



Проектная работа

На тему:

«Облака и математика»

Ученика 4 «А» класса

МБОУ СОШ №64

Ершова Даниила Сергеевича

Руководитель проекта:

Смотрова Екатерина Евгеньевна

Иркутск 2026

Оглавление

1. Введение

2. Теоретическая часть

2.1. Что такое облака?

2.2. Как образуются облака?

2.3. Почему облака не падают?

2.4. Виды облаков

2.5. Структура облаков (водяные капли и кристаллы льда)

2.6. Формулы для расчета объема и массы облаков

2.7. Статья Консультанта Александра Чернокульского, к. ф.-м. н., старший научный сотрудник Института физики атмосферы им. А. М. Обухова РАН

3. Практическая часть

3.1 . Изучение облаков над Иркутском в весенний период. Наблюдения за облаками в разные дни и время суток. Фиксация видов облаков

3.2 . Эксперимент «Облако в банке»

3.3 . Математические расчёты:

- Рассчитать средний размер облака по фотографии
- Рассчитать объём и массу облака
- Определение скорость движения облаков.

4. Выводы. Анализ полученных результатов и их погрешности

5. Список литературы

Введение

С чего все началось? Мы часто с мамой ездим на машине, где однажды у колонки Русского радио с диктором услышал: «А знаете ли вы, что среднее облако весит около 500 тонн?». И я задался вопросом рассчитать и изучить вес облака. Первое, что я нашёл в Интернете это факты, которые удивляют:

Факт, который удивляет

Среднее облако весит порядка 500 тонн, столько же весят 80 слонов. Облака плавают по небу, потому что они менее плотные, чем воздух, но, оказывается, они довольно тяжёлые. Перисто-кучевые облака самые тяжёлые - на один кубический метр вес может достигать до 20 килограмм.

Главная идея проекта: Понять, что такое облака с точки зрения физики, как они образуются, почему не падают, и можно ли по фотографиям оценить её размеры, объём и массу.

Проект включает три взаимосвязанные части:

1. **Теоретическая часть** — изучение физических процессов образования облаков.
2. **Практическая часть** — наблюдения, эксперименты и сбор данных.
3. **Расчётная часть** — применение математики для оценки размеров, объёма и массы облака.

Актуальность темы: Облака окружают нас, но мы часто не задумываемся о том, как они образуются и как влияют на нашу жизнь. Понимание облаков помогает нам предсказывать погоду и изменять нашу жизнь в зависимости от её условий. Математика помогает нам анализировать данные о облаках, их высоте, форме и движении.

Цель моего проекта — исследовать, каким образом математика используется для анализа облаков и как это знание может быть полезным.

Задачи моего проекта:

- 1) Изучить основные типы облаков и их особенности. Провести наблюдения за облаками.
- 2) Узнать, как измеряются облака.
- 3) Создать облако в домашних условиях.
- 4) Рассмотреть какие математические формулы используются. Провести простые расчёты, связанные с облаками, рассчитать объём и массу облака.
- 5) Оценить размеры облака по фотографии.

Гипотеза: Облака образуются по законам физики, и их размеры можно приблизительно оценить с помощью наблюдений и расчётов.

2. Теоретическая часть

2.1 Что такое облака?

Облака — это скопления капелек воды или кристаллов льда, которые образуются в атмосфере, когда водяной пар конденсируется.

• Водяной пар — это невидимые капельки воды в воздухе, которые образуются при испарении.

• Испарение — это процесс, при котором вода превращается в водяной пар и поднимается в воздух.

• Конденсация — это процесс, при котором водяной пар охлаждается и превращается обратно в жидкую воду, образуя капельки.

• Насыщенный пар — это состояние, когда воздух содержит максимальное количество водяного пара при данной температуре и давлении.

• Точка росы — это температура, при которой воздух становится насыщенным водяным паром и начинается конденсация.

