

УДК 101.1+165

Андрей Борисович Макаров
кандидат философских наук,
доцент кафедры истории и философии науки
Самарского государственного университета
г. Самара. E-mail: makarab@mail.ru

ПРИНЦИП ДОПОЛНИТЕЛЬНОСТИ Н. БОРА И ПРОБЛЕМА ЕГО СТАТУСА¹

Статья посвящена проблеме научного и философского статуса принципа дополнительности. Проанализирована его экспликация Н. Бором, понимание учеными и эпистемологами. Показано, что принцип дополнительности в целом представляет собой комплекс идей, призванных прояснить специфическую ситуацию, сложившуюся в квантовой механике. Некоторые из них – о роли языка классической физики, о роли макроскопического прибора, о целостности научного эксперимента, о целостности микрообъекта – могут претендовать на статус общенаучных и эпистемологических принципов. В качестве смыслового стержня подхода Бора выделен запрет на онтологизацию квантового явления, которая неизбежно приводит к противоречиям. Однако попытки его обобщения в науке и философии к успеху не привели. Обоснована характеристика постулата дополнительности как методологического принципа оснований квантовой механики в ее копенгагенской интерпретации.

Ключевые слова: принцип дополнительности, явление, онтологизация, противоречие, обобщение, копенгагенская интерпретация.

С тех пор как Н. Бор и В. Гейзенберг, встретившись после творчески плодотворных каникул, с гордостью сообщили друг другу о своих открытиях – принципа дополнительности и принципа неопределенности – прошло 85 лет. Этот день принято считать днем, который ознаменовал собой окончание периода формирования квантовой механики. С той поры об этих принципах написано много страниц, высказано много глубоких и значительных соображений. Однако если относительно принципа неопределенности Гейзенберга существует более или менее выраженное согласие, то ситуация с принципом дополнительности совершенно иная. Несмотря на широкое использование этого термина единства нет не только в оценке его роли и статуса в науке и философии, но даже в понимании его содержания и смысла. Спектр мнений простирается от безоговорочного признания его в качестве общенаучного и общеприкладного принципа, его утверждения как базового методологического принципа неклассической теории познания, до полного отрицания его значения как в науке, так

¹ Статья подготовлена при поддержке Федеральной целевой программы «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России на 2009–2013 годы».

и в философии. Поэтому представляется актуальной и методологически значимой попытка разобраться в этом вопросе на основе анализа понимания указанного принципа самим Бором, с одной стороны, и его реального функционирования в основаниях науки и в эпистемологии, с другой.

В работах Бора мы не находим достаточно полного и однозначного определения принципа дополнительности. В зависимости от интересующей его в данный момент темы, он акцентирует внимание то на границах возможности описания квантового объекта, то на отсутствии логического противоречия при полном описании квантовых явлений, то на целостности экспериментальной ситуации и роли макроскопического прибора, то на неделимости квантовых процессов или на неизбежности использования языка классической науки при описании эксперимента и результатов квантовой механики. Принцип дополнительности таким образом по содержанию представляет собой комплекс идей, рожденных в ходе многолетних размышлений Бора, дискуссий с единомышленниками и оппонентами о специфике квантовой механики и интерпретации ее результатов. Похоже, в феврале-марте 1927 г. Бор нашел удачное имя для этого комплекса идей. Очевидно, именно оно позволило, по воспоминаниям В. Гейзенберга, одному из друзей Бора заметить во время изложения им своего открытия: «Но ведь тут нет совершенно ничего нового, Нильс, десять лет назад ты излагал нам все точно таким же образом». Но если этим именем обозначено некоторое особенное содержание, его надо выделить и отличить от соображений, разработанных для его объяснения и обоснования (причем, эти соображения сами могут быть сформулированы как отдельные, самостоятельные принципы). Здесь не обойтись без обращения к проблеме, изначально беспокоящей Бора и определившей ход его мысли. Такой проблемой явилось противоречие, возникающее при интерпретации данных, получаемых в ходе экспериментального исследования квантовых феноменов, в духе корпускулярно-волнового дуализма.

