

УДК 141.155

DOI:

10.15372/PS20200206

**А.Ю. Сторожук**

## **ПОНЯТИЕ ЭНТРОПИИ И ОНТИЧЕСКИЙ НАУЧНЫЙ РЕАЛИЗМ**

В последние годы широко обсуждается концепция онтического реализма, представляющего собой разновидность структурализма с онтологическим уклоном. Основной тезис этого течения состоит в том, что при смене научной теории структура связей и отношений между объектами является более стабильной сущностью, чем сами объекты. Цель статьи – представить понятие, которое может служить контрпримером этому тезису, так как понятие энтропии, сохраняющее примерно постоянный смысл, включалось в структуру научных теорий совершенно разными способами.

*Ключевые слова:* онтический реализм; структурализм; энтропия; информация

**A.Yu. Storozhuk**

## **THE CONCEPT OF ENTROPY AND ONTIC SCIENTIFIC REALISM**

In recent years, there is a widespread discussion on the concept of ontic realism, which is a kind of structuralism with an ontological focus. The main thesis of this trend is that when a scientific theory is changed, the structure of connections and relations among objects is a more stable substance than the objects themselves. The aim of the article is to introduce a concept that can serve as a counterexample to this thesis, since the concept of entropy, which retains a nearly constant meaning, was included in the structure of scientific theories in quite different ways.

*Keywords:* ontic realism; structuralism; entropy; information

Позиция научного реализма начала активно развиваться начиная с 1960-х годов после работ постпозитивистов, показавших наличие метафизики в науке. Под метафизикой подразумевались те научные термины, которые носили гипотетический характер, т.е. не были верифицированы экспериментально. Споры разгорелись относительно их онтологического статуса: если понятие ничему в реальности не соот-

ветствует, то стоит ли принимать его на веру, при том что сама научная теория, содержащая проблематичное понятие, была в остальных частях хорошо проверенной? Лагерь философов раскололся на два лагеря. Одни придерживались позиции реализма, т.е. точки зрения, согласно которой хорошо проверенную теорию надо принимать целиком, включая еще не проверенную часть. Другие утверждали, что это слишком большой риск и теорию надо принимать только в части эмпирически верифицированной.

В ходе продолжительных споров позиция реализма начала дифференцироваться. Одни философы-реалисты считали первичными элементами научной теории сущности, к таковым принадлежала большая часть философов. Другие выделяли в качестве более надежных элементов теории научные законы как утверждения, схватывающие первичные отношения природы. Ярким представителем первой группы является британская исследовательница Н. Картрайт [17], написавшая книгу «Как лгут законы физики». В этой работе она утверждает, что общие законы физики сформулированы для идеализированных условий, которые в реальности никогда точно не выполняются. Например, закон сохранения энергии формулируется для изолированных систем, но реальные системы никогда таковыми не являются: всегда есть утечка энергии, благодаря чему энергия рассеивается в пространстве. Поэтому следует придерживаться онтологии сущностей, т.е. принимать научную теорию в той части ее онтологии, где утверждается существование каких-либо объектов в поле исследования.

Онтические реалисты [20] придерживаются второй позиции и, по сути, представляют собой структуралистов. Их аргументы близки к таковым Т.Куна [7] в части, где он описывает открытие кислорода. Вещество, поддерживающее горение, в начале исследований называлось флогистоном, потом – дефлогистированным воздухом и только в последней части исследований – кислородом. Этот пример показывает, что понятие сущностей не является достаточно стабильным, что вынудило некоторых философов искать более надежные элементы научной теории.

Согласно многочисленным наблюдениям принято считать, что при смене научной теории имеет место преемственность эмпирических данных, которые переходят в новую теорию зачастую практически в неизменном виде. Теоретическая часть в ходе научной революции пересматривается и отбрасывается. Однако еще А. Пуанкаре обращал внимание на то, что помимо эмпирических данных от старой теории

остается что-то еще. Это «что-то еще» было обозначено как форма, или структура, упорядочивающая данные. Этот закон сохранения структуры был применен Дж. Уороллом [24] как аргумент в спорах реалистов и антиреалистов. С его помощью были ослаблены достаточно сильные аргументы, такие как пессимистическая метайндукция и *po-tigale* аргумент. Преемственность научного знания можно объяснить тем, что накопление знаний о наблюдаемых явлениях происходит на протяжении всех глубоких теоретических изменений. Структурный эмпиризм Уоролла может объяснить преемственность среди научных теорий непрерывностью структуры.

