

DOI: 10.19181/sntp.2022.4.2.19

РАСШИРЯЮЩАЯСЯ ВСЕЛЕННАЯ: НА ПЕРЕКРЕСТКЕ ИСТОРИКО- НАУЧНЫХ КОНЦЕПЦИЙ (К СТОЛЕТИЮ ОТКРЫТИЯ А. А. ФРИДМАНА)

Визгин Владимир Павлович¹

¹Институт истории естествознания и техники
им. С. И. Вавилова РАН,
Москва, Россия

АННОТАЦИЯ

Статья посвящена столетию со времени открытия А. А. Фридманом теории расширяющейся Вселенной, справедливо оценённого научной общественностью как научный и общечеловеческий подвиг. Это открытие и его восприятие научным сообществом рассмотрены на основе различных историографических концепций: научно-традиционного и научно-биографического подходов, эпистемологии добродетелей, «ошибочностной» концепции развития научного знания и др. Это позволило лучше понять триумф и трагизм великого открытия.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:

Теория расширяющейся Вселенной, релятивистская космология, А. Эйнштейн, А. А. Фридман, космологическая постоянная, стационарные и нестационарные решения уравнений гравитации, традиция Чебышёва – Ляпунова – Стеклова, эпистемология добродетелей, «ошибочностная» концепция развития научного знания, философское восприятие теории, научно-культурный параллелизм

ДЛЯ ЦИТИРОВАНИЯ:

Визгин В. П. Расширяющаяся Вселенная: на перекрестке историко-научных концепций (к столетию открытия А. А. Фридмана) // *Управление наукой: теория и практика.* 2022. Т. 4, № 2. С. 233–256.

DOI: 10.19181/sntp.2022.4.2.19

«...Фридман предстаёт перед нами глубоким, независимым и дерзким мыслителем, разрушителем научных предрассудков, мифов и догм; его ум видит то, чего не видят другие, и не желает видеть того, что все считают очевидным и для чего в действительности нет никаких оснований. Он отбрасывает многовековую традицию, которая заведомо, до всякого опыта считала Вселенную вечной и вечно неподвижной. Он совершает настоящую научную революцию. Как Коперник заставил Землю обращаться вокруг Солнца, так Фридман заставил Вселенную расширяться».

А. Д. Чернин [1, с. 200]

«Реакцией на фридмановский Большой взрыв была оглушительная тишина. Хотя его статья была опубликована в одном из наиболее престижных физических журналов Германии и обсуждалась Эйнштейном и иными учёными, в итоге она была, по большому счёту, проигнорирована и не оказала практически никакого влияния на господствующую картину мира того времени. Игнорирование великих озарений – давняя традиция в космологии (на самом деле, науки в целом)... В случае с Фридманом, я думаю, причина отчасти была в том, что он опередил своё время...».

М. Тегмарк [2, с. 68–69]

«Работы Фридмана опубликованы в 1922–1924 гг. в период больших трудностей. «Россия во мгле» – вот впечатление Герберта Уэллса о Москве и Петрограде 1921 г. В том же номере журнала, где опубликована работа Фридмана, помещено обращение к немецким учёным: собрать научную литературу для русских коллег, которые были отрезаны от неё во время войны и революции. В этих условиях создание теории огромного значения было подвигом не только научным, но и общечеловеческим»

Я. Б. Зельдович [3, с. 404; 4, с. 359]

«Посылаю Вам небольшую заметку, касающуюся вопроса о возможной форме Вселенной, более общей, чем цилиндрический мир Эйнштейна и сферический мир De Sitter'a. Кроме этих двух случаев получается ещё мир, пространство которого обладает переменным с течением времени радиусом кривизны».

*Из письма А. А. Фридмана П. Эренфесту от 3 июня 1922 г.
(цит. по [6, с. 31])*

«...Фридман понял, что... открывает целый новый мир зависящих от времени вселенных: расширяющихся, коллапсирующих и пульсирующих... Фридман опубликовал свою статью в 1922 г. в немецком журнале *Zeitschrift fuer Physik*, открыв тем самым новую эпоху в космологии».

Г. А. Гамов [7, с. 42–43]

«Плюралистический характер какого-либо подхода заключается не в одновременном применении существенно различных типов анализа, а в готовности переходить от одного типа интерпретации к другому. Объяснение такому методологическому эклектизму лежит... в ограниченности любого типа объяснений или причинно-следственных связей...».

В. В. Леонтьев [8]

ВВЕДЕНИЕ

В июне 2022 года исполняется сто лет со времени публикации статьи Александра Александровича Фридмана «О кривизне пространства», в которой была впервые развита теория расширяющейся Вселенной, являющаяся основой современной релятивистской космологии [9]. Эта круглая дата даёт нам повод вновь обратиться к обсуждению замечательного открытия, которое оказалось крупнейшим отечественным вкладом в теорию относительности (и, конечно, космологию). С начала 1960-х гг. А. А. Фридман и его теория расширяющейся Вселенной получают полное признание в СССР и в мировой науке. Ведущие космологи говорят о «великом научном подвиге» Фридмана. В чём же заключается это величие и как возможно было совершить это открытие специалисту по гидродинамике и динамической метеорологии в тяжёлые годы революции и Гражданской войны?

Несколько слов о серии эпитафий, в которых, как нам кажется, заключено почти всё самое главное из того, о чём в дальнейшем пойдёт речь. В первом эпитафии это открытие по своему масштабу сравнивается с научной революцией Коперника. Об этом же говорится и в книге А. А. Гриба по современной космологии: «Открытие А. А. Фридманом расширяющейся Вселенной, имеющей в прошлом начало, которое можно рассматривать и как начало самого времени, сравнимо лишь с открытием Коперником вращения Земли вокруг Солнца» [10, с. 59]. Автор второго эпитафии отмечает невосприимчивость фридмановского открытия, которое только через 5–7 лет было повторено и подтверждено в работах Ж. Леметра и Э. Хаббла. Эйнштейн же полностью принял теорию Фридмана только в 1930 г. после встречи с Э. Хабблом [11, с. 858]. В третьем эпитафии Я. Б. Зельдович называет открытие Фридмана научным и общечеловеческим подвигом, имея в виду ещё и то, что оно было сделано в тяжелейших условиях революции и гражданской войны в советской России. Четвёртый эпитафия – это первая кратчайшая формулировка открытия самим Фридманом, скромно и буднично он говорит о своём достижении огромного значения. Пятый эпитафия принадлежит другому русскому физическому, продолжившему впоследствии разработку теории расширяющейся Вселенной, – Г. А. Гамову, единственному из учеников Фридмана, внёсшему значительный вклад в космологию (другой выдающийся ученик Фридмана – В. А. Фок – автор важных исследований в области общей теории относительности). В этом эпитафии подчёркивается тот факт, что в действительности Фридман открыл «целый новый мир» нестационарных Вселенных, не только расширяющуюся, но также коллапсирующие и пульсирующие модели (и, добавим, как без введённой Эйнштейном космологической постоянной, так и при её наличии). Наконец, в последнем эпитафии, принадлежащем выдающемуся русскому экономисту, лауреату Нобелевской премии В. В. Леонтьеву, сформулирована одна из основных идей настоящей статьи: возможность «плюралистического подхода» к историографической интерпретации исследуемого историко-научного события.

Мы попытаемся понять открытие Фридманом расширяющейся Вселенной, выявить его важные особенности, используя несколько различных, хотя и взаимосвязанных историографических концепций.

1) Мы рассмотрим «научно-традиционный подход» (и включим Фридмана в математическую традицию Чебышёва – Ляпунова – Крылова – Стеклова).

2) Изучим, насколько существенными в этом открытии были некоторые биографические обстоятельства нашего героя (научно-биографический подход).

3) Рассмотрим исследуемое событие на основе эпистемологии добродетели.

4) Перспективной для анализа создания и развития релятивистской космологии Эйнштейна – Фридмана, как мы покажем, является и так называемая «ошибочностная» концепция развития научного знания С. И. Вавилова, согласно которой «на ошибках вырастает наука».

КРАТКАЯ ХРОНОЛОГИЯ И СУТЬ ОТКРЫТИЯ ФРИДМАНА

Мы не будем с той или иной степенью подробности пересказывать первые годы рождения и развития релятивистской космологии от основополагающей работы Эйнштейна 1917 г. до статей Фридмана 1922 и 1924 гг. и полемики между ними в 1922 и 1923 гг., отсылая читателя к ряду основательных работ [1; 4–6; 11–13]. Но всё-таки дадим краткую хронологию событий и кратко охарактеризуем суть открытия Фридмана.

