

МРНТИ 29.05; 37.15; 41.29.17

<https://doi.org/10.26577/RCPH.2023.v86.i3.03>А.А. Солодовник , Б.М. Усеинов\* , П.И. Леонтьев , Е.Г. Гололобова 

Северо-Казахстанский университет им. М. Козыбаева, Казахстан, г. Петропавловск

\*email: [buseinov@gmail.com](mailto:buseinov@gmail.com)

## ФИЗИЧЕСКИЕ ПОЛЯ КАК ФАКТОРЫ ПРИРОДНЫХ ПРОЦЕССОВ В РАБОТАХ ЦЕНТРА АСТРОФИЗИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ СЕВЕРО-КАЗАХСТАНСКОГО УНИВЕРСИТЕТА

Рассмотрены некоторые особенности подхода к решению как сугубо практических, так и общетеоретических задач на основе применения полевого подхода, как причинного фактора в развитии ряда явлений. В частности, при изучении генезиса и эволюции мезосферных серебристых облаков последовательно выявляется определяющее влияние на их развитие ряда масштабных тропосферных процессов. В этом направлении предложен оригинальный метод синтетических карт. Обширный статистический анализ картографического материала позволил выявить, что выраженное физическое воздействие на формирование серебристых облаков над северным полушарием оказывает циклоническая активность, фронтогенез, развитие окклюзий и грозových очагов. Неординарные результаты работы стимулировали в дальнейшем изучение влияния температурного поля высоких широт в южном полушарии Земли – Антарктиде – на особенности сезонной эволюции площади глобального поля серебристых облаков южного полушария. Впервые в исследовательской практике получены статистически убедительные доказательства того, что приземное поле температур является ведущим фактором в формировании серебристых облаков. Это позволяет в свою очередь рассматривать серебристые облака как значимый маркер климатических изменений. Наряду с этим рассмотрены долготные вариации площади серебристых облаков северного полушария Земли. Результаты позволяют предполагать влияние геофизических полей на генезис такой облачности. Отдельно рассмотрен вопрос о природе гравитационной и инертной связи. Выдвинута гипотеза, позволяющая не только уточнить взгляд на природу инертной массы, но и сравнительно просто оценить несколько общих характеристик Вселенной. Работу завершает предложение по-новому взглянуть на физическую природу информации, исходя из полевого метода.

**Ключевые слова:** физические поля, серебристые облака, мезосфера, тропосфера, циклоны, фронты, поле температур, климат, тренды, инертная масса, параметры Вселенной.

А.А. Солодовник, Б.М. Усеинов\*, П.И. Леонтьев, Е.Г. Гололобова

М. Қозыбаев атындағы Солтүстік Қазақстан университеті, Қазақстан, Петропавл қ.

\*email: [buseinov@gmail.com](mailto:buseinov@gmail.com)

## Солтүстік Қазақстан университеті астрофизикалық зерттеу орталығы жұмыстарындағы физикалық өрістер табиғи процестер факторы ретінде

Бірқатар құбылыстардың дамуындағы себеп-салдарлық фактор ретінде далалық тәсілді қолдану негізінде таза практикалық және жалпы теориялық мәселелерді шешуге көзқарастың кейбір ерекшеліктері қарастырылады. Атап айтқанда, мезосфералық күміс бұлттардың генезисі мен эволюциясын зерттеу кезінде олардың бірқатар ауқымды тропосфералық процестердің дамуына анықтаушы әсері дәйекті түрде анықталады. Бұл бағытта синтетикалық карталардың түпнұсқа әдісі ұсынылған. Картографиялық материалдың кең статистикалық талдауы Солтүстік жарты шарда күміс бұлттардың пайда болуына айқын физикалық әсер циклондық белсенділік, фронтогенез, окклюзия мен найзағайдың дамуы әсер ететіндігін анықтады. Жұмыстың ерекше нәтижелері жердің оңтүстік жарты шарындағы – Антарктидадағы жоғары ендік температура өрісінің оңтүстік жарты шардағы күміс бұлттардың жаһандық өрісінің маусымдық эволюциясының ерекшеліктеріне әсерін одан әрі зерттеуге түрткі болды. Зерттеу тәжірибесінде алғаш рет жер бетіндегі температура өрісі күміс бұлттардың пайда болуының жетекші факторы болып табылатындығы туралы статистикалық дәлелдер алынды. Бұл өз кезегінде күміс бұлттарды климаттық өзгерістердің маңызды белгісі ретінде қарастыруға мүмкіндік

береді. Сонымен қатар, жердің солтүстік жарты шарындағы күміс бұлт аймағының бойлық вариациялары қарастырылады. Нәтижелер геофизикалық өрістердің мұндай бұлттылықтың генезисіне әсерін болжайды. Гравитациялық және инертті байланыстың табиғаты туралы мәселе бөлек қарастырылады. Инертті массаның табиғатына көзқарасты нақтылап қана қоймай, сонымен қатар ғаламның бірнеше жалпы сипаттамаларын салыстырмалы түрде бағалауға мүмкіндік беретін гипотеза ұсынылды. Жұмысты далалық әдіске сүйене отырып, ақпараттың физикалық сипатына жаңа көзқараспен қарау туралы ұсыныс аяқтайды.