• Центры конденсации — это маленькие частицы, такие как пыль или соль, на которых конденсируются капельки воды, образуя облака.

На Земле бывают туманы. А чем туман отличается от облака? Отличие облака от тумана заключается в том, что облака находятся высоко в атмосфере, а туман — это облако, которое касается земли и снижает видимость.

2.2 Как образуются облака?

Изучаем важные процессы как образуются облака. Вот план по шагам:

1. Испарение воды.
2. Подъём тёплого воздуха.
3. Охлаждение воздуха.
4. Конденсация водяного пара.
5. Роль центров конденсации.

Первый процесс — это испарение воды из рек, озёр, морей и океанов. Когда вода нагревается от солнца, она превращается в водяной пар и поднимается в воздух.

Следующий процесс тёплый воздух начинает подниматься вверх, что называется **конвекцией**. По мере подъёма температура воздуха понижается, и он начинает **охлаждаться**. Когда воздух становится достаточно холодным, водяной пар **конденсируется в капельки воды**, образуя облака.

Также важно отметить, что для образования облаков необходимы маленькие частицы, такие как пыль или аэрозоли, на которых может конденсироваться водяной пар. Эти частицы действуют как "центры конденсации".

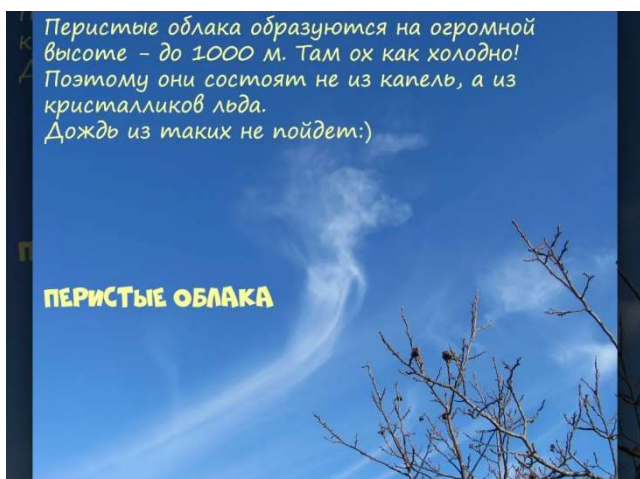
Пример: Если в одном районе температура воздуха 30°C, а в другом — 15°C, тёплый воздух будет подниматься из тёплого района в более холодный. При этом водяной пар будет конденсироваться и образовывать облака.

2.3 Почему облака не падают?

Облака не падают на землю, потому что они состоят из очень -очень маленьких капелек воды. Эти капельки такие лёгкие, что могут оставаться в воздухе. Давай разберём, почему это происходит:

1. Очень маленький размер капель: Капельки воды в облаках крошечные – они даже меньше, чем песчинки! Из-за этого они не тяжёлые и могут легко держаться в воздухе.
 2. Сопротивление воздуха: Когда капельки пытаются упасть, воздух вокруг них создаёт сопротивление. Это как если бы ты пытался прыгнуть в бассейн – вода тебя останавливает. Так и воздух помогает капелькам не падать слишком быстро.
 3. Восходящие потоки: В небе есть потоки воздуха, которые поднимаются вверх. Эти восходящие потоки поднимают капельки воды, и они остаются в облаке. Это похоже на то, как лифт поднимает тебя на верхний этаж!
 4. Распределение капель внутри облака: Капельки воды в облаке расположены по всему объёму облака. Это значит, что они не сконцентрированы в одном месте и могут поддерживать друг друга, оставаясь в воздухе. Вот почему облака могут парить в небе и не падают вниз!
-

2.4 Виды облаков



2.5 Структура облаков

Облака могут иметь разную форму и структуру. Вот основные элементы, из которых они состоят:

- Капельки воды: Это основная часть облака. Они очень маленькие — примерно 0.01 мм в диаметре. Когда капелек становится много, они создают видимое облако.