1888 г., 4 июня. В Петербурге родился Александр Александрович Фридман.

1917 г. А. Эйнштейн из уравнений гравитации, полученных на основе общей теории относительности (ОТО), и предположений об однородности и изотропности пространства, а также об однородном заполнении его материей получает первую космологическую модель Вселенной, основанную на стационарном решении этих уравнений (так называемый «цилиндрический мир» Эйнштейна). Пространственно этот мир оказывается замкнутым и конечным (трёхмерное пространство постоянной положительной кривизны), существующим вечно. Такое решение оказывается возможным при введении в уравнения Эйнштейна дополнительного члена с новой константой, получившей название космологической постоянной и впоследствии интерпретированной как антигравитация.

Вскоре после этого В. де Ситтер из уравнений Эйнштейна с космологическим членом и тех же предположений об однородности и изотропности пространства получает другой вариант замкнутой и статической Вселенной, в которой отсутствует обычная материя («сферический мир де Ситтера»).

1922 г., май–июнь. Статья А. А. Фридмана «О кривизне пространства» (29 мая датирован текст статьи, 3 июня письмо П. Эренфесту с просьбой передать статью Эйнштейну и в журнал *Zeitschrift fuer Physik*, 29 июня получена журналом). Из уравнений Эйнштейна с космологическим членом при

тех же предположениях, что были сделаны Эйнштейном, в статье получено обыкновенное дифференциальное уравнение (уравнение Фридмана, где R – радиус кривизны, зависящий от времени, c – скорость света, а постоянная лямбда – космологическая константа, введенная Эйнштейном):

$$R'^2/R^2 + 2RR''/R^2 + c^2/R^2 - \lambda = 0,$$

приводящее к решениям, интерпретируемым как расширяющиеся, коллапсирующие и пульсирующие Вселенные.

1922 г., 18 сентября. Первый, отрицательный отклик Эйнштейна на статью Фридмана (в журнале *Zeitschrift fuer Physik*). Эйнштейн ошибочно (как выяснилось позже) решил, что Фридман ошибся в вычислениях [5, с. 453].

1923 г., 21 мая. Второй, положительный отклик Эйнштейна на статью Фридмана (там же): «...Моя критика, как я убедился из письма Фридмана, сообщённого мне г-ном Крутковым, основывалась на ошибке в вычислениях. Я считаю результаты г. Фридмана правильными и проливающими новый свет. Оказывается, что уравнения поля допускают наряду со статическими также и динамические (т. е. переменные относительно времени) центрально-симметричные решения для структуры пространства» [5, с. 453].

1923 г. Вышла книга А. А. Фридмана «Мир как пространство и время», в которую включены его результаты по нестационарной космологии.

1924 г., январь–февраль. В том же журнале опубликована вторая статья Фридмана (законченная в ноябре 1923 г.) «О возможности мира с постоянной отрицательной кривизной», в которой показана «возможность нестационарных миров с постоянной отрицательной кривизной и положительной плотностью вещества» [5, с. 451; 4, с. 243]. Такие миры, по мнению Фридмана, в отличие от миров с постоянной положительной кривизной, могли иметь бесконечный объём.

1924 г. Выход первого тома книги «Основы теории относительности» (совместно с В. К. Фредериксом).

1925 г., июль. Рекордный подъём на высоту 7400 м на воздушном шаре и проведение метеорологических исследований (совместно с П. Ф. Федосеенко).

1925 г., 16 сентября. А. А. Фридман скончался.

1927–1929 гг. Ж. Леметр и Э. Хаббл повторно открывают расширяющуюся Вселенную [1; 11; 12]. В 1923–1925 гг. Э. Хаббл разрабатывает представления о внегалактической астрономии. В 1927 г. Ж. Леметр повторяет независимо результаты Фридмана, касающиеся нестационарной космологии, после чего Эйнштейн сообщает ему о работе Фридмана. Леметр вводит понятие «большого взрыва» и представление о «первичном атоме», а также, опираясь на наблюдения Хаббла, предсказывает, закон красного смещения (т. е. пропорциональность скорости разбегания галактик от расстояния до них). В 1929 г. Хаббл на основе большого массива наблюдательных данных убедительно доказывает эту пропорциональность, и в историю космологии это соотношение входит как закон Хаббла. Вскоре после этого Эйнштейн полностью признаёт теорию расширяющейся Вселенной, считая введение космологической константы своей самой большой ошибкой [7, с. 42].

Таким образом, Фридман показал, что большинство решений уравнений гравитации Эйнштейна как с космологическим членом, так и без него, явля-

ются не статическими, а динамическими, т. е. такими, что радиус кривизны соответствующих миров зависит от времени. При обсуждении простейшего решения, соответствующего расширяющейся Вселенной, он приходит к выводу о том, что Вселенная имела начало, когда плотность материи была бесконечной (сингулярность), и определённый возраст, удивительно точно оценённый им, а именно примерно 10 млрд лет!

НАУЧНО-БИОГРАФИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ОТКРЫТИЯ ФРИДМАНА

Научная биография Фридмана достаточно хорошо изучена и известна [1; 4–6; 13; 16]. В данном случае под научно-биографическими аспектами мы имеем в виду определённую фокусировку на обстоятельствах биографии учёного, которые способствовали открытию им расширяющейся Вселенной. Именно на них мы и остановимся. Прежде всего Фридман формировался как математик, его главным учителем был выдающийся математик В. А. Стеклов, принадлежавший к математической традиции П. Л. Чебышёва – А. М. Ляпунова – А. Н. Крылова, восходящей к М. В. Остроградскому [15]. Этой традиции было свойственно сочетание строгого подхода к математическим теориям с применением этих теорий к задачам математической физики и техники с умением вычислять, доводить решение задач до конкретных числовых результатов (в частности, и при использовании приближенных вычислений). Сохранились письма Фридмана Стеклову, охватывающие период с 1910 по 1925 гг. [4, с. 332–364].

В. А. Фок, хорошо знавший Фридмана и слушавший его лекции и доклады (как и его будущего соавтора В. К. Фредерикса) по теории относительности, вспоминал: «Доклады Фредерикса и Фридмана я живо помню. Стиль этих докладов был различный: Фредерикс глубоко понимал физическую сторону теории, но не любил математических выкладок, Фридман же делал упор не на физику, а на математику. Он стремился к математической строгости и придавал большое значение полной и точной формулировке исходных предпосылок» [14; с. 353]. Но уже из писем Стеклову и других источников видно, что Фридмана почти со студенческих времён привлекала не столько чистая и абстрактная математика, сколько её применение к изучению физического мира.

Студенческий друг Фридмана А. Ф. Гаврилов, вспоминая о первых послеуниверситетских годах учёного, рассказал о том, как и почему он выбрал в качестве главного объекта своих исследований атмосферу и, соответственно, метеорологическую науку: «А. А. Фридман имел редкие способности к математике, однако изучение одного только математического мира чисел, пространства и функциональных в них соотношений не удовлетворяло его. Ему было мало и того мира, который изучается теоретической и математической физикой. Его идеалом было наблюдать реальный мир и создавать математи-

ческий аппарат, который позволил бы формулировать с должной общностью и глубиной законы физики и затем, уже без наблюдения, предсказывать новые. Он остановился на изучении атмосферы, которая, как он говорил, представляет собой грандиозную лабораторию, для которой в математике подготовлен метод изучения в виде теории потенциала» (цит. по [1, с. 73]).

Интерес Фридмана к «реальному миру» проявлялся и в том, что он в 1907–1912 гг. принимал активное участие в теоретико-физическом семинаре П. Эренфеста. В 1922 г., примерно тогда же, когда он открывает нестационарную космологию, он завершает работу «Опыт гидродинамики сжимаемой жидкости», охватывающую «обширную область атмосферных движений» [1, с. 122]. Такие, казалось бы, очень далёкие друг от друга области физики оказывались весьма близкими для продолжателя традиции Чебышёва – Ляпунова – Крылова – Стеклова. Близкое родство этих сфер исследований отмечал в своей мемориальной речи Н. М. Гюнтер 26 сентября 1925 г.: «Связь между метеорологией и принципом относительности становится ясной: в своих самостоятельных работах по принципу относительности (т. е., по космологии. – В. В.) Александр Александрович... занимался по существу тем же, чем и в метеорологии, – исследованием решений системы уравнений в частных производных...» (цит. по [1, с. 242]). Эту же мысль подчёркивал и Л. С. Полак, под редакцией которого в 1966 г. были изданы в серии «Классики науки» «Избранные труды» А. А. Фридмана: «Интересно отметить, что и в теоретической метеорологии, и в теории относительности с математической точки зрения Фридман занимался, по существу говоря, исследованием решений уравнений в частных производных с применением его же собственных методов» [16, с. 444].

