

84. **Примак О.** Засновник української школи автоматизації в сільському господарстві / О. Примак // Історія української науки на межі тисячоліть : зб. наук. праць / Відп. редактор О. Я. Пилипчук. – Вип. 14. – 2004. – С. 155–162.

85. Народное хозяйство Украинской ССР в 1982 году : стат. ежегод. / Отв. за выпуск Б. А. Сивко. – К. : Техніка, 1983. – 383 с.

86. Актуальні питання методології та практики науково-технічної політики / За ред. Б. А. Малицького. – К. : УкрІНТЕІ, 2001. – 204 с.

87. Державний архів вищих органів влади і управління України.

88. Державний архів Автономної Республіки Крим.

89. **Поляков Н. В.** Классический университет: от идей античности к идеям Болонского процесса / Н. В. Поляков, В. С. Савчук. – Днепропетровск : Изд-во ДНУ, 2007. – 596 с.

90. **Кун Т.** Структура научных революций / [Т. Кун; пер. с англ. И. З. Налетова]; под общ. ред. С. Р. Микулинского. – М. : Прогресс, 1977. – 300 с.

91. **Добров Г. М.** Наука о науке / Геннадий Михайлович Добров. – К. : Наукова думка, 1989. – 302 с.

92. **Оноприенко В. И.** Традиции и новации в науке: науковедческий контекст / В. И. Оноприенко // Наука та наукознавство. – 2004. – № 4. Додаток. – С. 95–99. – Матер. IV Добровської конф. з наукознавства та історії науки (3–11 березня 2004 р.). – К. : Фенікс, 2005. – 360 с.

93. Энциклопедический словарь / Гл. ред. Б. А. Введенский. – Т. 1. (А-Й). – М. : Большая советская энциклопедия, 1953. – 720 с.

Надійшла до редколегії 20.01.2012

УДК 530.12 (09) + 524.8 (09)

И. М. Бормотова, В. С. Савчук

Днепропетровский национальный университет им. Олеся Гончара

КОСМОЛОГИЧЕСКАЯ ПОСТОЯННАЯ В ИСТОРИИ КОСМОЛОГИИ: ОТ РОЖДЕНИЯ ДО «ОТРЕЧЕНИЯ» ОТ НЕЕ. ИСТОРИКО-НАУЧНЫЙ КОНТЕКСТ (1917–1931)

Проведено историко-научное исследование проблемы космологической постоянной в новый период развития космологии начала XX в. Сделан акцент как на главные, так и малоизвестные работы ученых в космологии, которые тем или иным способом внесли свой вклад в историю космологии, в частности, в историю проблемы космологической постоянной.

Ключевые слова: история науки, космологическая постоянная, начало XX ст., модели, теории, эволюция проблемы.

Проведено історико-наукове дослідження проблеми космологічної сталої у новий період розвитку космології початку XX ст. Зроблено акцент як на головні, так і маловідомі праці вчених із космології, які тим чи іншим чином зробили свій внесок в історію космології, зокрема в історію проблеми космологічної сталої.

Ключові слова: історія науки, космологічна стала, початок XX ст., моделі, теорії, еволюція проблеми.

Conducted historical and scientific study of the cosmological constant problem in a new period of development of cosmology of the early twentieth century. Emphasized as the main work, and little-known work of scholars in cosmology, which in some way have contributed to the history of cosmology, in particular the history of the cosmological constant problem.

Key words: history of science, the cosmological constant, the beginning of the twentieth century, models, theories, the evolution of the problem.

В первые годы XX века начинается период современного развития космологии, главной составляющей которой в наши дни является космологическая постоянная. Нынешние космологи используют её в своих моделях и теориях, но практически никто из них не делает исторического упора на ее развитии в научных трудах. Однако в ходе исследования этой проблемы обнаружено несколько современных работ таких ученых как Шон Кэрролл (Sean Carroll) [2], Ларри Эбботт (Larry Abbott) [1], Марек Демиански (Marek Demianski) [3], Алекс Харви (Alex Harvey) [21], Норберт Штрауман (Norbert Straumann) [36] и др. [27; 29; 45]. В основном их работы полагаются на мистический характер космологической постоянной, от введения ее Альбертом Эйнштейном (Albert Einstein) в полевые уравнения общей теории относительности (ОТО) до нестационарных решений Александра Фридмана (Alexander Friedmann), решений Виллема де Ситтера (Willem de Sitter) для Вселенной, заполненной вакуумом, и ее отречения.