Эта аргументация была положена в основу новой позиции, названной онтическим реализмом. Само название апеллирует к М. Хайдеггеру, который отказался от термина «онтологический» из-за того, что логос предполагает интерпретацию мира, но любая интерпретация может оказаться ошибочной. Стремясь вернуться «к самим вещам», Хайдеггер употребляет слово «онтический» как символ первичной неинтерпретированной онтологии.

Но как ни странно, в основу такой реалистической позиции, как онтический реализм, была положена антиреалистическая позиция конструктивного эмпирицизма Б. ван Фраассена [18]. Последний говорит о целях науки и «принятии научной теории», а не о существовании объектов. Само название концепции «эмпирическая адекватность» является семантическим термином теоретико-модельной концепции, описывающей отношения между языком и миром как изоморфные. Иначе говоря, теория как принципиально экстралингвистический субъект будет эмпирически адекватной, если существует хотя бы одна модель, которая содержит все наблюдаемые явления. Трактовка Фраассена принципиально отличается в этом моменте от синтаксического описания теории, трактуемую как дедукцию из формул в логике первого порядка. Также важной является возможность совмещения в рамках теории Фраассена конструктивного и структурного эмпирицизмов. Тогда эмпирический успех новой теории объясняется структурной преемственностью старой и новой теорий, а само структурное представление становится в науке вездесущим.

Однако можно быть конструктивным эмпириком и научным агностиком, и позиция Фраассена подвергается критике за ряд утверждений. Прежде всего, отмечается расплывчатость границы между наблюдаемым и ненаблюдаемым. Эта граница смещается во времени по мере совершенствования техники, а Фраассену как позитивисту критически

важно иметь непосредственно наблюдаемые сущности. Кроме того, благодаря расплывчатости границы онтологического значения придается произвольному различию. Кроме того, отказ от позитивистского разделения наблюдаемого и ненаблюдаемого влечет за собой ряд неприятных следствий, например признание теоретической нагруженности всего наблюдательного языка, описание наблюдаемых явлений на языке, содержащем ненаблюдаемые термины. После разбора оснований позиции конструктивного эмпирицизма делается вывод, что единственным аргументом в пользу этой концепции является недоопределенность теории данными, а в остальном она столь же уязвима, как и концепция научного реализма.

На основе концепций структурного эмпиризма и концепции конструктивного эмпирицизма Фраассена строится концепция онтического реализма. Поскольку для структурного соответствия важна модель, производится разделение на формальное (теоретическое) и материальное. К формальному относятся логические и математические утверждения, структура теорий и моделей, научные теории. К материальному относятся объективно существующее и так называемые образцы реальности (real pattern). Последние помимо объектов включают в свой состав свойства, отношения, процессы и события.

Первичным элементом в онтическом реализме является структура. Образцы реальности рассматриваются как некоторые индексы (адреса) эмпирической структуры, таким образом, вещь, или процесс, или любое измеримое явление задается как некоторое место в структуре. Явление как образец реальности выступает экстенсионалом среди реальных явлений в формальной модели и встроено (гомоморфно) соответствующей эмпирической подструктуре. Сама структура представляет собой математическую модель и мыслится как нечто формальное. Структура связывает наблюдаемое и абстрактное. Место метафизики в науке также опосредуется формальными структурами, метафизические гипотезы, выдвижение которых мотивировано эмпирически, вложены в одну или несколько теоретических структур.

### **Индивидуальность объектов**

Хотя мы привыкли к тому, что предметы обыденного опыта представляются нам как отдельные индивидуальности, в рамках онтического реализма объект как нечто отдельное не рассматривается. Будучи только местом в структуре, объект теряет свою инди-

видуальность. Это может вызывать возражения и внутреннее неприятие, а потому важно объяснить мотивы подобной онтологической реформы.

Поводом к разработке системы онтического реализма послужили метафизические проблемы квантовой механики. Для последней характерен постулат о неразличимости квантовых частиц. Поскольку квантовый объект по своим свойствам сильно отличается от классического, то вопрос выделения индивидуальностей обсуждается достаточно подробно. В частности, понятие индивидуальности может трактоваться в следующих смыслах:

- 1) индивидуальность объекта может определяться всем набором его свойств или некоторыми из них;
- 2) индивидуальность объекта является его особенностью, данной сверх всех его качественных свойств (трансцендентальная индивидуальность);
- 3) индивидуальность объекта может определяться его пространственно-временным положением или траекторией.

Обычные вещи, будучи объектами макромира, не равны друг другу. Помимо индивидуальных отличий важно также место в пространственно-временной структуре: разные вещи не могут занимать в одно время одинаковое положение. В. Куайн [6] ввел понятие *абсолютной различимости* для математических объектов. Два объекта абсолютно различимы, если существует формула для одной переменной, верная для одного объекта и неверная для другого. Например, для вещественной и мнимой единиц такой формулой является возведение в квадрат.