Распространено мнение, что Фридман считал, что он получил какие-то решения, но их физическое истолкование – дело физиков и астрономов. При этом ссылаются на В. А. Фока, который действительно говорил, что «...результаты Фридмана... имеют гораздо большее значение, чем то, какое он сам им придавал. Фридман не раз говорил, что его дело – указать возможные решения уравнений Эйнштейна, а там пусть физики делают с этими решениями, что они хотят» [14, с. 356]. Но даже лаконичный текст статьи «О кривизне пространства», не говоря уже о его книге «Мир как пространство и время», свидетельствует о том, что Фридман бесстрашно вникает в физику (и метафизику!) полученных решений и адекватно интерпретирует их. Он вводит понятие «времени, прошедшего от сотворения мира» и даже получает при нулевой космологической постоянной «для периода мира... величину порядка 10 миллиардов лет» [9, с. 445–446]. Об этом имеется ещё и свидетельство Д. Д. Иваненко, которому, как он писал, «посчастливилось слушать ряд докладов Фридмана»: «...Вопреки мнению ряда авторов, считавших, что Фридман смотрел на свои результаты только как математические выводы из общей теории относительности, очевидно, что Фридман уже понимал глубокое значение своего фундаментального результата о необходимости учета эволюции Вселенной со временем» [17, с. 290].

В начале 1920-х гг. в России, охваченной Гражданской войной, ощущалась явная нехватка профессорско-преподавательских кадров, и математик

Фридман брался за преподавание механики и физики, которыми интересовался и ранее. В это же время он встречается с В. К. Фредериксом, приехавшим из Гёттингена, где тот был ассистентом самого Д. Гильберта, внёсшего важный вклад в открытие общековариантных уравнений гравитации и первые варианты единой теории поля. В 1921 г. Фредерикс публикует в недавно созданном журнале «Успехи физических наук» первый обстоятельный обзор по общей теории относительности в духе Гильберта (опираясь на вариационный вывод уравнений гравитации) [18]. Фридман всерьёз увлекается общей теорией относительности и её применением к космологии. В это же время он интенсивно работает над гидродинамикой сжимаемой жидкости, занимаясь решением уравнений с частными производными, в общем-то родственными уравнениям гравитации. И, конечно, он, ученик В. А. Стеклова, является приверженцем математической традиции Чебышёва – Ляпунова – Крылова. И такая фокусировка научно-биографических обстоятельств сделала возможным и даже способствовала открытию Фридманом нестационарной космологии.

Напрашивается ещё один важный фактор, который мог повлиять на это открытие. Основная модель расширяющейся Вселенной Фридмана приводила к выводу о начале Вселенной, или её сотворении (и этот термин фигурирует в первой его статье). Эту же модель через пять лет переоткрывает бельгийский физик Ж. Леметр, принявший в 1923 г. сан аббата. В этой связи автор капитального трактата «Космос» Дж. Норт замечает: «Его (Леметра. – В. В.) наука содержала вполне определённые и важные для него теологические смыслы. Исходная сингулярность представляла собой то, чем невозможно было пренебречь, из чего можно было извлечь реальную пользу, увидеть в этом знак сотворения мира Богом» [11, с. 857]. Фридман же всегда подчёркивал, что все его суждения, касающиеся общей теории относительности и космологии, основаны на строгом математическом подходе и не имеют отношения к философии (и, тем более, к теологии): «Дабы избежать образования у читателя неправильного представления о настоящей статье (так называет он свою книгу «Мир как пространство и время». – В. В.), автор её должен предупредить, что он ни в какой мере не философ и к изложению принципа относительности приступает с чисто математической точки зрения» [19, с. 7; 4, с. 247].

Вместе с тем Д. Д. Иваненко в своих воспоминаниях, не делая никаких выводов, но всё-таки достаточно многозначительно подчёркивал: «Как я указал в докладе на юбилейной конференции 1988 г. в Ленинграде (посвящённой 100-летию со дня рождения Александра Александровича. – В. В.), у Фридмана были религиозные взгляды... Свой второй брак Александр Александрович совершил также церковным венчанием в 1923 г., что, конечно, было необычным в те годы. Трудно сказать, по завещанию ли самого А. А. Фридмана или его религиозно настроенных коллег, но похороны учёного сопровождалась православной траурной церковной службой» [17, с. 291]. При этом можно заметить, что Эйнштейн, не отличавшийся церковной религиозностью, признав правильность вычислений Фридмана до конца 1920-х гг. не соглашался принять теорию расширяющейся Вселенной с сингулярностью, являющейся её начальным состоянием.

В 1930–1950-е гг. в СССР теория Фридмана – Леметра подверглась резкой философско-идеологической критике (об этом несколько позже) как противоречащая диалектико-материалистической доктрине и вообще смыкающаяся с поповщиной. И, хотя папа Пий XII в начале 1950-х гг. действительно пытался интерпретировать космологический вывод о конечном возрасте Вселенной как её божественное творение, сам аббат Леметр на Сольвеевском конгрессе по космологии в 1958 г. буквально следующее сказал о теории расширяющейся Вселенной: «...Такая теория полностью остаётся в стороне от любых метафизических или религиозных вопросов. Она оставляет для материалиста свободу отрицать любое трансцендентное бытие» (цит. по [1, с. 256]). Таким образом, наличие «религиозного фактора» в рассматриваемой истории, скорее всего, не подтверждается.

ТРИУМФ И ТРАГЕДИЯ: В ЧЁМ ЗАКЛЮЧАЕТСЯ ВЕЛИЧИЕ НАУЧНОГО ПОДВИГА ФРИДМАНА И ТРАГИЗМ ЭТОГО СОБЫТИЯ

Многие говорят о великом научном подвиге Фридмана (см. эпитафии). В чём же истинное величие этой сравнительно небольшой статьи и почему её результаты называют подвигом Фридмана? Прежде всего, ему хватило научной смелости, независимости мышления, чтобы не согласиться с Эйнштейном, достигшим к этому времени всемирной славы (общая теория относительности была триумфально подтверждена, в 1922 г. Эйнштейн был удостоен Нобелевской премии, он ездил по всему миру и только в марте 1923 г. вернулся в Берлин). Фридман трижды не проявил научной робости перед столь безусловным научным авторитетом: сначала выступив против статической вечной и вечно неподвижной Вселенной Эйнштейна; затем, после сообщения последнего об ошибке Фридмана, он написал Эйнштейну письмо с указанием на ошибку у него самого и, в конце концов, добился, чтобы Ю. А. Крутков, оказавшийся весной в Берлине, встретился с Эйнштейном и разъяснил ему фридмановское письмо. Крутков сделал это и в письме к сестре от 18 мая писал: «Победил Эйнштейна в споре о Фридмане. Честь Петрограда спасена!» (цит. по [1, с. 197]). Эйнштейн признал правоту, точнее, признал правильность вычислений Фридмана и возможность миров с переменной во времени кривизной пространства, хотя принять нестационарную модель не мог до конца 1920-х гг.

Но надо было иметь и научную смелость другого рода. Во-первых, среди учёных господствовали со времён Ньютона представления о вечной и бесконечной Вселенной. Во-вторых, все полагали, что Вселенная должна быть статична. «Отсутствие видимых изменений у преобладающего числа звёзд и галактик, – замечает Дж. Норт, – казалось, гарантировано сотнями лет наблюдений» [11, с. 845]. Поистине, выступающий против вековых обще-

принятых метафизических, астрономических и физических представлений должен обладать смелостью и прозорливостью Коперника и Галилея.

На чём же базировалась уверенность Фридмана в реальности мира (или миров) с переменной кривизной? Основой этой уверенности были его вера в правильность уравнений гравитации Эйнштейна (как с космологическим членом, так и, возможно, без него) и умение довести исследование их решений до конкретных результатов. Кстати говоря, здесь сказывалась приверженность Фридмана к математической традиции Чебышёва... – Стеклова, которая проявлялась ещё и в том, что в решениях фигурировали сингулярности, начальные или конечные состояния Вселенной с бесконечной плотностью материи. Статичные миры Эйнштейна и де Ситтера были только частными случаями возможных миров с переменной кривизной. Фридман открыл не одну какую-нибудь определённую модель Вселенной, а, как заметил Г. А. Гамов, «целый новый мир зависящих от времени вселенных: расширяющихся, коллапсирующих и пульсирующих» [7, с. 42].