Представляет интерес рассмотреть труды ученых, которые непосредственно работали в начале XX в. с космологической постоянной, ссылаясь на научные и историко-научные труды Германа Вейля (Hermann Weyl) [38; 42], Макса фон Лауэ (Max von Laue) [24], Артура Эддингтона (Arthur Eddington) [5–7] и на работу Альберта Эйнштейна [8].

Неожиданностью для ученых стало то, что в начале XX в. свершилась научная революция в изучении Вселенной. Для разработки новой космологии необходимо было применить совершенно необычную для того времени математическую гипотезу, которая впоследствии обрела физический смысл.

Создав вместе со своим другом, математиком из Швейцарии, Марселем Гроссманом (Marcel Grossmann), автором ряда работ по дифференциальной и неевклидовой геометрии, первый основополагающий обзор по общей теории относительности в журнале «Annalen der Physik» 1916 г. [50], Эйнштейн выдвинул революционную идею, которая в корне изменила понятие о пространстве и времени. ОТО стала новой релятивистской теорией гравитации, которая заменила теорию Ньютона.

Для Эйнштейна немаловажным в новой космологии являлись философские и эмпирические факторы. Восхищаясь идеями австрийского физика Эрнста Маха (Ernst Mach) [43] и основываясь на уравнении французского физика и математика Симеона Пуассона (Simeon Poisson) [39], Эйнштейн отдавал большое внимание в своей модели возникавшей связи между плотностью массы и геометрией Вселенной. Он считал, что Вселенная статична. Было предположение, что Вселенная имеет бесконечный пространственный объем. Согласно принципу Маха, инерция массы, удаленной на бесконечность по отношению к другим массам, стремится к нулю. Таким образом, на бесконечности должны выполняться граничные условия, при которых происходило бы исчезновение инерции массы и это не противоречило бы наиболее важному факту, что относительные скорости звезд очень малы по сравнению со скоростью света. С помощью белорусского математика Якова Громмера (Jacob Grommer) Эйнштейн исследовал статическое гравитационное поле при таких граничных условиях [48] и оказалось, что полученные результаты противоречат наблюдаемым фактам.

В своей модели Альберт Эйнштейн не получал желаемой статической Вселенной, поэтому он модифицировал дифференциальное уравнение Пуассона, как это сделали немецкий физик Рудольф Зеелигер (Rudolf Seeliger) [30] (1895) и венгеро-американский математик Джон Нейман (John von Neumann) [28] (1896) для устранения гравитационного парадокса, вводя универсальную постоянную λ , где λ , по Нейману, имеет смысл своеобразного коэффициента поглощения гравитации.

В 1917 г. Эйнштейн делает в своих уравнениях гравитационного поля такую же модификацию, которая полностью соответствует модификации уравнения Пу-

ассона и универсальная константа тогда получила свое название космологической постоянной. Эта модификация ньютоновского закона тяготения, соответствующая пространству с положительной кривизной, устранила гравитационный парадокс, но не могла объяснить планетарные аномалии [52].

«Надо признать, – отметил он в статье «Вопросы космологии и общая теория относительности», изданной 8 февраля 1917 года в Preussische Akademie der Wissenschaften, Sitzungsberichte – что введенное расширение уравнений гравитационного поля отнюдь не оправдывается тем, что нам достоверно известно о тяготении. Этот член нужен лишь для того, чтобы обеспечить квазистатичное распределение материи, которое вытекает из малости звездных скоростей» [8]. В то время Эйнштейну стало ясно, что Вселенная не является бесконечной, а имеет конечный трехмерный объем, следовательно, пространство-время является замкнутым. Эта идея была совместимой с требованиями общего принципа относительности. Из модели выяснилось, что космологическая постоянная, как и радиус кривизны Вселенной, зависит от полного количества материи во Вселенной [40].

Первое упоминание о космологической постоянной отмечено в 1916 г. в письмах Эйнштейна к Мишелю Бессо (Michel Besso), Герману Вейлю и Вальтеру Делленбаху (Walter Daellenbach), в которых ученый пояснял важность введения космологической постоянной и основополагающие идеи теории гравитации [51].