Вообще-то Бора не особенно смущали противоречия даже в основаниях теории, что он блестяще показал, поддержав и развив заведомо ложную (противоречащую основным законам электродинамики) модель атома Резерфорда. Но формальнологические противоречия в науке недопустимы. «Квантовый объект является одновременно и волной, и частицей». Вот чего не мог принять, с чем не мог согласиться Бор. «Приписывание атомным объектам обычных физических атрибутов связано с принципиально неизбежным элементом неопределенности», – пишет он. Эта неопределенность является «прямым выражением абсолютного ограничения применимости наших наглядных представлений при описании атомных явлений. Оно выявилось в кажущейся дилемме, с которой мы встретились в вопросе о природе света и материи». Возможный выход заключается в том, чтобы признать «определенные самой природой границы возможности говорить о самостоятельных явлениях» в формулировках квантовой механики [4, с. 393, 68, 69]. Источник недоразумений Бор видит в неопределенности термина «явление», под которым может подразумеваться как

сам объект в его взаимодействии с другими объектами, так и то, что регистрируется приборами, что нам дано в эксперименте. «Чтобы избежать логических противоречий в описании незнакомой ситуации...», – предлагает он, – в качестве более удачного способа выражения можно усиленно рекомендовать использовать слово явление в более узком смысле, относя его исключительно к таким наблюдениям, которые проводятся в специальных условиях, позволяющих получить полное описание всего эксперимента в целом» [4, с. 397]. В описании явления должны входить данные обо всей экспериментальной установке [4, с. 487]. Ученик Бора Дж. А. Уиллер именно в этом видит ключ к пониманию принципа дополнительности: никакой квантовый феномен не может считаться таковым, пока не является наблюдаемым (регистрируемым) феноменом.

С учетом сказанного можно считать, что наиболее полное и адекватное разъяснение принципа дополнительности приведено Бором в статье «Дискуссии с Эйнштейном по проблемам теории познания в атомной физике» (тем более, что оно почти дословно повторяет написанное им в работе «О понятиях причинности и дополнительности»): (А) «Поведение атомных объектов невозможно резко отграничить от их взаимодействия с измерительными приборами, фиксирующими условия, при которых происходят явления. В самом деле, неделимость типичных квантовых эффектов проявляется в том, что всякая попытка подразделить явления требует изменения экспериментальной установки и тем самым влечет за собой новые возможности принципиально неконтролируемого взаимодействия между объектами и измерительными приборами. Вследствие этого данные, полученные при разных условиях опыта, не могут быть охвачены одной единственной картиной; эти данные должны скорее рассматриваться как дополнительные в том смысле, что только совокупность разных явлений может дать более полное представление о свойствах объекта» [4, с. 406-407]. И в статье «Причинность и дополнительность»: (В) «Получаемые нами с помощью различных измерительных приборов сведения о поведении исследуемых объектов, кажущиеся несовместимыми, в действительности не могут быть непосредственно связаны друг с другом обычным образом, а должны рассматриваться как дополняющие друг друга. Таким образом, в частности объясняется безуспешность всякой попытки последовательно проанализировать «индивидуальность» отдельного атомного процесса, которую, казалось бы, символизирует квант действия, с помощью разделения такого процесса на отдельные части. Это связано с тем, что если мы хотим зафиксировать непосредственным наблюдением какой-либо момент в ходе процесса, то нам необходимо для этого воспользоваться измерительным прибором, применение которого не может быть согласовано с закономерностями течения этого процесса» [4, с. 205-206]. (Обилие цитат представляется оправданным, поскольку мы хотим прояснить собственную позицию Бора, что из-за насыщенности авторской мысли сделать не просто). Кстати, отсылки к объекту в обоих отрывках, несомненно есть

эффект той самой языковой ловушки, от которой Бор постоянно предостерегает.