Научное величие открытия Фридмана заключалось в его грандиозности и масштабности, ведь речь шла о Вселенной. А общечеловеческий подвиг Александра Александровича (выражение Я. Б. Зельдовича – см. третий эпиграф) состоял в том, что он сделал своё открытие в крайне тяжёлых условиях Гражданской войны, когда Россия, по словам Г. Уэллса, была во мгле. Из воспоминаний жены и друзей о Фридмане видно, с какими невероятными перегрузками работал он последние пять лет своей жизни [4, с. 395–396, 410–426]. Конечно, признание Эйнштейна, что «результаты г. Фридмана правильные и проливающие новый свет» [5, с. 453], было триумфом, хотя и далеко не полным, потому что Эйнштейн по-прежнему продолжал верить в свой статический мир. И в этом заключался трагизм ситуации, который сам Фридман, впрочем, как бы не чувствовал.

Как мы знаем, решающий поворот в восприятии теории расширяющейся Вселенной научным сообществом произошёл после повторного открытия фридмановской Вселенной Ж. Леметром (1927), не знавшим о работах русского учёного, и особенно после его подтверждения наблюдениями Э. Хаббла, а также открытия ими закона красного смещения (1929). Именно Леметр и Хаббл стали как бы классиками теории расширяющейся Вселенной. Космологи в дальнейшем танцевали от Леметра и Хаббла, хотя тогда же (в 1927 г.) Эйнштейн сообщил Леметру о работах Фридмана [11]. Полное признание сначала в СССР, а затем и во всём мире нестационарная модель Фридмана получила только в конце 1950-х – начале 1960-х гг. [4; 5]. Главными вехами здесь были сессия Отделения физико-математических наук АН СССР, посвящённая 75-летию со дня рождения А. А. Фридмана, и июльский выпуск журнала «Успехи физических наук» (УФН), большая часть которого была посвящена этому юбилею [5]. Выступивший на этой сессии П. Л. Капица закончил своё выступление словами: «Имя Фридмана до сих пор было в незаслуженном забвении. Это несправедливо и это необходимо исправить. Мы должны увековечить это имя... Надо опубликовать собрание всех его трудов и издать его биографию» [4, с. 398]. Первым шагом к этому увековечению и была подборка «Памяти А. А. Фридмана» в июльском выпуске журнала «УФН» (1963). А через три года в серии «Классики науки» были изданы

«Избранные труды» Фридмана, дополненные «Письмами А. А. Фридмана» и материалами о его жизни и творчестве (1966) [4]. Ответственным редактором этой книги был Л. С. Полак, который раньше других начал заниматься А. А. Фридманом: в 1959 г. в «Трудах ИИЕТ АН СССР» он опубликовал письма Фридмана, некоторые воспоминания о нём и большую статью [16]. Другое пожелание П. Л. Капицы – об издании биографии Александра Александровича – удалось исполнить лишь к 100-летию со дня его рождения: в 1988 г. вышла многократно цитированная нами замечательная книга трёх авторов [1]. В заключении авторы отметили особую роль Я. Б. Зельдовича в увековечении памяти нашего героя: «Его (Я. Б. Зельдовича. – В. В.) образцовые по глубине и ясности книги и статьи сделали Фридмана достоянием широкой научной общественности в нашей стране и за рубежом» [1, с. 291]. Определённое родство Фридмана и Зельдовича состояло и в том, что в космологию Зельдович, как и Фридман, пришёл из гидродинамики, и в том, что он создал новое направление в космологии, соединяющее её с физикой элементарных частиц [Там же]. Через 40–50 лет трагизм, связанный с незаслуженным забвением истинного создателя теории расширяющейся Вселенной, был преодолен уже полным триумфом, триумфальным признанием его заслуг.

ОТКРЫТИЕ ФРИДМАНА С ТОЧКИ ЗРЕНИЯ ЭПИСТЕМОЛОГИИ ДОБРОДЕТЕЛЕЙ

В последнее время внимание философов и историков науки привлекает концепция, известная как эпистемология добродетелей [20–22]. Эпистемические добродетели – это такие характеристики познающего субъекта, которые обеспечивают успешную познавательную деятельность и делают этого субъекта более совершенным в интеллектуальном плане. Сами учёные успешной считают деятельность, которая позволяет достигать истины или приближает их к истине. Но история науки свидетельствует о том, что пути к истине сложны и связаны с ошибками, которые являются часто следствием эпистемических пороков. С точки зрения этой концепции эпистемические пороки Эйнштейна помешали ему открыть нестационарную космологию. А эпистемические добродетели Фридмана помогли ему даже в тяжелейших условиях революции и гражданской войны сделать своё замечательное открытие, «заставить Вселенную расширяться» [23].

Какие же эпистемические пороки привели к тому, что Эйнштейн, заложив основы релятивистской космологии, тем не менее упустил возможность открыть расширяющуюся Вселенную? Прежде всего, это – чрезмерная вера в силу собственной физической интуиции, которая подсказывала возможность простой и совершенной модели Вселенной, обоснованной и метафизически, и как будто путём астрономических наблюдений. Как заметил М. Тегмарк, «по иронии судьбы, Эйнштейн..., чей принцип состоял в том, чтобы подвергать сомнению самые несомненные авторитеты, не решился усомниться в собственном авторитете и собственной уверенности в том, что мы живём

в вечной, неизменной Вселенной» [2, с. 67]. Такая физическая и метафизическая настроенность на вечную и неподвижную, а также замкнутую и статическую модель Вселенной привела Эйнштейна и к небрежности в вычислениях, сказавшейся в том, что он якобы нашёл ошибку в вычислениях Фридмана. Фридману и Ю. А. Круткову, которому удалось по поручению Фридмана встретиться с Эйнштейном, как мы знаем, стоило немалых усилий убедить Эйнштейна в правоте Фридмана и заставить его признать, что ошибку совершил он сам. Фактически об эпистемических добродетелях Фридмана говорится и в эпиграфах, и в предыдущих разделах. И главной такой добродетелью является смелость, прежде всего научная смелость, бестрепетность перед авторитетами, поразительная настойчивость в доказательстве своей правоты. По выражению Г. Е. Горелика, открытие Фридмана – это награда за смелость [24, с. 196–198].

Другая важная эпистемическая добродетель Фридмана, которая была свойственна и позднему Эйнштейну, – это вера в мощь фундаментальных уравнений физики (в данном случае – общековариантных уравнений гравитации) и связанную с ними математику. Если математически корректные решения этих уравнений приводят к решениям, физически неожиданным или даже сомнительным, метафизически нежелательным или вступающим в противоречие с наблюдательными и экспериментальными данными, надо не спешить отвергать эти решения: они могут оказаться правильными. Эта фридмановская добродетель, конечно, была связана с его принадлежностью к математической традиции Чебышёва – Ляпунова – Стеклова и с его верой в вигнеровскую «непостижимую эффективность математики в естественных науках». Ещё одной эпистемической добродетелью обладали и Эйнштейн, и Фридман. О ней говорил сам Фридман в самом начале своего научно-популярного шедевра «Мир как пространство и время» – это стремление «на основании... ничтожных научных данных воссоздать картину мира» [19, с. 3].

ОТКРЫТИЕ ФРИДМАНА С ТОЧКИ ЗРЕНИЯ «ОШИБОЧНОСТНОЙ» КОНЦЕПЦИИ РАЗВИТИЯ НАУЧНОГО ЗНАНИЯ

Конечно, процесс познания сложен, эпистемические добродетели в одной проблемно-познавательной ситуации могут превратиться в пороки в другой ситуации. После принятия Эйнштейном теории расширяющейся Вселенной он сам считал введение им в уравнения гравитации космологического члена, приводящего к статическому миру, чуть ли не самой большой своей ошибкой. Но после открытия ускоренного расширения Вселенной на рубеже 1990-х и 2000-х гг. (за это открытие американские учёные С. Перлмуттер и А. Рис, а также американо-австралийский учёный Б. Шмидт в 2011 г. были удостоены Нобелевской премии по физике), которое удалось объяснить как раз на основе космологического члена, интерпретируемого как антигравитация,

