

XXXI Областная научно-практическая конференция «Молодость — науке»
памяти А.Л. Чижевского

Секция «Астрономия»
Научно-исследовательская работа

**«Изучение изменения характеристик атмосферы во время
солнечного затмения 25 октября 2022 года»**

Автор работы:

Артемова Юлия Александровна,
учащаяся 9 класса

Научный руководитель:

Алексеев Александр Юрьевич,
научный сотрудник физико-
астрономического отдела ГМИК им. К.Э.
Циолковского

Калуга, 2023

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	3
ГЛАВА I. Солнечные затмения и их современные исследования	5
1.1 Природа солнечных затмений и методы их исследования	5
1.1.1 Что такое солнечное затмение? Классификация затмений.....	5
1.1.2 Методы исследования солнечных затмений	7
1.2 Современное состояние исследования солнечных затмений и их влияния на Землю	8
ГЛАВА II. Методика наблюдений и полученные результаты	12
2.1 Описание методики	12
2.2 Результаты измерений	15
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	18
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ	19
ПРИЛОЖЕНИЕ	20

ВВЕДЕНИЕ

Затмения вызывали интерес еще с древнейших времен. Когда не было научного объяснения этого явления, внезапное потемнение Солнца или Луны на небе было довольно пугающим событием. Первые упоминания о солнечных и лунных затмениях появились во II тысячелетии до нашей эры в древнекитайских летописях. На протяжении всей истории человечество воспринимало эти астрономические явления как нарушение привычного хода вещей. Во многих культурах они также считались недобрый знаком. Затмениям давались сверхъестественные объяснения с целью привнести хотя бы некоторый смысл в это загадочное и неожиданное явление. Это напрямую было связано с религиозным мировосприятием людей того времени. Первое простое научное объяснение природы затмений было предложено греческим философом Фалесом в 6 веке до нашей эры. Он полагал, что затмение Солнца вызвано его покрытием Луною и потому возможно лишь в новолуние. Это открытие являлось огромным достижением, однако было не принято современниками.

Актуальность темы проекта.

Современные исследования направлены на изучение затмений с точки зрения влияния, оказываемого на атмосферу Земли. Измерение температуры воздуха, его влажности и других параметров во время солнечного затмения, а также анализ полученных данных делает возможным лучшее понимание динамики атмосферы, ее свойств и причинно-следственных связей некоторых природных явлений. Подобные исследования позволяют улучшать модели прогнозирования погоды и составлять наиболее точные метеопрогнозы, как краткосрочные, так и длительные. Эта тема несет особую ценность в условиях быстрого изменения климата на Земле.

Проблема, на решение которой направлен проект.

Слабая изученность свойств атмосферы Земли, выражающаяся в неточных метеопрогнозах и непредсказуемости изменения климата.

Цель проекта.

Изучение изменений некоторых параметров атмосферы в условиях солнечного затмения.

Задачи работы.

1. Изучить, что из себя представляет солнечное затмение, и причину возникновения этого явления.
2. Проанализировать современные исследования, связанные с затмением Солнца.
3. Получить данные на основе солнечного затмения 25 октября 2022 года.

4. Проанализировать полученные данные и сделать выводы.

Практическая значимость работы.

Получение уникальных данных во время редкого природного явления, а также освещение актуальности и области применения подобных исследований.

ГЛАВА I. Солнечные затмения и их современные исследования

1.1 Природа солнечных затмений и методы их исследования

1.1.1 Что такое солнечное затмение? Классификация затмений.

Солнечное затмение – это природное явление, при котором Луна перекрывает солнечный диск полностью или частично для наблюдателя с Земли. Это довольно редкое и интересное для изучения астрономическое событие. Как и любые физические тела, находящиеся недалеко от Солнца, Луна и Земля отбрасывают в противоположную от них сторону тени. Периодически во время новолуния может наступить ситуация, когда тень Луны попадает на Землю, и тогда в части нашей планеты произойдет солнечное затмение – Луна заслонит Солнце. Это происходит из-за того, что Луна находится около лунного узла – точки пересечения лунного и солнечного «пути» на небесной сфере.

Если бы плоскость лунной орбиты совпадала с плоскостью эклиптики, то в каждое новолуние происходило бы солнечное затмение. Однако, плоскость лунной орбиты пересекает плоскость эклиптики под углом около 5° (рис. 1). Поэтому Луна обычно проходит севернее или южнее плоскости эклиптики, и затмений не случается. В течение года на Земле обычно происходит 2-3 солнечных затмения.

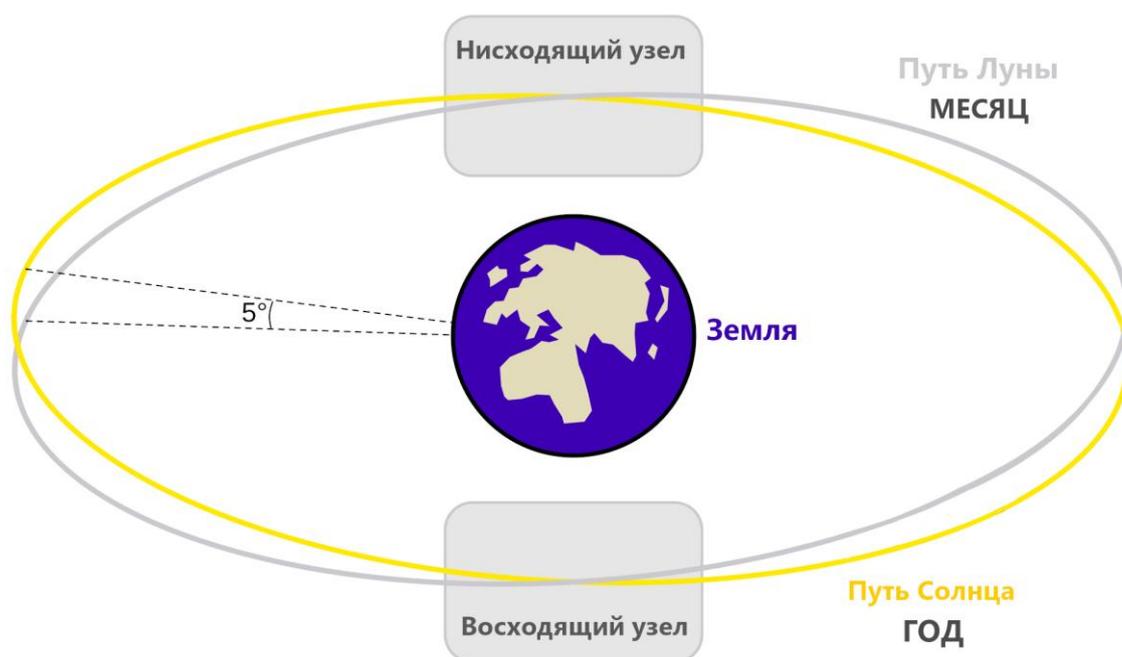


Рисунок 1 – Взаимное расположение плоскостей лунной орбиты и эклиптики на небесной сфере.

Вследствие небольшого изменения расстояний Земли от Луны и Солнца видимый угловой диаметр Луны то больше, то меньше солнечного, то равен ему. В связи с этим выделяют 4 вида солнечных затмений: **полное, частное, кольцеобразное и гибридное** [1]:

1. Если Солнце целиком закрыто Луной, затмение называется **полным**.

Солнечное затмение видно как полное только там, где на Землю падает пятно лунной тени. Диаметр пятна не превышает 250 км. Тень Луны со скоростью около 1 м/с движется по поверхности Земли примерно с запада на восток. Путь, который проходит тень Луны называется полосой **полного** солнечного затмения (рис. 2).

2. Если же случится так, что Луна закроет лишь часть Солнца, то затмение будет **частным**. Область видимости частных фаз солнечного затмения (её называют полутенью) значительно больше тени, её диаметр около 6000 км (рис. 2).

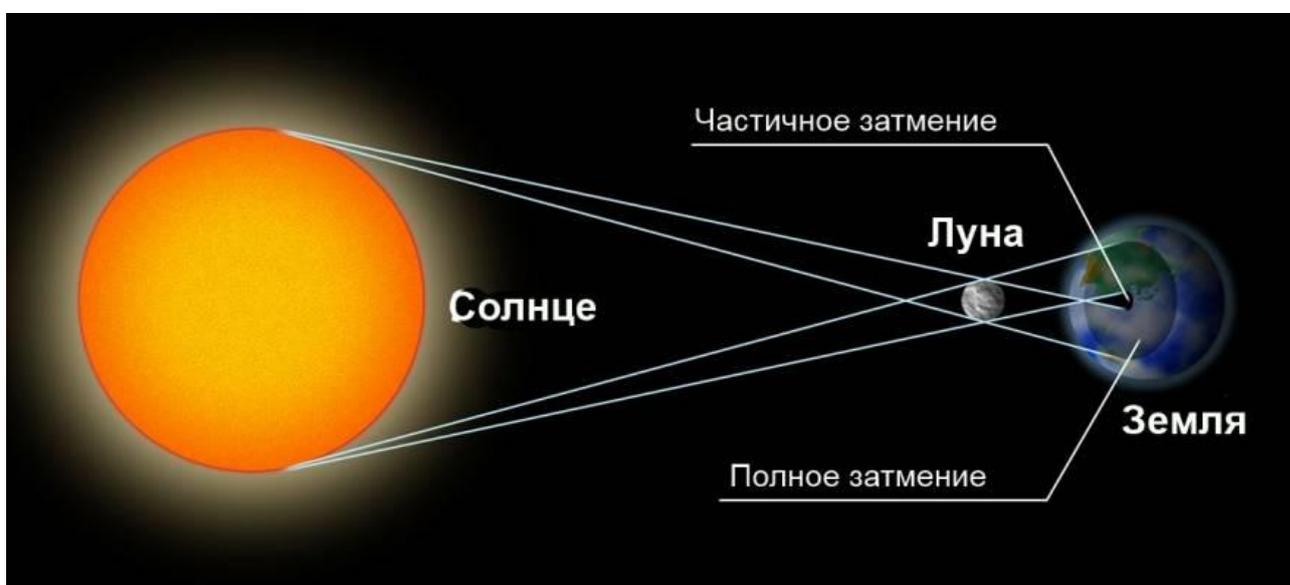


Рисунок 2 – схематическое изображение полного и частного солнечных затмений
(tayniymir.com)

3. Из-за эллиптичности орбит и Луны, и Земли расстояния от Земли до Луны и от Земли до Солнца меняются с течением времени. Поэтому может сложиться такая ситуация, что центры их видимых дисков на небе совпадают, но видимые размеры Луны окажутся меньше обычного, и она не закроет Солнце полностью, оставив от него яркое тонкое кольцо. Такое затмение называется **кольцеобразным** (рис. 3).

4. При **гибридном** солнечном затмении происходит следующий процесс: при полной фазе, из-за специфического расположения орбиты, спутник немного отодвигается от планеты. Кроме того, сама сферичность поверхности Земли является причиной, что наблюдатели в разных местах земного шара находятся на разном расстоянии до Луны. В результате в процессе затмения полная фаза сменяется на кольцеобразный вид. Бывает и

обратный процесс: затмение начитается как кольцеобразное, а к завершению становится полным [2].



Рисунок 3 – схематическое изображение полного, кольцеобразного и частного солнечных затмений (mavink.com).

1.1.2 Методы исследования солнечных затмений

Проводить исследования, связанные с солнечным затмением, можно разными способами. Использование того или иного метода зависит от объекта исследования. В данном случае нам представлены три объекта изучения: Солнце, Луна и Земля:

1. При наблюдении солнечного затмения в телескоп с использованием специальных фильтров предоставляется возможность изучения фотосферы Солнца. Кроме того, при полном солнечном затмении появляется возможность изучения короны Солнца, которая становится хорошо видна.

2. Благодаря фотографированию, можно рассчитать время, в течении которого происходило данное астрономическое явление, а также как линейную, так и площадную фазу затмения. С помощью этих данных могут быть уточнены параметры орбиты Луны.

3. С помощью специальных приборов мы можем зафиксировать изменения характеристик атмосферы Земли и изменение интенсивности потока излучения в условиях солнечного затмения. Такого рода исследования можно провести в рамках различных моделей атмосферы. Их использование позволяет исследовать различные характеристики атмосферы Земли с учетом разных метеоусловий.

1.2 Современное состояние исследования солнечных затмений и их влияния на Землю.

Ранее проводились исследования, связанные с затмением Солнца, в ходе которых удалось установить некоторые взаимосвязанные процессы и их последствия. Основные выводы, сделанные при изучении связи метеоявлений с солнечными затмениями на основе данных, полученных при полном солнечном затмении 31 июля 1980 года, состоят в том, что потери тепловой энергии при экранировании Луной видимого солнечного диска оказывают заметное влияние на все физические явления и процессы, происходящие в атмосфере и деятельном слое подстилающей поверхности Земли [3]. В области лунной полутени нормированный поток солнечной энергии принимает меньшие нежели солнечная постоянная ($A_0=1360,8\pm 0,5$ Вт/м²) значения, а в области лунной тени равен нулю. Как следствие, поверхность Земли и атмосфера в это время интенсивно теряли тепловую энергию, то есть охлаждались. В ходе анализа спектра вариаций температуры и осадков, полученных на климатологической станции «Александровск» (50°5' с.ш., 142°1' в.д.), время наблюдений 1991-2000 гг., были сделаны следующие выводы: затмения приводят к уменьшению среднемесячной температуры и увеличению осадков синхронно с затемнениями Солнца, независимо от того региона Земли, по которому прошла тень Луны. Кроме того, авторами работы было выдвинуто предположение, что в результате действия затмения образуется подвижное атмосферное образование типа циклона, которое распространяется по поверхности Земли.

В зарубежных странах также было проведено немало исследований, связанных с солнечными затмениями и их влиянием на земную атмосферу. Например, 11 августа 1999 года ученым представился шанс наблюдать полное солнечное затмение, полоса которого охватила южную часть Германии [4]. Для получения каких-либо заключений было проведено сравнение данных, полученных в течение затмения 1999 года, с математической моделью этого дня, созданную без затмения. Также велись исследования влияния затмения на возникновение бриза на основе данных, полученных при затмениях 29 марта 2006 года, 1 августа 2008 года, 4 января 2011 года.

Был составлен междисциплинарный обзор полученных измерений и результатов, описывающий влияние не только на метеорологические явления, но и на сельскохозяйственные культуры, морскую флору и фауну, созданный на основе затмения 26 марта 2006 года. Вдобавок были представлены результаты изучения изменения солнечной радиации над территорией Греции.

В Европе исследования влияния солнечного затмения несут особую ценность в связи с тем, что на данный момент активно развиваются возобновляемые источники энергии, в

частности, электростанции, работающие на солнечных батареях. Исследования, проводимые в связи с полным солнечным затмением 20 марта 2015 года в Германии, базировались на численной модели прогноза погоды. Были составлены прогнозы с учетом различных метеорологических условий. Был составлен прогноз для двух ситуаций. В лучшем случае погода будет пасмурной, в худшем – ясной. Были проведены расчеты освещенности поверхности в этих двух случаях и оценка падения мощности солнечных преобразователей.

Падение и последующее повышение температуры находится в тесной корреляции с изменениями коротковолнового излучения Солнца. В течение остальной части дня температура остается ниже, чем могла бы быть в условиях отсутствия затмения. Хотя последствия солнечного затмения сильно зависят от местных метеоусловий и времени года, общее влияние на нижнюю тропосферу может быть представлено следующим образом: в дневное время, при отсутствии облаков наблюдается снижение потока поверхностной энергии из-за резкого снижения солнечного излучения, температура вблизи поверхности земли падает, как прямая реакция на уменьшение потока поверхностной энергии. Недостаток энергии не может быть компенсирован в течение остальной части дня, и температура остается ниже, чем могла бы быть. Изменения в количестве поверхностной энергии и температуре около поверхности Земли влияют на весь пограничный слой через изменения в вертикальном переносе энергии. Во время этого процесса изменяется температурный режим, который, в свою очередь, влияет на другие переменные, такие как ветер и влажность. Заметная интенсификация может наблюдаться при присутствии горно-долинных ветров, а также при более масштабных циркуляциях воздуха. В зависимости от орографии или содержания воды в почве может быть оказано влияние на формирование и растворение облаков [4].

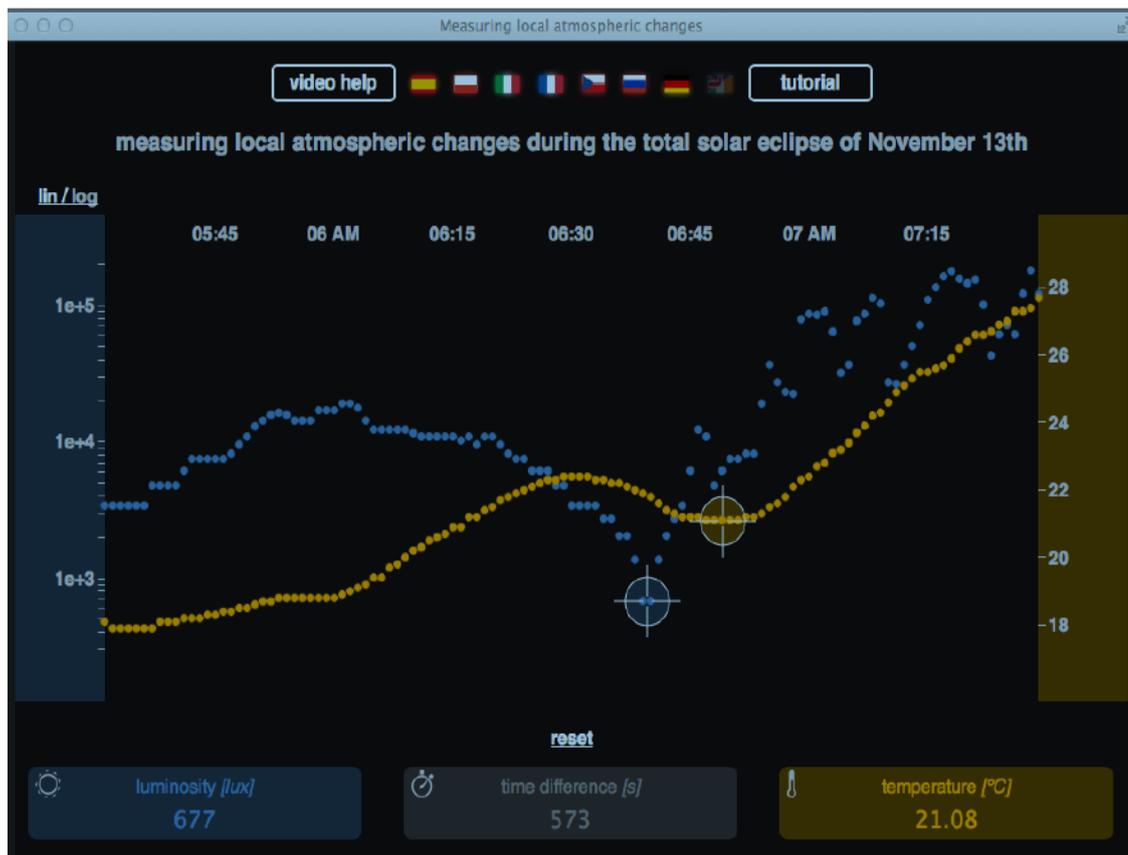


Рисунок 4 – график солнечного излучения (синий) и температуры атмосферы (желтый) при затмении 13 ноября 2013 года [5]

В условиях гибридного затмения 3 ноября 2013 года было проведено исследование атмосферной тепловой инерции [5]. Полоса затмения пересекала Северную Атлантику и Экваториальную Африку. Точка, из которой осуществлялись наблюдения находилась на северо-востоке Кении, восточном берегу озера Туркана. Такой эффект, как уменьшение температуры окружающей среды, происходит не мгновенно после начала затмения, а через какое-то время в диапазоне от 2 до 20 минут. Эта задержка зависит от многих факторов, таких как время суток, наличие поблизости водоемов, близость к лесистой местности и т.д. Для ее измерения нужно отметить время, в которое интенсивность излучения минимальна, что совпадает с максимальной фазой затмения, а также время, когда температура минимальна. Тепловая реакция атмосферы или атмосферная тепловая инерция – это интервал времени между этими двумя минимумами [5].

Результаты измерения температуры атмосферы и солнечного излучения во время затмения 2013 года показаны на рисунке 4. По данным графика разница между минимумами температуры и солнечного излучения составила 573 секунды (9,55 минуты).

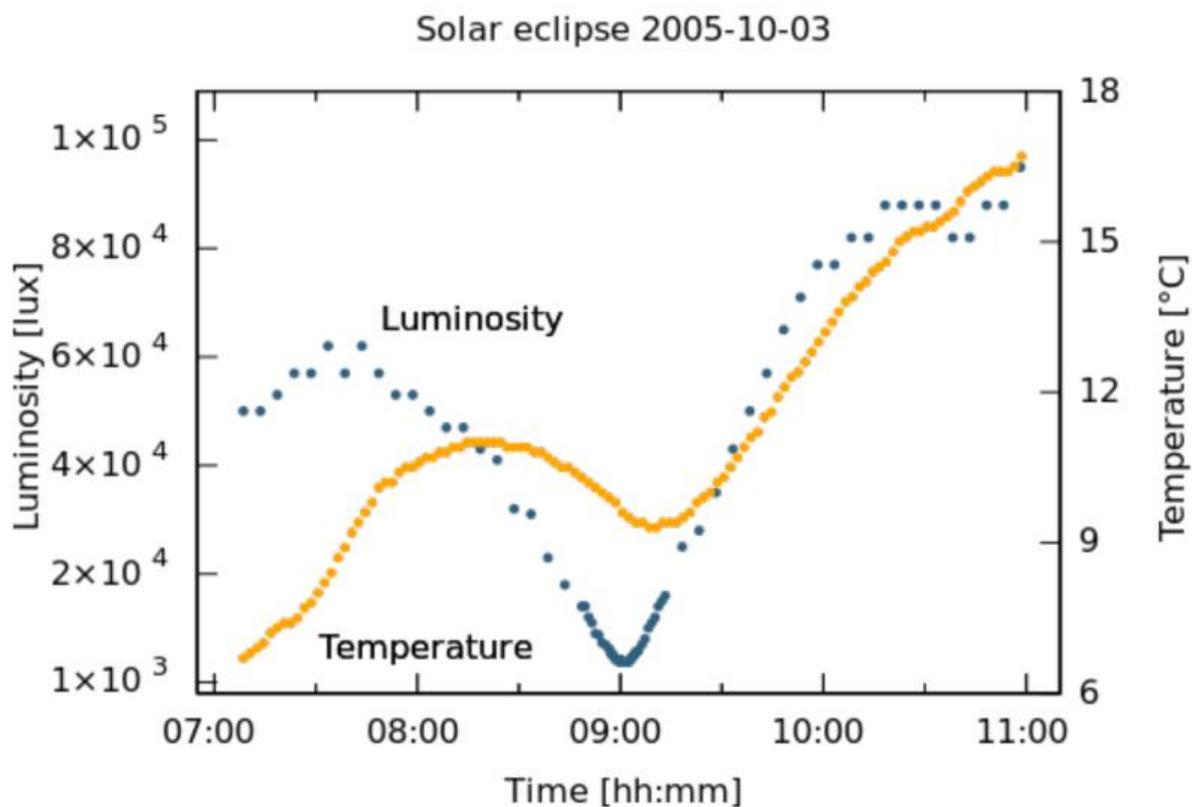


Рисунок 5 – график солнечного излучения (синий) и температуры (желтый) в зависимости от времени. Данные затмения 3 октября 2005 года [5]

На рисунке 5 показаны аналогичные измерения во время затмения 2005 года, которое происходило в Африке. Тепловая инерция атмосферы во время этого затмения составила примерно 12 минут.