**Түйін сөздер:** физикалық өрістер, күміс бұлттар, мезосфера, тропосфера, циклондар, фронттар, температура өрісі, климат, трендтер, инертті масса, ғаламның параметрлері.

**A.A. Solodovnik, B.M. Useinov\*, P.I. Leontiev, E.G. Gololobova**  
M. Kozybayev North Kazakhstan university, Kazakhstan, Petropavlovsk  
\*email: [buseinov@gmail.com](mailto:buseinov@gmail.com)

### Physical fields as factors of natural processes in the works of the center for astrophysical research of North Kazakhstan University

Some features of the approach to solving both purely practical and general theoretical problems based on the application of the field approach as a causal factor in the development of a number of phenomena are considered. In particular, when studying the genesis and evolution of mesospheric silvery clouds, the determining influence of a number of large-scale tropospheric processes on their development is consistently revealed. An original method of synthetic maps is proposed in this direction. Extensive statistical analysis of the cartographic material revealed that cyclonic activity, frontogenesis, development of occlusions and thunderstorm foci have a pronounced physical effect on the formation of silvery clouds over the northern hemisphere. The extraordinary results of the work stimulated further study of the influence of the temperature field of high latitudes in the southern hemisphere of the Earth – Antarctica – on the features of the seasonal evolution of the area of the global field of silvery clouds of the southern hemisphere. For the first time in research practice, statistically convincing evidence has been obtained that the surface temperature field is the leading factor in the formation of silvery clouds. This makes it possible, in turn, to consider silvery clouds as a significant marker of climate change. Along with this, longitude variations of the area of silvery clouds of the northern hemisphere of the Earth are considered. The results suggest the influence of geophysical fields on the genesis of such clouds. The question of the nature of gravitational and inert coupling is considered separately. A hypothesis has been put forward that allows not only to clarify the view of the nature of the inert mass, but also to estimate several general characteristics of the Universe relatively simply. The work is completed by a proposal to take a fresh look at the physical nature of information, based on the field method.

**Keywords:** physical fields, silvery clouds, mesosphere, troposphere, cyclones, fronts, temperature field, climate, trends, inert mass, parameters of the Universe.

#### Введение

Одним из ключевых понятий физики является поле, обычно представляемое как некая материальная субстанция, осуществляющая взаимодействие различного рода объектов. В этом плане наличие полноценной теории того или иного поля чрезвычайно важно для изучения соответствующих явлений. К настоящему времени такие теории в более или менее полной форме созданы, но целью нашего обзора является отнюдь не анализ основ теоретической физики [1].

В данном случае речь пойдёт о расширении взглядов на области приложения к потребностям

исследовательской практики полевых понятий и методов, как правило, используемых при решении междисциплинарных научных проблем. Как известно, кроме четырёх классических полей, термин «физическое поле» давно и привычно употребляется в научной практике и в контексте пространственного распределения тех или иных физических параметров, имеющих свойство непрерывности в рассматриваемой области пространства. Например, в астрофизике широко используется понятие поля излучения, в физике атмосферы фигурируют поля температуры, а также барические поля и так далее [2]. Рассмотрим на конкретных примерах, насколько полезны полевые представления при решении

нескольких, очень различных по объекту исследования, задач, которые наиболее актуальны для научной деятельности Центра Астрофизических Исследований Северо-Казахстанского университета.

## Материалы и методы

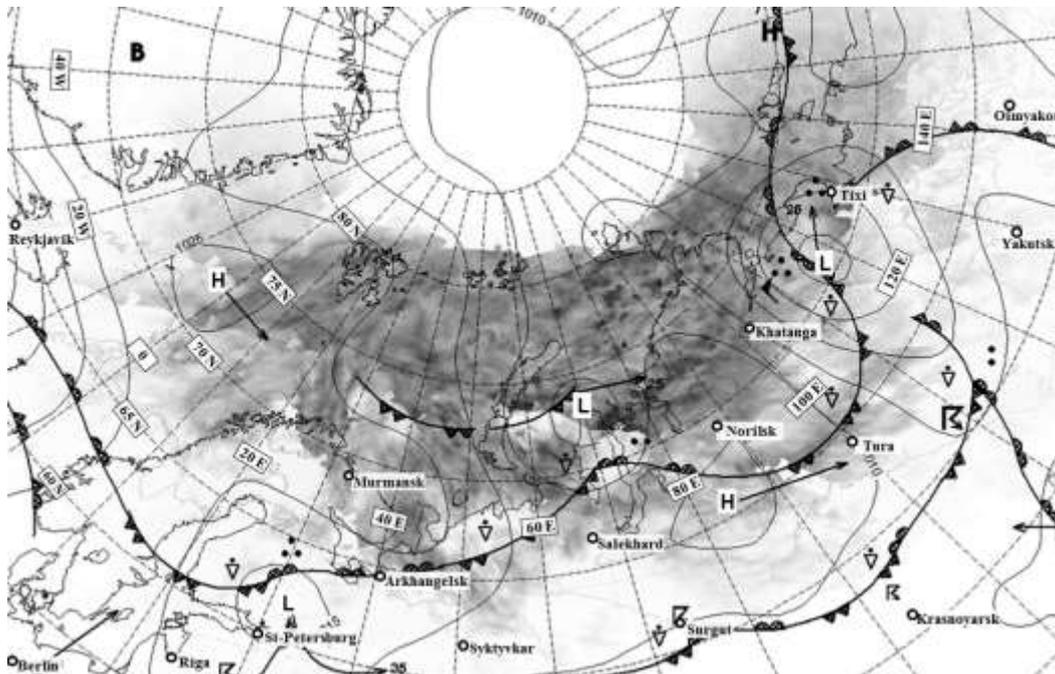
### Метеорологические поля тропосферы и серебристые облака

