

Кафедра общей и теоретической физики

К. Борисова¹

Обновленный атлас облаков. Количественный анализ некоторых физических свойств облаков и новых методов их исследований

(научно-исследовательская работа)

Аннотация

В работе составлен обновленный атлас облаков, включивший в себя наиболее полное описание облаков различных классов, а также их образы, представленные более чем 90 цветными фотографиями. С использованием созданного атласа выполнен простейший анализ некоторых свойств облаков по фотографиям, полученным Филипповым Ю.П. и Борисовой К. С использованием метода триангуляции выполнен расчет и получены аналитические результаты для высоты зависания, расстояния до облака, его скорости движения. С использованием метода дрейфа предложена методика определения угловых и линейных видимых размеров облаков. В работе предложен новый оптический метод определения высоты зависания и расстояния до облака среднего и нижнего яруса. Главным преимуществом данного метода является его возможность использования в вечернее и ночное время суток.

Комментарии: работа выполнена под научным руководством старшего преподавателя кафедры общей и теоретической физики СамГУ, к.ф.-м.н., Филиппова Ю.П.² и представлена на XIX Всероссийской научно-практической конференции для одаренных школьников «Intel-Династия-Авангард 2010», где была отмечена дипломом победителя второй степени в секции "Теоретическая физика". Отмечена также дипломом победителя первой степени в секции "Теоретическая физика" Самарской областной научно-практической конференции школьников в 2010 г.



Работа выставлена на **ASTRODROME**: 1.04.2010

¹E-mail:

²E-mail:yuphil@ssu.samara.ru

Оглавление

Введение	3
1 Обновленный атлас облаков	7
1.1 Современные физические представления об облаках	7
1.2 Морфологическая классификация облаков	10
1.3 Семейство облаков верхнего яруса	11
1.4 Семейство облаков среднего яруса	14
1.5 Семейство облаков нижнего яруса	17
1.6 Семейство облаков вертикального развития	21
2 Основы рассматриваемых методов исследования	26
2.1 Простейший анализ свойств облаков по фотографиям собствен- ных наблюдений	26
2.2 Метод триангуляции в определении расстояний до облаков . . .	31
2.3 Определение высоты зависания облаков	34
2.4 Расчет угла отклонения ε	37
2.5 Определение скорости движения облаков и их видимых размеров	39
2.6 Оптический метод определения высот зависания облаков в ноч- ное время суток	41
2.7 Оценка скорости движения капелек воды в облаках различных ярусов	43
Заключение	48
Список использованных источников	50
Приложения	52
Приложение А. Фотографии облаков различных родов	52
В. Расчет телесного угла для сектора шара	64

Введение

Актуальность работы. В среднем около 40% поверхности нашей планеты покрыто облаками разнообразных форм, в которых содержится порядка 10^{10} тонн чистой воды на планете [1, 2]. При этом более $\frac{2}{3}$ объема облаков находятся при отрицательной температуре. Эти грозные создания природы влияют на радиосвязь и радиолокацию, авиацию и космонавтику, гидротехнику, агротехнику [3, 4]. Лишь в 40-х годах XX века физику облаков выделили в самостоятельную науку [5]. Ее фундаментом послужили априорные концепции, вытекающие из прочных физических предпосылок.

Сегодня мы уже очень много знаем о природе обитателей небосвода. И как следствие этого человек уже сегодня способен управлять некоторыми процессами в облаках, искусственно изменяя их фазовое состояние и микроструктуру. Наибольшие успехи достигнуты в рассеивании переохлажденных облаков и туманов, в воздействии на градоопасные облака в целях предотвращения градобитий [6]. Для рассеивания переохлажденных облаков и туманов в них вносятся (с помощью специальных наземных установок-генераторов или с самолета) хладореагенты (частицы сухого льда) или частицы ледообразующих веществ (йодистое серебро, йодистый свинец и др.), способствующие образованию в облаках достаточного количества кристалликов льда, которые затем укрупняются и выпадают из облаков. При этом упругость водяного пара в облаке понижается, капли испаряются и наступает рассеивание облака (тумана). Таким методом рассеивают туманы и низкие облака над взлетно-посадочными полосами в аэропортах.