Для микрообъектов действителен принцип неопределенности Гейзенберга: невозможность точного определения двух сопряженных величин одновременно. В силу этого принципа невозможно сколь угодно точно определить положение элементарной частицы в пространстве, что делает неопределенным понятие траектории. В сущности, если имеется система из двух пронумерованных частиц в начальный момент времени, а в произвольный момент времени частицы заняли другое положение, то в некоторых случаях нельзя достоверно определить номер частицы, находящейся в том или ином положении. Поэтому в квантовой механике был постулирован принцип неразличимости индивидуальных частиц.

Собственно, имеется несколько причин отказаться от рассмотрения элементарных частиц как индивидуальных сущностей. Среди этих причин есть чисто методологические. Например, введение индивидуальностей, по выражению Б. ван Фраассена, – «эмпирически избыточное» предположение. Не существует эмпирического способа проверить, являются ли квантовые частицы одного типа различными. Рассматривать частицы как индивиды расточительно и не нужно. Кроме того, есть и онтологические основания отказать элементарным частицам в индивидуальности. Дело в том, что элементарным частицам присущ корпускулярно-волновой дуализм. Понятие индивидуальности несовместимо с понятием волнового пакета, так как в области перекрывания волновых пакетов есть вероятность обнаружить в этой области разные частицы.

В то же время отказ от рассмотрения частиц как индивидуальных позволяет получать продуктивные следствия. Неразличимость частиц дает возможность рассматривать их просто как некоторое место в структуре. И хотя само предположение о существовании структуры выглядит избыточным, в истории науки имеются случаи, когда предположения о наличии структуры позже оказывались эмпирически важными. Поэтому само понятие индивидуальности должно быть переопределено на языке структур. Это возможно следующим образом: идентичность или разнообразие отдельных индивидуальностей в структуре являются примитивной особенностью структуры в целом и не зависят ни от каких других факторов. Сама же структура представляет собой сеть отношений.

Каким образом в этом случае можно говорить об объективности? В квантовой механике большую роль играют группы симметрий. Место объекта в теории определяется его принадлежностью к группе преобразований, для которых важно понятие симметрии. Таким образом, понятие объективности сводится к понятию инвариантности относительно преобразований. Такое сведение освобождает физику от рамок конкретной метафизики, от конкретной системы координат. Реализм, определяемый как инвариантность, дает право на существование только тем отношениям, которые инвариантны относительно определенных преобразований. Объекты выбираются как инварианты относительно преобразований, релевантных в данном контексте.

На этом языке элементарная частица сводится к набору величин, инвариантных относительно группы симметрий в физике частиц. Возможность говорить об «объектах» в данном контексте совпадает с воз-

возможностью выделить инварианты. Последние характеризуют постоянство мира и его «сопротивление» субъекту, что позволяет отличать реальный мир от фантазийного.

### Онтический реализм и энтропия

Задачей любого вида реализма является определение статуса «теоретических сущностей», т.е. абстрактных понятий, не имеющих денотата. С точки зрения онтического реализма структурный реализм более стабилен, чем реализм сущностей. Одним из таких «ненаблюдаемых» понятий является понятие энтропии. Рассмотрим его эволюцию с точки зрения сохранения места в структуре отношений и зададимся вопросом о правоте онтического реализма.

Энтропия характеризует свойственную системе неоднозначность (случайность) поведения. Энтропию принято считать мерой хаотичности, или степенью беспорядка системы или ее поведения. Это понятие имеет долгую историю [10]. Оно вводилось и использовалось в термодинамике, статистической физике, теории информации, квантовой механике, космологии, биологии. Сохраняются ли структурные отношения, которые согласно онтическому реализму должны быть более статичными, чем реализм сущностей?

В термодинамику понятие энтропии было введено для характеристики того, насколько далеко рассматриваемая система отклонилась от упорядоченного состояния и насколько она приблизилась к полностью хаотичному, однородному виду [3; 4]. Наиболее известным положением об энтропии стало второе начало термодинамики, постулирующее неубывание энтропии в замкнутой системе. Этот закон известен также в виде постулата о тепловой смерти Вселенной. Поскольку Вселенная рассматривается как замкнутая система, то, согласно второму началу термодинамики, она со временем будет постепенно остывать и преобразовываться в однородное состояние. Энтропия в термодинамике, согласно определению Р. Клаузиса [5], представляет собой отношение выделенной теплоты к температуре. Величина энтропии убывает с уменьшением температуры, и изменение энтропии обратно пропорционально изменению температуры. При стремлении температуры к абсолютному нулю энтропия должна понижаться, но четвертое (или нулевое) начало термодинамики гласит о недостижимости абсолютного нуля температур. При температуре, близкой к абсолютному нулю, энтропия идеального кристалла тоже была бы нулевой, т.е. функция

энтропии имеет не только относительное значение для более или менее организованных систем, но и абсолютное значение для идеальной абсолютно упорядоченной системы [2].

