

# ХИМИЯ

## НОВЫЕ НАУЧНЫЕ ВЗГЛЯДЫ НА ВОДУ, ОБЛАКА, МОЛНИЮ И ГРАД

**Исмаилов Сохраб Ахмедович**

доктор химических наук

Институт нефтехимических процессов АН Азербайджана, Баку

старший научный сотрудник

**Ключевые слова:** облако; вода; молния; град; кластер

**Keywords:** cloud; water; lightning; hail; cluster

**Аннотация:** Облако предлагается в качестве четвертого агрегатного состояния воды. Образование молнии в облаке является адиабатическим процессом и играет ключевую роль в формировании града.

**Abstract:** The cloud is proposed as the fourth aggregate state of water. The formation of lightning in the cloud is an adiabatic process and plays a key role in the formation of hail.

**УДК 54-13/-16**

### Введение

Не только натуралисты заинтересованы в изучении молнии с древних времен, но оно и остается проблемой номер один для человечества. Хотя, в наши дни, молния не разрешается интерпретировать с религиозной точки зрения, но древние греки поклонялись ей как Зевсу. Древние афиняне думали, что Зевс молниеносный. Даже древние римляне не похоронили такого, думая, что человек, подвергшийся удару молнии виноват перед Богом. Некоторые люди использовали молнии в качестве лекарственных препаратов. По словам индейцев майя, грибок созревает там, где падает молния.

Согласно современным научным соображениям, молния представляет собой разряд электростатических зарядов, создаваемых штормом и облаками[1]. Известны несколько типов молнии:

1. Между двумя облаками
2. В облаке
3. Между облаками и землей
4. Между облаками и чистым небом

В большинстве случаев молния напоминает дерево, веревку, ленту, стержень или цилиндр. Очень редко он может быть сферическим. Происхождение молнии, скорее всего, ее родителей – облако, водяной пар. Одним из важнейших условий для

тщательного изучения механизма ее образования является объяснение с позиций атомно-молекулярных представлений.

## Цель работы

Существуют различные теоретические взгляды на образование молнии. Но мы не будем объяснять причину его формирования. Наша главная цель - обсудить состав облака, играющего ключевую роль в его формировании. Для этой цели было бы совершенно законным сначала говорить о различных модификациях воды, образующей облако.

## Научная новизна и обсуждение результатов

Вода является одним из самых распространенных ингредиентов на Земле. Это имеет большое значение в эволюции как живой, так и безжизненной природы. Около 70% поверхности Земли покрыто водой, 65% человеческого тела и 85% его мозга – вода[2]. В природе циркуляция воды происходит на регулярной основе, что является фактором номер один, ведущий к вечной защите флоры и фауны.

Следует отметить, что вода - самое странное и чудесное существо Вселенной, которое сильно отличается от всех существующих предметов со своими аномальными физическими и химическими свойствами. Необходимо показать аномальные свойства воды по этому вопросу:

1. Вода - это единственный минерал, который находится в виде 3 агрегата в земной атмосфере (твердый, жидкий, газ).

По нашему мнению, необходимо включить сюда облако, которое образует промежуточную фазу между газом и жидкостью! Из чего начинается эта идея, узнаем попозже.

2. Химический состав воды можно назвать гидридом кислорода. Химическими аналогами воды являются  $H_2S$ ,  $H_2Se$  и  $H_2Te$  (гидриды основных полугрупповых элементов группы VI).

**Таблица 1. Физические константы гидридов VI группы.**

Вещество	Молекулярный вес	Кипение (t°)	Плавление (t°)
$H_2O$	18	+100	0
$H_2S$	34	-61	-82
$H_2Se$	80	-42	-64
$H_2Te$	129	-4	-51

Как видно из таблицы, с увеличением молекулярных масс температура кипения и плавления гидридов поднимается (кроме воды)[3]. Хотя молекулярный вес воды меньше других аналогов, ее температуры кипения и плавления высокие. Если точка кипения воды была бы ниже, чем остальных, тогда Земля была бы покрыта

водяным паром и, следовательно, не была бы фауной или флорой. Наличие таких аномальных температур кипения и плавления у воды указывает на то, что твердое и жидкое состояние ее также являются ненормальными. Ее газообразная форма считается нормальной.

