

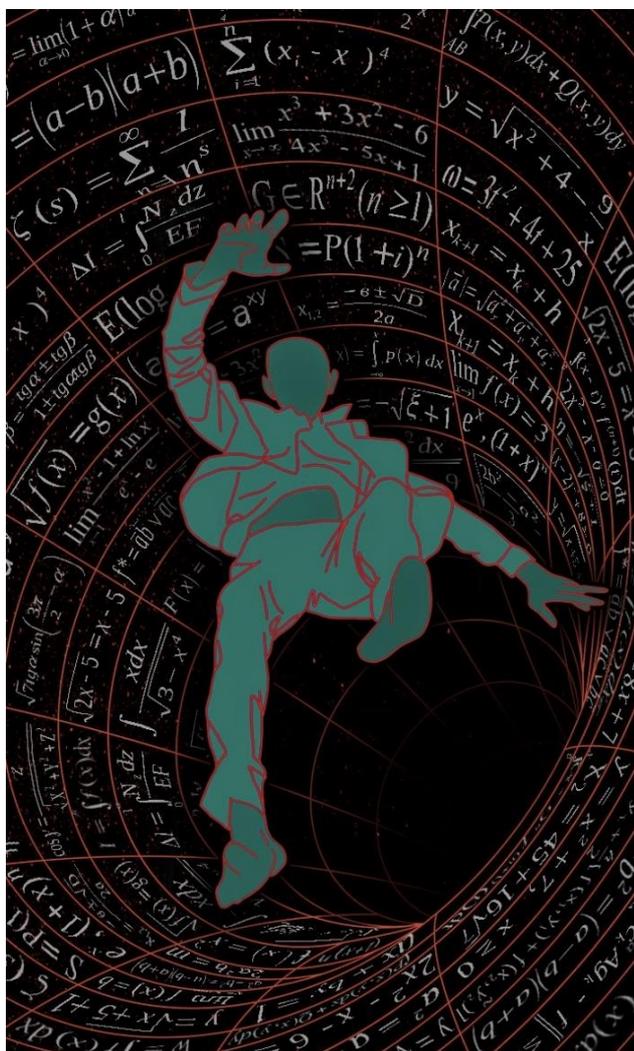
# **Критика концепции математической вселенной М. Тегмарка с точки зрения современных дискуссий в философии физики и философии математики**

*Анастасия Ауман (Образовательная программа «Философия»)*

## **Аннотация**

Цель работы – проинтерпретировать и критически проанализировать концепцию математической вселенной М. Тегмарка. В первой части статьи описывается разработка концепции, приводятся основные онтологические черты и проводится анализ в рамках онтического структурного реализма и математического платонизма. Автор радикальным образом совмещает некоторые аспекты этих течений. Во второй части статьи приводится критический анализ, который показывает, что самая сильная сторона концепции Тегмарка – апелляция к инвариантности структур. Показано также, что его теория не только полна внутренних противоречий, но и не может быть вписана в современную дискуссию о ненаблюдаемых объектах философии науки. Проведенная работа демонстрирует важность философской интерпретации и анализа для научно-популярных физических теорий в контексте разговора о природе реальности.

**Ключевые слова:** структурный реализм, Тегмарк, математическая вселенная, математический платонизм.



## Введение

Соотношение физики и математики с реальностью всегда было одной из центральных проблем эпистемологии в целом и философии науки в частности. Научный реализм выражается в трех тезисах<sup>1</sup>:

- (1) онтологический – существует независимая от нас объективная реальность, которая может быть описана научными теориями;
- (2) семантический – у теоретических терминов есть реальные референты;
- (3) эпистемический – научная теория истинна и успешна, если она соответствует объективной реальности.

В рамках философии науки современная дискуссия представлена работами таких авторов, как С. Псиллос, М. Эсфелд, С. Френч, А. Чакраварти, Дж. Лэдимен, М. Дорато, Б. ван Фраассен, Т. Ю. Цао, Дж. Уоррелл и

другими. Они обсуждают аргументы за и против тезисов научного реализма. На данный момент консенсус по этой проблеме отсутствует, поскольку приводятся сильные аргументы в пользу обеих точек зрения. В частности, сторонниками реализма выдвигается аргумент к наилучшему объяснению, аргумент «нет чудес» (no miracle argument), аргумент инвариантности и аргумент о принципе соответствия и кумулятивности. По итогам антиреалистической критики сформировались следующие направления: конструктивный эмпиризм, современный научный реализм, сущностный реализм, а также разные версии структурного реализма. Антиреалисты же выдвигают такие конструктивные аргументы, как

<sup>1</sup> Хакинг Я. Представление и вмешательство. Введение в философию естественных наук / М.: Логос. 1998. С. 25.

аргументе не пессимистической мета-индукции и тезиса Дюгема-Куайна о недоопределенности теории эмпирическими данными<sup>2</sup>.

Особую актуальность обсуждению онтологического и эпистемологического статуса теоретических объектов придает современное состояние физики. Авторы выстраивают аргументацию в контексте квантовой теории поля и квантовой механики, общей теории относительности, физики элементарных частиц.

Среди основных антиреалистических подходов можно выделить такие направления, как формализм, структурализм и конструктивизм. Формализм утверждает, что математическая практика не несет за собой никакой онтологии и представляет чисто формальную дедуктивную деятельность. Одним из тех, кто придерживается позиций формализма, является Х. Карри<sup>3</sup>. В структурализме также существует формальный подход, который характеризует математическую структуру через аксиоматику (Н. Бурбаки)<sup>4</sup>. П. Бенацерафф также развивал структурализм в оппозицию платонизму. Конструктивизм же противостоит реализму в том, что считает математику продуктом человеческой интеллектуальной деятельности, в то время как реализм предполагает независимое от человека существование математической реальности<sup>5</sup>.