Таким образом, представляется оправданным выделение двух установок, составляющих «ядерное» (инвариантное) содержание принципа дополнительности. Первое – это требование полноты описания исследования квантовых явлений (в боровском смысле) микрообъектов и указание на непротиворечивость такого описания. Второе – это прямой запрет на опредмечивание (объективацию, онтологизацию) характеристик, полученных в ходе квантовомеханического эксперимента, поскольку в отличие от классической науки у нас нет оснований для экстраполяции данных эксперимента на сам микрообъект и, напротив, есть серьезные аргументы за то, что такая экстраполяция недопустима. Последнее зачастую трактуется как повод для вывода о субъективизме Бора и субъективности квантовой механики (и, как следствие, науки в целом). Однако для Бора все обстоит как раз наоборот: это требование является условием исключения произвола, достижения объективности в интерпретациях квантовой механики и ее результатов. В то же время оно выступает необходимым условием преодоления объектного фетишизма, свойственного методологическим установкам классической физики.

Автор идеи дополнительности неоднократно указывает на некорректность выражений: «наблюдение нарушает явления», «физические свойства атомных объектов создаются их измерением» и т.п. «Так, после фразы: «Мы не можем одновременно узнать положение и количество движения атомного объекта» – немедленно возникает вопрос о физической реальности двух таких атрибутов объекта, а на этот вопрос можно ответить, только исследуя условия для недвусмысленного применения пространственно-временных понятий, с одной стороны, и динамических законов сохранения, с другой» [4, с. 407-408]. То есть, вернувшись к эксперименту с участием макроприбора как его необходимой части и к обычному языку, дополненному терминологией классической физики, только на котором и возможно его описание. Вопрос о языке описания приобретает здесь решающее значение. Любое использование понятий массы, заряда, импульса, пространственно-временных координат, законов сохранения и т.п. равносильно ссылке на механические и электродинамические закономерности, для которых неделимость действия совершенно чуждый элемент, их применение к неклассическим объектам и процессам ведет к переносу привычных образов и представлений на квантовый мир, где они не могут работать. В то же время без них не обойтись и при изучении квантовых эффектов, вне пределов области применимости классической физики. Более того, они оказываются полезны – в силу принципа соответствия, в случаях непосредственного перехода квантово-теоретического описания в обычное, когда можно пренебречь квантом действия; а также при экспериментальном исследовании квантовых явлений. Следовательно, выход один: не забывать о границах возможности использовать наглядные представления и говорить о самостоятельных объектах и процессах.

Другим необходимым условием физического исследования является макроприбор, своего рода посредник между миром физических процессов и человеком. Его роль особенно специфична в квантовой механике, где, согласно определению (В), закономерности исследуемого процесса коренным образом отличны от закономерностей самого прибора. «При квантовомеханическом описании проводится принципиальное различие между измерительными приборами, трактовка которых всегда должна быть основана на пространственно-временной картине, и изучаемыми объектами, относительно которых можно делать проверяемые наблюдениями предсказания, вообще говоря, лишь с помощью очень ненаглядного формализма» [4, с. 395]. И если в обычной физике мы можем использовать различные приборы (в широком смысле, включая самые привычные предметы), то в квантовой области наши возможности ограничены инструментами двух типов, одни из которых фиксируют корпускулярные, а другие – волновые эффекты. Поэтому, считает Бор, вопрос о том, до какой степени классические аспекты явлений можно считать включенными в соответствующее квантовомеханическое описание, в определенной мере решается из соображений удобства. Бор обращает внимание на значимую аналогию между теорией относительности и принципом дополнительности. Эйнштейн фиксирует эквивалентность физических закономерностей, форма которых зависит от систем отсчета; Бор – логическую совместимость, кажущихся противоречащими друг другу данных, полученных посредством приборов различного типа. Таким образом принцип дополнительности может рассматриваться как обобщение принципа относительности Галилея – Ньютона – Эйнштейна как «относительность к средствам наблюдения» (В.А. Фок).