Почти сразу же после опубликованной Эйнштейном статьи появилась одна из первых реакций на космологическую постоянную в работе 1917 г. немецкого физика Эриха Кречмана (Erich Kretschmann) [23], в которой он утверждает, что уравнения Эйнштейна обязаны содержать дополнительный член, потому что тогда его Вселенная будет замкнутой, и ее геометрия будет отклоняться от геометрии сферического и, соответственно, от эллиптического пространства лишь слегка и лишь в отдельных областях, подобно тому, как форма земной поверхности отклоняется от эллипсоида.

Альберт Эйнштейн не допускал того, что существуют решения этих модифицированных полевых уравнений. Однако голландский астроном Виллем де Ситтер показал, что эти полевые уравнения именно с космологической постоянной допускают решения, соответствующие пустой бесконечно протяженной Вселенной [4].

Для Эйнштейна это было первым разочарованием в космологической постоянной, поскольку он придавал особую роль взаимосвязи геометрии пространства с материей. Возмущенный Эйнштейн начал интенсивную переписку де Ситтером [10], в которой де Ситтер доказал ему, что гравитационные уравнения поля без наличия космологической постоянной будут описывать расширяющуюся Вселенную. Эйнштейн считал доводы де Ситтера бессмысленными, потому что они содержали в себе наличие момента сотворения Вселенной. Отсутствие материи противоречило одному из основных принципов общей теории относительности (ОТО), согласно которому геометрические свойства Вселенной определяются наличием материи и ее движением. Иными словами, Вселенная должна была быть плоской. Также модель де Ситтера предсказала «красное смещение» – чем дальше явление от нас, тем кажется медленнее происходит удаленный процесс. Вскоре Эйнштейн неохотно согласился с де Ситтером.

С 1912 г. американский астроном Весто Слайфер (Vesto Slipher) начал измерения смещения спектральных линий самых ярких спиральных туманностей [34; 35]. Со временем выяснилось, что в спектрах всех галактик наблюдается красное смещение. И в 1923 г. Герман Вейль указал, что в модели де Ситтера должно существовать такое красное смещение [41].

Тем временем де Ситтер знакомит Артура Эддингтона, секретаря Королевского астрономического общества в Англии, со статьей Эйнштейна по общей тео-

рии относительности. На основе этого Эддингтон публикует в 1920 г. свою работу «Сообщение о релятивистской теории гравитации» [5].

В 1918 г. Эйнштейн, делая замечание [9] к заметке австрийского физика-теоретика Эрвина Шрёдингера (Erwin Schrödinger) «О системе решений общековариантных уравнений гравитации», увидел аналогию со своими модифицированными полевыми уравнениями. «...В этом случае формула Шрёдингера точно совпадает с нашими формулами. В этом не трудно убедиться, заменив p на λ и добавив соответствующий член в левую часть уравнений поля. Следовательно, автор не мог иметь в виду этот случай» [47]. Как и Эйнштейн, эту же аналогию с импульсом Шрёдингера замечает австрийский физик-теоретик Фридрих Коттлер (Friedrich Kottler) и также сообщает о ней в своей статье 1918 г. [22].

В том же году А. Эйнштейн опубликовал статью «Закон сохранения энергии в общей теории относительности», в которой показал, что Вселенная в целом в пространственном отношении является квазисферической. Эта концепция требовала добавления еще одного λ -члена в уравнения гравитационного поля [11].

Вдохновленный работами Эйнштейна по гравитации, а также работами Давида Гильберта (David Hilbert) и Феликса Клейна (Felix Klein), немецкий математик Герман Вейль искал геометрическую теорию, которая могла бы охватывать как электромагнетизм, так и гравитацию. Впоследствии в 1918 г. Вейль написал книгу по теории относительности под названием «Пространство, время, материя», ставшую шедевром релятивистской классики, в которой посвящает несколько параграфов космологической постоянной и ее калибровке. «Если принять «космологические» уравнения с положительным значением λ , то во Вселенной неизбежно должны существовать массы» [38]. Он вывел полную массу Вселенной, которая находится в точно определенном соотношении с космологической постоянной. Также Вейль сделал качественный анализ решений де Ситтера для пустого пространства и вывел доказательство того, что оно представляет Вселенную с поверхностным распределением материи.