В настоящее время облака могут быть искусственно созданы с помощью тепловых источников конвекции — метеотронов — или с помощью внесения дополнительной влаги [7, 8]. Так при сгорании 1 кг керосина образуется около 1.2 кг водяного пара. Этого обычно достаточно для образования конденсационных следов за самолетами, летящими на высоте 8 — 12 км. Длительность существования таких следов зависит от влажности атмосферы.

Сегодня ведутся активные поиски способов искусственного регулирования и перераспределения осадков. Эти поиски сопряжены с очень сложными теоретическими исследованиями и комплексным моделированием указанных объектов и процессов, их сопровождающих [9]. Большая природная изменчивость количества естественно выпадающих осадков существенно осложняет

проблему определения реальной эффективности применяемых методов воздействия. С развитием этих методов все большее внимание привлекают экономические, юридические и социальные аспекты проблемы искусственного воздействия на погоду.

Однако и сегодня существует много открытых актуальных вопросов в отношении этих грозных созданий. Например, сегодня нет однозначного ответа на вопрос об образовании серебристых облаков [10], не совсем понятными остаются некоторые электрические процессы грозовых облаков [11].

В настоящее время сотни институтов и отделений физики атмосферы по всему миру бьются над указанными проблемами. Исследования, проводимые специалистами, требуют использования сложной, дорогостоящей современной аппаратуры. Например, для определения высоты зависания и расстояния до облаков (в частности, чтобы с уверенностью проклассифицировать исследуемое облако) используется, как правило, радиолокационный метод, который требует сложной и энергозатратной радиоаппаратуры. При этом нужно помнить, что данная аппаратура должна быть мобильной и портативной, поскольку наблюдения, как правило, ведутся в полевых условиях (эти свойства могут только увеличивать стоимость оборудования).

Процессы в облаках характеризуются высокой переменчивостью, что осложняет исследования специалистов. Однако данная ситуация упрощается при поддержке наблюдений профессионалов данными наблюдений исследователей-любителей. Последние и сегодня вносят существенный вклад в получение ценных наблюдательных данных. Приведем в подтверждение следующий пример. На рис. 1 представлена фотография радужного облака — относитель-



Рис. 1. Фотография радужного облака над Огайо (автор: Тодд Сладоёе).

но редкого явления природы, полученная охотником-любителем за облаками Тоддом Сладоёе. Причина столь удивительной окраски облака в следующем. Это облако состоит из маленьких капелек воды почти одинакового размера. Когда Солнце занимает определенное положение на небе или почти полно-

стью скрыто плотными облаками, в этих более тонких облаках происходит почти когерентная дифракция солнечного света, и лучи света с различной длиной волны преломляются по-разному. Поэтому лучи света, окрашенные в разные цвета, будут приходить к наблюдателю с несколько отличающихся направлений. Многие облака образуются из однородных капелек и вначале показывают радужные цвета, но они быстро становятся слишком плотными, слишком неоднородными, или слишком далеко удаляются от Солнца, чтобы выглядеть окрашенными. Анализ столь успешной фотографии может принести много новой информации для специалиста, укрепив или подвергнув лишнему сомнению имеющиеся гипотезы.