Вопросы об онтологическом статусе теоретических объектов популярны не только в академическом дискурсе, но и в научно-популярной литературе. Например, о проблеме природы фундаментальной реальности пишут Б. Грин, Д. Дойч и Ш. Кэрролл. В своих работах они рассматривают множество связанных с развитием физики вопросов о возможности существования теории всего, статусе концепций мультивселенных, современном состоянии квантовой физики и перспективах ее развития, статусе искусственного интеллекта и виртуальной реальности, природе математики и многое другое. Все эти аспекты рассматриваются с целью выявить природу реальности. В контексте философского дискурса можно сказать, что подобная постановка вопроса выступает в качестве попытки определить, какие сущности составляют реальность и определяют ее свойства.

---

<sup>2</sup> Фурсов А.А. Проблема статуса теоретического знания науки в полемике между реализмом и антиреализмом. М.: Издатель Воробьев А. В. 2013. С. 64-140.

<sup>3</sup> Лолли Г. Философия математики. Наследие двадцатого столетия / Нижний Новгород: Издательство Нижегородского университета им. Н. И. Лобачевского. 2012. С. 173-183.

<sup>4</sup> Там же. С. 208.

<sup>5</sup> Там же. С. 191-192.

В качестве объекта настоящего исследования была выбрана концепция математической вселенной, которую представил физик М. Тегмарк в книге «Наша математическая вселенная»<sup>6</sup>. В сферу деятельности автора входят астрофизика и космология, а также проблемы искусственного интеллекта и возможности создания «теории всего». Автор выстраивает книгу так, чтобы поэтапно представить четыре уровня мультиверса: бесконечное пространство, инфляционный, квантовый и математический. Ранее Тегмарк излагал свои идеи о параллельных вселенных в статье «Parallel Universes»<sup>7</sup>.

Тегмарка часто критикуют за его теорию мультиверса<sup>8</sup> и физикалистский подход к сознанию<sup>9</sup>. Однако в обширной дискуссии о научном реализме, особенно в ее русскоязычном сегменте, обходят стороной анализ метафизических и в каком-то смысле научно-популярных концепций, которые работающие физики формулируют в рамках своих работ.

Предмет данного исследования составляет онтология математической вселенной Тегмарка, ведь с позиции философии науки именно она вызывает ряд вопросов и представляется наиболее противоречивой. Я полагаю, что критический анализ физических теорий с точки зрения их философской интерпретации позволит сформировать более полную и менее противоречивую картину реальности. Как показывает история развития науки, такой синтез может придать новый импульс пониманию природы, особенно когда это касается эволюции Вселенной в целом. М. Эсфелд, один из теоретиков структурного реализма, на материале квантовой физики приводит два довода в пользу такого взгляда<sup>10</sup>. Во-первых, философская интерпретация играет важную роль в объяснении того, как работает теория. Во-вторых, именно интерпретация позволяет сделать общие выводы о природе реальности и возможности ее познания. В этом я вижу актуальность своего исследования.

Цель исследования состоит в интерпретации и критическом анализе онтологии математической вселенной Тегмарка с точки зрения современных дискуссий в философии науки, философии физики и философии математики. В задачи исследования входит

---

<sup>6</sup> Тегмарк М. Наша математическая вселенная. В поисках фундаментальной реальности / М. Тегмарк. М.: Corpus АСТ. 2014. С. 310.; Tegmark M. Our mathematical universe: My quest for the ultimate nature of reality. Vintage. 2014.

<sup>7</sup> Tegmark M. Parallel universes // Scientific American. 2003. Т. 288. № 5. P. 40-51.

<sup>8</sup> Sangalli A. Gambling on the existence of other universes // arXiv preprint arXiv:1607.01775. 2016; Heller M. Tegmark's Embarrassment // Ultimate Explanations of the Universe. Springer. 2009. P. 107-113.

<sup>9</sup> Porpora D.V. How many thoughts are there? Or why we likely have no Tegmark duplicates  $10^{10^{115}}$  m away // Philosophical studies. 2013. Т. 163. № 1. P. 133-149.

<sup>10</sup> Esfeld M. Does a physical theory need an interpretation? 2013 [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.youtube.com/watch?v=LEnsIjdjNA8&list=LL&index=3&t=5s> (дата обращения 04.03.2021).

обозначить основные положения концепции математической вселенной и интерпретировать ее как одну из версий структурного реализма и математического платонизма. Такая интерпретация позволит выявить слабые места и противоречия программы Тегмарка при помощи философской аргументации, возникшей в дискуссии вокруг данных философских концепций.

Структура работы обусловлена целью и задачами и включает в себя две главы. В первой главе будет описано появление концепции математической вселенной, рассмотрена ее онтология и проведена интерпретация. Во второй главе будет проведен критический анализ онтологии с точки зрения математического платонизма и структурного реализма. В заключении будет сформулировано резюме, включающее в себя основные критические выводы, и обозначено поле для дальнейших исследований.

## **1. Концепция математической вселенной М. Тегмарка**

В рамках первой главы я представлю разбор концепции математической вселенной, которую Тегмарк формулирует в своей книге «Наша математическая вселенная». После краткого обзора первых частей книги будут рассмотрены основные онтологические тезисы автора. Затем я дам интерпретацию этим тезисам в контексте математического платонизма и структурного реализма.

### **1.1 Появление гипотезы математической вселенной**

Книга «Наша математическая вселенная» начинается с вводной главы, в которой ставится вопрос о том, чем является реальность<sup>11</sup>. В особенности же Тегмарка интересует, «почему наш физический мир демонстрирует столь исключительную математическую упорядоченность, позволившую Галилею объявить природу книгой, “написанной на языке математики”, а нобелевскому лауреату Юджину Вигнеру говорить о “непостижимой эффективности математики в естественных науках” как о загадке, требующей разрешения»<sup>12</sup>. Ответ на этот вопрос автор называет главной целью его книги. Далее работа делится на три части. Первые две будут рассмотрены ниже. В третьей части Тегмарк раскрывает онтологию математической вселенной, которая рассматривается в следующем параграфе.

В первой части книги автор рассказывает о современной космологии, астрофизике и теории относительности. Поднимаются основные проблемы, связанные с макромиром:

---

<sup>11</sup> Тегмарк М. Указ. соч. С. 8.

<sup>12</sup> Там же. С. 10.