3. При нагревании воды от 0 до +4 ° С, ее объем уменьшается, и она имеет максимальную плотность при +4 ° С (на самом деле +3,98 °С).

4. А при замерзании воды, плотность уменьшается, так как структура ее расширяется в отличие от других жидкостей. Аномалия здесь заключается в том, что лед легче, чем воды и это имеет большое значение на поверхности Земли. Если лед был бы тяжелее воды, то все живые существа, обитаемые в воде, не существовали бы. Напротив, лед покрывает верхний слой воды, защищает живых существ от замерзания и холода. Поскольку большинство твердых веществ тонут в своих жидкостях, следовательно, плотность вещества в твердом состоянии, как правило, больше плотности этого же вещества в жидком состоянии. За исключением является вода.

5. Вода имеет очень высокую удельную теплоемкость и постоянные температуры плавления и испарения. Такая исключительная роль воды проявляется в смягчении климата. Вода не сильно нагревается, когда она получает много тепла от солнца. Он постепенно высвобождает поглощаемое во время охлаждения тепло, и при этом регулирует изменения температуры в воздухе[4].

6. Наибольшее отношение поверхностного натяжения жидкости (кроме ртути - 436 эрг · см<sup>2</sup>) составляет вода - 75 эрг·см<sup>2</sup>[5]. Высокое поверхностное натяжение позволяет воде легко впитываться при контакте с другими твердыми веществами. Способность воды подниматься по капиллярам обусловлена высоким коэффициентом поверхностного натяжения. Согласно закону Юрена, высота капиллярного подъема жидкости зависит от формы кривой мениска. Чем больше кривая потока, тем больше жидкости, тем выше высота. Капиллярность имеет большое значение в природе. Вода поднимается от корней дерева к верхушке ствола и движется вверх через тонкий капилляр. Самое интересное, что этот процесс продолжается регулярно и даже она не замерзает при -30 – 80 °С на самых холодных шахтах зимой. Если происходило бы расширения и замораживание воды в капиллярах, то немедленно взорвалось бы растение. Эти тонкие капилляры также регулируют циркуляцию крови у людей.

7. Вода имеет самую высокую диэлектрическую проницаемость по сравнению с другими жидкостями[6]. Физическая сущность этого термина заключается в том, что силы взаимодействия заряженных частиц уменьшаются в воде относительно вакуума. В нормальных условиях диэлектрическая проницаемость воды равна 81. Для сравнения, диэлектрическая проницаемость для других веществ колеблется от 10 до 50, хотя некоторые из этих пределов не превышают 2-2,5. Высокая диэлектрическая проницаемость воды является важным свидетельством ее сильной диссоциации и растворимости. Это универсальное решение. Поэтому природная вода состоит из смеси различных минеральных веществ (в основном растворимых солей), что очень полезно для жизни и деятельности всех живых существ. В конце концов, живой организм получает необходимые ему неорганические элементы в ионном виде (Na +, K +, Ca ++, Mg ++, Fe +++, Cl<sup>-</sup>, F<sup>-</sup>, J<sup>-</sup> и т. Д.) из воды.

8. Температура замерзания воды уменьшается, а не увеличивается по мере увеличения атмосферного давления.

Все перечисленные аномалии указывают на необычное свойство воду. Но как объяснять эти признаки? Прежде всего, необходимо учитывать, что ее аномальные особенности связаны с химической структурой молекулы.

Вода - это простая и долговечная комбинация водорода с кислородом -  $H_2O$ . В то время как средняя молекулярная масса воздуха равна 29, молекулярный вес воды составляет около 18, т.е. вода в 1,61 раза легче воздуха.