Одним из направлений таких исследований, в которых университет имеет весомое международное научное реноме, является изучение природы мезосферных серебристых облаков. В конце 19 – начале 20 веков факт их неожиданного открытия очень заинтриговал учёных необходимостью объяснить их появление на горизонте науки [3-8]. Сегодня всё весо­мее звучит мнение о том, что эти высотные образования интересны не только с общенаучной точки зрения, но и с весьма практических позиций. Дело в том, что глобальные облачные структуры, возникающие каждый год в мезосфере высоких широт в летний сезон, по-новому освещают проблему вековых климатических трендов, в частности, глобального потепления [9-10].

Именно в этом свете нами предложен оригинальный метод, позволяющий оценивать влияние комплекса метеорологических полей,

формирующихся в тропосфере полярных и умеренных широт (высоты от 0 до 10-12 км) на генезис и эволюцию полей серебристых облаков (высоты от 80 до 90 км). При этом само понятие метеорологических полей имеет соби­рательный (феноменологический) характер. Оно включает в себя учёт развития таких масштабных и высокоэнергетических процессов как атмосферные вихри: циклоны и антициклоны, фронты, окклюзии и сопутствующие им явления.

Влияние метеорологических полей тропосферы на состояние воздушных масс на больших высотах может наглядно прослеживаться при применении разработанного нами метода синтетических карт [11-12]. Сущность его сводится к специфической цифровой обработке суточных спутниковых изображений глобальных полей мезосферной облачности и стандартных метеорологических карт, отображающих развитие метеопроцессов над Евразией. Фактически такие карты охватывают всю северную часть восточного полушария Земли (от полюса до 50 градусов северной широты). На них с максимально точным совпадением во времени и пространственным положением совмещаются изображения облачных полей в мезосфере и условных отметок развития метеорологических процессов в тропосфере (рис. 1).



**Рисунок 1** – Синтетическая карта, демонстрирующая расположение полей серебристых облаков (серые тона) и развитие метеорологических процессов над Евразией 30.06.2015. Хорошо заметна концентрация серебристых облаков в тыловой части холодных фронтов, близ центральных частей циклонов и в области окклюзий.

Статистический анализ массива таких карт, составляемых на каждые сутки сезона продолжительностью около 80 суток, позволил выделить основные типы тропосферных процессов, влияющих на поле температуры и, как следствие, темпы образования серебристых облаков в мезосфере. В число таких факторов вошли циклоны, движущиеся с запада на восток; холодные атмосферные фронты (перемещающиеся в меридиональном направлении), окклюзии, грозовые очаги [13]. Следует отметить, что исследования таким методом охватили интервал времени не менее 10 лет (10 сезонов).

### **Поле температур, поле давления, гравитационные волны и серебристые облака**

Естественно, что останавливаться на обнаружении факта влияния метеорологических полей на генезис и эволюцию облаков, возникающих едва ли не на границе космоса нет смысла. Необходимо разбираться с физическим механизмом такого влияния. В этом направлении следует обратить внимание на то, что любые метеорологические процессы отражаются на температуре приземного слоя атмосферы. Если рассматривать этот параметр как величину, распределённую в пространстве, можно говорить о тропосферном температурном поле. Нетрудно представить себе, что с температурой воздуха можно связать как давление, так и плотность воздушных масс. Распределение этих величин также можно рассматривать как соответствующие поля [2].

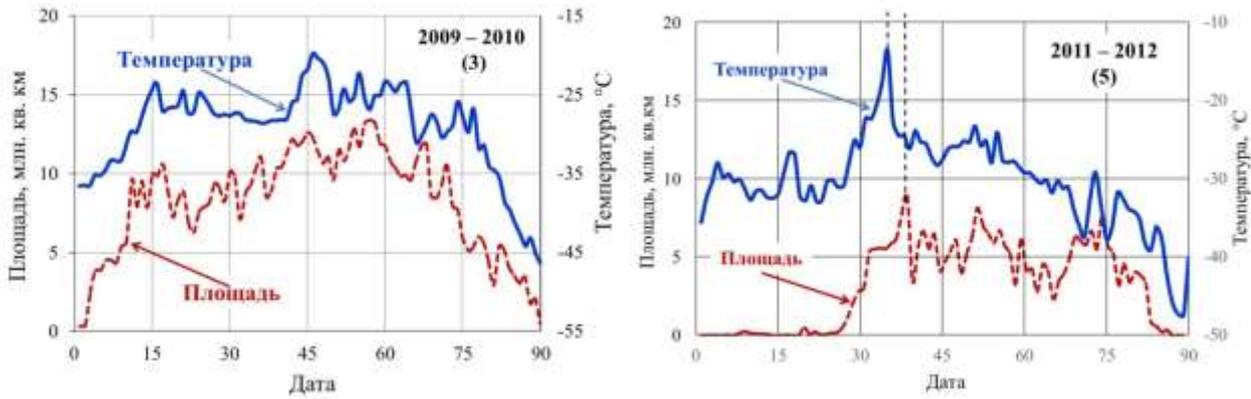
Такой подход, как следствие, имеет логическим продолжением рассмотрение движения воздушных масс, которые, в свою очередь, определяют температурные изменения на разных высотных уровнях. В газовой среде большого масштаба эти движения приобретают волновой характер. При этом волны плотности распространяются не только в горизонтальном направлении, но и в вертикальном, распространяя, таким образом, влияние тропосферных процессов на верхние слои атмосферы. Характеристики таких волн разнообразны, наиболее масштабные из них называются внутренними гравитационными волнами (ВГВ) [14-18].