В следующей своей работе (1919 г.) «Играют ли гравитационные поля существенную роль в построении элементарных частиц материи?» [12] Эйнштейн показывает, что теоретически возможно построить материю исключительно из гравитационного и электромагнитного полей без введения гипотетических дополнительных членов. Эта возможность представляется особенно содержательной потому, что она освобождает нас от необходимости введения особой постоянной λ для решения космологической проблемы. Космологическая постоянная по отношению к основным уравнениям теории представляет собой постоянную интегрирования и больше не является универсальной постоянной, связанной с фундаментальными законами.

Немецкий математик Эрих Треффтц (Erich Trefftz) в 1922 г. предложил решение статического гравитационного поля двух точечных масс [37]. Используя уравнения Эйнштейна с космологической постоянной, он хотел получить возможность существования статической Вселенной, масса которой концентрировалась бы только в двух небесных телах. Реакция Эйнштейна на эту статью не заставила себя ждать. В конце того же года он написал замечание к работе Треффтца [13], в котором показывает, что существование решений Треффтца невозможно.

Большим ударом по космологической постоянной для Эйнштейна стали работы Александра Фридмана. В 1922 г. выходит знаменитая работа А. А. Фридмана «О кривизне пространства» [19], в которой были показаны нестационарные решения уравнений гравитационного поля. На основе предположений Эйнштейна и де Ситтера Фридман получает решение уравнений ОТО и анализирует результаты, из которых следует два типа однородной и изотропной Вселенной: стационарная и переменная, в зависимости от кривизны пространства. Он также рассмотрел значения космологической постоянной и пришел к выводу, что для нестационар-

ной Вселенной вовсе не нужна космологическая постоянная. Эйнштейн, увидев в журнале «*Zeitschrift für Physik*» статью Фридмана, не поверил результатам работы и негативно отреагировал на нее: «Результаты относительно нестационарного мира, содержащиеся в упомянутой работе, представляются мне подозрительными. В действительности оказывается, что указанное в ней решение не удовлетворяет уравнениям поля» [14]. Считая, что работа Фридмана неверна, он написал статью в этот же немецкий журнал. В ответ Фридман написал Эйнштейну пояснительное письмо о том, что его нестационарные решения гравитационного поля верны и в них нет никакой ошибки. По словам Георгия Гамова, ученика Фридмана, «детали удачной полемики Фридмана с Эйнштейном узнали от российского физика Ю. А. Круткова, который отправился в Берлин, в командировку, с письмом А. Фридмана к А. Эйнштейну. Очень интересно рассказывал Крутков о своих настойчивых многодневных попытках убедить Эйнштейна рассмотреть аргументы Александра Фридмана и взять обратно свое ошибочное возражение против теории Фридмана, которые автор статической космологии поспешил в довольно резкой форме опубликовать» [44; 46]. Эйнштейн искал стационарное решение своих уравнений, потому что был убежден в неизменности Вселенной, но, проделав еще раз вычисления Фридмана, обнаружил, что сам ошибся. В результате в журнале «*Zeitschrift für Physik*» появилась в 1923 г. новая статья Эйнштейна: «Заметка о работе А. Фридмана «О кривизне пространства»: «В предыдущей заметке я подверг критике названную выше работу. Однако моя критика, как я убедился из письма Фридмана, сообщенного мне господином Крутковым, основывалась на ошибке в вычислениях. Я считаю результаты Фридмана правильными и проливающими новый свет. Оказывается, что уравнения поля допускают наряду с статическими также и динамические, то есть переменные относительно времени, центрально-симметричные решения для структуры пространства» [16].

В Берлинских отчетах 1923 г. появилась статья [24] немецкого физика Макса фон Лауэ, в которой показано строгое решение для замкнутой Вселенной с неравномерным распределением масс по сравнению с пустым пространством, полевые уравнения были рассчитаны на основании учета космологической постоянной.

Американский физик-теоретик и историк науки Абрахам Пайс (Abraham Pais) цитирует письмо Эйнштейна Вейлю, датированное 1923 г., передающее его реакцию на нестационарные решения полевых уравнений: «Если не существует квазистатического мира, то долой космологический член!» [41].

В своей книге «Математическая теория относительности» [6] (1924 г.) Эддингтон так же, как и Герман Вейль, посвящает математические выкладки полевым уравнениям с учетом космологической постоянной и указывает, что модель Вселенной де Ситтера намного богаче и интереснее модели Эйнштейна.

Индийский математик и физик Н. Сэн (Nikhil Ranjan Sen) представляет работу «О граничных условиях гравитационного поля на поверхности разрыва» [33] в журнале «*Annalen der Physik*» (1924 г.), в которой показывает, что добавление в систему космологического члена приводит к малым, почти незаметным, изменениям.