вопросы времени и пространства, происхождение вселенной и ее частей, исследование и вычисление космоса, теория инфляции. Завершается первая часть представлением параллельных вселенных, которые Тегмарк называет не теорией, а следствиями предсказаний некоторых теорий<sup>13</sup>. Мультиверсом I уровня Тегмарк называет отдаленные, временно ненаблюдаемые области пространства. Существование таких параллельных вселенных – следствие бесконечности пространства, в котором существует множество миров с разными начальными условиями<sup>14</sup>. Затем вводится мультиверс II уровня, который объединяет в себе инфляционную и бранную теории<sup>15</sup>. Вселенная выводится на следующий уровень, поскольку теперь она состоит из множества «инфляционных пузырей», внутри каждого из которых находится мультивселенная первого уровня. В инфляционной теории параллельные вселенные отличаются друг от друга на фундаментальном уровне, поскольку в них действуют разные физические законы.

Во второй части книги Тегмарк обращается к микромиру и, соответственно, к квантовой физике. Он разбирает мир на мельчайшие составляющие и показывает, как законы микромира отличаются от того мира, который мы привыкли видеть вокруг. Автор поднимает проблемы квантовых флуктуаций и их влияния на макромир, вопросы о природе случайности и об интерпретациях квантовой физики. Тегмарк принимает многомировую интерпретацию квантовой физики, разработанную Х. Эвереттом и обсуждаемую до сих пор. В рамках данной интерпретации коллапс волновой функции трактуется как разделение мира на параллельные сценарии, и все исходы, таким образом, разыгрываются одновременно. Именно эта теория составляет основу мультиверса III уровня<sup>16</sup> – квантового. В этом контексте Тегмарк рассматривает и упомянутые проблемы, и вопросы, связанные с сознанием и субъектом в квантовом мире.

На данном этапе очевидно, что стратегия автора состоит в том, чтобы представить общую универсальную теорию, которая могла бы объединить другие, более частные, чтобы исчерпывающим образом ответить на вопрос о природе реальности. Одна из современных попыток объединить ОТО и квантовую физику представлена теорией квантовой гравитации. Тегмарк, в свою очередь, вводит уровни мультивселенных. Однако квантовый уровень – не

---

<sup>13</sup> Тегмарк М. Указ. соч. С. 121.

<sup>14</sup> Tegmark M. Parallel universes. P. 42.

<sup>15</sup> Ibid. P. 44-45.

<sup>16</sup> Тегмарк М. Указ. соч. С. 144.

является последним, поскольку он, по мнению Тегмарка, недостаточно универсален. Причина в том, что волновая функция и гильбертово пространство, которые составляют основу квантовой теории, являются математическими объектами<sup>17</sup>, то есть входят в более широкий класс сущностей. Именно к этому и стремится Тегмарк. Для того, чтобы ответить на вопрос Вигнера, ему необходимо показать, что в основе всего лежит математика.

## 1.2 Онтология математической вселенной

В девятой главе Тегмарк утверждает, что на реальность можно смотреть с разных точек зрения. В своей концепции он приводит схему из трех уровней<sup>18</sup>:

- (1) внутренняя реальность – наши субъективные восприятия окружающего мира;
- (2) консенсусная реальность – конвенциональное физическое описание мира;
- (3) внешняя реальность – мир, полностью независимый от самосознающих субъектов.

Внешняя реальность – это математическое описание. Она фундаментальна и «будет существовать, даже если людей не станет»<sup>19</sup>. Таким образом автор отвечает на вопрос Вигнера, который он вновь приводит в начале десятой главы<sup>20</sup>. Математика невероятно эффективна, потому что независимая внешняя реальность и есть математика.

Аргументируется это утверждение двумя способами. Во-первых, автор указывает на повсеместность математики и возможность тотальной редукции наблюдаемых и моделируемых нами явлений к математическим паттернам<sup>21</sup>. Во-вторых, Тегмарк разделяет содержание физических теорий на математическую структуру и «багаж», то есть естественный язык, которым мы пользуемся для более экономного описания этих теорий. Отбросив «багаж» в силу его не необходимости, у нас останется чистая математика. Она может быть выражена разными доступными нам средствами, но по своей сути от нас не зависит<sup>22</sup>.

Тегмарк делает акцент на том, что фундаментальная реальность представляет из себя структуру, а не логико-математические объекты или математику в целом. «Математическая структура – это набор абстрактных сущностей с отношениями между ними»<sup>23</sup>, – так звучит основное определение, данное автором. Оно обусловлено разделением научной теории на ее

---

<sup>17</sup> Тегмарк М. Указ. соч. С. 178.

<sup>18</sup> Там же. С. 182-184.

<sup>19</sup> Там же. Указ. соч. С. 184

<sup>20</sup> Там же. С. 187.

<sup>21</sup> Там же. С. 189-196.

<sup>22</sup> Там же. С. 206.

<sup>23</sup> Там же. С. 203.

математическую составляющую – структуру, и произвольный «багаж». Структурный компонент от нас никак не зависит, поэтому он фундаментален.

Первое, чем характеризуется математическая структура – это ее мощность, то есть количество содержащихся в ней элементов. Вторая, более важная для автора характеристика – это симметрия структур. Тегмарк обозначает симметрию как неизменность относительно преобразований<sup>24</sup>. Именно из-за симметрии структуры фундаментальны. Наконец, структуры эмерджентны: свойства нашего мира не сводятся к свойствам объектов в нем, а обусловлены структурами, которые его составляют<sup>25</sup>. Более того, на уровне внешней реальности объекты не обладают внутренними свойствами и определяются через структурные отношения, в которых они состоят.

### 1.3 Интерпретация онтологии

Тегмарка можно назвать математическим платоником, поскольку он постулирует существование внешней математической реальности, никак не зависящей от познающего субъекта. В качестве рабочего определения математического платонизма будет использоваться определение, данное Балагером: математические объекты существуют независимо и являются абстрактными<sup>26</sup>. Название «платонизм» происходит от учения Платона об идеях. Его общая мысль состоит в том, что мир абстрактных идей актуально существует и является единственно верным, ведь он наполняет содержанием вещи, доступные нам непосредственно<sup>27</sup>. Математический платонизм берет от него эту основную идею и перерабатывает под математическую практику.