С вопросами о роли языка и роли прибора тесно связаны два других постулата: о целостности эксперимента и целостности квантового объекта. Они также выступают одновременно и результатом анализа эпистемической ситуации в квантовой механике, и объяснением ее особенностей, выраженных принципом дополнительности. Указания на них содержатся в приведенных определениях (А) и (В). Первый постулат является прямым следствием относительности к средствам наблюдения. Оно заключается в том, что (по крайней мере, в квантовой механике) сами физические события, формирующие содержание боровского явления, своим условием имеют применение средств наблюдения и измерения, обладающих определенными характеристиками. Поэтому для полного и непротиворечивого описания квантового явления в нем должен быть учтен характер используемой приборной базы. Результаты экспериментов различного типа согласуются по принципу дополнительности. Второй постулат в приведенных отрывках угадывается в терминах не-«индивидуальности» атомного процесса и неделимости квантовых эффектов. Речь идет о том, что микрообъект всегда включен в целостную систему взаимодействий и не может быть выделен в «чистом» виде. Аргументы в пользу идеи целостности дают принцип неразличимости частиц, принцип запрета Паули, теория Шредин-

гера (поскольку соответствующее уравнение записывается не для каждого микрообъекта, а для общей волновой функции, определенной конфигурацией всех частиц) и т.п. Более подробно этот аспект анализируется в ходе критики мысленного эксперимента Эйнштейна – Подольского – Розена и формулируется как принцип нелокальности квантовых взаимодействий.

Все эти соображения были не без критики, но в целом благожелательно, восприняты научным сообществом, хотя истолковывались различными способами. Многие ученые были не готовы отказаться от попыток создать некоторую картину реальности, ответственной за то, что мы наблюдаем в опыте. То обстоятельство, что из боровского понятия явления и критики их высказываний о квантовом объекте необходимо следует запрет на квантовомеханическую онтологию, либо не замечалось, либо оспаривалось. Даже такого верного сторонника Бора, как Гейзенберг, в этом случае трудно назвать правоверным «копенгагенцем». Достаточно вспомнить его мысленный эксперимент с «электронным микроскопом» или попытку создать онтологию, основанную на понятии «потенциальность» (в чем, возможно, и сказывается его пресловутый «платонизм»). Говоря о дополнительности, – считает Гейзенберг, – Бор «указывал, как правило, на то, что в атомной физике мы вынуждены пользоваться разными способами описания, исключаящими, но также и дополняющими друг друга, адекватное же описание процесса достигается в конечном счете только игрой различных образов» [7, с. 158]. Похоже, Гейзенберга обижало, что Бор понимает соотношение неопределенностей как всего лишь количественное выражение принципа дополнительности в некотором частном случае. Сам Гейзенберг воспринимал принцип дополнительности скорее как общую, неконкретную формулировку соотношения неопределенностей, в то время как его собственный принцип вполне конкретен и представляет собой важную органическую часть атомной физики. В последние годы своей жизни, осмысливая «идеологию» заключительного этапа формирования квантовой механики, Гейзенберг писал о смысле и значении идей Бора: «Решающим пунктом в этом новом толковании квантовой теории было ограничение применимости классических понятий. Это ограничение в самом деле является всеобщим и хорошо определенным» [8, с. 60-61].

Физики, интересующиеся проблемами оснований своей науки, по вопросу о взаимосвязи указанных принципов Бора и Гейзенберга больше склоняются к позиции автора соотношений неопределенностей. Боровская «дополнительность» зачастую объясняется через гейзенберговскую «неопределенность». Первая, пишет С. Вайнберг, означает, что «знание одного свойства или аспекта поведения системы исключает знание ряда других свойств» [6, с. 60]; причем в расчетах принцип дополнительности не используется, поскольку теория позволяет «описывать состояние электрона, задавая его координату или импульс, но не обе величины одновременно» [6, с. 60]. Академик А.Б. Мигдал солидаризируется с Бором, но в то же время отмечает: «В физике идея Бора приводит к количественным соотноше-

ниям, что и доказывает ее важность» [11, с. 17]. Это значит, что в физической теории используется принцип Гейзенберга, а не принцип Бора; и их понимание Мигдалом не отличается кардинально от трактовки Вайнберга.