Влияние ВГВ на характеристики мезосферы и процессы, протекающие в ней, в науке не новость. Но можно ли выделить влияние изменений именно температурного поля тропосферы на образование серебристых облаков? Этот вопрос был рассмотрен нами впервые.

Чтобы найти ответ на него желательно подобрать такой регион на планете, где циклональная активность и фронтогенез были бы сведены к минимуму. И такой регион есть – это Антарктика. В этой связи наше внимание переключилось на изучение серебристых облаков южного полушария Земли. Здесь, как и в предыдущей работе, источником информации о развитии глобальных полей серебристых облаков стали данные спутниковой миссии АИМ, находящиеся в свободном доступе. При этом температурные данные по Антарктиде за многолетний период найти удалось с трудом. Единственной станцией, имеющей архивы температурных изменений в Антарктиде, оказалась американская станция Амундсен-Скотт (Южный Полюс). В итоге было проведено статистическое сопоставление данных о ежесуточных площадях поля серебристых облаков южного полушария и среднесуточных температурах на Южном Полюсе за длительный период с 2007 по 2020 годы.

Результат работы оказался поразительным. Коэффициенты корреляции между двумя параметрами (при учёте временного сдвига) оказались очень высокими. Другими словами, было статистически надёжно показано, что поле серебристых облаков над Антарктидой как бы пульсирует в такт с изменением температуры над ледяным щитом, причём эти пульсации, как правило, отстают на несколько суток от вариаций температуры (рис. 2). Единицы суток отставания как раз и составляют типичный интервал времени прохождения ВГВ от тропосферы до области формирования серебристых облаков. Обнаруженный эффект вполне можно назвать открытием [19].

Основанием для такой оптимистической оценки является отсутствие каких-либо определённых выводов о ведущей роли термических процессов в тропосфере на генезис и эволюцию рекуррентных полей серебристых облаков в публикациях прошлых лет, подтверждённое экспертизой.



**Рисунок 2** –Сезонные изменения площади облачного поля (прерывистая кривая) и среднесуточной температуры на Южном Полюсе (сплошная кривая).

### Результаты и обсуждение

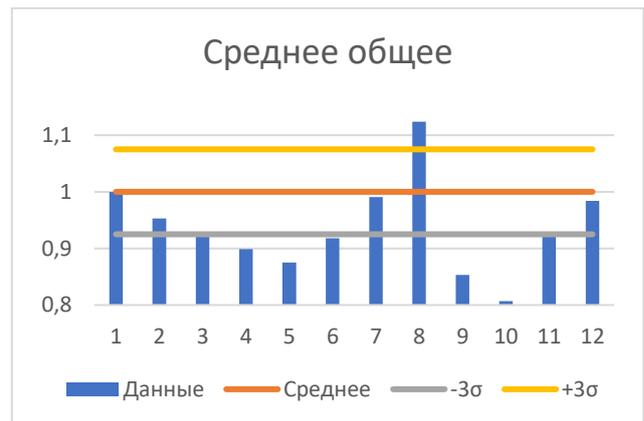
#### Долготные неоднородности поля СО и вариации геомагнитного поля

При этом оказалось, что предложенный метод проблематично столь же прямолинейно применить к изучению эволюции глобального поля серебристых облаков северного полушария. Проблему составляет как исключительно сложный характер метеорологических явлений в высоких (арктических) и средних широтах, так и значительное влияние орографических факторов (рельефа) на движение и трансформацию воздушных масс в Арктике. В этой связи наряду с изучением интегральных характеристик поля серебристых облаков северного полушария, исследовались и дифференциальные его характеристики. Конкретно речь идёт о сравнении характера развития мезосферной облачности в отдельных 30-ти градусных долготных секторах.

В том случае, если бы развитие такой облачности определялось единственным центральным фактором, облачное поле имело бы симметричную, округлую форму. На деле, как показал анализ данных космической съёмки для сезонов 2007-2020 годов, глобальное поле серебристых облаков северного полушария Земли имеет явные долготные неоднородности, проявляющиеся в их структуре с постоянством в пространстве и времени (рис. 3).

Как показано на рисунке 3, в целом наиболее интенсивно серебристые облака на интервале сезонов 2007-2020 годов формировались в области долгот от 210 до 240 градусов, а слабее всего развивались в секторе долгот от 270 до 300 градусов. В чём причина такого явления. Возможно ли, что речь идёт о влиянии неких устойчивых тропосферных факторов, проявляющихся от сезона к сезону или о действии

факторов орографических. О том, что ситуация на деле сложнее, можно судить по тому, как менялось от сезона к сезону положение секторов с преимущественным или же слабым развитием поля серебристых облаков северного полушария (рис. 4).

