

## Исследование парникового эффекта

Чигинева Лидия Александровна

8 класс, МАОУ Школа № 49 Нижнего Новгорода,  
Научное объединение «Школа юного исследователя»  
АНО ДО «Академ клуб», ИПФ РАН  
Научный руководитель Л.С. Ревин,  
старший научный сотрудник ИФМ РАН, кандидат  
физико-математических наук



*Проведено экспериментальное исследование парникового эффекта в лабораторных условиях. Показано, что добавление в емкость сухого грунта приводит к повышению температуры воздуха в верхней части емкости по сравнению с пустой емкостью, преимущественно вследствие уменьшения объема занимаемого воздухом. Водяной туман от увлажнителя воздуха, введенный в емкость с грунтом, или железная пудра, нанесенная на поверхность покровного стекла приводят к охлаждению воздуха в емкости, то есть действуют как аэрозоли, отражающие и рассеивающие излучение источника мельчайшими капельками воды или металлического порошка. Изменение температуры воздуха и грунта в закрытой емкости нелинейным образом зависит от мощности источника излучения.*

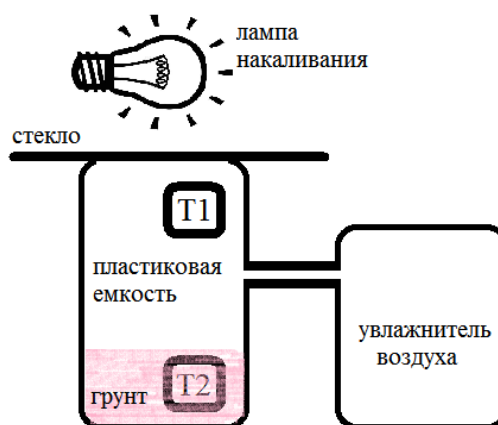
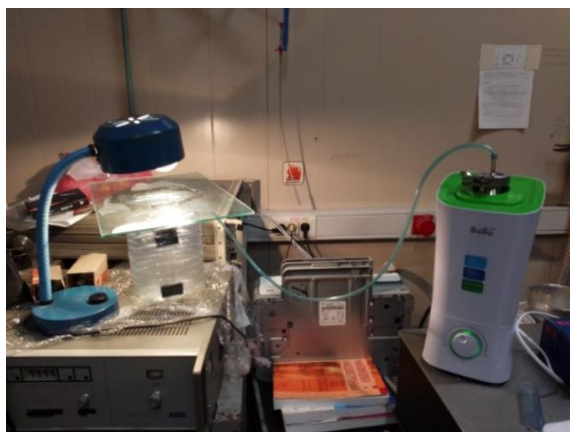
За последние 50 лет на нашей планете все чаще и чаще наблюдаются так называемые «погодные аномалии». Происходит заметное потепление климата, которое выражается в постепенном повышении среднегодовой температуры на поверхности Земли. Основной причиной таких изменений климата ученые считают «парниковый эффект», который связывают с влиянием парниковых газов [1]. Водяной пар, двуокись углерода, метан и другие газы, которые содержатся в атмосфере, поглощают земное тепло и мешают отражению его от поверхности Земли. В результате этого Земле грозит глобальная проблема – «парниковая смерть».

Как же остановить глобальное потепление? Самым очевидным кажется сокращение выбросов парниковых газов. Однако, по мнению Президента РАН, академика А.М. Сергеева, если даже совсем прекратить выбросы парниковых газов, парниковый эффект все равно будет продолжать усиливаться [2]. Альтернативным решением проблемы может оказаться использование аэрозолей – облаков, состоящих из микроскопических частичек, не являющихся парниковыми газами. В результате отражения солнечного света обратно в космос большинство аэрозолей способствуют локальному охлаждению климата.

Ученые всего мира пытаются решить проблему глобального потепления на Земле, однако пути ее решения далеко неочевидны и неоднозначны. Проведение экспериментов в масштабах всей планеты весьма затруднительно технически, требует больших финансовых затрат и может привести к непредсказуемым последствиям. В связи с этим важную роль приобретают модельные эксперименты, которые дают возможность просчитать различные сценарии развития событий. Целью настоящей работы являлось изучение явления парникового эффекта, а также моделирование этого эффекта в лабораторных условиях.

Для наших исследований мы собрали экспериментальную установку (рис.1), состоящую из пластиковой емкости, накрытой стеклом и лампы накаливания мощностью 200 Вт, расположенной на расстоянии 5 см от поверхности стекла, чтобы избежать расплавления верхнего края пластиковой емкости. Линия соприкосновения емкости и стеклянной пластины промазывалась пластилином для исключения воздухообмена между атмосферой внутри бутылки и внешней средой.