В 1924 г. появляется новая работа А. Фридмана «О возможности мира с постоянной отрицательной кривизной пространства» [20]. В этой работе он исследовал уравнения Эйнштейна, предположив, что плотность вещества во Вселенной меньше критической. Получилась новая модель с неевклидовой геометрией – неограниченно расширяющегося пространства с отрицательной кривизной. Фридман для получения этого пространства учитывал космологическую постоянную, используя модель де Ситтера.

Австрийский ученый Франц Селети представил в своих работах [31; 32] (1922, 1924) иерархическую модель бесконечной Вселенной. Его модель объясняет фотометрический парадокс и устраняет гравитационный парадокс, который

возникнул у Зеелигера и Ньюмена. Автор предполагает, что галактики образуют системы более высокого порядка, так что на каждой следующей ступени системы предыдущей входят как составные части, поэтому модель и называется иерархической, Эйнштейн стал возражать против модели Селети, потому что в ней не выполняется принцип Маха. Он не понимал, как Селети компенсировал этот принцип [15] и никто в то время не согласился с этой моделью.

В статье «О формальном отношении римановского тензора кривизны к уравнениям гравитационного поля» [17] на основе совместных работ Вейля и Эддингтона по объединению гравитации и электромагнетизма в одну формальную схему Альберт Эйнштейн для удовлетворения условий задачи вводит космологический член, чтобы приписать Вселенной конечную среднюю плотность материи, а затем математически исключает его. Тем самым ученый показывает, что полученные уравнения, предсказанные космологической проблемой и структурой электромагнитного тензора энергии, допускают простую математическую интерпретацию.

Независимо от Александра Фридмана бельгийский римо-католический священник и астроном Католического университета Лувена Жорж Леметр (Georges Lemaitre) в 1927 г. находит решения для нестационарной однородной и изотропной Вселенной. Он так же, как и Фридман, пытается в своей работе отыскать решение, обладающее одновременно свойствами решений Эйнштейна и де Ситтера. Только модель Леметра имеет небольшие отличия от модели Фридмана. Жорж Леметр опубликовал свой труд в малоизвестном журнале «Анналы Брюссельского научного общества» [25]. В том же году Леметр принимает участие в работе Сольвеевского конгресса, где познакомился с Альбертом Эйнштейном и узнал о работах Александра Фридмана. Эйнштейн не принял леметровскую нестационарную модель, которая описывала «задерживающуюся» Вселенную. В его модели значение космологической постоянной выбиралось близким к эйнштейновскому. В этом случае Вселенная начиналась с момента сотворения, как и модель де Ситтера, далее развивается до состояния, близкого к статической Вселенной Эйнштейна, и задерживается в этом состоянии на продолжительный период времени, после чего снова начинает расширяться.

Революционное открытие разбегания галактик в 1929 г. было сделано Эдвином Хабблом (Edwin Hubble) на основе исследования Слайфером красного смещения. Он увидел зависимость величин красного смещения объектов и расстояний до них. Это разбегание галактик Хаббл отождествил с расширением Вселенной. Жорж Леметр, узнав об этом открытии, послал свою статью Артуру Эддингтону, у которого когда-то учился в Кембридже. В этой статье Леметр тоже получил эту зависимость, но на два года раньше, чем Хаббл. Статья Леметра была переведена с французского на английский и опубликована в престижном журнале Nature. В ней Леметр утверждал, что момент сотворения Вселенной был также началом пространства и времени [26].

В 1931 г. Эддингтон опубликовал в журнале «Ежемесячные заметки Королевского астрономического общества» (MNRAS) статью [7], в которой он говорит о взаимосвязи моделей Фридмана и Леметра и том, что значение космологической постоянной и скорости расширения Вселенной может быть посчитано теоретически.

Однако отзыв Эйнштейна на работу Леметра был неутешительным: «Что же касается приводимых Леметром аргументов в пользу так называемого «космологического члена» в уравнениях гравитации, то я должен заметить, что при нынешнем уровне наших знаний эти аргументы не кажутся мне достаточно убедительными. Введение такого члена означает далеко идущий отказ от логической простоты теории, который, на мой взгляд, был бы неизбежным лишь в том случае, если бы не было причин сомневаться в существенно статической природе

пространства. После открытия Хабблом «расширения» звездной системы и после того, как Фридман показал, что из уравнений без космологического члена вытекает возможность существования средней (положительной) плотности материи в расширяющейся Вселенной, мне кажется, что с теоретической точки зрения введение такого члена в настоящее время необоснованно» [49].