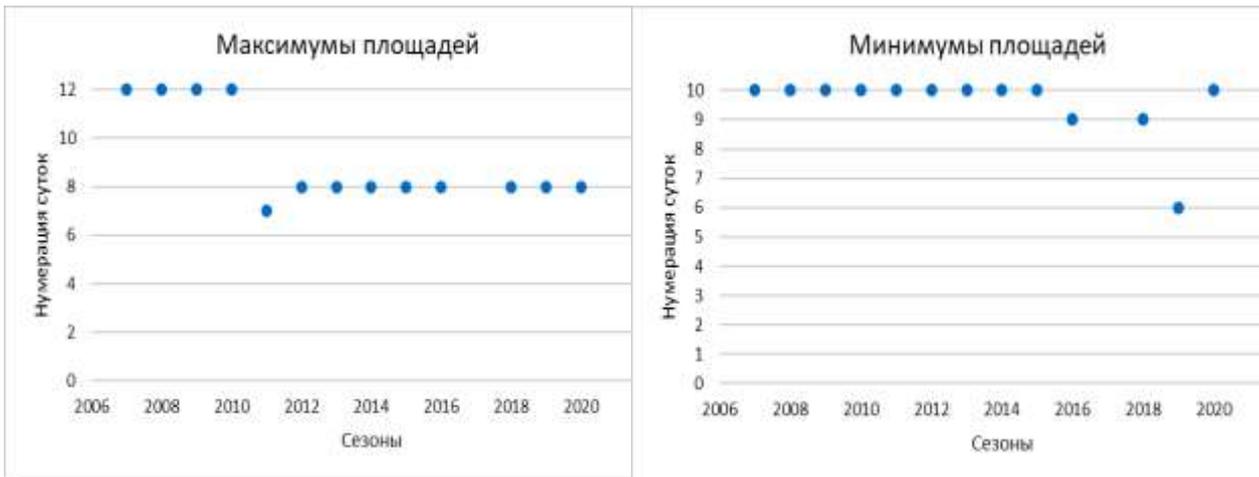


**Рисунок 3** – Усреднённые за все сезоны относительные площади долготных секторов поля серебристых облаков. По горизонтали приведены номера долготных секторов, а по вертикали их площади в миллионах квадратных километров.

Как видно на рисунке положение сектора с максимальным широтным развитием облачного поля претерпело резкое изменение. Так в сезоны 2007-2010 годов он ограничивался долготами в диапазоне 330-360 градусов (12 сектор). Затем, начиная с сезона 2011 года, максимум площади облачного поля резко переместился в область долгот от 210 до 240 градусов (8 сектор). Что касается долгот с минимальным развитием поля серебристых облаков, то они весьма устойчиво в сезоны с 2007 по 2015 год приходились на диапазон от 270 до 300 градусов (10 сектор). В

сезоны 2016 – 2018 годов положение этого сектора слабо флуктуировало, а в сезон 2020 года его прежнее положение вновь восстановилось. Нетрудно понять, что этот факт требует исключения из рассмотрения, по крайней мере, орографического фактора. И в то же время предварительный анализ результатов расположения и смещения «активных» долгот показывает их сходство с поведением

геомагнитных полюсов, которые в те же годы перемещались примерно в тех же секторах. Поэтому дальнейшие исследования природы серебристых облаков перспективны включением поиска связи возникновения и эволюции их структурных элементов с геофизическими процессами в магнитосфере и с влияющими на них факторами солнечной активности.



**Рисунок 4** – Межсезонное изменение номера сектора с максимальным развитием поля серебристых облаков (слева) и с минимальной площадью (справа).

### Гравитационное поле и природа инертной массы

Среди всех видов фундаментальных физических полей наибольшее внимание науки привлекает гравитационное поле. На объяснение его природы претендует несколько альтернативных теорий [20-23]. Не касаясь этой глобальной стороны проблемы, мы, тем не менее, попытались развить свой взгляд на один из связанных с гравитацией вопросов, а именно, природы инертной массы. В этом направлении нам представилось возможным, не выходя за рамки классической науки, физически обосновать связь инертной массы с действием общего гравитационного поля всей Вселенной. Следствием этой предпосылки стало получение универсальной связи между массой ( $M$ ) и радиусом Вселенной ( $R$ ) через соотношение фундаментальных констант вида:

$$\frac{M}{R} = \frac{c^2}{G} = 1,35 \cdot 10^{27} \frac{кг}{м}. \quad (1)$$

Здесь  $c$  – скорость света в вакууме,  $G$  – гравитационная постоянная. При всей кажущейся простоте данного соотношения, оно имеет значимое научное содержание, поскольку в рамках разумных физических допущений

позволяет оценить несколько фундаментальных параметров нашей Вселенной (табл. 1)

**Таблица 1** – Важнейшие космологические параметры Вселенной

Параметр	Численное значение
Расстояние до самых далеких объектов (задаётся)	12,5 - 13,4 млрд. св. лет
Масса Вселенной	$\sim 10^{53}$ кг
Количество звёзд во Вселенной	$\sim 10^{22} - 10^{24}$
Количество галактик во Вселенной	$\sim 10^{11} - 10^{12}$
Средняя плотность Вещества во Вселенной	$\sim 10^{-28}$ кг/м <sup>3</sup>
Критическая плотность вещества во Вселенной	$9,31 \cdot 10^{-27}$ кг/м <sup>3</sup>

Единственным параметром модели, который задаётся данными наблюдений, является расстояние до самых удалённых объектов Вселенной. Все остальные параметры вычисляются, при этом результаты модельной оценки очень близки к тем, которые дают весьма

изошрѐнные физические теории. Но ценность подхода состоит не только в этом. Исходя из универсального соотношения массы и радиуса Вселенной, можно оценить и другие её характеристики [24].