В статистической физике энтропия является мерой возможности осуществления какого-либо макроскопического состояния. Также энтропия является мерой структурированности системы. Она передает структурный характер организации элементов и совокупность отношений между элементами системы. В статистической физике понятие энтропии было введено Л. Больцманом [15], и определяется как произведение числа микросостояний на константу, ныне называемую постоянной Больцмана.

- *Из теории измерений известна связь между энтропией и информацией [12; 13; 15]. Энтропия связывает информацию с актуальным состоянием системы. Однако для применения теории информации к биологии требуется расширить понятие энтропии так, чтобы оно включало возможность применения к физическим системам. В то же время классическое понятие информации по К. Шеннону [12] является чисто синтаксической моделью коммуникации. Кроме того, оно не отражает внутреннего состояния системы. «Нефизичность» определения Шеннона следует из того, что оно допускает убывание энтропии, а это противоречит второму началу термодинамики.*

В теории информации энтропия – это мера неполноты информации, когда часть передаваемого сигнала заменяется на шум. Единицей информации является бит, т.е. ячейка со значением либо ноль, либо один. Под шумом понимается бит со случайным значением. Энтропия характеризует долю шума в передаваемом массиве информации. Энтропия информации рассматривается как мера ослабления сигнала. Далее Шеннон, используя принцип Р. Ландауэра [8], дающий энергетическое значение передачи одного бита информации, получил реальное выражение материального воплощения сигнала в виде энергии. Отсюда следует неубывание информации, что делает информационное выражение энтропии не вполне физическим.

Информация, закодированная на разных уровнях, соотносится с понятием энтропии. На химическом уровне с помощью понятия энтропии оценивается степень несовершенства копирования ДНК, а на уровне популяций эволюционный процесс рассматривается с точки зрения возрастания энтропии при выборе альтернатив. Увеличение



количества эволюционных изменений в процессе воспроизводства себе подобных имеет два следствия: рост числа видов и уменьшение их близкородственных связей [19]. Таким образом, понятие энтропии используется в данном случае для объяснения ненаправленного и неадаптивного характера биологической изменчивости [23].

В рамках информационного подхода эволюция рассматривается как результат роста энтропии системы, сложенной из энтропии информации и энтропии связей. Чем больше вариаций внутри вида, тем более высокую энтропию имеет система. Было доказано, что сложность системы приводит к росту энтропии связи и энтропии информации одновременно. П. Ландсберг [22] показал, что определение энтропии как меры максимальной неупорядоченности системы зависит от количества ее микросостояний. И хотя при усложнении системы в нее добавляется новая информация, внутренняя энтропия также может возрасти. Увеличение информации добавляет в систему новые компоненты, которые повышают суммарную энтропию.

Фон Нейман [9] обсуждал понятие энтропии в квантовой механике, где энтропия выражается пропорционально числу возможных состояний энергии системы. Э. Шредингер [13] установил возможность локального уменьшения энтропии для живых систем, что не противоречит второму началу, сформулированному для замкнутых систем, так как живой организм представляет собой открытую систему.

В космологии энтропия применялась С. Хокингом [9] для характеристики горизонта черной дыры. Поскольку последняя поглощает вещество, все характеристики материи, падающей в черную дыру, исчезают. Энтропия используется как характеристика размера черной дыры и ее возраста. Подход Хокинга дал общей теории относительности новый инструментарий для анализа процессов, протекающих в черных дырах, что позволило продвинуться в изучении космологии после относительного застоя в этой теории, наблюдавшегося из-за сложности решения уравнения Эйнштейна.

Заметим, что все определения энтропии сохраняют главный смысл данного понятия: мера вариативности системы, отражение количества альтернативных состояний. Однако структурно все эти определения совершенно различны и выражаются через несводимые друг к другу величины.

\* \* \*

В статье рассмотрена популярная в последнее время концепция онтического реализма. Эта версия реализма делает акцент на понятии структуры как первичном понятии, через которое определяются все последующие понятия, рассматриваемые как производные. Это оправдывается тем, что понятие структуры более стабильное и надежное, чем понятие сущности.