Стоит отметить, что первыми в истории западной философии к идее математической вселенной пришли пифагорейцы. Тегмарк в своей книге также обращает внимание на это обстоятельство<sup>28</sup>. Согласно Пифагору, «все есть число»<sup>29</sup>, а космос есть гармоническая упорядоченность, которая могла быть выражена геометрически в виде шара и арифметически – в виде единицы. Природу вещей и их отношения определяет «числовая структура космоса».

---

<sup>24</sup> Тегмарк М. Указ. соч. С. 205.

<sup>25</sup> Там же. С. 206.

<sup>26</sup> Balaguer M. Platonism in Metaphysics // Stanford Encyclopedia of Philosophy. 2016. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://plato.stanford.edu/archives/spr2016/entries/platonism/> (дата обращения 13.10.2021).

<sup>27</sup> Balaguer M. Platonism in Metaphysics.

<sup>28</sup> Тегмарк. Указ. соч. С. 190, 272.

<sup>29</sup> История философии / под ред. В. В. Васильева, А. А. Кротова и Д. В. Бугая. М.: Академический проспект. 2005. С. 56-57.

В лекции 1934 года П. Бернайс одним из первых приступил к философскому осмыслению термина «математический платонизм». С тех пор появилось большое количество реалистических подходов к математике, некоторые из которых даже противоречат друг другу. Это может быть связано с тем, принимают или нет теоретики возможность познания математических сущностей и в какой степени. Кроме того, противоречие может возникать и при конфликте между объектной и структурной онтологией.

Математический платонизм берет начало в работах Г. Фреге и К. Геделя<sup>30</sup>. В частности, Фреге высказал до сих пор актуальную идею о том, что числа – это объекты. С онтологической точки зрения он также приравнивал статус математических объектов к обыденным физическим объектам. С эпистемологической точки зрения и Фреге, и Гедель считали, что математическое познание сродни чувственному. Их идеи считаются выражением традиционного платонизма. В наше время можно выделить несколько основных платонических подходов к математике: «полнокровный платонизм» Балагера, структурный подход Резника и Шапиро, натурализм Мэдди<sup>31</sup>.

Тегмарка можно причислить сразу к нескольким направлениям. Во-первых, по Штайнеру, он «метафизический пифагореец», который отождествляет вселенную с математическими структурами<sup>32</sup>. Этой же точки зрения придерживается и Лэдимен в энциклопедической статье о структурном реализме<sup>33</sup>. Во-вторых, его можно отнести к «полнокровному платонизму» Балагера, который исходит из принципа изобилия, согласно которому существует все, что возможно логически. Основная проблема этого принципа заключается в его неограниченности и недоказуемости. Тегмарк комментирует и ограничивает его, ссылаясь на работы Д. Льюиса (теоретика модального реализма) и Р. Нозика. Автор пишет: «Мультиверс IV уровня [математическая вселенная] может рассматриваться как уменьшенная, более строго определенная реальность, в силу замены «всех возможных миров» Льюиса «всеми математическими структурами». Представление о мультиверсе IV уровня не предполагает, что

---

<sup>30</sup> История философии / под ред. В. В. Васильева, А. А. Кротова и Д. В. Бугая. М.: Академический проспект. 2005. С. 496.

<sup>31</sup> Бажанов В.А. Разновидности и противостояние реализма и антиреализма в философии математики. Возможна ли третья линия? // Математика и реальность. Труды Московского семинара по философии математики / Под ред. В. А. Бажанова, А. Н. Кричевца, В. А. Шапошникова. М: Издательство Московского университета. 2014. С. 239.

<sup>32</sup> Steiner M. The Applicability of Mathematics as a Philosophical Problem / Harvard University Press. 1998. P. 5.

<sup>33</sup> Ladyman J. Structural Realism // Stanford Encyclopedia of Philosophy. 2020. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://plato.stanford.edu/archives/win2020/entries/structural-realism/> (дата обращения: 14.10.2021).

Критика концепции математической вселенной М. Тегмарка...

существуют все вообразимые вселенные. Мы можем вообразить множество вещей, которые математически не определены, а значит, не соответствуют математическим структурам»<sup>34</sup>. Согласно «полнокровному платонизму», реальность истинно описывается непротиворечивыми математическими теориями<sup>35</sup>, что, в сущности, и отстаивает Тегмарк.

Теперь необходимо сказать о структурализме в философии математики. Очевидно, что Тегмарк можно назвать структуралистом в том смысле, что его онтология математической вселенной состоит из структур.

Как пишет В. В. Целищев, «Интуитивное представление о структурализме может быть дано в виде трех тезисов: (1) математика имеет дело со структурами; (2) при этом имеет место абстрагирование от природы индивидуальных объектов; (3) математические объекты не имеют большего содержания, чем содержание основных отношений структуры. Более точная формулировка этих тезисов затруднительна, потому что различные философы склонны делать упор на различных аспектах структурализма»<sup>36</sup>. Действительно, авторы отмечают трудность даже с тем, чтобы сформулировать понятие математической структуры. С. Мак Лейн иллюстрирует различные использования понятия «структура» на протяжении развития математики и приходит к современному употреблению: «класс математических объектов, описанных аксиомами»<sup>37</sup>.

Позиции Тегмарка наиболее близки к подходам Резника и Шапиро. Во-первых, они не только структуралистские, но и реалистические<sup>38</sup>. Этому можно противопоставить подход П. Бенаццерафа, который отстаивал структурализм в оппозицию традиционному платонизму<sup>39</sup>. Во-вторых, структурализм стремится к универсальности<sup>40</sup>. Если в случае с Шапиро это касается всей математики, то в случае с Тегмарком говорит о фундаментальной реальности.