В частности, размерность константы кг/м имеет смысл линейной (радиальной) плотности вещества. Исходя из значения этой величины, можно оценить средний объѐм пространства, приходящийся на типичную звезду (Солнце) и среднее расстояние между звѐздами во Вселенной. Толщина шарового слоя, содержащего требуемую массу, составит 1481 метр, а объѐм, соответственно,  $9.63 \times 10^6$  пк<sup>3</sup>. Отсюда среднее расстояние между звѐздами во Вселенной будет близко к 213 парсекам. Это сильно отличается от среднего расстояния между звѐздами в галактиках, которое примерно в 100 раз меньше приведѐнной выше величины. Таким образом, наглядно видна роль иерархического строения Мегамира и галактик как концентраторов вещества во Вселенной [24].

Полагая, что энергия вращения Вселенной близка к её полной гравитационной энергии (близко к теореме о вириале), можно оценить период вращения Вселенной, пренебрегая кинетической энергией расширения её составляющих. Последнее оправдано в той связи, что само расширение Вселенной может быть следствием её вращения. Итак, имеем:

$$0.2 \cdot MR^2 \omega^2 = \frac{GM^2}{R}. \quad (2)$$

Здесь  $\omega$  – угловая скорость вращения Вселенной. Преобразуя соотношение (2) получим для угловой скорости оценочное соотношение:

$$\omega = \frac{2.236 \cdot c}{R}.$$

Нетрудно найти, что соответствующая угловая скорость вращения Вселенной будет близка к  $2.68 \cdot 10^{-18} c^{-1}$ , а период вращения составит  $2.34 \cdot 10^{18}$  секунд или 75.6 миллиардов лет. Полученная величина в разумных пределах близка к оценкам других авторов.

Разумеется, авторам известна проблематичность самой постановки вопроса о вращении Вселенной. Ограничение на развитие этого представления накладывает отсутствие анизотропии в распределении реликтового излучения. Но сама постановка вопроса поиска такой анизотропии должна быть связана с топологией Вселенной, по крайней мере, с её мерностью. И если обычно мерность принимается

равной 3, то обнаруженная нами константа линейной плотности указывает на то, что мерность Вселенной на предельно больших расстояниях уменьшается до единицы. Не исключено, что мерность пространства связана со временем. То есть те масштабы Вселенной, которым мы приписываем свойство одновременности событий и описываются понятием формы Вселенной, в частности, сферической. Уѐт таких соображений требует использования совсем другого подхода к решению вопроса о влиянии вращения Вселенной на распределение реликтового излучения в ней, в том числе на ожидаемую величину анизотропии его распределения.

### Существует ли информационное поле?

Кроме тех физических полей, которые являются обыденным предметом физической науки, могут ли существовать иные поля, определяющие малоизученные виды взаимодействий? Этот вопрос раз за разом ставит практика научного эксперимента. И речь не обязательно идёт об «альтернативной» науке. Наиболее актуальна на наш взгляд постановка вопроса о наличии неизвестного пока что поля, ответственного за природу информации. Разумеется, речь идёт, не о той информации, которая циркулирует в сети интернет, но о природе (причине) возникновения носителей информации на молекулярном уровне (генома), природе мышления, взаимовлиянии мыслительной деятельности субъекта и объекта исследований. Эти вопросы пока что в полной мере даже не сформулированы. Отчасти они отражены в работах Шредингера [25], Козырева [26] и некоторых других исследователей. И, тем не менее, ставить проблему изучения природы информации своевременно. Работа в этом направлении потенциально значима невероятным по силе научным продвижением фундаментального и практического характера.

Нам представляется весьма заманчивым в этой связи всесторонне проанализировать свойства нейтринного поля Вселенной. С одной стороны, такой подход хорош тем, что не требует искусственного умножения физических сущностей, а с другой даже предварительные оценки параметров поля потока солнечных нейтрино обнаруживают интереснейшие совпадения со свойствами структуры нейронных сетей мозга. Однако, говорить о деталях плана дальнейших исследований в этом направлении мы полагаем пока преждевременным.

## Выводы

Представления о физических полях как о материальных субстанциях, влияющих на протекание физических процессов, равно как и сугубо математизированные модели пространственно-временного распределения неких физических параметров играют важнейшую роль в изучении взаимосвязи природных явлений, процессов и сущностей (таких как погодно-климатические условия и облакообразование или гравитация и инертная масса, например).

В такой связи применение концептуального полевого подхода при изучении самых разнообразных явлений физической пока ещё малоизученной, природы оказывается весьма продуктивным. Практическая значимость получаемых при этом результатов очевидна. При изучении атмосферных процессов она заключается в более полном понимании сущности климатических изменений и получении дополнительных критериев при оценивании их характера. Что же касается фундаментальных приложений, то теоретическую значимость их подтвердит или опровергнет дальнейшее развитие науки.