Однако проведенный нами анализ понятия "энтропия" показал, что в данном случае само понятие имеет скорее более стабильный смысл, чем структуру. Это подрывает позицию онтического реализма [21] и, на наш взгляд, свидетельствует в пользу большего приоритета реализма сущностей. И хотя концепция онтического реализма позволяет отклонить ряд критических аргументов, высказанных в сторону научного реализма как направления, но она сама нуждается в дальнейшей проработке, как недостаточно надежная.

## Литература

1. *Больцман Л.Э.* Избранные труды. Москва: Издательство «Наука». – 1984.
2. *Гиббс Дж. В.* Термодинамика. Статистическая механика / Отв. ред. Д. Н. Зубарев. – М.: Наука. – 1982. – 584 с.
3. *Гиббс Дж.В.* Термодинамические работы / Пер. с англ. под ред. проф. В.К. Семенченко. – М. – Л.: Гостехтеориздат. – 1950. – 492 с. – (Классики естествознания).
4. *Клаузиус Р.* Механическая теория тепла // Второе начало термодинамики. – М.–Л.: Гостехиздат. – 1934. – С. 70–158.
5. *Куайн У.В.О.* Слово и объект / Пер. с англ. А.З. Черняк, Т.А. Дмитриев. – М.: Практикс; Логос. – 2000. – 386 с.
6. *Кун Т.* Структура научных революций. – М.: «АСТ». – 2003. – 605 с.
7. *Ландауэр Р.* Необратимость и выделение тепла в процессе вычислений // Квантовый компьютер и квантовые вычисления. – 1999. – Т. 2. – С. 9–32;
8. *Нейман Дж.* Математические основы квантовой механики. – М.: Наука. – 1964.
9. *Пенроуз Р., Хокинг С.* Природа пространства и времени. – Ижевск: НИЦ «Регулярная и хаотическая динамика». – 2000.
10. *Сигал А.В.* Эволюция взглядов на понятие энтропии // Страна знаний. – 2016. - № 2.
11. *Тимирязев А.К.* (ред) Второе начало термодинамики: Сади Карно – В. Томсон-Кельвин – Р. Клаузиус – Л. Больцман – М. Смолуховский. – М.–Л.: Гостехиздат, 1934. – 311 с.
12. *Шеннон К.* Работы по теории информации и кибернетике. – М.: Изд. иностр. лит., 1963. – 830 с.
13. *Шрёдингер Э.* Что такое жизнь? Физический аспект живой клетки. – М.–Ижевск: НИЦ «Регулярная и хаотическая динамика». – 2002. – 92 с.

14. *Brooks D.R. Wiley E.O.* Evolution as an Entropic Phenomenon // Evolutionary Theory: Paths to the Future. – London: John Wiley. – 1984.
15. *Brooks D.R. Wiley E.O.* Evolution as Entropy: Toward a Unified Theory of Biology. – Chicago: University of Chicago Press. – 1986.
16. *Brooks D.R., Leblon P.H., Cumming D.D.* Information and Entropy in a Simple Evolution Model // Journal of Theoretical Biology. – 1984. – V. 109. – P. 77–93.
17. *Cartwright N.* How the Laws of Physics Lie. – Oxford. – 1983.
18. *Fraassen B. C. van.* The Scientific Image. – Oxford University Press. – 1980.
19. *Kimura M.* Evolutionary rate at the molecular level // Nature. 1968. T. 217. C. 624–626.
20. *Ladyman, J.* и др The Connection between Logical and Thermodynamic Irreversibility. [Preprint] (2006)
21. *Ladyman J.* What is structural realism? // Studies in History and Philosophy of Science. – 1998. – V. 29. – P. 409–24.
22. *Landsberg P. T.* Can Entropy and “Order” Increase Together? // Physics Letter. – 1984. V. 102A – P. 171–173.
23. *Wicken J.S.* Entropy, Information, and Nonequilibrium Evolution // Syst. Zool. – 1983. – V. 32. – P. 438–443.
24. *Worrall J.* Structural realism: The best of both worlds? // Dialectica. – 1989. – V. 43. – P. 99–124.

#### Информация об авторе

*Сторожук Анна Юрьевна* – доктор философских наук, ведущий научный сотрудник, Институт философии и права СО РАН (630090, г. Новосибирск, ул. Николаева 8), stor71@mail.ru

#### Information about the author

*Storozhuk Anna Yurievna* – Doctor of Sciences (Philosophy), Leading Researcher at the Institute of Philosophy and Law, Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences (8, Nikolaev st., Novosibirsk, 630090, Russia), stor71@mail.ru

Дата поступления 07.03.2020