Механизм образования облаков большинство исследователей объясняют увеличением кинетической энергии молекул водяного пара при попадании солнечных лучей на поверхности Земли. Таким образом, молекулы с высокой кинетической энергией из-за конвекции поднимаются в тропосферу и образуют облака. По нашему мнению, разделение молекул с поверхности Земли (земля, водохранилища, леса и пустыни, горы и т. д.) происходит и после заката Солнца за счет законов диффузии. Очевидно, что относительно в теплых регионах природы диффузионный процесс должен ускоряться из-за высокой температуры. Этот процесс продолжается до динамического равновесия между молекулами воды и молекулой водяного пара через конденсацию водяного пара с поверхности воды и между газовой фазой и полученным насыщенным водяным паром. Изменение температуры на насыщенном водяном паре может зависеть от изменения температуры. Здесь нельзя забывать о том, что молекула с низкой молекулярной массой должна подниматься в верхнюю часть атмосферы, т. е. молекула воды (18) должна подвергаться такому физическому явлению, поскольку она в 1,6 раза легче воздуха (29).

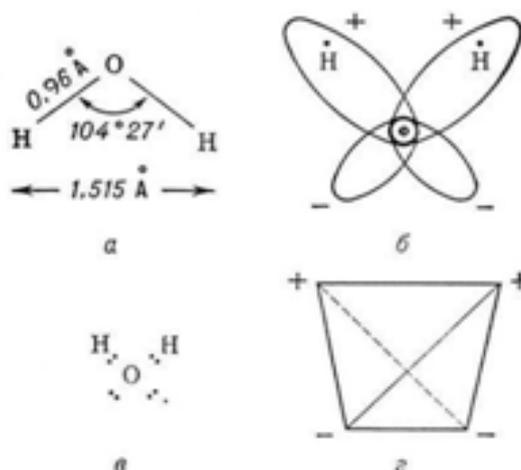
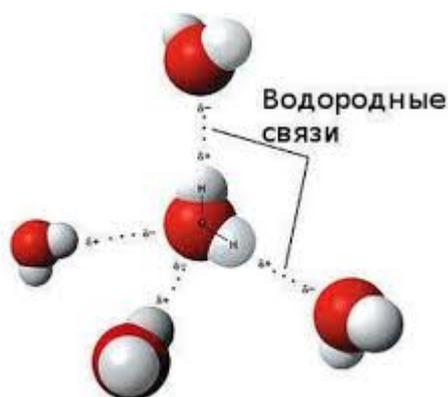


Рис. 1. Электронная конфигурация воды.

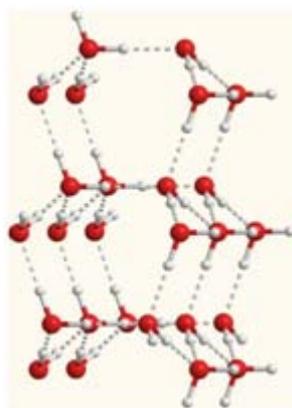
Вода бесцветная, без запаха и безвкусного газа без мономера, не сгорает, потому что это продукт сгорания. Химический состав ее состоит из 2 молей водорода и 1 моля кислорода. Как видно из рисунка 1, восемь электронов внешней электронной оболочки атома кислорода генерируют четыре пары электронов, из которых 2 относятся водороду, (O-H), а остальные 2 пары показаны как «уши кролика» в непрерывном электронном облаке. В этом случае длина  $sp$ -связи между атомами кислорода и водорода составляет 0,96 Å, а расстояние между двумя атомами

водорода 1,515 Å[7]. Поэтому вода является полярным веществом и имеет электрический дипольный момент. Дипольный момент электрический, векторная величина, характеризующая асимметрию распределения положительных и отрицательных зарядов в электрически нейтральной системе. Два одинаковых по величине заряда  $+q$  и  $-q$  образуют электрический диполь с дипольный момент  $m = q l$ , где  $l$  - расстояние между зарядами. У молекулы воды эта цифра составляет 0,958 Å. В это время дипольный момент ( $p = e l$ ) составит  $6 \cdot 10^{-28} \text{к} \cdot \text{м}$  или 1,8 дебай (D) ( $1,8 \cdot 10^{-18}$  единиц СГСЕ).