Дэвид Бом один из тех физиков, которые вполне отдают себе отчет в том, что последовательное проведение идей Бора приводит к отказу от любой возможной модели (не обязательно наглядной) в атомной физике. Его критика ортодоксальной копенгагенской интерпретации квантовой механики, к активным сторонникам которой он и сам принадлежал, берет начало в дискуссии о скрытых параметрах и неполноте квантовой теории, но выходит за ее рамки. Бом считает, что чисто феноменологическое представление физики микромира равносильно утверждению о невозможности построения более общей теории, глубже проникающей в структуру мира. Бор сделал важный шаг, показав, что в квантовой теории приходится отказаться от понятия об однозначных и строго определенных мыслимых моделях в пользу понятия о дополняющих парах неточно определенных моделей. Но Бор идет дальше этого, утверждая, что «основные свойства материи никогда не могут быть рационально поняты на основе однозначных и точных моделей... Таким образом, ограниченность наших понятий, неявно скрытая в принципе дополнительности, рассматривается как абсолютная и окончательная» [3, с. 142]. Блестящие достижения современной теории могут быть получены на основе более скромного предположения о том, что эти особенности квантовой механики верны в некоторой ограниченной области, а точные границы их справедливости еще предстоит открыть. «Таким образом, мы избегаем введения произвольных априорных предположений..., и мы оставляем полную возможность для рассмотрения принципиально новых видов законов», законов субквантовомеханического уровня [3, с. 151].

Наиболее радикальную критику принципа дополнительности представляет С.В. Илларионов. Он характеризует подход Бора как феноменализм, то есть несистемное понимание опытных данных как не связанных внутренней сущностной закономерностью отдельных случаев. «Но самое главное состоит в том, что никакая теория, создававшаяся после 1930 г., не использовала в своем построении принцип дополнительности» [9, с. 216] и ссылается на другого известного физика, Д.И. Блохинцева, который писал, что, основываясь на принципе дополнительности, даже квантовую механику построить нельзя. Илларионов делает вывод: «...принцип дополнительности Бора является очень важным, но лишь одним из элементов системы правил интерпретации квантовой механики» [9, с. 216].

В отечественной эпистемологии и философии науки к принципу дополнительности обращаются нередко, при этом на первый план выходят, как правило, те или иные аспекты его содержания. Так, при анализе философских проблем физики детально рассматриваются вопросы, связанные с целостностью квантового объекта, ролью прибора и субъекта исследования в квантовой механике. Глубокое историко-методологическое исследование принципа дополнительности проведено И.С. Алексеевым. Он обра-

щает внимание на необходимость использования естественного языка для описания полученных результатов, целостность процесса наблюдения и его подразделения на объект и средства наблюдения. Четвертый постулат, с точки зрения автора, заключается «в преобразовании знания о целостном акте наблюдения (явления) в знание о микрообъекте – отнесение знания к наблюдаемому объекту – вещи» [1, с. 229]. В такой интерпретации идеи дополнительности автор не одинок. Однако при этом упускаются из виду неоднократные указания самого Бора на недопустимость подобного отнесения, поскольку в этом случае возникает нежелательное противоречие корпускулярно-волнового дуализма. Поэтому, например, Н.Ф. Овчинников выражается несколько осторожнее: «Концепция дополнительности явилась итогом развития классически-объектного способа концептуализации физической реальности. Эта концепция позволяет рационально (рассудочно-диалектически) разрешить антиномию корпускулы и волны, преобразовав ее в дополнительную пространственно-временного и причинного (энергетически-импульсного) способов описания» [13, с. 82]. Но точки над «и» не поставлены, поскольку не конкретизируется, описание чего имеется в виду, о какой «физической реальности» идет речь: о боровском явлении или все-таки о самом микромире. Вполне определенную позицию занимает по этому вопросу В.И. Аршинов. Он пишет: «...тезис о невозможности построения классической картины поведения микрообъектов на основе данных, получаемых при различных, взаимно несовместимых экспериментальных условиях, является, по сути дела, ядром всей концепции дополнительности Н. Бора» [2, с. 225]. Это выдающееся интеллектуальное достижение человеческой мысли, игнорировать которое в попытках понять квантовую механику с методологической точки зрения неразумно.