- Кристаллы льда: В холодных облаках вместо капелек воды могут образовываться кристаллы льда. Они тоже очень маленькие и придают облакам особую текстуру.
- Воздушные потоки: Облака находятся в движении благодаря потокам воздуха. Тёплый воздух поднимается вверх, а холодный опускается вниз. Это движение помогает облакам формироваться и изменяться.

2.6 Формулы для расчета объема и массы облаков

Для оценки объёма и массы облаков используются различные формулы, учитывающие их форму.

В практической части работы будем использовать математическую формулу:

$S(W, H) \approx R \times \theta$, где S — размер в метрах, R — расстояние, θ — угол в радианах.

- Объём прямоугольного параллелепипеда: $V \approx W \times H \times D$
- Объём эллипсоида: $V = (\pi/6) \times W \times H \times D$

Плотность облаков. Плотность облаков (ρ) может варьироваться в зависимости от типа облаков и условий в атмосфере. В среднем плотность облаков составляет около 0.5 - 2.0 г/м³ для водяных облаков.

Масса облаков. Масса облаков может быть рассчитана с использованием формулы для массы, основанной на объеме и плотности: $M = \rho V$, где:

- M — масса облака,
- ρ — плотность облака (в кг/м³),
- V — объем облака (в м³).

В интернете нашёл информацию о таком облаке с данными, которыми имеет ширину 1 км (1000 м), длину 2 км (2000 м) и высоту 0.5 км (500 м). $V = 1000 \text{ м} \times 2000 \text{ м} \times 500 \text{ м} = 1\,000\,000\,000 \text{ м}^3$ Плотность облака может варьироваться, но в среднем она составляет около 0.5 г/м³ (или 0.0005 кг/м³).

Формула для веса: $W = V \times \rho$ $W = 1\,000\,000\,000 \text{ м}^3 \times 0.0005 \text{ кг/м}^3 = 500\,000\,000 \text{ кг}$
где:

- W — вес облака
- V — объем
- ρ — плотность

Используем эти формулы на практике

**2.7 Статья Консультанта Александра Чернокульского, к. ф.-м. н.,
старший научный сотрудник Института физики атмосферы им. А. М.
Обухова РАН**

Начнем с тонких слоистообразных облаков нижнего яруса, которыми часто бывает затянуто небо осенью и зимой. По сути, это настоящие облачные поля площадью до 5–10 млн км², что примерно сравнимо с общей площадью Австралии и Океании и в два–три раза больше территории Индии. Толщина таких облаков обычно составляет несколько сотен метров, водность — 0,2–0,3 г/м³. И содержать в себе такой гигант может около 500–800 млн тонн воды.

Перистые облака уступают в размере. Расположенные на высоте около 7–10 км, они могут закрывать площадь до 1–4 млн км². Для сравнения: площадь Египта составляет около 1 млн км². Толщина таких облаков — около 1–2 км, водность (скорее, ледность, поскольку они состоят по большей части из кристаллов льда) низкая — около 0,01–0,03 г/м³, за счет чего перистые облака намного легче — около 30–50 млн тонн.

Впрочем, не все слоистые и перистые облака достигают столь внушительных размеров, да и не всегда легко понять, одно это облако или несколько. С земли этих границ вовсе не видно, ученые определяют их по спутниковым снимкам.

С кучевыми и кучево-дождевыми облаками проще: их края видны невооруженным глазом. Такие облака имеют небольшую протяженность, но они довольно высокие.

В теплый солнечный день мы видим легкие кучевые облака. Они имеют диаметр около 1–2 км и вырастают вверх примерно на столько же. Водность варьируется от 0,5 до 2,5 г/м³.

Ученые обнаружили простую зависимость: чтобы определить водозапас кучевого облака, толщина которого не превышает 4 км, надо возвести толщину в квадрат и разделить на три.