«ошибка Эйнштейна» стала рассматриваться как своего рода научное пророчество. И здесь уместно обратиться к ошибочной концепции развития научного знания С. И. Вавилова, согласно которой «на ошибках вырастает наука» [25]. И это нетривиально подтверждается замысловатой историей с отношением Эйнштейна и последующих космологов к космологической постоянной. Сначала Эйнштейн ввёл её, чтобы получить решение уравнений гравитации, соответствующее стационарной модели мира. Затем Фридман открыл существование нестационарных решений без введения космологического члена. К началу 1930-х гг. подтвердилась и стала признанной (в том числе, и Эйнштейном) модель расширяющейся Вселенной без космологической константы (после чего, Эйнштейн считал её введение своей самой большой ошибкой [7, с. 42]). Но после открытия в конце XX в. ускоренного расширения Вселенной общепринятым объяснением этого явления стал именно космологический член в уравнениях Эйнштейна, интерпретируемый как антигравитация, за которой закрепилось название «тёмная энергия». В некотором смысле можно было бы сказать (и так иногда говорят), что прав всё-таки оказался Эйнштейн (введение космологического члена было не ошибкой, а некоторым предвидением, прозрением); Фридман же со своей расширяющейся Вселенной без космологической константы в конечном счёте ошибся. На эту двойную ошибку Эйнштейна обращали внимание многие (см., например, [2; 26–28]). Вот как об этом написал Ф. Дайсон: «Позже он (т. е. Эйнштейн. – В. В.) добавил в теорию (именно, в ОТО. – В. В.) дополнительный компонент, тёмную энергию, но затем... убрал её из теории, сомневаясь в её существовании. Через много лет после смерти Эйнштейна существование тёмной энергии было доказано эмпирическим путём, поэтому Эйнштейн ошибся, когда отказался от данной идеи» [28, с. 353] Здесь, правда, следует подчеркнуть, что Эйнштейн говорил не о тёмной энергии и не об антигравитации, – он ввёл этот компонент из теоретико-инвариантных соображений, чтобы получить статическое решение. После эмпирического подтверждения Э. Хабблом модели расширяющейся Вселенной Фридмана – Леметра Эйнштейн отказался от статической модели и вместе с ней – от космологической постоянной. Но здесь следует заметить, что Фридман как раз не считал введение космологического члена ошибкой. Он получил целую серию нестационарных миров с ненулевой космологической постоянной, хотя и при обращении её в нуль также имелись нестационарные решения. В частности, при её отрицательном значении получались «периодические миры», имеющие как начало, так и конец. Так что история с двойной ошибкой в отношении космологической постоянной касается именно Эйнштейна, а не Фридмана. Г. А. Гамов вспоминал в 1970 г.: «Много позже (1930-х гг. – В. В.), когда я обсуждал космологические проблемы с Эйнштейном, он заметил, что введение космологического члена было самым большим промахом, который он когда-либо сделал в своей жизни. Но это промах, отвергнутый Эйнштейном, всё ещё иногда используется космологами даже сегодня, и космологическая постоянная, обозначаемая греческой буквой лямбда, поднимает свою гадкую голову всё снова и снова» [7, с. 42]. Но почти общепринятой стала идея объяснения ускоренного расширения Вселенной, открытого в 1998–1999 гг., путём возвращения космологической константы и её интерпретации как ан-

тигравитационной «тёмной энергии» [11]. Таким образом, в данном случае можно сказать, что релятивистская космология выросла на ошибках, но не Фридмана, а Эйнштейна.

ФИЛОСОФСКОЕ ВОСПРИЯТИЕ ТЕОРИИ РАСШИРЯЮЩЕЙСЯ ВСЕЛЕННОЙ ФРИДМАНА В СССР

Мы уже затрагивали проблему восприятия фридмановской нестационарной космологии (см. второй эпиграф и раздел «Триумф и трагедия...», где говорилось о трагедии «невосприимчивости» открытия Фридмана вплоть до конца 1920-х гг.). Эта «невосприимчивость» была связана с тем, что Фридман явно опередил своё время: и метафизические, и физические, точнее наблюдательные, представления о Вселенной в начале 1920-х гг. в большей степени соответствовали статической модели мира. Кроме того, было существенно и крайне скептическое отношение Эйнштейна к нестационарной космологии, несмотря на его признание возможности существования нестационарных решений гравитационных уравнений, обнаруженной Фридманом.

В СССР о космологических работах Фридмана знали многие теоретики, как и о его победе в споре с Эйнштейном: конечно, это, в первую очередь, Ю. А. Крутков, В. К. Фредерикс и В. А. Фок, а также четвёрка юных гениев – Г. А. Гамов, Д. Д. Иваненко, которые слушали лекции Фридмана в ЛГУ, и, по-видимому, близко связанные с последними Л. Д. Ландау и М. П. Бронштейн, опубликовавший в 1931 г. в журнале «УФН» большой обзор по релятивистской космологии [29]. Их мог вдохновить пример Фридмана, победившего самого Эйнштейна, и они могли внести вклад в развитие нестационарной космологии. Но вскоре (в 1925 г.) Фридман умер, а в это же время (в 1925–1926 гг.) возникает квантовая механика, и интересы физиков смещаются в сторону физики микромира. Только после работ Леметра и особенно Хаббла (1927–1929), а также признания Эйнштейном правильности нестационарной космологии возрождается интерес к ней, о чём свидетельствует появление упомянутого обзора Бронштейна в журнале «УФН». Правда, несколько ранее, в 1928–1929 гг. В. К. Фредерикс вместе со студенткой Фридмана А. Б. Шехтер выполнили работу «Вычисление астрономической аберрации и параллакса в мирах Эйнштейна, де Ситтера и Фридмана» [1, с. 252], а пулковский астроном А. А. Белопольский опубликовал работу об интерпретации космологического красного смещения на основе эффекта Доплера [1, с. 252].

Принятие теории расширяющейся Вселенной в СССР осложнилось по философско-идеологическим причинам, поскольку в ней шла речь о конечности Вселенной в пространстве и времени, что вступало в противоречие с диалектическим материализмом, который был признан государственной идеологией. Согласно диамату, речь могла идти только о бесконечности и вечности Вселенной. Конечность во времени позволяла говорить о сотворении мира (выражение, которое использовал и сам Фридман). Первую волну

такого рода критики космологии предприняли в 1934–1936 гг. сами астрономы: К. Ф. Огородников, В. Т. Тер-Оганезов, М. С. Эйгенсон и др. Правда, основной огонь был направлен на Ж. Леметра, Фридман при этом не упоминался. В 1934 г. в статье «О расширяющейся Вселенной», опубликованной в журнале «Мироведение», Огородников подверг критике теорию Леметра о расширении Вселенной из первоатома: «После того, как предположили существование этого атома, оставалось лишь окрестить этот атом, дать ему несколько чудодейственных свойств, – и у нас готовое построение для самой церковной, религиозной теории» (цит. по [30, с. 275–278]). М. С. Эйгенсон в 1936 г. говорил о необходимости очистить «космологические авгиевы конюшни» и провести работу «по ликвидации реакционной буржуазной теории конечной Вселенной» [Там же]. В 1937–1938 гг. к борцам за философско-идеологическую чистоту космологии подключаются ещё более оголтелые критики – философы и публицисты, выступавшие на страницах журнала «Под знаменем марксизма» В. Е. Львов, Э. Кольман, В. Шафиркин и др. Теория расширяющейся Вселенной называлась «грубейшей теологической фальшивкой конечного и раздувающегося (под действием божественной силы) мирового пузыря», ведущей к «поповско-фашистской реакции». Назывались и конкретные имена учёных, которые пропагандировали эту теорию «с вражескими целями: М. Бронштейн, ... Б. Герасимович, Л. Ландау и др.» [Там же]. Последние трое были в это время репрессированы (Бронштейн и Герасимович расстреляны, Ландау год провёл в тюрьме).

Второй всплеск критики фридмановской космологии относится к 1948–1949 гг. и был связан с лысенковским синдромом (действующие лица в основном те же, наиболее агрессивен всё тот же Львов, назвавший релятивистскую космологию «раковой опухолью, разъедающей современную астрономию»). Резолюция, принятая на конференции Ленинградского отделения ВАГО в декабре 1948 г., гласила: «В современной зарубежной космологии господствует реакционно-идеалистическая “теория” конечной расширяющейся Вселенной. Эта антинаучная “теория”, к сожалению, проникла и на страницы нашей печати, что следует считать проявлением раболепия перед реакционной наукой буржуазного Запада. Необходимо разоблачать этот астрономический идеализм, прямо помогающий поповщине» [Там же]. Всё-таки и в это тяжёлое время находились учёные, которые пытались отстаивать теорию расширяющейся Вселенной. Так при подготовке «несостоявшегося совещания по физике» 1949 г. С. И. Вавилов и Д. Д. Иваненко выступили в защиту теории Фридмана как выдающегося достижения отечественной физики. На сессии Отделения физико-математических наук АН СССР (ноябрь–декабрь 1955), посвящённой 50-летию теории относительности, состоялась философская реабилитация Эйнштейна и теории относительности, но реабилитация теории расширяющейся Вселенной вызывала у партийных идеологов большие сомнения. Доклад Е. М. Лифшица по релятивистской космологии, поддержанный Я. Б. Зельдовичем, В. Л. Гинзбургом и др., был назван «пропагандой идеалистической теории расширяющейся Вселенной, которая была построена аббатом Лемэтром по прямому заказу римского папы» (цит. по [30, с. 291]).