В.С. Степин подчеркивает операциональный смысл принципа дополнительности, который «в явном виде представляет собой идеализированную схему экспериментально-измерительных процедур, посредством которых выявляются объективные характеристики квантовых систем» [16, с. 279-280]. «Соотнесенность схемы деятельности и выявляемых в ее рамках фундаментальных характеристик исследуемой реальности, – подчеркивает он, – была и в классической науке. Только там она выступала в скрытом виде. Доминирующими оставались представления прямолинейного оптологизма» [16, с. 280]. В целом же Степин разделяет известное понимание копенгагенской интерпретации квантовой механики, согласно которому приборы определенных типов фиксируют различные проекции некоторой единой сущности. Характерные черты этой физической системы в разных макроусловиях проявляются как взаимоисключающие в случае их прямого отнесения к объекту, но как проекции они могут быть соединены в рамках единого способа описания в виде дополняющих друг друга характеристик, раскрывающих специфику микрообъекта.

В западной философии науки принцип дополнительности упоминается редко, и отношение к нему по меньшей мере весьма сдержанное. Так Р. Харре считает, что рассматриваемый принцип есть выражение предель-

ного случая типичной эпистемической ситуации, когда доступ к одним явлениям и структурам закрывает (природным или социальным способом) доступ к другим. Суть «дополнительности» Бора «состоит в невозможности использовать две ключевые исследовательские стратегии в одно и то же время в одном и том же месте с помощью одного и того же оборудования» [17, с. 8]. Это, тем не менее, не является серьезным препятствием на пути познания исследуемой сферы действительности и не означает, что всякая обнаруживаемая таким образом диспозиция нереальна. И. Лакатос, как и К. Поппер, считает принцип дополнительности гипотезой *ad hoc*, призванной купировать противоречия принятой программы. Если обнаружено противоречие, из этого не следует, что развитие программы должно быть немедленно приостановлено. «Разумный выход может быть в другом: устроить для данного противоречия временный карантин при помощи гипотез *ad hoc* и довериться положительной эвристике программ» [10, с. 336]. Бор же возводит противоречия в основаниях исследовательской программы в принцип, что, по мнению Лакатоса, снижает стандарты научного критицизма.

Бор как автор идеи положил начало попыткам обобщения своего принципа до общегносеологического, философского уровня. Надо признать, что эти попытки не имели последствий в научном познании в виде каких-либо конкретных результатов. Его примеры (в биологии оппозиция химический состав и организм, в языкознании – употребление слова и его смысл, в антропологии – культура и ее изучение) не убедительны: не ясно, какое отношение они имеют к принципу дополнительности в квантовой механике. Кроме того: какой собственно путь анализа предлагается, каков при этом предмет исследования? Ссылка же на этнографию (суверенитет народа – высота над поверхностью земли) вызывает недоумение, а по замечанию Илларионова, просто смешна. Тем не менее, эти попытки рядом ученых были встречены с надеждой, например в биологии. Надежда вскоре сменилась разочарованием [15, с. 294]. «Даже те физики, которые на собственном научном опыте убеждались в эффективности идеи дополнительности, – пишет Дж. Холтон, – возражали против того, чтобы тенденция к одновременному принятию фундаментальных противоположностей и отказу от попыток сведения их к чему-то единому распространялась на другие области мышления и деятельности» [18, с. 203].

Особенный энтузиазм принцип дополнительности вызывает у российских философов (назовем условно) культурцентристской направленности в сфере методологии социально-гуманитарного знания. Вероятно, это связано с вторжением философии в пока слабо освещенные рациональной рефлексией сферы и ощутимой недостаточностью методологического арсенала в гуманитаристике. Действительно, было бы весьма желательно заполнить вакантные места в этом арсенале фундаментальным принципом, позволяющим преодолеть ограниченность классического подхода в науке и теории познания. Тезис дополнительности представляется на первый взгляд удачным кандидатом на роль фундаментального принципа теории рацио-

нальности, имеющего универсальную методологическую значимость и применяемого как метатеоретический принцип построения эпистемологии как философской и научной теории. В справедливости этой точки зрения уверен и В.Н. Порус в книге «Рациональность. Наука. Культура». Однако своеобразным итогом его методологических поисков стало признание: «Я и сегодня был бы рад оставаться при этой уверенности, хотя она время от времени слабеет, когда видишь, какие разные философские позиции пытаются подпереть этим принципом... Поэтому следует прямо указывать на философские основания и последствия конкурирующих методологических концепций, не ставя знак равенства между первыми и вторыми, но и не помещая их по разные стороны опасных провалов» [14, с. 81].