Следует иметь в виду, что наличие легко образованных диполей воды является признаком существования электростатического поля, что свидетельствует об одном из факторов, вызывающих молнию. Если мы объединим  $+$  и  $-$  нагруженных частиц со схематическими прямыми линиями, то получим подходящую и прочную тетраэдрическую структуру. Причиной этой структуры является то, что угол между молекулами водорода, связанными с кислородом, близок к тетраэдрическому углу  $109^\circ$ . Причина этого явления объясняется сильной электроотрицательностью атома кислорода (рис. 2 и 3)[8].



**Рис. 2. Водородная связь между молекулами воды**



**Рис. 3. Каркасная структура воды**

Длина водородной связи составляет  $\sim 1,76 \text{Å}$ , а ее энергия слабая и составляет 17-33 кДж / моль. Согласно современным представлениям, водородная связь не может рассматриваться как полное электростатическое состояние. Водородная связь, основанная на теории молекулярных орбиталей, состоит из трех основных элементов - рассеянных, ковалентных и электростатических сил. Слабость этой

связи позволяет легко отнять ее в виде газообразной жидкости с поверхности. Однако было установлено, что при кипячении ( $100\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) все эти соединения не полностью разрушаются, а некоторые из них могут оставаться в димерной форме ( $2\text{H}_2\text{O}$ ). То есть, если мы подходим к проблеме исключительно из атомно-молекулярной теории, очень сложно получить  $\text{H}_2\text{O}$  стехиометрическую (без водородной связи) воду. Однако можно наблюдать смесь димера и тримера.

И хотя химики смогли изучить димеры воды при температурах, приближенных к абсолютному нулю, до сих пор было неизвестно, могут ли такие молекулы формироваться в атмосфере Земли. Проблема в том, что инфракрасные спектральные характеристики димеров очень похожи на таковые у обычных одиночных молекул воды, так что с помощью традиционных методик спектроскопии обнаружить и изучить димеры не представляется возможным.

Более перспективной является методика изучения димеров с помощью спектроскопии на крайне высоких частотах (КВЧ) в диапазоне 100-200 ГГц. К сожалению, стандартные спектрометры не обладают достаточным разрешением и не могут обнаружить слабые широкие пики димеров, предсказанные расчетами.

Тем не менее, группе российских ученых под руководством Михаила Третьякова удалось наблюдать димеры воды в условиях, близких к атмосферным[9]. Для этого исследователи создали новый спектрометр, в котором КВЧ-излучение направляется в полость, с двумя зеркалами. Резонанс полости можно настраивать изменением расстояния между зеркалами, что позволило зафиксировать желаемый резонансный пик на частотах вблизи пиков поглощения водяного пара. Эксперименты проводились при температуре  $23\text{ }^{\circ}\text{C}$  и наблюдаемые пики совпали с теми, что наблюдаются в присутствии димеров во время экспериментов при крайне низких температурах. Интересно, что эксперимент российских ученых привел к неожиданному результату: пики поглощения оказались в четыре раза шире, чем было предсказано компьютерным моделированием. Исследователи полагают, что причина кроется в упрощенном предположении о структуре молекулы воды: компьютер моделировал симметричные молекулы, в то время, как на самом деле молекула воды ассиметрична.

Продемонстрировано, что количество димеров практически не уменьшается при разбавлении водяного пара воздухом. Многочисленные предшествующие исследования указывали на то, что димеры воды должны присутствовать в земной атмосфере, оказывая влияние на химические реакции, процессы гомогенной конденсации и радиационный баланс планеты. Считается, что димеры ответственны за поглощение солнечного света в атмосфере.