Например, для облака толщиной 2 км водозапас составляет 1,2 кг/м², а для облака толщиной и диаметром 1 км — 0,3 кг/м². Кстати, 1 кг воды на 1 м² — это те самые миллиметры, в которых измеряют осадки. То есть, если осадить всю влагу из облака толщиной 1 км, образуется слой воды толщиной всего в 0,3 мм.

Для получения массы надо умножить водозапас на площадь. Например, для облака диаметром и толщиной 2 км масса облака составит около 4000 тонн. Облако диаметром и толщиной в 1 км весит около 250 тонн.

С мощными кучево-дождевыми облаками ситуация сложнее, потому что водность в них сильнее меняется по высоте, хотя примерно варьируется от 1,5 до 4,5 г/м³. Такие облака могут простираться в высоту на 10 км (в тропиках и на 20 км), достигая 10–30 км в диаметре.

Но опять же ученые в свое время вывели закономерность: если разделить максимальное значение водности в вертикальном профиле (в г/м³) на четыре и умножить на толщину облачного слоя (в км), можно получить приближенные оценки водозапаса (кг/м²). Так, для облака толщиной в 10 км и максимальной водностью в 4,5 г/м³ водозапас составит около 11 кг/м² (то есть, если осадить все облако, под ним образуется слой воды чуть более 1 см). Вес считается также, умножением водозапаса на площадь. Получается, что кучево-дождевое облако такой мощности и диаметром в 20 км будет весить около 3,5 млн тонн. Правда, современные спутниковые данные показывают, что эти оценки являются приблизительными. Таким образом, кучевые облака, как правило, намного легче перистых и слоистых.

3. ПРАКТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

3.1. Изучение облаков над Иркутском в весенний период.

Наблюдения за облаками в дни и время суток. Фиксация облаков и их количества.

разные
видов



ТАБЛИЦА НАБЛЮДЕНИЙ

Дата	Время	Тип облака	Температура	Влажность	Осадки
01.03	16:06	Безоблачно	-13°C	44%	Нет
04.03	15:29	Перестые	-9°C	43%	Нет
07.03	12:52	Слоисто-кучевые	-6°C	50%	Нет
09.03	15:26	Перисто-кучевые	6°C	32%	Нет
13.03	18:52	Перестые	-4°C	41%	Нет
16.03	16:09	Перисто-кучевые	-9°C	39%	Нет
21.03	12:28	Слоистые	3°C	56%	Нет
24.03	16:16	Высокослоистые	8°C	67%	Нет
28.03	12:26	Кучево-дождливые	2°C	69%	Нет
30.03	12:19	Слоисто - кучевые	3°C	42%	Снег
01.04	11:04	Высокослоистые	0°C	37%	Нет

Выводы. За период наблюдения от 1 марта до 1 апреля, за месяц, встречались больше кучевые типы облаков. Осадков почти не было, только в один день, когда я вёл

наблюдения выпадал снег, дождя за этот период не было. Я по формуле рассчитал среднюю температуру за период наблюдений и вот что получилось:

Формула среднего значения:

$$T_{\text{ср}} = ((-13) + (-9) + (-6) + 6 + (-4) + (-9) + 3 + 8 + 2 + 3 + 0) / 11 = -1.7^{\circ}\text{C}$$

3.2 Эксперимент «Облако в банке»



Я провёл несколько экспериментов. Моя цель показать вам процесс конденсации и роль центров конденсации. Я приготовил разные банки по объёму. Была литровая банка и была 3 литровая банка. Налил горячей воды в банку, на железную крышку положил лёд. В маленькой банке сразу запотели стенки и пошёл процесс конденсации. В большой банке 3 литра пришлось ждать 45 секунд, когда с внутренней стороны крышки начнут собираться капли и упадёт первая капля. Время засекал секундомером.