Проведенный анализ позволяет сделать некоторые выводы. Собственно требование дополнительности можно сформулировать следующим образом: для полного описания явления (в боровском смысле) в квантовой механике необходимо волновые характеристики, полученные в эксперименте с использованием макроприборов одного типа, дополнить корпускулярными характеристиками, полученными в эксперименте с использованием макроприборов другого типа. В такой формулировке (полнота и непротиворечивость) постулат дополнительности был бы тривиален, если бы не два важных обстоятельства.

Во-первых, здесь в явном виде нет указаний на ограничение исследования боровским явлением и недопустимости отнесения выявленных свойств к самому микрообъекту. Но эти указания не только подразумеваются, но и являются предпосылками такой постановки вопроса и одновременно ее прямыми следствиями. Именно данное обстоятельство для многих физиков придавало значимость и актуальность идее Бора. Он прав в том, что, скажем, слово «волница» (как слово-кошелек Л. Кэрролла) для обозначения микрообъекта не подходит, поскольку квантовый объект определенно – не волна и не частица. Но почему нельзя говорить, что микрообъект проявляет те или иные свойства в конкретной экспериментальной ситуации? Недоопределенность некоторой структуры не значит, что объект этого типа недоступен познанию другими теоретическими средствами [12, с. 59]. Если понятие объекта «разрешимо», считает М. Борн, то есть применимо в том или ином конкретном случае, и имеются прецеденты, разрешимость («decidability») делает объект законным элементом научного познания [5, с. 115]. Принцип же как результат методологической рефлексии должен стать основой построения теоретического объекта. В этом отношении концепция дополнительности не конструктивна. Вполне допустимо, что специфическая ситуация квантовой механики (подобно термодинамике в классической науке) определяется тем обстоятельством, что эта физическая дисциплина классифицируется не по объекту, а по изучаемым ею процессам или формам движения материи. С другой стороны, слово «частица» входит даже в название физики элементарных частиц, которая их описывает и классифицирует. Ученые вполне отдают себе отчет, что речь не идет о классических ча-

стицах, но это не вызывает особых недоразумений. Более того, только их объективация (онтологизация) делает статистическую часть рассуждений физически осмысленной.

Во-вторых, реальная опасность заключается в распространенной среди эпистемологов трактовке принципа дополнительности как требования полноты описания, как санкции на беспорядочную пролиферацию несвязанных и несогласующихся между собой и якобы равноценных описаний. Этот синопсис противопоставляется теоретическому синтезу, установке на создание общей теории, из которой могут быть выделены и объяснены по видимости противоречащие друг другу частные теории и факты. Такое снижение уровня методологической рефлексии, строгости норм и стандартов, предъявляемых к научному анализу, разоружает исследователя и по-настоящему деструктивно.

Наиболее глубокий смысл идеи Бора заключается в том, что он предлагает воздержаться от каких-либо высказываний о конкретных свойствах объектов в области применимости квантовой механики, чтобы избежать возникающих в противном случае противоречий. Это своего рода квантовомеханическое суждение, призванное сохранить строгость научного мышления. В этом качестве принцип дополнительности Бора сыграл в истории науки свою положительную роль. Он позволил физикам отложить спекулятивные и натурфилософские споры о природе квантовых объектов и сконцентрировать усилия на решении задач наличными на достигнутом физикой уровне средствами. Он «позволяет осмыслить противоречивость... как благо, как свидетельство известной целостности, а не как занозу...» [11, с. 17]. Вопрос о том, насколько он сохраняет свою актуальность, остается открытым – до нового теоретического синтеза в физике.