## Литература

- 1 Ландау Л. Д., Лифшиц Е. М. Теория поля. – Издание 8-е, стереотипное. – М.: Физматлит, 2001. – 534 с.
- 2 Матвеев Л.Т. Курс Общей метеорологии. Физика атмосферы. Л.: Гидрометеоиздат, 1984. – 751 с.
- 3 Гришин Н.И. Метеорологические условия, влияющие на появление серебристых облаков //Метеорология и гидрология. Гидрометеорологическая служба СССР. – 1953. – №4. – С. 27-30.
- 4 Villmann Ch. On the observations of noctilucent clouds in Tallinn in 1957-1958. All-Union Astronomical-Geodetical Society, Estonian Branch, Tartu. – 1959. – P 41-51.
- 5 Новожилов Н.И. Наблюдения серебристых облаков над Карельским перешейком //Природа. – 1960. – №10. – P. 80-81.
- 6 Grishin N.I. Meteorological conditions for the appearance of noctilucent clouds //Proceedings of the VI conference on Noctilucent Clouds, Akademia Nauk Latvia SSR, Riga. – 1961. – P.107-140.
- 7 Бронштэн В.А., Гришин Н.И. Серебристые облака. – М: Наука, 1970. – 359 с.
- 8 Гришин Н.И. Исследования мезосферных облаков //Труды метеорологических исследований. Физика мезосферы и мезосферных облаков / Под ред. О.Б. Васильева. – М.: Наука, 1975. – С.23-32.
- 9 Thoma, G.E. Solar Mesosphere Explorer measurements of polar mesospheric clouds (noctilucent clouds) //J. Atmos. Terr. Phys. – 1984. – Vol.46 (9). – P.819-824.
- 10 Gadsden M., and Schröder W., Noctilucent Clouds. – New York: Springer, 1989.
- 11 Солодовник А.А., Журавлев П.Л., Серебристые облака: проблема происхождения, исследование на примере генерации антропогенного облачного поля //Материалы XXIII Международной научно-практической конференции «Наука и современность-2013», Новосибирск, Россия, 2013. – P.19-23.
- 12 Солодовник А.А., Журавлев П.Л. Методика и первые результаты картографического анализа связи генезиса серебристых облаков с метеорологией тропосферы. //Материалы XII Международной научно-практической конференции «Новое слово в науке и практике: гипотезы и проверка результатов исследований», Новосибирск, Россия. – 2014. – P.17-22.
- 13 Solodovnik A., Leontiev P., Dalin P. Studies of the influence of tropospheric factors on the formation of noctilucent clouds by a cartographic method //Journal of atmospheric and solar terrestrial physics. – 2020. – Vol. 200, April 2020. – Art.No.105224.
- 14 Demissie T.D., Espy P.J., Kleinknecht N.H., Halten M., Kaifle, N., and Baumgarten G., Characteristics and sources of gravity waves observed in noctilucent cloud over Norway //Atmos. Chem. Phys. 2014. – Vol.14, Iss.22. – P. 12133–12142.
- 15 Fritts D.C., and Alexander M.J. Gravity wave dynamics and effects in the middle atmosphere. //Reviews of Geophysics. – 2003. – Vol.41. – 1003.
- 16 Gerrard A.J., Kane T.J., Eckermann S.D., and Thayer J.P., Gravity waves and mesospheric clouds in the summer middle atmosphere: a comparison of lidar measurements and ray modeling of gravity waves over Sondrestrom //Greenland. J. Geophys. Res. – 2004. – Vol.109. – D10103.
- 17 Dalin P., Pogoreltsev A., Pertsev N., Perminov V., Shevchuk N., Dubietis A., Zalcik M., Kulikov S., Zadorozhny A., Kudabayeva D., Solodovnik A., Salakhutdinov G., and Grigoryeva I. Evidence of the formation of noctilucent clouds due to propagation of an isolated gravity wave caused by a tropospheric occluded front //Geophys. Res. Lett. – 2015. – Vol.42. – P.2037–2046.
- 18 Dalin P., Gavrillov N., Pertsev N., Perminov V., Pogoreltsev A., Shevchuk N., Dubietis A., Völger P., Zalcik M., Ling A., Kulikov S., Zadorozhny A., Salakhutdinov G., and Grigoryeva I. A case study of long gravity wave crests in noctilucent clouds and their origin in the upper tropospheric jet stream //J. Geophys. Res. Atmos. – 2016. – Vol.121. – P. 23.