Далее Эйнштейн пишет работу «Космологическая проблема общей теории относительности» [18], в которой рассуждает о необходимости введения космологической постоянной, еще раз анализирует решения Фридмана и приходит к выводу, что ОТО без космологического члена естественно согласуется с наблюдениями Хаббла, чем с постулатом о квазистатической природе пространства, отброшенным теперь под влиянием опытных факторов.

Выводы

В предложенной статье мы более расширенно показали, кем и как применялась космологическая постоянная в космологии начала XX в., а также построение моделей и теорий при наличии космологической постоянной. Со временем стало ясно, что понимание космологической постоянной как универсальной утратило свою силу с появлением нестационарных решений Фридмана и открытием разбегания галактик Хаббла. Однако сам Эйнштейн и другие ученые, например, Леметр и Эддингтон, всё еще продолжали учитывать космологическую постоянную в своих трудах. В завершающей работе Эйнштейна по космологической постоянной (1931 г.) указано, что нет больше необходимости введения в полевые уравнения космологического члена. Таким образом, эта работа А. Эйнштейна как бы подводила итог использования в космологии рассматриваемого периода космологической постоянной и подтверждала возможность «отречения» от нее.

Библиографические ссылки

1. **Abbott L. F.** The Mystery of the Cosmological Constant. / L. F. Abbott // *Sci. Am.* – 1988. – Vol. 256. – P. 106–113.
2. **Carroll S. M.** The Cosmological Constant. / S.M. Carroll // *Living Rev. Relativity.* – 2001. – Vol. 4. – N. 1. – P. 1–78.
3. **Demianski M.** History of the cosmological constant. / M. Demianski // *Ann. Phys.* – 2000. – Vol. 9. – P. 278 – 287.
4. **de Sitter W.** Einstein's theory of gravitation and its astronomical consequences. / W. de Sitter // *MNRAS.* – 1917. – Vol. 78. – P. 3–28.
5. **Eddington A. S.** Report on the Relativity Theory of Gravitation. / A. S. Eddington // London.: Fleetway Press, 1920.
6. **Eddington A. S.** The Mathematical Theory of Relativity. / A. S. Eddington // Cambridge: U.P. Cambridge, 1924.
7. **Eddington A.S.** The Recession of the Extra-galactic Nebulae. / A. S. Eddington // *MNRAS.* – 1931. – Vol. 92. – P. 3–6.
8. **Einstein A.** Kosmologische Betrachtungen zur allgemeinen Relativitätstheorie. / A. Einstein // *Sitz. preuss. Akad. Wiss.* – 1917. – Vol. 1. – P. 142–152.
9. **Einstein A.** Notiz zu Schrödingers Arbeit: Energiekomponenten des Gravitationsfeldes. / A. Einstein // *Phys. Zeitschrift.* – 1918. – Vol. 19. – P. 115–116.
10. **Einstein A.** Kritisches zu einer von de Sitter gegebenen Lösung der Gravitationsgleichungen. / A. Einstein // *Sitz. Preuss. Akad. Wiss.* – 1918. – Part 1. – P. 270–272.
11. **Einstein A.** Der Energiesatz in der allgemeinen Relativitätstheorie. / A. Einstein // *Sitz. Preuss. Akad. Wiss.* – 1918. – Part 1. – P. 448–459.
12. **Einstein A.** Spielen Gravitationsfelder im Aufbau der materiellen Elementarteilchen eine wesentliche Rolle? / A. Einstein // *Sitz. Preuss. Akad. Wiss.* – 1919. – Part 1. – P. 349–356.
13. **Einstein A.** Bemerkung zu der Abhandlung von E. Trefftz: Statische Gravitationsfeld zweier Massenpunkte. / A. Einstein // *Sitz. Preuss. Akad. Wiss. Phys.-Math. Kl.* – 1922. – P. 448–449.