Принцип дополнительности, таким образом, – один из возможных интерпретативных принципов оснований квантовой теории, обеспечивающий методологические правила связи теории с экспериментом в копенгагенской школе квантовой механики. Все известные попытки его обобщения, придания ему статуса общенаучного или эпистемологического принципа, оказались неудовлетворительными. Что касается связанных с ним постулатов – о роли языка классической физики, о роли макроскопического прибора, о целостности научного эксперимента, о целостности микрообъекта, то они эффективно функционируют в основаниях неклассической науки и в философии науки, а следовательно могут претендовать на статус общенаучных и эпистемологических методологических принципов.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Алексеев Н.С.* Концепция дополнительности. Историко-методологический анализ. М.: Наука, 1978. 276 с.
2. *Аршинов В.И.* Проблема интерпретации квантовой механики и теореме Белла // Теоретическое и эмпирическое в современном научном познании. М.: Наука, 1984. С. 213-233.
3. *Бом Д.* Причинность и случайность в современной физике. М.: КРАСАНД, 2010. 248 с.
4. *Бор Н.* Избранные научные труды. Т. 2. М.: Наука, 1971. 675 с.

*Макаров А.Б. Принцип дополнителности Н. Бора
и проблема его статуса*

5. *Борн М.* Моя жизнь и взгляды. М.: Прогресс, 1973. 176 с.
6. *Вайнберг С.* Мечты об окончательной теории: Физика в поисках самых фундаментальных законов природы. М.: Едиториал УРСС, 2004. 256 с.
7. *Гейзенберг В.* Избранные философские работы: Шаги за горизонт. Часть и целое. СПб.: Наука, 2005. 572 с.
8. *Гейзенберг В.* Замечания о возникновении соотношения неопределенностей // *Вопр. философии*. 1977. № 2. С. 58-61.
9. *Илларионов С.В.* Из лекций по философии науки // *Эпистемология и философия науки*, 2006. Т. 9. № 3. С. 189-220.
10. *Лакатос Н.* История науки и ее рациональные реконструкции // *Т. Кун. Структура научных революций*. М.: АСТ, 2001. С. 455-522.
11. *Мигдал А.Б.* Физика и философия // *Вопр. философии*, 1990. № 1. С. 5-32.
12. *Неванлинна Р.* Пространство, время и относительность. М.: Мир, 1996. 230 с.
13. *Овчинников Н.Ф.* Принципы теоретизации знания. М.: КомКнига, 2005. 216 с.
14. *Порус В.Н.* Философия за кулисами методологических дискуссий // *Эпистемология и философия науки*, 2011. Т. 29. № 3. С. 76-81.
15. *Рьюз М.* Философия биологии. М.: Прогресс, 1977. 320 с.
16. *Степин В.С.* Классика, неклассика, постнеклассика: критерии различения // *Постнеклассика: философия, наука, культура*. СПб.: Изд. дом «Мирь», 2009. С. 249-295.
17. *Харре Р.* Конструкционизм и основания знания // *Вопр. философии*. 2006. № 11. С. 94-103.
18. *Холтон Дж.* Тематический анализ науки. М.: Прогресс, 1981. 383 с.

Материал поступил в редколлегию 8.10.2012 г.

**COMPLEMENTARITY PRINCIPLE OF N. BOHR
AND THE PROBLEM OF ITS STATUS**

Andrey B. Makarov, Candidate of Philosophy, associate professor of Department of History and Philosophy of Science, Samara State University. Samara.
E-mail: makar.ab@mail.ru

Abstract: the article is devoted to the problem of scientific and philosophical status of complementarity principle. The author analyzes its explication by N. Bohr and its comprehension by scientists and epistemologists. It is shown that generally, the complementarity principle is a set of ideas, which allows comprehending of specific situation in quantum mechanics. Some of ideas – the role of language of classical physics, the role of macro-instrument, the integrity of scientific experiment, the integrity of micro-object – could be seen as general scientific and epistemological principles. The prohibition of ontologisation of quantum phenomenon, which necessarily leads to contradictions is considered as the semantic core of Bohr's approach. However, the attempts of its generalization in science and philosophy were not successful. The complementarity postulate is viewed as methodological principle of foundations of quantum mechanics in its Copenhagen interpretation.

Keywords: complementarity principle, phenomenon, ontologisation, contradiction, generalization, Copenhagen interpretation.