В первом эксперименте я не использовал аэрозоль (без центров конденсации). Для этого я налил горячую воду примерно $70\text{--}80^{\circ}\text{C}$, подождал пока прогреются стенки банки, поставил крышку со льдом, засёк время и наблюдал в течении 15 минут. Облако не появилось. Конденсат появился на стенках банки через 2-3 секунды.

Во втором эксперименте я использовал аэрозоль (центры конденсации). Для этого я повторил первый эксперимент, через 5 минут после начала распылил аэрозоль, засёк время появления и исчезновения облака, измерил время существования. С центром — появилось через 30–40 секунд.

ТАБЛИЦА ЭКСПЕРИМЕНТОВ

Температура	Центры конденсации	Время появления	Время исчезновения
50°C	нет	нет	нет
50°C	есть	57 сек	2 минуты 59 сек
50°C	есть	54 сек	2 минуты 55 сек
70°C	нет	нет	нет
70°C	есть	52 сек	3 минуты 6 сек
70°C	есть	47 сек	3 минуты 12 сек
80°C	нет	нет	нет
80°C	есть	42 сек	4 минуты 9 сек
80°C	есть	40 сек	3 минуты 39 сек

Математическая обработка эксперимента. Среднее время появления:

$$t_{\text{cp}} = (57 + 54 + 52 + 47 + 42 + 40) / 6 = 292 / 6 = 48.6$$

После проведения эксперимента я сделал выводы:

- На опыте я подтвердил, что для образования облаков необходим центр конденсации, на котором будут собираться капельки воды. Без центров конденсации облако не появилось, наблюдал только образование конденсата на стенке банки;
- Я заметил влияние температуры на образование облаков. Вышло, что чем выше температура жидкости, тем быстрее появлялось облако. При этом облако с повышением температуры в эксперименте существует («живёт») дольше.

3.4 Математические расчёты

Определение объёма и массы облаков

Я решил оценить массу и объем с помощью фотографий. Ниже я сделал две фотографии.



Шаг 1. Узнаю угол обзора

Я выбрал кучевое облако и засекаю 4 минуты. Измерил смещение облака в градусах (будем использовать метод кулака). 1 кулак на вытянутой руке $\approx 10^\circ$ это примерный угол.

Во время наблюдений ширина облака 2 кулака, значит 20 градусов.

Высота облака 1 кулак это примерно 10 градусов.

Шаг 2. Перевожу градусы в радианы

Будем использовать математическую формулу:

$S(W, H) \approx R \times \theta$, где S — размер в метрах, R — расстояние, θ — угол в радианах.

А чтобы не усложнять берем правило, что $1^\circ \approx 0,017$ радиана, потому что 1 радиан $\approx 57^\circ$

Во время наблюдений **ширина облака** 2 кулака, или **0,34 радиана**

Во время наблюдений **высота облака** 1 кулак, или **0,17 радиана**

Шаг 3. Расстояние до облака

Мы знаем, что перистые облака находятся на высоте от 6000 до 10000 м, слоистые от 500 до 1000 м, а кучевые от 800 до 1500 м

Для нашей формулы возьмём 1100 м (H_{base})

Предположим, **высота основания облака над землёй** Это не “размер облака”, а именно “на какой высоте оно висит”, но это даёт расстояние, без которого объём не посчитать.

Шаг 4. Посчитаю ширину и высоту (вертикальную) как размер

- **Ширина облака (W) $\approx H_{base} \times (\text{угол_ширины_град} \times 0,017)$**
- **Вертикальный размер облака (H) $\approx H_{base} \times (\text{угол_высоты_град} \times 0,017)$**

Выполним математические расчёты:

- $W \approx 1100 \times 0,34 = 374$ м
- $H \approx 1100 \times 0,17 = 187$ м

Это уже два размера облака “в метрах”.