Наконец, подход Тегмарка можно охарактеризовать как *ante rem* структурализм, который был введен Шапиро<sup>41</sup>. Если *in re* структуры не содержат в себе ничего помимо и свыше своих проявлений, то *ante rem* структуры от них независимы. Под проявлениями здесь имеется в виду конкретная совокупность объектов и их отношений, которую Шапиро называет

---

<sup>34</sup> Тегмарк М. Указ. соч. С. 269.

<sup>35</sup> Balaguer M. Op. cit. P. 48.

<sup>36</sup> Целищев В.В. Онтология математики: объекты и структуры / Новосибирск: Нонпарель, 2003. С. 153.

<sup>37</sup> Mac Lane S. Structure in Mathematics // *Philosophia Mathematica*. 1996. Т. 4. № 2. P. 179.

<sup>38</sup> Shapiro S. *Philosophy of Mathematics: Structure and Ontology* / Oxford University Press. 1997. P. 10.

<sup>39</sup> Целищев В.В. Онтология математики. С. 154-155.

<sup>40</sup> Shapiro S. Op. cit. P. 183.

<sup>41</sup> Ibid. P 9.

системой. В онтологии Тегмарка это свойство структур выражается их эмерджентным характером, то есть онтологическим превалированием над объектами.

Теперь обратимся к структурному реализму в философии науки. Это направление возникло во второй половине XX века. Его развитию способствовало несколько факторов. Во-первых, он стал реакцией на антиреалистическую критику, которая подрывала тезисы стандартного научного реализма относительно реальности ненаблюдаемых объектов и истинности теорий. Во-вторых, философам науки и ученым необходим был новый язык для разговора о таких новых разделах физики, как, например, квантовая теория поля. Наконец, теоретики увидели структуралистские мотивы в классических работах Б. Рассела, А. Пуанкаре, Л. Витгенштейна, М. Шлика, Р. Карнапа и других<sup>42</sup>. Онтический структурный реализм (ОСР) является ответвлением структурного реализма. Его основные теоретики – С. Френч и Дж. Лэдимен. Френч выдвигает следующие ключевые тезисы<sup>43</sup>:

- (1) структуры и отношения фундаментальны;
- (2) индивидуальные объекты могут быть исключены;
- (3) законы и симметрии – это первичные модальные характеристики мира.

Тегмарк в книге ссылается на Дж. Уоррелла, разработавшего эпистемический структурный реализм, и Г. МакКейба, одного из теоретиков ОСР<sup>44</sup>. Свой подход автор характеризует как «универсальный структурный реализм» и больше к этому вопросу не возвращается. Я предполагаю, что под «универсальностью» Тегмарк понимает его всеобщность: он распространяет ее не только на физику или науку в целом, но делает выводы о реальности как таковой. В этом прослеживается его редуccionистская аргументация.

Для более конкретной классификации позиции Тегмарка я приведу деление, предложенное Эсфелдом, теоретиком умеренного ОСР<sup>45</sup>:

- (1) существуют только объекты, обладающие внутренними свойствами, соотношения объектов же редуцируются к их свойствам;
- (2) объекты онтологически первичны, однако существуют несупервентные отношения, т. е. не сводимые полностью к объектам и их свойствам;

---

<sup>42</sup> Фурсов А.А. Указ. соч. С. 162-163.

<sup>43</sup> Ladyman J. Introduction: Structuralists of the World Unite // Studies in History and Philosophy of Science Part A. 2019. №74. P. 2.

<sup>44</sup> Тегмарк М. Указ. соч. С. 201.

<sup>45</sup> Esfeld M., Lam V. Ontic structural realism as a metaphysics of objects // Scientific structuralism. Springer, Dordrecht. 2010. P. 145-146.

- (3) отношения и объекты онтологически равны;
- (4) отношения онтологически первичны и являются условием существования объектов, которые не обладают внутренними свойствами;
- (5) на фундаментальном уровне не существует индивидуальных объектов, только отношения, т. е. структуры.

Варианты 3-5 являются вариантами ОСР, поскольку в каждом из них структуры имеют значительный онтологический вес. Концепция математической вселенной представляет собой четвертый вариант. Тегмарк не исключает объекты из онтологии, но отказывает им во внутренних свойствах, которые не могут быть сведены к структурным характеристикам.

В аргументации структурной природы фундаментальной реальности Тегмарк апеллирует к необходимости структур и их способности противостоять преобразованиям. Так воспроизводится аргумент инвариантности: «реально то, что инвариантно относительно преобразований». Именно этим аргументом пользуются Френч и Лэдимен и, так же, как и Тегмарк, делают это в контексте математической практики<sup>46</sup>.

ОСР также стал ответом на проблему слабой различимости. В философии науки впервые этот вопрос поднял С. Сондерс относительно квантовых частиц<sup>47</sup>. Квантовые частицы не подчиняются принципу индивидуации, который в стандартной форме гласит, что два отдельных объекта обладают качественно разными характеристиками<sup>48</sup>. Следовательно, физики не могут приписать им никаких внутренних свойств, из-за чего утверждение об их реальном существовании становится проблематичным. ОСР же предлагает отказаться от постулирования индивидуальных объектов во избежание недоопределенности интерпретаций в пользу определения объектов через их отношения<sup>49</sup>.

Наконец, в пользу ОСР работает аргумент к наилучшему объяснению из-за ряда проблем, с которыми он справляется. Во-первых, структурный подход к природе реальности решает проблему бесконечного регресса. Тегмарк пишет, что регресс происходит, когда мы пытаемся объяснить свойства предметов через свойства их составляющих<sup>50</sup>. Структурные свойства же не сводятся к свойствам объектов, составляющих структуру.

---

<sup>46</sup> Фурсов А.А. Указ. соч. С. 184.

<sup>47</sup> Saunders S. Are quantum particles objects? // Analysis. 2006. Т. 66. №. 1. P. 52-63.

<sup>48</sup> Ladyman J. Op. cit. P. 2.

<sup>49</sup> Фурсов А.А. Указ соч. С. 185-186.

<sup>50</sup> Тегмарк М. Указ. соч. С. 206.