Заметное смягчение критического отношения к теории расширяющейся Вселенной произошло на Первом Всесоюзном совещании по философским вопросам естествознания в октябре 1958 г. (в докладе А. Д. Александрова и выступлениях В. А. Амбарцумяна, А. Л. Зельманова, Д. Д. Иваненко и др.). Но полное признание Фридмана и оценка его работы по нестационарной космологии как великого научного подвига произошли в 1963 г., когда в связи с 75-летием со дня рождения Фридмана вышел специальный выпуск журнала «УФН», посвящённый ему и его нестационарной космологии [5]. Это признание было закреплено изданием в 1966 г. трудов Фридмана и воспоминаний и материалов о нём в серии «Классики науки» под ред. Л. С. Полака [4]. Заслуживает особого внимания то обстоятельство, что как раз в 1963–1965 гг., когда нестационарная космология Фридмана – Леметра (в её гамовском «горячем варианте») стала общепризнанной, она одновременно получила блистательное экспериментально-наблюдательное подтверждение в виде открытия А. Пензиасом и Р. Вильсоном микроволнового фонового излучения (названного И. С. Шкловским реликтовым излучением) (1965). «Самое важное, что сопутствовало окончательному открытию в 1965 г. трёхградусного фона излучения, – заметил С. Вайнберг, – заключалось в том, что это открытие заставило всех нас всерьёз отнестись к мысли, что ранняя Вселенная была» [31, с. 124]. Добавим, что особым знаком признания заслуг Фридмана перед отечественной наукой было учреждение в 1993 г. премии им. А. А. Фридмана за достижения в области космологии, среди лауреатов которой такие лидеры науки о Вселенной, как Я. Б. Зельдович, И. Д. Новиков, А. А. Старобинский, В. А. Рубаков и др.

ТЕОРИЯ ФРИДМАНА: НА СТЫКЕ ТОЧНОГО ЕСТЕСТВОЗНАНИЯ И ГУМАНИТАРНО-ХУДОЖЕСТВЕННОЙ КУЛЬТУРЫ

Очень кратко остановимся на проблеме своеобразного резонанса между «релятивистско-динамической» космологией Фридмана и гуманитарно-художественной культурой в Советской России 1920-х гг. Этот резонанс, или параллелизм, правда, относится не только к теории Фридмана, но и к теории относительности вообще (см. об этом [32]). У П. А. Флоренского, например, в 1921–1925 гг. разрабатывается представление о «культуре как пространственности» [32, с. 161], а у Фридмана рассматривается «мир как пространств и время». Выдающийся лингвист и культуролог Р. Якобсон подчёркивал общие черты ситуации в науке и культуре 1910–1920-х гг.: «Изживание статики, изгнание абсолюта – главный пафос нового времени, злоба текущего дня. Негативная философия и танки, научный эксперимент и совдепы, принцип относительности и футуристский “долгой” рушат огороды старой культуры. Единство фронтов изумляет» (цит. по [32, с. 168]). Удивительны параллели между теорией Фридмана и некоторыми

фрагментами из поэмы М. А. Волошина «Путями Каина». Например, в стихотворении «Космос», входящем в эту поэму и написанном в Коктебеле 12 июня 1923 г., примерно тогда же, когда Эйнштейн в беседе с Крутковым признал правоту теории Фридмана, так описывалась далеко не стационарная Вселенная:

«Вселенная – не строй, не организм,
А водопад сгорающих миров,
Где солнечная заверть – только случай
Посреди необратимых струй...
Число миров исчерпано давно.
Все 35 миллионов солнц
Возникли в единый миг и сгинут все зараз»
(Цит. по [33, с. 116–117])

Последние две строки очень напоминают периодический мир нестационарной фридмановской космологии, который так описывается в книге Фридмана «Мир как пространство и время», вышедшей в 1923 г.: «...Возможны далее случаи, когда радиус кривизны (Вселенной. – В. В.) меняется периодически: Вселенная сжимается в точку (в ничто), затем снова из точки доводит радиус свой до некоторого значения, далее опять, уменьшая радиус своей кривизны, обращается в точку и т. д. Невольно вспоминается сказание индусской мифологии о периодах жизни, является также возможность говорить о «сотворении мира из ничего» [19, с. 121–122; 4, с. 317].

В этой связи стоит упомянуть о работе А. Б. Кожевникова «Культурная среда Большого взрыва» [34]. В ней рассмотрен феномен перехода от смерти – гибели к возрождению – воскрешению, характерный для гуманитарно-художественной культуры России начала 1920-х гг. Автор связывает этот феномен с травматическим шоком целого поколения людей, переживших войны и революции второго десятилетия XX в. и затем охваченных надеждами на революционное возрождение и обновление. Фридмановская модель периодического мира как бы резонирует с этим феноменом культурной среды. Правда, периодический мир – это лишь один вариант нестационарных моделей, и никаких оснований для предпочтения именно его у Фридмана нет и соответствующих аргументов в его пользу он не приводит.

ЗАКЛЮЧИТЕЛЬНЫЕ ЗАМЕЧАНИЯ

Что нам даёт демонстрация возможности применения различных историографических подходов к анализу открытия Фридмана? Каждый из этих подходов позволяет лучше понять различные стороны этого открытия, а также его масштаб и величие подвига русского учёного. Важными оказываются и принадлежность создателя нестационарной космологии к математической традиции Чебышёва – Ляпунова – Крылова – Стеклова, и определённая фоку-

сировка научно-биографических обстоятельств. Хотя религиозные мотивы, как напрашивающийся фактор открытия, и в отношении Фридмана, и в отношении Леметра, скорее всего, оказываются ложным следом. Эпистемология добродетелей как будто позволяет охарактеризовать влияние на это открытие эпистемических качеств учёных. Применение «ошибочностной» концепции в основном касается Эйнштейна и проблемы космологической постоянной. При этом точка зрения, что Фридман доказал ошибочность введения космологической константы, ошибочна. Он рассмотрел динамические решения как при наличии этой постоянной, так и при её отсутствии. В истории развития фундаментальных теорий, в том числе и теории расширяющейся Вселенной, очень важно понять, как происходит восприятие этих теорий научным сообществом. На это восприятие, как известно, особенно в истории науки в СССР, весьма негативно влияли философско-идеологические предубеждения и вмешательство в науку государственной идеологии. Это в полной мере проявилось и в восприятии релятивистской космологии в СССР. Заслуживает внимания также феномен научно-культурного параллелизма в отношении теории Фридмана, особенно в Советской России в 1920-е гг. Вместе с тем открытие Фридманом расширяющейся Вселенной и процесс его восприятия оказываются своего рода пробным камнем для уяснения и проверки эффективности некоторых историографических и эпистемологических концепций (научно-традиционный и научно-биографический подходы, эпистемология добродетелей, «ошибочностная» концепция и др.).

ЛИТЕРАТУРА

1. Тропп Э. А. Александр Александрович Фридман. Жизнь и деятельность / Э. А. Тропп, В. Я. Френкель, А. Д. Чернин. М. : Наука, 1988. 304 с.
2. Тегмарк М. Наша математическая Вселенная. В поисках фундаментальной природы реальности / Пер. с англ. А. Сергеева. М. : АСТ : CORPUS, 2017. 592 с.
3. Зельдович Я. Б. Теория расширяющейся Вселенной, созданная А. А. Фридманом // Успехи физических наук. 1963. Т. 80, вып. 3. С. 357–390.
4. Фридман А. А. Избранные труды / Под ред. Л. С. Полака. М. : Наука, 1966. 462 с.
5. Памяти А. А. Фридмана (к 75-летию со дня рождения) // Успехи физических наук. 1963. Т. 80, вып. 3. С. 345–453.
6. Соловьёв В. О. Как Фридман Эйнштейна подковал // Наукоград. 2015. № 4. С. 29–35.
7. Гамов Дж. Моя мировая линия: Неформальная автобиография / Пер. с англ. Ю. И. Лисневского. М. : Наука, 1994. 304 с.
8. Леонтьев В. В. Экономические эссе: Теории, исследования, факты и политика / Пер. с англ. М. : Политиздат, 1990. 414 с.
9. Фридман А. А. О кривизне пространства // Успехи физических наук. 1963. Т. 80, вып. 3. С. 439–446.
10. Гриб А. А. Основные представления современной космологии. М. : ФИЗМАТЛИТ, 2008. 108 с.
11. Норт Дж. Космос. Иллюстрированная история астрономии и космологии / Пер. с англ. К. В. Иванова. М. : Новое литературное обозрение, 2020. 1104 с.