3.5. Расчёт объёма облака

Сейчас рассчитаем глубину $D \approx W + H / 2$

$D \approx 374 + 187 / 2 \approx 280,5$ м (приблизительно)

Можно предположить два варианта формы:

1 вариант: “коробка” (прямоугольный параллелепипед)

Объём: $V \approx W \times H \times D$

2 вариант: “овальчик” (эллипсоид)

Объём: $V \approx (\pi/6) \times W \times H \times D$

$V \approx 0,52 \times 374 \times 187 \times 280,5 \approx 10\,201\,156,68$ м³

($\pi/6 \approx 0,52$)

3.6 Расчёт массы облака

Для измерения массы облака берём среднее значение воды 0,5 г/м³.

Тогда M (кг) = $V \times 0,0005 = 10\,201\,156 \times 0,0005 = 5\,100,57$

Важно понимать, что я использую среднее значение, так как точную концентрацию измерить невозможно.

6. Выводы. Анализ полученных результатов и их погрешности

Я изучил основные типы облаков, а так же узнал их особенности. Я провёл наблюдения за облаками в течение месяца и вывел среднюю температуру воздуха. Применял формулу с расчётом среднего значения.

Я узнал что облака измеряются и можно посчитать вертикальный объём выбранной фигуры (модели), посчитать массу. Ещё можно измерять фотографии углов зрения, но это я возьму в следующем проекте.

Я создал облако в домашних условиях.

В практической части я рассчитал своё облако с помощью математических формул. Провести простые расчёты, связанные с облаками, помогли мне рассчитать объём 10,2 млн и массу облака 5 тонн. Я оценил размеры своего облака по фотографии.

Погрешности: я измерял угол «кулаком», это может быть не точность. Высоту основания брали по таблице приблизительно, облако меняет форму и мы предположили, что облако эллипсоид, глубину тоже вычисляли среднюю. Также стоит учитывать, что я не могу точно сказать расстояние до облака, т.к. по фотографии мы наблюдаем облако с некоторого расстояния. Значит и его размеры могли быть не совсем точно оценены. Тем не менее мною была предпринята попытка, используя знания математики самостоятельно оценить размеры и массу облака. Более точные расчёты в будущем можно провести используя характеристики камеры телефона.

6. Список литературы и источников

- [Статья Александра Чернокульского, к. ф.-м. н., старший научный сотрудник Института физики атмосферы им. А. М. Обухова РАН](#)
- https://elementy.ru/nauchno-populyarnaya_biblioteka/433212/Pochemu_obrazuyutsya_oblaka
- https://foxford.ru/wiki/geografiya/vlagnost-vozdyha-oblaka-atmosfernie-osadki?utm_referrer=https%3A%2F%2Fyandex.ru%2F
- <https://habr.com/ru/articles/374459/>
- <https://dzen.ru/a/YQDzQp8oi2X5OpCL>
- <https://www.vokrugsveta.ru/articles/peremennaya-oblachnost-chto-takoe-oblaka-i-kak-oni-vliyayut-na-klimat-id724115/>
- <https://smotrim.ru/video/93129>
- <https://dk-spb.ru/books/900163908>
- https://vkvideo.ru/video-152320830_456239799
- https://elementy.ru/nauchno-populyarnaya_biblioteka/433212/Pochemu_obrazuyutsya_oblaka?ysclid=mgeqazp76h543142676
- <https://postnauka.org/video/155118>
- <https://interneturok.ru/h/biblioteka/okruzhaiushchii-mir/3-klass/tuman-i-oblaka-osadki/1>
- <https://science.nasa.gov/kids/earth/how-do-clouds-form/>
- <https://www.jpl.nasa.gov/edu/resources/project/make-a-cloud-in-a-bottle/>
<https://weather.metoffice.gov.uk/learn-about/weather/types-of-weather/clouds>
- <https://www.nationalgeographic.com/science/article/clouds-1>
- https://moya-planeta.ru/travel/view/skolko_vesit_oblako
- https://rostok.gov35.ru/activity/news/vse_novosti/fakt_kotoryy_udivlyaet3/#: