobel Prize in Physics and the End of Mechanistic Materialism. Part 2: Realism and Locality], *Ideas and Ideals*, 2024, vol. 16, no. 4–1, pp. 141–166. (In Russian)

Sivasundaram, Nielsen, 2016 – Sivasundaram, S., Nielsen, K.H. *"Surveying the Attitudes of Physicists Concerning Foundational Issues of Quantum Mechanics"*, arXiv preprint arXiv:1612.00676, 2016.

Terekhovich, V.E. "Tri podhoda k probleme kvantovoj real'nosti i vtoraja kvantovaja revoljucija" [Three Approaches to the Problem of Quantum Reality and the Second Quantum Revolution], *Epistemology & Philosophy of Science*, 2019, vol. 56, no. 1, pp. 169–184. (In Russian)

Terekhovich, V.E. "Kvantovaja revoljucija ili revoljucionnye transformacii?" [Quantum Revolution or Revolutionary Transformations?], *Epistemology and Philosophy of Science,* 2025, vol. 62, no. 4, pp. 6–24. (In Russian)

Teufel, Dürr, 2009 – Teufel, S., Dürr, D. *Bohmian Mechanics: The Physics and Mathematics of Quantum Theory.* Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag, 2009.

Zeilinger, 1999 – Zeilinger, A. "A Foundational Principle for Quantum Mechanics", *Foundations of Physics*, 1999, vol. 29, no. 4, pp. 631–643.