В работе исследовалось изменение с течением времени температуры внутри пластиковой емкости, как пустой (заполненной воздухом), так и с заполнением на одну четверть объема сухим грунтом. Начальная температура воздуха и грунта в каждом опыте была одинаковой и составляла 25,5 °C и 25,7 °C соответственно. Дополнительно в ряде опытов в емкость подавалась мелкодисперсная водяная взвесь (далее – туман) из бытового увлажнителя воздуха (средний размер капелек воды ~ 1,5 мкм). Туман непрерывно поступал через небольшое отверстие в верхней части пластиковой емкости в течение всего времени эксперимента. В других опытах для моделирования аэрозольного эффекта на поверхность покровного стекла тонким слоем насыпался мелкодисперсный железный порошок со средним размером частиц ~ 5 мкм.



**Рис. 1.** Внешний вид экспериментальной установки (слева) и принципиальная схема (справа)

Для измерения температуры воздуха и грунта использовались два термогигрометра (Т1 и Т2 на рис.1), закрепленные в верхней и нижней части емкости. Время измерялось секундомером. Абсолютная погрешность при измерении времени составляла  $\Delta t = \pm 1$  с, а при измерениях температуры  $\Delta T = \pm 0,1$  °С.

Рабочий объем используемой нами для опытов пластиковой емкости мы вычислили по формуле для объема цилиндра:

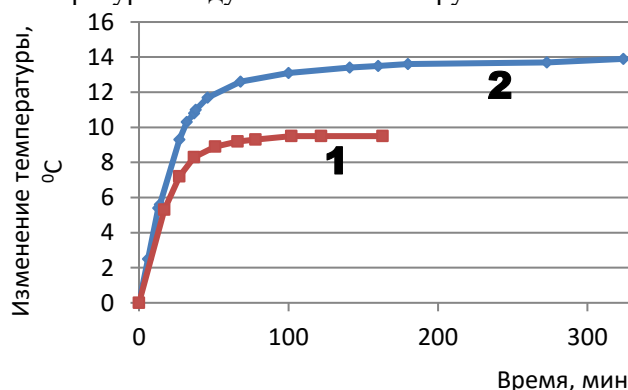
$$V = \frac{l_{\text{ср}}^2 h_{\text{ср}}}{4\pi} \quad (1)$$

В таблице 1 приведены измеренные средние значения длины окружности  $l_{\text{ср}}$  и высоты  $h_{\text{ср}}$  цилиндрической емкости, высоты слоя грунта  $h_{\text{гр}}$ , а также вычисленные значения объема пустой емкости  $V$ , объема грунта  $V_{\text{гр}}$  и воздуха  $V_{\text{в}}$  в емкости с наполнителем. Абсолютные погрешности измеряемых величин составляли  $\Delta l = \Delta h = \pm 0,1$  см. Абсолютные погрешности вычисленных объемов находились по стандартным формулам для косвенных измерений [3].

*Таблица 1.* Вычисление объемов емкости, грунта и воздуха

$l_{\text{ср}}, \text{см}$	$h_{\text{ср}}, \text{см}$	$V, \text{см}^3$	$h_{\text{гр}}, \text{см}$	$V_{\text{гр}}, \text{см}^3$	$V_{\text{в}}, \text{см}^3$
$48,5 \pm 0,1$	$21,8 \pm 0,1$	$4082,7 \pm 22,2$	$5,5 \pm 0,1$	$1030,1 \pm 20,6$	$3052,7 \pm 30,3$

Мы провели с нашей установкой ряд опытов, в которых обнаружили, что температура внутри емкости с течением времени увеличивается и постепенно выходит на константу. Через характерное время 100 минут от начала опыта температура воздуха в емкости с грунтом повышалась на 13,1 °С, а в пустой емкости – на 9,5 °С (рис.2). Причина такого различия может быть связана с тем, что объем, занимаемый воздухом в емкости с грунтом, примерно на 25% меньше по сравнению с объемом пустой емкости. Используя формулу для количества теплоты, поглощаемой воздухом от источника постоянной мощности,  $Q = c \rho V \Delta t$  (где  $c$  – теплоемкость,  $\rho$  – плотность,  $V$  – объем воздуха) и данные таблицы 1, можно показать, что изменение температуры воздуха в емкости с грунтом через 100 минут составит  $\Delta t = (12,7 \pm 0,1)$  °С. Это значение близко к экспериментальному  $\Delta t = (13,1 \pm 0,1)$  °С. Небольшой вклад в повышение температуры воздуха в емкости с грунтом может также давать эффект теплицы.