Т.о., исследователи-любители вносят значительный вклад в развитие физики атмосферы и, в частности, физики облаков. Поэтому необходимо способствовать развитию движения любительских наблюдений облаков. Однако на указанном пути есть ряд серьезных трудностей, в частности, проведенный обзор литературы указал на отсутствие современного, наполненного яркими фотографиями атласа облаков. Последний из известных автору атласов облаков, опубликованный в печати, датирован 1957 годом [12]. Сегодня в лучшем случае можно найти небольшие электронные атласы облаков на порталах метеослужб [13], которые в большинстве своем не охватывают всей морфологической классификации облаков, а иногда внутренне противоречивы. Кроме того, в доступной широкому кругу читателей литературе не представлено простых методик исследования элементарных характеристик облаков (высоты зависания, расстояния, скорости движения) с использованием простейшего оптического оборудования (зрительной трубы или бинокля, теодолита, часов). Автор настоящей работы считает, что представление таких методик исследователям-любителям способствовало развитию и усовершенствованию их наблюдений, и как следствие, получение большего количества ценных данных.

В связи со сказанным главной целью настоящей работы является создание а) обновленного атласа облаков и его активное использование при обработке данных наблюдений, б) выполнение детального количественного анализа двух альтернативных методов определения кинематических характеристик облаков, в) оценка скорости падения водяных капель в облаках различных типов.

Согласно сформулированной цели основными задачами являются следующие положения:

1. Построение обновленного атласа облаков с использованием новых фотографий. Выполнение простейшего анализа основных свойств облаков по фотографиям, полученным Филипповым Ю.П. и Борисовой К.

2. Расчет высоты зависания, расстояния до облака, его скорости движения и видимых размеров с использованием метода триангуляции. Адаптация полученных результатов к практическому использованию.
3. Расчет высоты зависания и расстояния до облака с использованием нового оптического метода. Выполнение сравнительного анализа данных методов.
4. Оценка скорости падения водяных капель разных размеров в облаках различных типов.

Основными методами решения поставленных задач являются:

1. Методы решения полиномиальных уравнений.
 2. Основные уравнения динамики материальной точки и сплошной среды.
 3. Элементы геометрии Евклида и геометрии сферических треугольников.
- Данная работа имеет следующую структуру.

В **первой главе** представлены современные физические представления об облаках. Здесь же представлен обновленный атлас облаков.

Во **второй главе** представлены решения 2-4 поставленных задач.

Резюме по проделанной работе представлено в **заключении**. Финальная часть работы содержит список использованных источников и приложение с фотографиями облаков всех основных классов и видов.

Глава 1

Обновленный атлас облаков

В настоящей главе будут подробно изложены современные физические представления об облаках. Будет представлен обновленный атлас облаков, основанный на их современной морфологической классификации.

1.1 Современные физические представления об облаках

Согласно современным представлениям, облака — это скопления продуктов конденсации — капелек и кристаллов [14]. Размеры облачных элементов — капелек и кристаллов — настолько малы, что их вес уравнивается силой трения еще тогда, когда они имеют очень малую скорость падения. Установившаяся скорость падения капелек получается равной лишь долям сантиметра в секунду. Скорость падения кристаллов еще меньше. Это относится к неподвижному воздуху. Но турбулентное движение воздуха приводит к тому, что столь малые капельки и кристаллы вовсе не выпадают, а длительное время остаются взвешенными в воздухе, смещаясь то вниз, то вверх вместе с элементами турбулентности.

Образование облаков связано с возникновением в атмосфере областей с высокой относительной влажностью. Наличие в атмосфере огромного числа мельчайших частиц, играющих роль ядер конденсации, обеспечивает появление зародышевых капель уже при достижении насыщения. Условия насыщения создаются в результате охлаждения воздуха. Дальнейшее охлаждение воздуха приводит к появлению избыточного пара, который поглощается растущими каплями. Т.о., первоначально капли растут преимущественно за счет конденсации водяного пара. Затем по мере их укрупнения, все большую роль начинают играть процессы столкновения и слияния капель друг с другом (коагуляция облачных элементов).

В основном водяной пар содержится в нижней части атмосферы — тропосфере, поэтому именно здесь на различных высотах и сосредоточено подавляющее большинство облаков. Однако нередко в стратосферу проникают