- 19 Solodovnik A., Leontiev P., Dalin P., Takenov B., Alyoshin D. Seasonal evolution and interseasonal changes in polar mesospheric clouds at high latitudes in the Southern Hemisphere // *J. of Atmospheric and Solar-Terrestrial Physics*. – 2021. – Vol.226. – Art.No 105787.
- 20 Schlamminger S., Choi K.-Y., Wagner T. A., Gundlach J. H., and Adelberger E. G. Test of the Equivalence Principle Using a Rotating Torsion Balance // *Phys. Rev. Lett.* – 2008. – Vol. 100, Iss. 4. – 041101.
- 21 Turyshev S.G. Experimental tests of the general theory of relativity: recent successes and future directions of research // *UFN*. – 2009. – Vol. 179, No. 1, pp.3-34.
- 22 Touboul P., et al. The MICROSCOPE mission: first results of a space test of the Equivalence Principle // *Phys. Rev. Lett.* – 2017. – Vol. 119, Iss. 23. – 231101.
- 23 Okun L.B. The concept of mass // *UFN*. – 1989. – Vol. 158, No. 3. – P.511-530.
- 24 Солодовник А.А., Леонтьев П.И., Усеинов Б.М. Оценка параметров Вселенной исходя из связи инертной и гравитационной масс // *Вестник КазНУ. Серия физическая*. – 2022. – №1(80). – С.22-27.
- 25 Шредингер Э. Что такое жизнь? Физический аспект живой клетки. – Москва-Ижевск, НИЦ «Регулярная и хаотическая динамика», 2002. – 92 с.
- 26 Козырев Н.А. Избранные труды. – Л.: Изд-во ЛГУ, 1991. – 443 с.

## References

- 1 L.D. Landau and E.M. Lifshits, *Teoriia polia*, Izdanie 8-e, stereotipnoe, (Moscow, Fizmatlit, 2001), 534 s. (in Russ).
- 2 L.T. Matveev, *Kurs Obshchei meteorologii. Fizika atmosfery*, (Leningrad, Gidrometeoizdat, 1984), 751 s. (in Russ).
- 3 N.I. Grishin, *Meteorology and Hydrology, the Gidrometeorological service of USSR*, 4, 27-30 (1953). (in Russ).
- 4 Ch. Villmann, On the observations of noctilucent clouds in Tallinn in 1957-1958, All-Union Astronomical-Geodetical Society, Estonian Branch, Tartu, 41-51 (1959).
- 5 N.I. Novojilov, *Priroda* 10, 80-81 (1960). (in Russ).
- 6 N.I. Grishin, Meteorological conditions for the appearance of noctilucent clouds, *Procs of the VI conf. on Noctilucent Clouds, Akademia Nauk Latvia SSR, Riga*, 107-140 (1961).
- 7 V.A. Bronshten and N.I. Grishin, *Noctilucent clouds*, (Nauka, Moscow, 1970), 359 p. (in Russ).
- 8 N.I. Grishin, *Studies of mesospheric clouds, Proceedings of Meteorological Studies. Physics of the Mesosphere and Mesospheric Clouds*, Ed. O.B. Vasylov, (Nauka, Moscow, 1975), pp.23-32. (in Russ).
- 9 G.E. Thomas, *J. Atmos. Terr. Phys.* 46 (9), 819–824 (1984).
- 10 M. Gadsden, and W. Schröder, *Noctilucent Clouds*, (Springer, New York, 1989).
- 11 A.A. Solodovnik, and P.L. Zhuravlev, *Noctilucent Clouds: the problem of origin, the study of the example of anthropogenic cloud field generation*, *Procs of the XXIII Intern. scientific-practical conf., Science and Modernity-2013, Novosibirsk, Russia*, 19-23 (2013). (in Russ).
- 12 A.A. Solodovnik, and P.L. Zhuravlev, *Method and the first results of the cartographic analysis of relationship noctilucent clouds genesis with meteorology of the troposphere*, *Procs of the XII Intern. scientific-practical conf. "New word in science and practice: hypotheses and testing of research results"*, *Novosibirsk, Russia*, 17-22 (2014). (in Russ).
- 13 A. Solodovnik, P. Leontiev, and P. Dalin, *J. of atmospheric and solar terrestrial physics*, April 2020, 105224 (2020).
- 14 T.D. Demissie, P.J. Espy, et al., *Atmos. Chem. Phys.*, 14 (12), 12133–12142 (2014).
- 15 D.C. Fritts and M.J. Alexander, *Reviews of Geophysics*, 41 (1), 1003 (2003).
- 16 A.J. Gerrard, et al., *Greenland. J. Geophys. Res.*, 109, D10103 (2004).
- 17 P. Dalin, et al., *Geophys. Res. Lett.*, 42, 2037–2046 (2015).
- 18 P. Dalin, et al., *J. Geophys. Res. Atmos.*, 121, 23 (2016).
- 19 A. Solodovnik, et al., *J. of Atmospheric and Solar-Terrestrial Physics*, 226, 105787 (2021).
- 20 S. Schlamminger, et al., *Phys. Rev. Lett.*, 100 (4), 041101 (2008).
- 21 S.G. Turyshev, *UFN*, 179 (1), 3-34 (2009).
- 22 P. Touboul, et al., *Phys. Rev. Lett.*, 119 (23), 231101 (2017).
- 23 L.B. Okun, *UFN*, 158 (3), 511-530 (1989).
- 24 A.A. Solodovnik, et al., *Recent Contributions to Physics*, 1 (80), 22-27 (2022) (in Russ).
- 25 E. Shredinger, *Что такое жизнь? Физический аспект живой клетки*, (Москва-Ижевск, NITs Reguliarnaia i khaoticheskaia dinamika, 2002), 92 p. (in Russ).
- 26 N.A. Kozyrev, *Izbrannye Trudy*, (Leningrad, LGU, 1991), 443 p. (in Russ).