Во-вторых, структурный реализм противостоит аргументу пессимистической метаиндукции. Согласно этому аргументу, бессмысленно занимать реалистическую позицию относительно объектов теорий, потому что в прошлом научные теории отвергались и сменялись новыми. Следовательно, не может быть уверенности в том, что современные теории не будут признаны несостоятельными<sup>51</sup>. СР здесь исходит от инвариантности: термины теорий признаются несостоятельными, однако они сохраняют свою структуру, следовательно, она реальна.

В-третьих, ОСР является онтологически экономной, но при этом полной концепцией. Тегмарк ограничивает принцип изобилия возможностями математики и при этом показывает тотальную редукцию физической реальности к математическим структурам. Это делает его концепцию одновременно простой и универсальной.

В рамках первой главы были кратко рассмотрены основные тезисы концепции математической вселенной и проведена ее интерпретация с точки зрения различных концепций в философии математики и философии науки. Тегмарк ставит целью ответить на вопрос о природе реальности, напрямую связывая его с проблемой невероятной эффективности математики. Его ответом становится радикальное онтологическое утверждение о том, что фундаментальная реальность представляет собой реальность математическую. Его аргументация опирается на необходимость и инвариантность математических структур. Таким образом, всю онтологию математической вселенной Тегмарк выстраивает путем совмещения тезисов математического платонизма и структурного реализма. Поэтому моя дальнейшая критика в большей степени будет сосредоточена именно на этих тезисах.

## **2. Критика концепции математической вселенной**

В рамках второй главы будет проведен критический анализ некоторых тезисов концепции математической вселенной Тегмарка. В первой части главы я сосредоточусь на проблеме математической природы фундаментальной реальности, а во второй – на проблеме ее структурного характера.

### **2.1 Критика математического платонизма**

Тегмарк вслед за Балагером ограничивает принцип изобилия математическим формализмом. Существует не все логически непротиворечивое, а все то, что может быть

---

<sup>51</sup> Фурсов А.А. Указ. соч. С. 100.

представлено в виде математической структуры. Однако возникает проблема и на уровне формализма. Внутренне непротиворечивые структуры могут противоречить друг другу. В частности, Целищев приводит пример: «такая ситуация имеет место в случае теории с аксиомами Цермело-Френкеля плюс континуум-гипотеза и теми же аксиомами плюс отрицание континуум-гипотезы»<sup>52</sup>. Обе теории внутренне непротиворечивы, но противоречат друг другу. Задачу науки Тегмарк видит в открытии математических структур. Опираясь на аргумент мета-индукции, можно сказать, что у нас нет гарантий, что по мере развития науки не будут обнаруживаться новые противоречащие друг другу структуры. Проблематичность этого предположения состоит в нарушении закона противоречия, когда и утверждение, и его отрицание одновременно истинны.

Вдобавок, согласно формалистской точке зрения, в целом нерелевантно выводить онтологию теории из ее математического аппарата. Так, А. И. Липкин пишет о том, что онтологию теории несет на себе «первичный идеальный объект» теоретический термин: электромагнитное поле в электродинамике или квантовая частица в квантовой механике<sup>53</sup>. Математика, в свою очередь, является только частью теории и важным средством описания, за счет которого теория работает и развивается, однако она не несет в себе никакой онтологической нагрузки.

Математический платонизм во многом опирается на критерий существования, введенный У. Куайном, и следующее из него онтологическое допущение (ontological commitment). Критерий Куайна гласит, что существовать – значит быть значением квантифицируемой переменной. Из этого следует, что значения переменных логически корректной научной теории должны быть признаны существующими. Возражение онтологическому допущению Куайна состоит в том, что оно работает только в рамках теории и не дает нам никакой информации о ее истинности. Оно остается только допущением, и если реальность объектов теории невозможно доказать, не прибегая к критерию Куайна, то нет необходимости считать ее объекты фундаментальными<sup>54</sup>.

Наконец, концепция математической вселенной находится вне структуралистского дискурса философии математики. Определение математической структуры как набора

---

<sup>52</sup> Целищев В.В. Онтология математики. С. 78-79.

<sup>53</sup> Липкин И.А. Место математики в физике // Математика и реальность. Труды Московского семинара по философии математики / Под. ред. В. А. Бажанова, А. Н. Кричевца, В. А. Шапошникова. М: Издательство Московского университета. 2014. С. 185.

<sup>54</sup> Целищев В.В. Онтология математики. С. 27.

абстрактных объектов и отношений между ними практически совпадает с определением системы, которое приводит Шапиро. Согласно ему, структура является абстракцией от системы<sup>55</sup>. В определении Тегмарка понятия структуры и системы смешиваются, и отсюда неясно, как именно структура выражается в теории, кроме как в математике, которая является в этом смысле только языковым средством. Кроме того, в данном определении не обозначается математический характер структуры. Особенно это заметно при сравнении с определением, данным Мак Лейном, поскольку в нем присутствует аксиоматика. Под определение Тегмарка же можно подвести как математический формализм, так и, например, платоновские идеи.

## 2.2 Критика структурного реализма

Продолжая разговор об определении математической структуры, нельзя не отметить внутреннюю нестыковку концепции. Структура определяется через свое содержание, то есть через совокупность объектов и их отношений. В то же время фундаментальной чертой онтологии математической вселенной является отсутствие внутренних свойств у объектов и их отношений, структурные характеристики которых к ним не сводятся. Остается неясным, как, в таком случае, формируются свойства структур и, следовательно, свойства реальности.

Одно из основных возражений онтическому структурному реализму состоит в том, что не может существовать отношений без того, что относится (*relations without relata*)<sup>56</sup>. Иначе говоря, невозможно, чтобы фундаментальная реальность состояла исключительно из структур, а объекты бы в ней отсутствовали. Псиллос в своей работе использует приведенное ранее различие Шапиро *in re* и *ante rem* структур<sup>57</sup>. В первом случае структурам нужны объекты, потому что первые основаны на вторых и зависят от них. Однако и во втором случае, когда структуры независимы от составляющих их объектов, то есть своих проявлений, последние все еще необходимо присутствуют в фундаментальной онтологии<sup>58</sup>. Автор обосновывает это тем, что иначе мы не сможем применять структуры в физических теориях и выстраивать каузальные отношения, для которых недостаточно структурных свойств, а необходимо содержание. То же можно сказать не только о самих объектах, но и об их внутренних свойствах, которых они лишены в концепции Тегмарка. Следует также отметить,

---

<sup>55</sup> Shapiro S. Op. cit. P. 9.