12. *Ellis G. F. R.* The expanding Universe: A history of cosmology from 1917 to 1960 // *Einstein and the history of general relativity*. Ed. by D. Howard, J. Stachel. Boston ; Basel ; Berlin : Birkhaeuser, 1989. P. 367–431.
13. *Беленький А.* «Воды, в которые я вступаю, не пересекал ещё никто». Александр Фридман и истоки современной космологии // *Наука из первых рук*. 2012. № 5 (47). С. 7–25.
14. *Фок В. А.* Работы А. А. Фридмана по теории тяготения Эйнштейна // *Успехи физических наук*. 1963. Т. 80, вып. 3. С. 353–356.
15. *Визгин В. П.* Роль математики в восприятии фундаментальных физических теорий (на материале теории относительности и квантовой механики в России и СССР) // *Историко-математические исследования*. 1989. Вып. 31. С. 75–88.
16. *Полак Л. С.* Жизнь и научное творчество А. А. Фридмана // *Фридман А. А. Избранные труды* / Под ред. Л. С. Полака. М. : Наука, 1966. С. 427–447.
17. *Иваненко Д. Д.* Эпоха Джорджа Гамова глазами современника // *Гамов Дж. Моя мировая линия: Неформальная автобиография* / Пер. с англ. Ю. И. Лисневского. М. : Наука, 1994. С. 231–292.
18. *Фредерикс В. К.* Общий принцип относительности Эйнштейна // *Успехи физических наук*. 1921. Т. 2, вып. 2. С. 162–188.
19. *Фридман А. А.* Мир как пространство и время. Петербург : Academia, 1923. 131 с.
20. *Касавин И. Т.* Эпистемология добродетелей: к 40-летию поворота в аналитической философии // *Эпистемология и философия науки*. 2019. Т. 56, № 3. С. 6–19. DOI: 10.5840/eps201956341.
21. *Каримов А. Р.* Эпистемология добродетелей. СПб. : Алетейя, 2019. 590 с.
22. *Эпистемология и философия науки*. 2021. Т. 58, № 4. 227 с.
23. *Визгин В. П.* Эпистемические добродетели и пороки Эйнштейна // *Эпистемология и философия науки*. 2021. Т. 58, № 4. С. 175–195. DOI: 10.5840/eps202158468.
24. *Горелик Г. Е.* Кто изобрёл современную физику? От маятника Галилея до квантовой гравитации. М. : АСТ: CORPUS, 2013. 334 с.
25. *Визгин В. П.* С.И. Вавилов: «...на ошибках вырастает наука» // *Исследования по истории физики и механики*. 2016–2018. М. : Янус-К, 2019. С. 287–318
26. *Weinberg S.* Einstein's mistakes // *Physics Today*. 2005. Vol. 58, no. 10. P. 31–35.
27. *Ливиньо М.* От Дарвина до Эйнштейна: Величайшие ошибки гениальных учёных, которые изменили наше понимание жизни и Вселенной. М. : АСТ, 2015. 628 с.
28. *Дайсон Ф.* Мечты о Земле и небе / Пер. с англ. СПб. : Питер, 2017. 368 с.
29. *Бронштейн М. П.* Современное состояние релятивистской космологии // *Успехи физических наук*. 1931. Т. 11, вып. 1. С. 124–184.
30. *Визгин В. П.* Вихри и турбулентности в восприятии и развитии теории относительности в СССР / В. П. Визгин, К. А. Томилин // *Вихревая динамика развития науки и техники. СССР/Россия. Вторая половина XX века. Т. III* / Ред. Ю. М. Батулин. М. : ИИЕТ РАН ; Саратов : Амирит, 2019. С. 270–334.
31. *Вайнберг С.* Первые три минуты: современный взгляд на происхождение Вселенной / Пер. с англ. А. В. Беркова. М. : Энергоиздат, 1981. 208 с.
32. *Визгин В. П.* Теория относительности за пределами точного естествознания: Россия, 1920-е годы // *Исследования по истории физики и механики*. 2012–2013. М. : Физматлит, 2014. С. 155–191.
33. *Визгин В. П.* Историко-научный комментарий к поэме М. А. Волошина «Путями Каина. Трагедия материальной культуры» // *Метафизика*. 2017. № 2 (24). С. 114–137.

34. *Кожевников А. Б.* Культурная среда теории Большого взрыва // Стимул. Наука и технология : [сайт]. 11.09.2019. URL: stimul.online/articles/science-and-technology/kulturnaya-sreda-teorii-bolshogo-vzryva/ (дата обращения: 26.04.2022).

Статья поступила в редакцию 01.04.2022.

Одобрена после рецензирования 18.04.2022. Принята к публикации 02.06.2022.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРЕ

Визгин Владимир Павлович vlvizgin@gmail.com

Доктор физико-математических наук, главный научный сотрудник, Институт истории естествознания и техники им. С. И. Вавилова РАН, Москва, Россия

AuthorID РИНЦ: 73232

Web of Science ResearcherID: G-4223-2016

DOI: 10.19181/smtp.2022.4.2.19

THE EXPANDING UNIVERSE: AT THE CROSSROADS OF HISTORICAL AND SCIENTIFIC CONCEPTS (TO THE 100TH ANNIVERSARY OF THE DISCOVERY OF A. A. FRIDMAN)

Vladimir P. Vizgin¹

¹S. I. Vavilov Institute for the History of Science and Technology of the RAS, Moscow, Russia

Abstract. The article is devoted to the centenary of a discovery by A. A. Fridman of the expanding Universe theory, which was rightly assessed by the scientific community as a scientific and universal feat. This discovery and its perception by the scientific community are considered in the article on the basis of various historiographic concepts: traditional scientific and scientific-biographical approaches, the epistemology of virtues, mistakability concept of the development of scientific knowledge, etc. These considerations all made it possible to better understand the triumph and tragedy of the great discovery.

Keywords: Expanding Universe theory, relativistic cosmology, A. Einstein, A. A. Fridman, cosmological constant, stationary and non-stationary solutions of the equations of gravity, Chebyshev-Lyapunov-Steklov tradition, epistemology of virtues, mistakability concept of the development of scientific knowledge, philosophical perception of the theory, scientific and cultural parallelism

For citation: Vizgin, V. P. (2022). The Expanding Universe: at the Crossroads of Historical and Scientific Concepts (to the 100th Anniversary of the Discovery of A. A. Fridman). *Science Management: Theory and Practice*. Vol. 4, no. 2. P. 233–256.