ГЛАВА II. Методика наблюдений и полученные результаты

2.1 Описание методики

Солнечное затмение 25 октября 2022 года являлось частным затмением 124 сароса и было видно в Европе, на Ближнем Востоке, в Центральной Азии и Западной Сибири. Наблюдение затмения производилось в Калуге на базе астрономической обсерватории при ГМИК им. К.Э. Циолковского. В Калуге затмение началось в 12 ч 24 м по московскому времени и закончилось в 14 ч 52 м. Максимальная линейная фаза затмения составила 69%. Карта-схема затмения показана на рисунке 6.

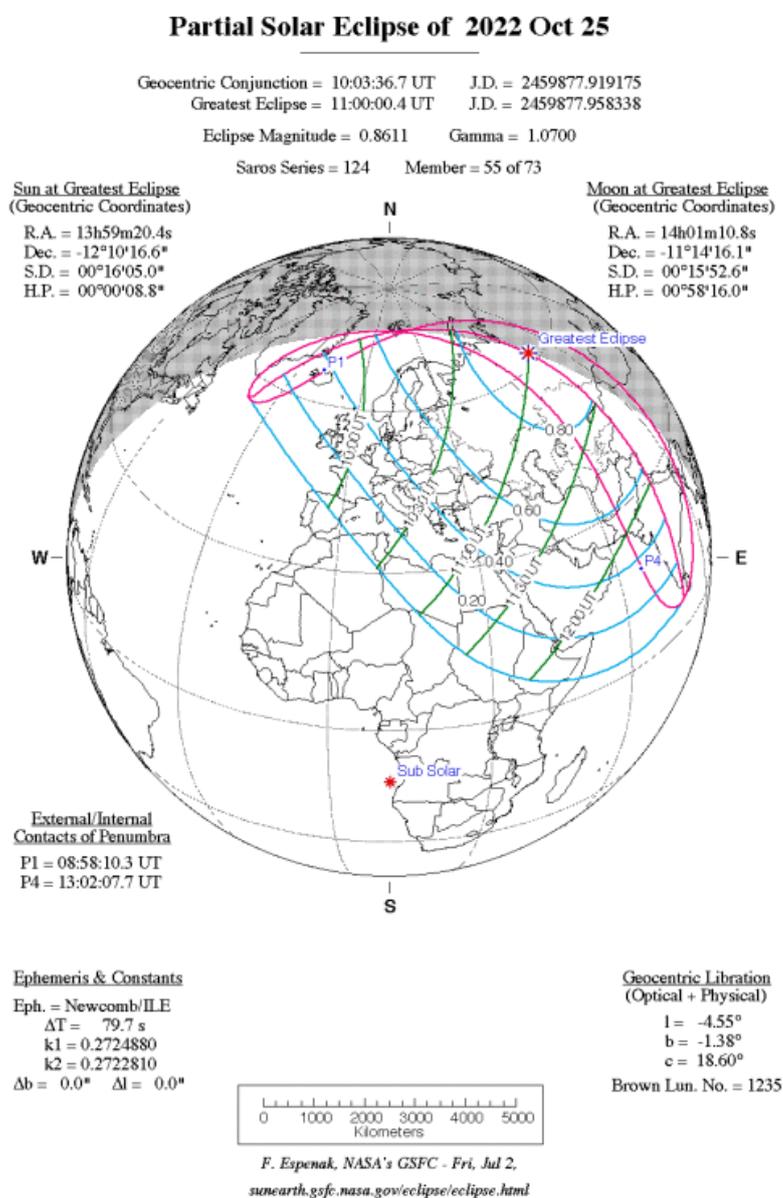


Рисунок 6 – Карта-схема солнечного затмения 25 октября 2022 года [6]

Измерения характеристик атмосферы производились прибором «Точка росы» (рис. 7), в основе которого используется датчик hdc 1080. Датчик откалиброван в заводских условиях и имеет рабочий диапазон температур $-40^{\circ}\text{C} - +85^{\circ}\text{C}$. Датчик определяет температуру воздуха с точностью $\pm 0.2^{\circ}\text{C}$ и относительную влажность воздуха с точностью $\pm 2\%$.



Рисунок 7 – измерительный прибор «Точка росы»

Измерения производились путем снятия данных с прибора через равные промежутки времени (раз в 5 минут). Чтобы оценить эффект влияния затмения на атмосферу, измерения были начаты за час до его начала. Закончены измерения были через час после окончания затмения. К сожалению, погода была ясная только в первую половину затмения (примерно до 13 ч 30 м). Затем началась переменная облачность. Облака полностью закрыли небо в 14 ч 25 м.



Рисунок 8 – телескоп ТЕС АРО 250, астрономическая обсерватория ГМИК им. К.Э. Циолковского

Во время всего затмения в обсерватории на телескопе-рефракторе ТЕС АРО 250 и фотоаппарате CanonR производилось автоматическое фотографирование диска Солнца с промежутком времени 30 с (рис. 8). Параметры телескопа: апертура 250 мм, фокусное расстояние – 2 200 мм. Для фотографирования применялся светофильтр на основе алюминиевой фольги. Пример фотографии затмения показан на рисунке 9.

На основе полученных фотографий была построена линейная фаза затмения.



Рисунок 9 – фотография затмения 25 октября 2022 года (фотоаппарат CanonR, телескоп ТЕС АРО 250, астрономическая обсерватория ГМИК им. К.Э. Циолковского)

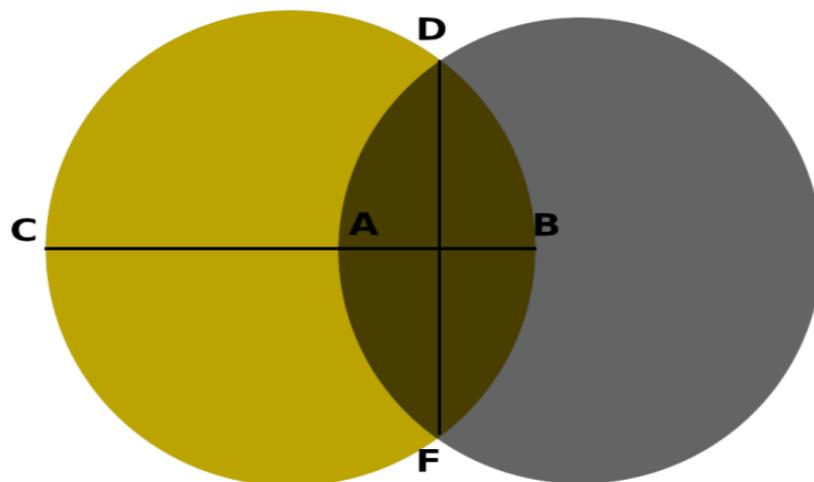


Рисунок 10 – схематическое изображение солнечного затмения для вычисления линейной фазы на основе фотографий

Рисунок 10 иллюстрирует принцип построения линейной фазы затмения по фотографии. Линейная фаза определяется по формуле:

$$\Phi = \frac{AB}{BC}$$

где BC – диаметр солнечного диска, AB – закрытая часть диаметра BC.

Закрытый отрезок AB достаточно сложно измерить по фотографии, в отличие от отрезка DF. Если принять для упрощения, что диаметр диска Солнца равен диаметру диска Луны, то путем геометрических вычислений получаем следующую формулу для линейной фазы затмения:

$$\Phi = 1 - \sqrt{1 - \left(\frac{DF}{BC}\right)^2}$$

Данные для определения линейной фазы по фотографиям получались с использованием графической программы GIMP, в которой производилось измерение размера диска Солнца и расстояние DF в пикселях.

2.2 Результаты измерений.

Результаты измерений температуры атмосферы во время затмения показаны на графике (рис. 11).

На рисунке фиолетовыми точками показана не линейная фаза Φ , а величина $1-\Phi$ (обратная линейная фаза). Это сделано для удобства сравнения с результатами работы [5]. Красными точками показаны значения температуры воздуха. Голубыми звездочками – высота Солнца над горизонтом. Высота Солнца над горизонтом вычислялась с помощью онлайн-сервиса [7].

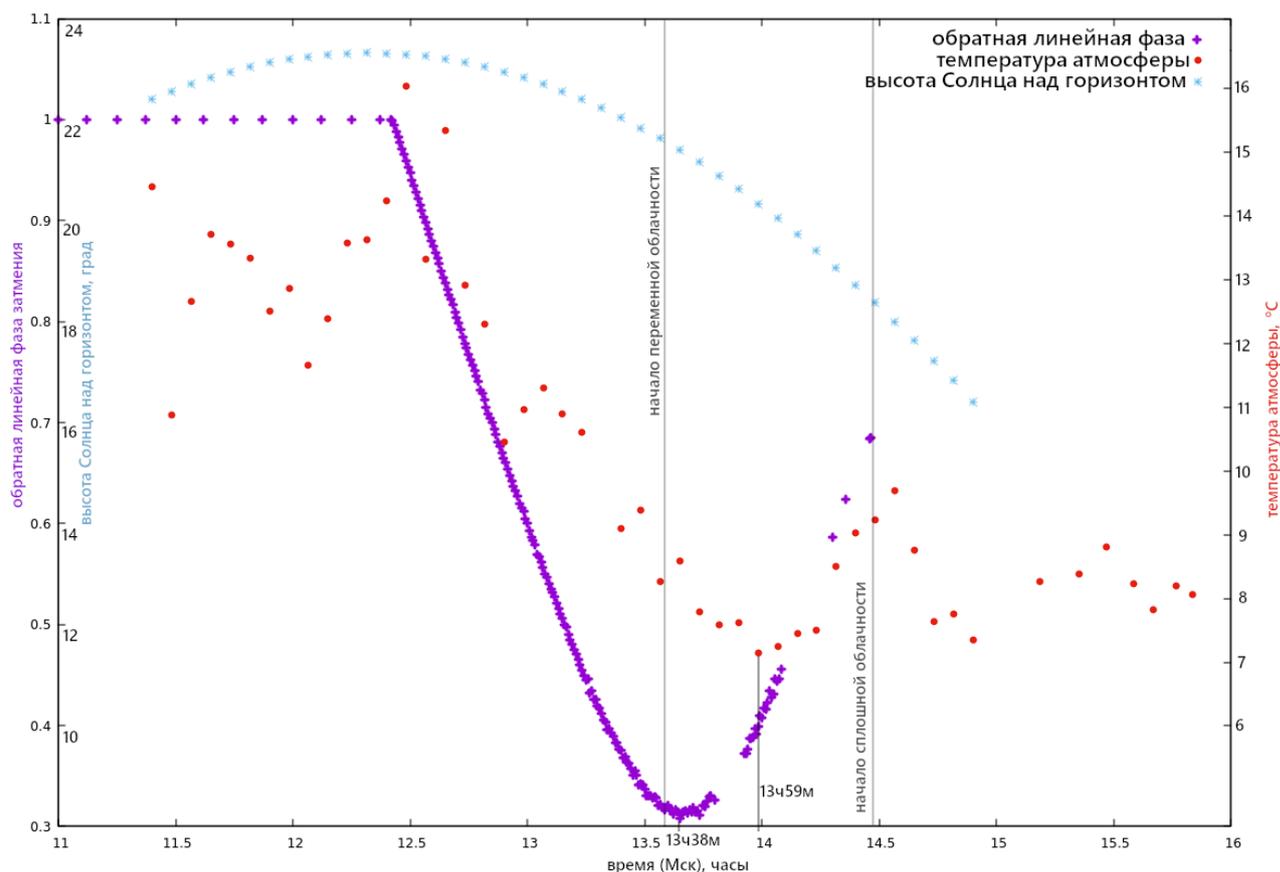


Рисунок 11 – результаты измерений температуры воздуха и линейной фазы солнечного диска

Видно, что после начала затмения происходит заметное понижение температуры воздуха. При этом минимальное значение достигается примерно на 21 минуту позже, чем максимальная фаза затмения. Как видно из рисунка, высота Солнца над горизонтом в течение затмения менялась, однако, изменение высоты в первой половине затмения составило всего около 1° . Это позволяет сделать вывод, что сильное понижение температуры не связано с изменением положения Солнца над горизонтом, а происходит из-за закрытия солнечного диска Луной. Высота Солнца над горизонтом могла повлиять на градиент температуры уже во второй половине затмения. Однако, в сочетании с появлением облачности, достаточно трудно сделать вывод, что стало причиной того, что температура не восстановила своих значений после затмения (как, например, по данным работы [5]). Скорее всего тут сыграли оба фактора – и плотная облачность, и склонение Солнца к горизонту.

Таким образом нами измерена тепловая инерция атмосферы, которая составила около 21 минуты, что отличается от результатов работы [5], в которой получена тепловая инерция атмосферы около 10 минут. Для объяснения этой разницы следует провести дополнительные исследования: связана ли температурная инерция с широтой местности, на которой происходит затмение, высотой Солнца над горизонтом или микроклиматом вокруг

обсерватории музея космонавтики (например, влиянием Яченского водохранилища, или лесного массива калужского бора).

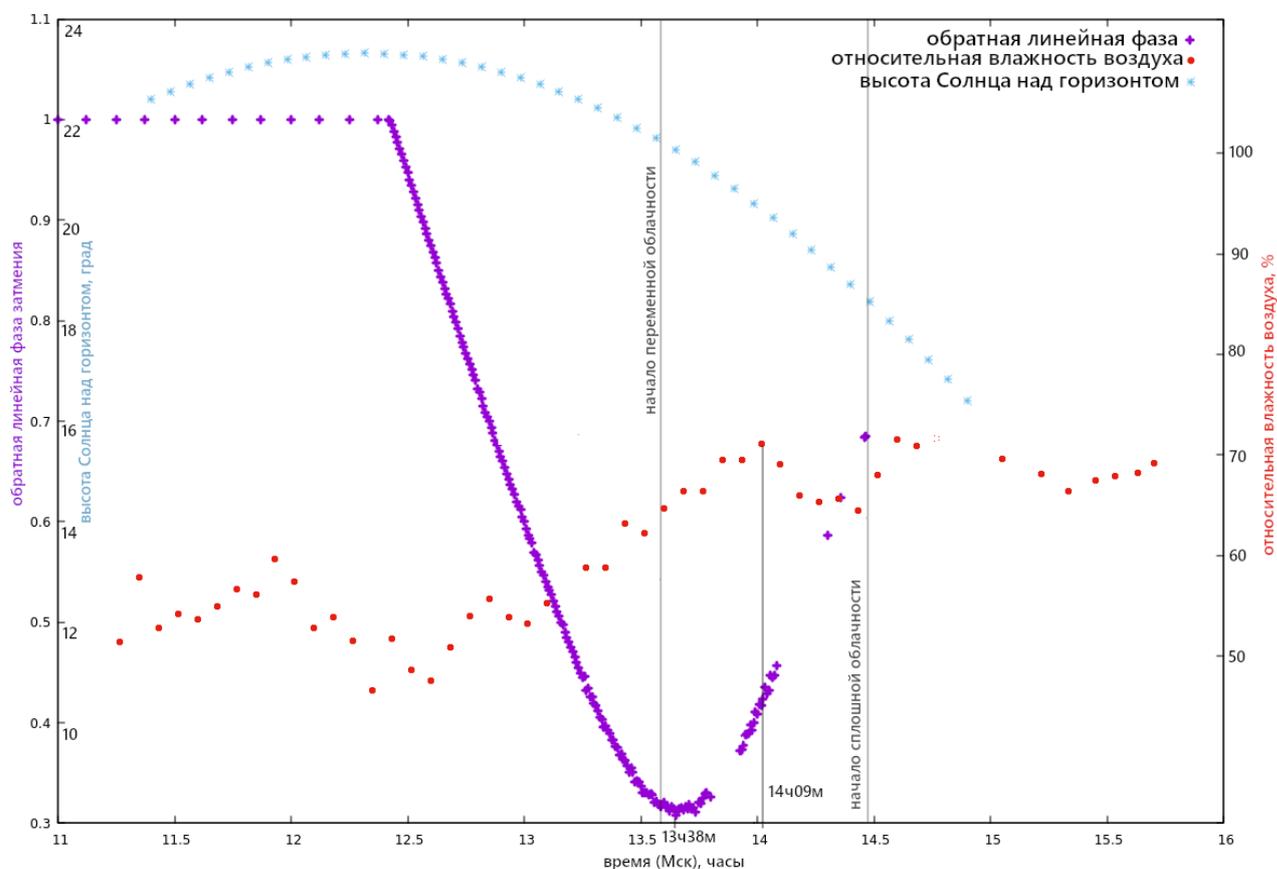


Рисунок 12 – результаты измерений относительной влажности воздуха и линейной фазы солнечного диска

На рисунке 12 показаны измерения относительной влажности воздуха во время затмения. В целом видна закономерность поведения аналогичная изменению температуры, с той разницей, что относительная влажность растет с увеличением фазы затмения а не уменьшается, как температура. Это вполне ожидаемый эффект, так как относительная влажность увеличивается с уменьшением температуры.

На этом графике также видно, что относительная влажность после затмения уже не понизилась до исходных значений, а осталась высокой, что по всей видимости объясняется теми же причинами, что и поведение температуры.

Полученные данные вместе с расчетной или измеренной светимостью Солнца могут быть использованы для построения и проверки модели прогрева атмосферы солнечным излучением. При этом, известно, что теплоемкость воздуха складывается из теплоемкости сухого воздуха и теплоемкости пара. Поэтому полученных данных должно быть достаточно

для оценки теплоемкости воздуха, при условии, что модель прогрева атмосферы будет определять сколько солнечного излучения переходит в тепло (как при нагреве поверхности Земли, так и непосредственно при прохождении солнечных лучей через воздух). Полученные данные предполагается использовать в дальнейших исследованиях.

Автор работы выражает благодарность коллективу астрономической обсерватории ГМИК им. К.Э. Циолковского. Часть результатов работы размещена на сайте обсерватории [8].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Солнечное затмение-достаточное редкое астрономическое явление, которое представляет особый интерес для изучения с точки зрения влияния на атмосферу Земли.

В результате проведенного исследования и анализа других исследований данного вопроса было показано существенное влияние солнечных затмений на атмосферу нашей планеты. Такого рода исследования направлены на проблематику слабой изученности свойств атмосферы Земли, выражающейся в неточных метеопрогнозах и непредсказуемости изменения климата.

В ходе исследования было рассчитано значение тепловой инерции атмосферы для Калужской области, которое составило 21 минуту.

Проведенное сравнение с аналогичными исследованиями показывает уникальность полученных результатов. Ставится проблема их интерпретации, то есть исследования специфики тепловой инерции в зависимости от отдельно взятых характеристик местности.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Воронцов-Вельяминов Б.А., Страут Е.К.* Астрономия. Учебник. 11 класс. – 5-е изд. – М., Дрофа, 2018.
2. Сайт про природные явления «Тайна природы». – <https://tainaprirody.ru/kosmos/solnechnoe-zatmenie>
3. *Бернгардт Р.П., Иванов В.В.* О связи метеоявлений с солнечными затмениями // Вестник ДВО РАН. – 2006. – №1.
4. *Carmen Köhler et al.* Assessing the impact of a solar eclipse on weather and photovoltaic production // Meteorologische Zeitschrift, *PrePub Article* – 2015.
5. *Мигель Анхель Пио Хименес и др.* Образовательное мероприятие «Изменение атмосферных параметров во время Полного солнечного затмения 2013 г». – 2013.
6. Сайт НАСА. – <https://eclipse.gsfc.nasa.gov/SEdecade/SEdecade2021.html>
7. Онлайн-сервис расчета высоты Солнца. – <https://planetcalc.ru/320/?ysclid=lbm8gxfgac938871883>
8. «По следам солнечного затмения 25 октября 2022 года». – Сайт астрономической обсерватории ГМИК им. К.Э. Циолковского. – <https://gmik.ru/2022/12/20/po-sledam-solnechnogo-zatmeniya-25-oktyabrya-2022-goda>

ПРИЛОЖЕНИЕ

APM

Листок наблюдений № 1
2022.10.25 Солнечное затмение: Калуга.

Время	Температура	Влажность
11.24	14.01 °C	51.82 %
11.29	10.62 °C	52.20% 52.20%
11.34	12.30 °C	53.16 %
11.39	13.30 °C	54.57 %
11.44	13.15 °C	54.05 %
11.49	12.95 °C	55.30 %
11.54	12.16 °C	57.04 %
11.59	12.42 °C	56.55 %
12.04	11.35 °C	60.05 %
12.09	12.05 °C	57.75 %
12.14	13.17 °C	53.14 %
12.19	13.21 °C	54.24 %
12.24	13.80 °C	51.95 %
12.29	15.75 °C	46.95 %
12.34	12.92 °C	52.15 %
12.39	14.83 °C	49.01 %
12.44	12.54 °C	47.97 %
12.49	11.87 °C	51.22 %
12.54	10.21 °C	54.38 %
12.59	10.7 °C	56.05 %
13.04	11.01 °C	54.21 %
13.09	10.62 10.62 °C	53.59 %
13.14	10.36 °C	55.62 %

APM

Листок наблюдений № 2
2022.10.25 Солнечное затмение: Калуга.

Время	Температура	Влажность
13.19	—	—
13.24	8.93 °C	59.16 %
13.29	9.20 °C	59.20 %
13.34	8.14 °C	63.59 % обилки.
13.39	8.45 °C	62.60 % обилки.
13.44	7.69 °C	65.09 % обилки.
13.49	7.49 °C	66.84 % об.
13.54	7.53 °C	66.74 % об.
13.59	7.08 °C	69.89 % об.
14.04	7.17 °C	69.22 % об.
14.09	7.37 °C	71.51 % об.
14.14	7.92 °C	69.45 % об.
14.19	8.37 °C	66.41 % об.
14.24	8.86 °C	65.73 % об.
14.29	9.06 °C	66.01 % об.
14.34	9.48 °C	64.22 % об.
14.39	8.60 °C	62.40 % об.
14.44	7.52 °C	71.89 % об.
14.49	7.66 °C	71.27 % об.
14.54	7.27 °C	72.03 % об.
15.11	8.14 °C	70.04 % об.
15.21	8.25 °C	68.5 % об.
15.28	8.61 °C	66.8 % об.

Листок наблюдений № 3
2022.10.25 Солнечное затмение: Калуга.

Время	Температура	Влажность
15.35	8.10	67.91
15.40	7.72	68.25
15.46	8.07	68.67
15.50	7.94	69.56

Рисунок 12 – листки наблюдений

Таблица 1. Высота Солнца над горизонтом

Время	Высота над горизонтом	Облачность
11.24	19,14	Ясно
11.29	19,50	Ясно
11.34	19,84	Ясно
11.39	20,16	Ясно
11.44	20,48	Ясно
11.49	20,78	Ясно
11.54	21,06	Ясно
11.59	21,33	Ясно
12.04	21,58	Ясно
12.09	21,82	Ясно
12.14	22,04	Ясно
12.19	22,25	Ясно
12.24	22,44	Ясно
12.29	22,61	Ясно
12.34	22,77	Ясно
12.39	22,91	Ясно
12.44	23,04	Ясно
12.49	23,15	Ясно
12.54	23,24	Ясно
12.59	23,32	Ясно
13.04	23,37	Ясно
13.09	23,42	Ясно
13.14	23,44	Ясно
13.19	23,45	Ясно
13.24	23,44	Ясно
13.29	23,42	Ясно
13.34	23,38	Переменная обл.
13.39	23,32	Переменная обл.
13.44	23,24	Переменная обл.
13.49	23,15	Переменная обл.
13.54	23,04	Переменная обл.
13.59	22,92	Переменная обл.
14.04	22,77	Переменная обл.

Время	Высота над горизонтом	Облачность
14.09	22,62	Переменная обл.
14.14	22,44	Переменная обл.
14.19	22,25	Переменная обл.
14.24	22,05	Переменная обл.
14.29	22,81	Переменная обл.
14.34	22,59	Переменная обл.