14. **Einstein A.** Bemerkung zu der Arbeit von A. Friedmann: Über die Krümmung des Raumes. / A. Einstein // Z. Phys. – 1922. – Vol. 11. – P. 326.
15. **Einstein A.** Bemerkung zur Seletyschen Arbeit: Beiträge zum kosmologischen Problem. / A. Einstein // Ann. Phys. – 1922. – Vol. 69. – P. 436–438.
16. **Einstein A.** Notiz zu der Bemerkung der Arbeit von A. Friedmann «Über die Krümmung des Raumes». / A. Einstein // Z. Phys. – 1923. – Vol. 16. – P. 228.
17. **Einstein A.** Formale Beziehung des Riemannschen Krümmungstensors zu den Feldgleichungen der Gravitation. / A. Einstein // Math. Ann. – 1927. – Vol. 97. – P. 99–103.
18. **Einstein A.** Zum kosmologischen Problem der allgemeinen Relativitätstheorie. / A. Einstein // Sitz. Preuss. Akad. Wiss. Phys.-Math. Kl. – 1931. – P. 235–237.
19. **Friedmann A.** Über die Krümmung des Raumes. / A. Friedmann // Z. Phys. – 1922. – Vol. 10. – P. 377–386.
20. **Friedmann A.** Über die Möglichkeit einer Welt mit konstanter negativer Krümmung des Raumes. / A. Friedmann // Z. Phys. – 1924. – Vol. 21. – P. 326–332.
21. **Harvey A.** Einstein's mistake and the cosmological constant. / A. Harvey // Am. J. Phys. – 2000. – Vol. 68. – P. 35.
22. **Kottler F.** Über die physikalischen Grundlagen der Einsteinschen Gravitationstheorie. / F. Kottler // Ann. Phys. Berlin. – 1918. – Vol. 56. – P. 401–461.
23. **Kretschmann E.** Über den physikalischen Sinn der Relativitätspostulate. A. Einsteins neue und seine ursprüngliche Relativitätstheorie. / E. Kretschmann // Ann. Phys. – 1917. – Vol. 53. – P. 575–614.
24. **Laue M.** // Berliner Berichte Phys.-math. Kl. – 1923. – P. 23.
25. **Lemaître G.** Un Univers homogène de masse constante et de rayon croissant rendant compte de la vitesse radiale des nébuleuses extra-galactiques. / G. Lemaître // Ann. Soc. Scien. Bruxelles. – 1927. – Vol. 47. – P. 49.
26. **Lemaître G.** The Evolution of the Universe: Discussion. / G. Lemaître // Nature. – 1931. – Vol. 128. – Iss. 3234. – P. 699–701.
27. **North J. D.** The Measure of the Universe: A History of Modern Cosmology. / J. D. North // Oxford.: Clarendon Press. – 1965.
28. **Neumann C.** Über das Newtonsche Prinzip der Fernwirkung. / C. Neumann // Leipzig. – 1896.
29. **Peebles P. J. E.** The cosmological constant and dark energy. / P. J. E. Peebles, B. Ratra // [Электронный ресурс]. Режим доступа: arXiv: astro-ph/0207347. – 2002.
30. **Seeliger H.** // Astronom. Nachr. – 1895. – Vol. 137. – P. 129.
31. **Selety F.** Beiträge zum kosmologischen Problem. / F. Selety // Ann. Phys. – 1922. Vol. – P.
32. **Selety F.** Unendlichkeit des Raumes und allgemeine Relativitätstheorie. / F. Selety // Ann. Phys. – 1924. – Vol. 387. – P. 291–326.
33. **Sen N.** Über die Grenzbedingungen des Schwerfeldes an Unstetigkeitsflächen. / N. Sen // Ann. Phys. – 1924. – Vol. 387. – P. 365–396.
34. **Slipher V. M.** The Radial Velocity of the Andromeda Nebula. / V. M. Slipher // Lowell Obs. Bull. – 1913. – Vol. 58. – Iss. 2. – P. 56–57.
35. **Slipher V. M.** Spectrographic Observations of the Rotation of Spiral Nebulae. / V. M. Slipher // Pop. Astron. – 1922. – Vol. 29. – P. 272–273.
36. **Straumann N.** The history of the cosmological constant problem. / N. Straumann // [Электронный ресурс]. Режим доступа: arXiv: gr-qc/0208027. – 2002.
37. **Trefftz E.** Das statische Gravitationsfeld zweier Massenpunkte in der Einsteinschen Theorie. / E. Trefftz // Math. Ann. – 1922. – Vol. 86. – Iss. 3–4. – P. 317–326.
38. **Weyl H.** Raum. Zeit. Materie. – Vorlesungen über Allgemeine Relativitätstheorie. / H. Weyl // 8. Auflage. Springer – 1993.
39. Альберт Эйнштейн и теория гравитации. Сб. ст. – М. : Мир, 1979. – 592 с.
40. **Борн М.** Эйнштейновская теория относительности. / М. Борн – М. : Мир, 1972. – 369 с.
41. **Вайнберг С.** Проблема космологической постоянной. / С. Вайнберг // УФН. – 1989. – Т. 158, вып. 4. – С. 639–678.
42. **Вейль Г.** Основные черты физического мира. Избр. тр. / Г. Вейль – М. : Наука, – 1984. – 349 с.

43. **Визгин В. П.** Роль идей Э. Маха в генезисе общей теории относительности / В. П. Визгин / под ред. А. Т. Григорьяна // Исследования по истории физики и механики. Ежегодник / АН СССР – М. : Наука, 1989. – 267 с.
44. **Иваненко Д. Д.** Эпоха Гамова глазами современника // в кн.: Гамов Дж., Моя мировая линия: неформальная биография. / Д. Д. Иваненко // – М.: Наука, – 1994.
45. **Ковальчук Г.** Сага о нелегкой судьбе лямбда члена, или самая большая ошибка Альберта Эйнштейна в науке. / Г. Ковальчук // Вселенная, пространство, время. – 2006. – № 3. – С. 6–12.
46. **Троп Э. А.** Александр Александрович Фридман / Э. А. Троп, В. Я. Френкель, А. Д. Чернин А. Д. – М. : Наука, 1988.
47. **Эйнштейн А.** Собрание научных трудов / А. Эйнштейн / [под ред. И. Е. Тамма, Я. А. Смородинского, Б. Г. Кузнецова] – М. : Наука, 1965. – Т. 1. – 704 с.
48. **Эйнштейн А.** Собрание научных трудов / А. Эйнштейн / [под ред. И. Е. Тамма, Я. А. Смородинского, Б. Г. Кузнецова] – М. : Наука, 1966. – Т. 2. – 883 с.
49. **Эйнштейн А.** Собрание научных трудов / А. Эйнштейн / [под ред. И. Е. Тамма, Я. А. Смородинского, Б. Г. Кузнецова] – М. : Наука, 1967. – Т. 4. – 311 с.
50. Эйнштейновский сборник 1967 // [под ред. И. Е. Тамма, Г. И. Наана] – М. : Наука, 1967. – 371 с.
51. Эйнштейновский сборник 1974 // [под ред. В. Л. Гинзбурга, Г. И. Наана] – М. : Наука, 1976. – 403 с.
52. Эйнштейновский сборник 1975 // [под ред. В. Л. Гинзбурга, Б. Г. Кузнецова] – М. : Наука, 1978. – 354 с.

Надійшла до редколегії 25.10.2012

УДК 579.2.58

В. М. Гамалія

Київський університет ім. Бориса Грінченка

ІСТОРІЯ РОЗВИТКУ БІОЛОГІЧНИХ МЕТОДІВ БОРІТЬБИ ЗІ ШКІДНИКАМИ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ РОСЛИН І ПОДАЛЬШІ ПЕРСПЕКТИВИ ЇХ ЗАСТОСУВАННЯ

Розглядається історія проведення досліджень з вивчення взаємовідносин фітопатогенних бактерій та комах-шкідників. Описано низку пошукових робіт зі створення інтегрованої системи захисту рослин.

Ключові слова: фітопатогени, біологічні методи боротьби, комахи-шкідники.

Рассматривается история проведения исследований по изучению взаимоотношений фитопатогенных бактерий и насекомых-вредителей. Описан ряд поисковых работ по созданию интегрированной системы защиты растений

Ключевые слова: фитопатогены, биологические методы борьбы, насекомые-вредители.

In the article is studied the history of the investigations in the relationship of pathogenic bacteria and pests. There is described a number of research works on the creation of an integrated system of plant protection

Key words: pathogens, biological control methods, pests.

Шкідливі комахи, фітопатогенні мікроорганізми та бур'яни забирають у людини майже третину світового врожаю. Упродовж століть розробляються та випробовуються численні методи боротьби із цим лихом, але видимий успіх здебільшого обертається новими проблемами. На сьогоднішній день найбільш ра-