DOI: 10.19181/sntp.2022.4.2.19

REFERENCES

1. Tropp, E. A., Frenkel', V. Ya. and Chernin, A. D. (1988). *Aleksandr Aleksandrovich Fridman. Zhizn' i deyatel'nost'* [Alexander Alexandrovich Friedman. Life and work]. Moscow: Nauka publ. 304 p. (In Russ.).
2. Tegmark, M. (2017). *Our mathematical Universe* [Russ. ed.: Nasha matematicheskaya Vselennaya. V poiskakh fundamental'noi prirody real'nosti]. Moscow: AST: CORPUS publ. 592 p. (In Russ.).
3. Zel'dovich, Ya. B. (1963). Teoriya rasshiryayushcheysya Vselennoi, sozdannaya A.A. Fridmanom [The theory of the expanding Universe, created by A.A. Friedman]. *Uspekhi Fizicheskikh Nauk*. Vol. 80, issue 3. P. 357–390. (In Russ.).
4. Fridman, A. A. (1966). *Izbrannye Trudy* [Selected works]. Ed. by L. S. Polak. Moscow: Nauka publ. 463 p. (In Russ.).
5. Pamyati A. A. Fridmana (k 75-letiyu so dnya rozhdeniya) [In memory of A. A. Friedman (to the 75th anniversary of his birth)]. *Uspekhi Fizicheskikh Nauk*. Vol. 80, issue 3. P. 357–390. (In Russ.).
6. Soloviev, V. O. (2015). Kak Fridman Einšteina podkoval [How Friedmann had shod Einstein]. *Naukograd*. No. 4. P. 29–35. (In Russ.).
7. Gamov, G. (1994). *My World Line. An Informal Autobiography* [Russ. ed.: Moya mirovaya liniya: Neformal'naya avtobiografiya]. Transl. from Eng. Ju. I. Lisnevskii. Moscow: Nauka publ. 304 p. (In Russ.).
8. Leont'ev, V. V. (1990). *Ekonomicheskie esse: Teorii, issledovaniya, fakty i politika* [Economic Essays: Theories, Research, Facts and Politics]. Transl. from Eng. Moscow: Politizdat publ. 414 p.
9. Fridman, A. A. (1963). O krivizne prostranstva [About the curvature of space]. *Uspekhi Fizicheskikh Nauk*. Vol. 80, issue 3. P. 439–446. (In Russ.).
10. Grib, A. A. (2008). *Osnovnye predstavleniya sovremennoi kosmologii* [Basic concepts of modern cosmology]. Moscow: Fizmatlit publ. 108 p. (In Russ.).
11. North, J. (2020). *Cosmos: an Illustrated History of Astronomy and Cosmology* [Russ. ed.: Kosmos. Illyustrirovannaya istoriya astronomii i kosmologii]. Transl. from Eng. K. V. Ivanov. Moscow: Novoe literaturnoe obozrenie. 1104 p. (In Russ.).
12. Ellis, G. F. R. (1989). The expanding Universe: A history of cosmology from 1917 to 1960. In: *Einstein and the history of general relativity*. Ed. by D. Howard, J. Stachel. Boston, Basel, Berlin: Birkhaeuser. P. 367–431.
13. Belen'kii, A. (2012). «Vody, v kotorye ya vstupayu, ne peresekal eshche nikto». Aleksandr Fridman i istoki sovremennoi kosmologii ["No one has crossed the waters I am entering yet." Alexander Friedman and the origins of modern cosmology]. *Science First Hand*. No. 5 (47). P. 6–25. (In Russ.).
14. Fok, V. A. (1963). Raboty A.A. Fridmana po teorii tyagoteniya Einšteina [A.A. Friedman's works on Einstein's theory of gravitation]. *Uspekhi Fizicheskikh Nauk*. Vol. 80, issue 3. P. 353–356. (In Russ.).
15. Vizgin, V. P. (1989). Rol' matematiki v vospriyatii fundamental'nykh fizicheskikh teorii (na materiale teorii otnositel'nosti i kvantovoi mekhaniki v Rossii i SSSR) [The role of mathematics in the perception of fundamental physical theories (based on the theory of

relativity and quantum mechanics in Russia and the USSR)]. *Istoriko-matematicheskie issledovaniya*. Issue 31. P. 75–88. (In Russ.).

16. Polak, L. S. (1966). Zhizn' i nauchnoe tvorchestvo A. A. Fridmana [The life and scientific work of A. A. Friedman]. In: Fridman, A. A. *Izbrannye Trudy* [Selected works]. Moscow: Nauka publ. P. 427–447. (In Russ.).

17. Ivanenko, D. D. (1994). Epokha Dzhordzha Gamova glazami sovremennika [The Era of George Gamow through the eyes of a contemporary]. In: Gamov, G. (1994). *My World Line. An Informal Autobiography* [Russ. ed.: Moya mirovaya liniya: Neformal'naya avtobiografiya]. Transl. from Eng. Ju. I. Lisnevskii. Moscow: Nauka publ. P. 231–292. (In Russ.).

18. Frederiks, V. K. (1921). Obshchii printsip otnositel'nosti Einšteina [Einstein's general principle of relativity]. *Uspekhi Fizicheskikh Nauk*. Vol. 2, issue 2. P. 162–188. (In Russ.).

19. Fridman, A. A. (1923). Mir kak prostranstvo i vremya [The world as space and time]. Peterburg: Academia. 131 p. (In Russ.).

20. Kasavin, I. T. (2019). Virtue epistemology: on the 40th anniversary of the turn in analytical philosophy. *Epistemology & Philosophy of Science*. Vol. 56, no. 3. P. 6–19. DOI: 10.5840/eps201956341 (In Russ.).

21. Karimov, A. R. (2019). *Epistemologiya dobrodeteli* [Epistemology of virtues]. St-Petersburg: Aleteia publ. 590 p. (In Russ.).

22. *Epistemology & Philosophy of Science* (2021). Vol. 58, no. 4. 227 p. (In Russ.).

23. Vizgin, V. P. (2021). Albert Einstein's epistemic virtues and vices. *Epistemology & Philosophy of Science*. Vol. 58, no. 4. P. 175–195. DOI: 10.5840/eps202158468 (In Russ.).

24. Gorelik, G. E. (2013). *Kto izobrel sovremennuyu fiziku? Ot mayatnika Galileya do kvantovoi gravitatsii* [Who invented modern physics? From Galileo's pendulum to quantum gravity]. Moscow: AST: CORPUS publ. 334 p. (In Russ.).

25. Vizgin, V. P. (2019). S. I. Vavilov: «...na oshibkakh vyrastaet nauka» [S.I. Vavilov: "... science grows on mistakes"]. *Issledovaniya po istorii fiziki i mekhaniki. 2016–2018* [Research on the history of physics and mechanics. 2016–2018]. Moscow: Janus. P. 287–318. (In Russ.).

26. Weinberg, S. (2005). Einstein's mistakes. *Physics Today*. Vol. 58, no. 10. P. 31–35.

27. Livio, M. (2015). *Ot Darvina do Einšteina: Velichaishie oshibki genial'nykh uchenykh, kotorye izmenili nashe ponimanie zhizni i Vselennoi* [From Darwin to Einstein: The greatest mistakes of brilliant scientists who changed our understanding of life and the universe]. Moscow: AST publ. 628 p. (In Russ.).

28. Dyson, F. (2017). *Dreams of Earth and sky* [Russ. ed.: Mechty o Zemle i nebe]. St-Petersburg. 368 p. (In Russ.).

29. Bronshtein, M. P. (1931). Sovremennoe sostoyanie relyativistskoi kosmologii [The current state of relativistic cosmology]. *Uspekhi Fizicheskikh Nauk*. Vol. 11, issue 1. P. 124–184. (In Russ.).

30. Vizgin, V. P. and Tomilin, K. A. (2019). Vikhri i turbulentnosti v vospriyatii i razvitiit teorii otnositel'nosti v SSSR [Vortices and turbulence in the perception and development of the theory of relativity in the USSR]. In: *Vikhrevaya dinamika razvitiya nauki i tekhniki. SSSR/Rossiya. Vtoraya polovina XX veka. Vol. III* [Vortex dynamics of the development of science and technology. USSR/Russia. The second half of the twentieth century. Vol. III]. Moscow: IHST RAS; Saratov: Amirit publ. P. 270–334. (In Russ.).

31. Weinberg, S. (1981). *The First Three Minutes: A Modern View of the Origin of the Universe* [Russ. ed.: Pervye tri minuty: sovremenniy vzglyad na proiskhozhdenie Vselennoi]. Moscow: Energoizdat publ. 208 p. (In Russ.).

32. Vizgin, V. P. (2014). *Teoriya otnositel'nosti za predelami tochnogo estestvoznaniya: Rossiya, 1920-e gody* [The Theory of relativity beyond the Limits of Exact Natural Science: Russia, 1920-s years].

Russia, 1920s]. In: *Issledovaniya po istorii fiziki i mekhaniki. 2012-2013* [Research on the history of physics and mechanics. 2012-2013]. Moscow: Fizmatlit. P. 155–191. (In Russ.).

33. Vizgin, V. P. (2017). Istoriko-nauchnyi kommentarii k poeme M.A. Voloshina «Putyami Kaina. Tragediya material'noi kul'tury» [Historical and scientific commentary on the poem by M.A. Voloshin “The Ways of Cain. The Tragedy of material culture”]. *Metafizika*. No. 2 (24). P. 114–137. (In Russ.).

34. Kozhevnikov, A. B. (2019). Kul'turnaya sreda teorii Bol'shogo vzryva [The cultural environment of the Big Bang Theory]. *Stimul*. September 11. URL: stimul.online/articles/science-and-technology/kulturnaya-sreda-teorii-bolshogo-vzryva/ (accessed 26.04.2019). (In Russ.).

The article was submitted on 01.04.2022.

Approved after reviewing 18.04.2022. Accepted for publication 02.06.2022.

INFORMATION ABOUT THE AUTHOR

Vizgin Vladimir vlvizgin@gmail.com

Doctor of Physical and Mathematical Sciences, Chief Researcher, S. I. Vavilov Institute for the History of Science and Technology of the RAS, Moscow, Russia

AuthorID РИНЦ: 73232

Web of Science ResearcherID: G-4223-2016