<sup>56</sup> Ladyman J. Structural Realism.

<sup>57</sup> Psillos S. The structure, the whole structure, and nothing but the structure? //Philosophy of Science. 2006. Т. 73. №. 5. P. 563.

<sup>58</sup> Ibid. P. 564.

что Псиллос принимает и различие Шапиро на структуры и системы. Определение математической структуры у Тегмарка предполагает наличие объектов, их свойств и внутренних отношений. Однако, как было указано ранее, онтология математической вселенной противоречит этому определению.

Схожую аргументацию в рамках анализа квантовой теории поля развивает Цао<sup>59</sup>. Математические структуры не могут адекватно репрезентировать неструктурные свойства физического мира без дополнительных входных данных. Согласно Шапиро, структура является абстракцией от системы, а абстрактное прямо противоположно конкретному, что подразумевает невозможность выразить в структуре всю полноту явлений. Действительно, ни мощность, ни симметрия, ни эмерджентность, которые Тегмарк обозначает ключевыми характеристиками структур, не предполагают адекватное выражение качественных данных. Структурный подход претендует на универсальность, однако без не структурной составляющей он ее не достигает. Цао, как и Псиллос, приходит к выводу о том, что структурный реализм должен развивать и дополнять научное знание, а не ограничивать его. В этом смысле он может использоваться для дополнения и расширения знания о новых теоретических объектах, которые невозможно осмыслить в старой философской терминологии.

В свете приведенных аргументов можно сделать вывод, что структурный подход не может провести определенного различия между математическим и физическим. Ввод структур на основе формализма и тотальная редукция всего физического к математическим структурам делает невозможным вывод понятия неструктурного<sup>60</sup>. Кроме того, Тегмарк утверждает, что задача физики состоит в выводе консенсусной реальности из внешней математической<sup>61</sup>. Из приведенных возражений очевидно, что эта задача невыполнима: невозможно вывести физическую неструктурную реальность из абстрактных математических структур.

Ранее было отмечено, что структурный реализм решает проблему слабой различимости путем исключения внутренних свойств объектов или объектов как таковых из онтологии теории. Однако анализ Эсфелда и Лэма показывает, что такая элиминация нерелевантна. Авторы соглашаются, что современное состояние физики не позволяет нам различить

---

<sup>59</sup> *Cao T.Y.* Can we dissolve physical entities into mathematical structures? // *Synthese*. 2003. Т. 136. № 1. P. 58-61.

<sup>60</sup> *van Fraassen B.* Structure: Its Shadow and Substance // *The British Journal of the Philosophy of Science*. Т. 57. №2. P. 292-293.

<sup>61</sup> *Тегмарк М.* Указ. соч. С. 186.

квантовые частицы, состоящие в иррефлексивных отношениях. Тем не менее, из этого не следует с необходимостью онтологическая первичность структур над объектами<sup>62</sup>. Как и другие противники радикальной позиции ОСР, Эсфелд и Лэм не считают обоснованным сокращение онтологии научных теорий и отстаивают третий из приведенных ранее вариантов структурного реализма – онтологическое равенство структур и объектов.

Наконец, отсутствие внутренних свойств у объектов структур накладывает ограничения на онтологию. Тегмарк отмечает, что существуют сложные структуры, состоящие из других структур. Примером такой структуры является человеческое сознание<sup>63</sup>. Следовательно, меньшие структуры, составляющие бóльшую структуру, становятся ее объектами и теряют свои внутренние свойства. Поскольку определение через структурные свойства – это единственно возможное фундаментальное определение, то в таком случае становится невозможным выделить какие-либо свойства у меньших структур. Однако сам Тегмарк, продолжая анализ структуры сознания, выделяет меньшие структуры, составляющие его<sup>64</sup>: механизмы обработки и выдачи информации, материальный субстрат сознания и т.д. Этим автор вновь вступает в противоречие с приведенной онтологией математической вселенной.

В рамках второй главы я привела возражения математическому платонизму и онтическому структурному реализму. Из аргументов можно сделать вывод, что наиболее сильным местом концепции Тегмарка является опора на инвариантность. В то же время из инвариантности как математики, так и структур не следует с необходимостью вторичная роль объектов по отношению к ним.

## **Заключение**

В рамках работы была описана, проинтерпретирована и критически проанализирована онтология математической вселенной М. Тегмарка. Разработка этой концепции является ответом автора на вопрос Ю. Вигнера о невероятной эффективности математики и, в более широком смысле, о фундаментальной природе реальности. Тегмарк выдвигает радикальный онтологический тезис о том, что математика эффективна, потому что она и есть реальность. Эту позицию, по моему мнению, вполне можно идентифицировать с математическим платонизмом. Вместе с этим структурный характер реальности Тегмарка я интерпретирую в контексте современного онтического структурного реализма. Как показано в данной работе,

---

<sup>62</sup> *Esfeld M., Lam V.* Op. cit. P. 148.

<sup>63</sup> *Тегмарк М.* Указ. соч. С. 219.

<sup>64</sup> Там же. Указ. соч. С. 224.

математическая вселенная Тегмарка представляет собой неэлиминативный вариант онтического структурного реализма, в котором исключаются не объекты, но их внутренние свойства. Структура онтологически превалирует над объектами. Таким образом, математическая природа реальности рассматривается с точки зрения структурного и «полнокровного» платонизма. Наиболее сильным аргументом Тегмарка является инвариантность математических структур. Инвариантность выводится из возможности редукции физической реальности к математике, ее повсеместности и универсальности.

Проведенный критический анализ показал, что концепция Тегмарка внутренне противоречива. Одну из причин этого я вижу в отрыве ее от современного философского дискурса. Это особенно заметно в анализе автором математической структуры. В частности, несмотря на обоснованность онтологического статуса структур, лишение объектов внутренних свойств представляется нерелевантным.

В данной работе не были рассмотрены многие аспекты концепции математической вселенной, например, ее эпистемологическая составляющая, проблема модальностей существования или проблема соотношения математических структур и сознания. При этом нет сомнения в том, что и эти проблемы, и проблемы онтологии должны обязательно быть подвергнуты философскому анализу.

Таким образом, проведенное исследование демонстрирует важность философской интерпретации для фундаментальных физических теорий, особенно в области космологии. Важно это также и при рассмотрении метафизических концепций, излагаемых в научно-популярном стиле, поскольку такой формат создает у читателя впечатление, что только физические теории могут дать ответ на фундаментальные вопросы. На мой взгляд, для полноты картины необходимо ссылаться не только на дискуссии в современной физике, но и на дискуссии, предлагаемые в рамках современной философии науки. В результате, у вдумчивого читателя сложится представление об аргументации из разных областей знания, что даст возможность в дальнейшем самостоятельно углубиться в тему не только с физической, но и с философской стороны.

## Библиография

- Бажанов В.А.* Разновидности и противостояние реализма и антиреализма в философии математики. Возможна ли третья линия? // Математика и реальность. Труды Московского семинара по философии математики / Под. ред. В. А. Бажанова, А. Н. Кричевца, В. А. Шапошникова. М: Издательство Московского университета, 2014. С. 231-252.
- История философии / под ред. В. В. Васильева, А. А. Кротова и Д. В. Бугая. М.: Академический проспект, 2005. С. 680.
- Липкин И.А.* Место математики в физике // Математика и реальность. Труды Московского семинара по философии математики / Под. ред. В. А. Бажанова, А. Н. Кричевца, В. А. Шапошникова. М: Издательство Московского университета, 2014. С. 179-185.
- Лолли Г.* Философия математики. Наследие двадцатого столетия / Нижний Новгород: Издательство Нижегородского университета им. Н. И. Лобачевского, 2012. С. 301.
- Тегмарк М.* Наша математическая вселенная. В поисках фундаментальной реальности / М. Тегмарк. М.: Corpus АСТ, 2014. С. 310.
- Фурсов А.А.* Проблема статуса теоретического знания науки в полемике между реализмом и антиреализмом / М.: Издатель Воробьев А. В., 2013. С. 241.
- Хакинг Я.* Представление и вмешательство. Введение в философию естественных наук / М.: Логос, 1998. С. 189.
- Целищев В.В.* Математический платонизм // Scholae. Философское антиковедение и классическая традиция, 2014. Т. 8. №2. С. 492-504.
- Целищев В.В.* Онтология математики: объекты и структуры / Новосибирск: Нонпарель, 2003. С. 240.
- Balaguer M.* Platonism and Anti-platonism in Mathematics / Oxford University Press, 2001. P. 217.
- Balaguer M.* Platonism in Metaphysics // Stanford Encyclopedia of Philosophy, 2016 (<https://plato.stanford.edu/archives/spr2016/entries/platonism/>). Дата обращения: 13.10.2021.
- Cao T.Y.* Can we dissolve physical entities into mathematical structures? // Synthese. 2003. Vol. 136. № 1. P. 57-71.
- Esfeld M.* Does a physical theory need an interpretation? 2013 (<https://www.youtube.com/watch?v=LEnsIjdjNA8&list=LL&index=3&t=5s>). Дата обращения: 04.03.2021.

- Esfeld M., Lam V.* Ontic structural realism as a metaphysics of objects //Scientific structuralism. Springer. Dordrecht, 2010. P. 143-159.
- Ladyman J.* Introduction: Structuralists of the World Unite // Studies in History and Philosophy of Science Part A. 2019. № 74. P. 1-3.
- Ladyman J.* Structural Realism // Stanford Encyclopedia of Philosophy. 2020 (<https://plato.stanford.edu/archives/win2020/entries/structural-realism/>). Дата обращения: 14.10.2021.
- Mac Lane S.* Structure in Mathematics // Philosophia Mathematica. 1996. Vol. 4. № 2. P. 174-183.
- Porpora D.V.* How many thoughts are there? Or why we likely have no Tegmark duplicates  $10^{10^{115}}$  m away // Philosophical studies. 2013. Т. 163. № 1. P. 133-149.
- Psillos S.* Is Structural Realism Possible? // Philosophy of Science. 2001. Vol. 68. № 3. P. S13-S24.
- Psillos S.* The structure, the whole structure, and nothing but the structure? // Philosophy of Science. 2006. Vol. 73. № 5. P. 560-570.
- Saunders S.* Are quantum particles objects? // Analysis. 2006. Vol. 66. № 1. P. 52-63.
- Shapiro S.* Philosophy of Mathematics: Structure and Ontology / Oxford University Press, 1997. P. 279.
- Steiner M.* The Applicability of Mathematics as a Philosophical Problem / Harvard University Press, 1998. P. 215.
- Tegmark M.* Parallel universes // Scientific American. 2003. Vol. 288. № 5. P. 40-51.
- van Fraassen B.* Structure: Its Shadow and Substance // The British Journal of the Philosophy of Science. Т. 57. №2. P. 275-307.

## **Criticism of M. Tegmark's Concept of Mathematical Universe in the Context of Modern Discussions in Philosophy of Physics and Philosophy of Mathematics**

*Auman Anastasia (Bachelor's program in philosophy)*

### **Abstract:**

The aim of the paper is to interpret M. Tegmark's concept of the mathematical universe. The first part of the paper describes the development of the concept. Main ontological features are provided and analyzed using the ontic structural realism and mathematical platonism frameworks. Tegmark combines radically some of the aspects of these frameworks. The second part of the paper is the critical analysis which shows that the strongest side of the Tegmark's concept is the appeal to the invariance of the structures. Still, his theory is internally inconsistent and is not integrated into modern discussions on unobservable objects in Philosophy of Science. The paper demonstrates the importance of the philosophical interpretation and analysis of popular science physical theories within the discussion of reality's nature.

**Keywords:** structural realism, Tegmark, mathematical universe, mathematical platonism.