**Рис. 2.** График зависимости от времени изменения температуры воздуха в верхней части пустой емкости (кривая 1) и емкости с грунтом (кривая 2)

Постоянная подача в пустую емкость водяного тумана приводила к небольшому охлаждению воздуха (примерно на полградуса). Можно предположить две причины такого охлаждения. С одной стороны, капельки воды могут отражать и рассеивать часть излучения лампы накаливания, то есть действовать как аэрозоль. С другой стороны, постоянное добавление в емкость водяного тумана, температура которого ниже, чем температура нагретого воздуха в емкости, будет снижать общую температуру атмосферы в емкости вследствие конвекции.

Для выяснения причины охлаждения в следующем опыте мы наблюдали за изменением со временем температуры воздуха в верхней части емкости с грунтом, а также при добавлении в эту емкость тумана. Оказалось, что в этом случае туман приводит к охлаждению воздуха примерно на 2 °С. Такое охлаждение трудно объяснить только пониженной температурой поступающего тумана. «Холодный» туман будет опускаться вниз емкости, что должно приводить к снижению температуры грунта. Однако наши опыты показали, что изменение температуры грунта в пределах погрешности было одинаковым как при наличии, так и при отсутствии водяного тумана в атмосфере над поверхностью грунта. Это подтверждает наше предположение, что туман действует как жидкий аэрозоль.

Далее мы проверили аэрозольный эффект путем нанесения железного порошка на поверхность покровного стекла. Оказалось, что при добавлении на стекло железной пудры, воздух в емкости охлаждается примерно на 2 градуса, также как в случае с водяным туманом. В данном опыте пудра может действовать только как аэрозоль, так как, в отличие от тумана, наносится на поверхность стекла снаружи, а не добавляется внутрь емкости. Интересно отметить, что наличие металлического порошка на покровном стекле также практически не сказывается на изменении температуры грунта.

В таблице 2 приведены сводные данные по изменению температуры воздуха и грунта во всех проведенных нами экспериментах с лампой накаливания мощностью 200 Вт через 100 минут от начала опыта.

*Таблица 2. Изменение температуры (°С) в емкости в различных опытах за первые 100 минут*

	Пустая емкость	Пустая емкость + водяной туман	Емкость с грунтом	Емкость с грунтом + водяной туман	Емкость с грунтом + железная пудра
Верхний термометр	9,5	9,0	13,1	11,2	11,0
Нижний термометр	8,2	7,3	5,3	5,2	5,2

Для сравнения в ряде опытов мы использовали для освещения емкости с грунтом лампу накаливания мощностью 60 Вт. Выяснилось, что зависимость изменения температуры воздуха в емкости от мощности излучения источника имеет нелинейный характер. При уменьшении мощности лампы в 3,3 раза, изменение температуры воздуха снизилось в 1,8 раза (примерно на 6 °С), а изменение температуры грунта – в 1,7 раза (примерно на 3 °С).

Таким образом, в работе показано, что добавление в емкость сухого грунта приводит к повышению температуры воздуха в верхней части емкости по сравнению с пустой емкостью, преимущественно вследствие уменьшения объёма занимаемого воздухом. Водяной туман от увлажнителя воздуха, введенный в емкость с грунтом, или железная пудра, нанесенная на поверхность покровного стекла приводят к охлаждению воздуха в емкости, то есть действуют как аэрозоли.

#### **Литература**

1. Бердин В., Грачёва Е., Добролюбова Ю. и др. Климатическая шкатулка // Пособие для школьников по теме: «Изменение климата» [Электронный ресурс]. URL: [https://www.unclearn.org/wp-content/uploads/library/1.\\_klimaticheskaya\\_shkatulka-posobie\\_0.pdf](https://www.unclearn.org/wp-content/uploads/library/1._klimaticheskaya_shkatulka-posobie_0.pdf) (дата обращения 10.02.2022).
2. Передача «Гость Александр Сергеев. Познер» выпуск от 07.02.2022г. [Электронный ресурс.] URL: <https://www.1tv.ru/shows/pozner/vypuski/gost-aleksandr-sergeev-pozner-vypusk-ot-07-02-2022>.
3. Фадеев М.А. Элементарная обработка результатов эксперимента. Учебное пособие. – Н.Новгород: Изд-во ННГУ, 2010. – 122 с.