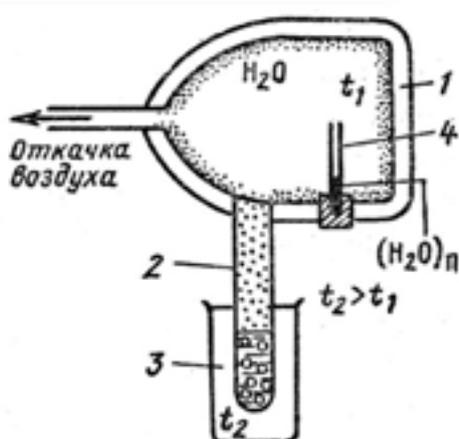
В 1959 г. доценту костромского текстильного института Н. Н. Федякину удалось разработать технологию изготовления сверхтонких стеклянных капилляров с радиусом до  $0,000017\text{ мм}$ . Наблюдая расширение столбиков воды в этих капиллярах при нагревании, он получил странную закономерность. В капиллярах с радиусом более  $1\text{ мкм}$  ( $0,001\text{ мм}$ ) в интервалах от  $0$  до  $+4\text{ }^{\circ}\text{C}$  проявлялась известная нам аномалия воды - столбик укорачивался[10]. При  $+4\text{ }^{\circ}\text{C}$  его длина становилась наименьшей, а при дальнейшем нагревании все шло как должно быть - столбик начинал удлиняться, плотность воды падала. Но в самых узких капиллярах вода изменяла своей "таинственной" аномальности. Здесь удлинение столбика

происходило на всем диапазоне температур, и коэффициент расширения оставался постоянным.

Дальнейшие исследования велись в отделе поверхностных явлений Института физической химии АН СССР под руководством Б. В. Дерягина[11].

Схема получения "дерягинской" воды показана на рис. 4. При откачке воздуха из сосуда Дьюара вода из пробирки, помещенной в термостат, испаряется. На стенках сосуда 1 конденсируется обыкновенная вода I, а в капилляре - вода II.

Выяснилось, что вода II почти в 1,5 раза плотнее обыкновенной воды I. Вязкость ее в 15-20 раз больше. По своей вязкости вода II напоминает вазелин - обмакни в нее палец, и она потянется за ним, как смола. Вода II не замерзает при  $0^{\circ}\text{C}$ ; при  $-100^{\circ}\text{C}$  она, не образуя льда, сразу вся, вследствие еще более резкого увеличения вязкости, переходит в стекловидное состояние, а закипает лишь при  $+300^{\circ}\text{C}$ . Когда температура достигнет  $700-800^{\circ}\text{C}$ , пары ее распадаются, превращаясь в пары обыкновенной воды I.



**Рис.4. Схема установки для получения воды II  $(\text{H}_2\text{O})_{\text{II}}$ . 1 - сосуд Дьюара; 2 - пробирка; 3 - термостат; 4 - капилляр**

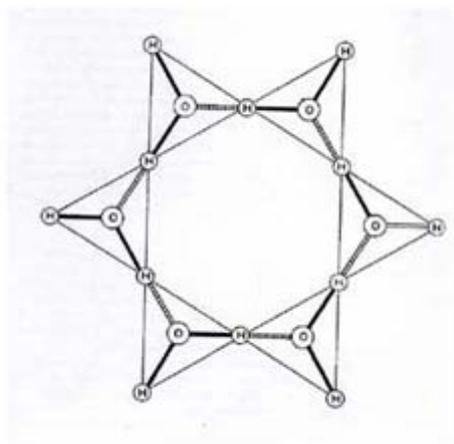
В статье Савича Э.В. в обоснованном виде определено понятие – четвертое агрегатное состояние воды. Он предлагает, что четвертое состояние воды – это водяной пар под энергетическим воздействием напряженности магнитного поля в точке Кюри. В момент магнитного фазового перехода обретает свойство сегнетоэлектрической плазмы, которая есть основа образований таких природных явлений, как грозное облако и шаровая молния, способных при определенных условиях выделять молниенные разряды и при взрыве большое количество тепловой энергии, что характерно для низкотемпературного реактора[12].

По сравнению с другими гомологическими газами ( $\text{H}_2\text{S}$ ,  $\text{H}_2\text{Se}$  и  $\text{H}_2\text{Te}$ ), было определено путем экстраполяции (теоретически), что переход воды из газообразной фазы в жидкую фазу должен произойти при  $-95^{\circ}\text{C}$  [13]. Даже при температуре  $+200^{\circ}\text{C}$  такая вода не может полностью мономеризоваться. В моем собственном опыте заметил, что сильноподогретый водяной пар до  $+200^{\circ}\text{C}$  остывает трудно по сравнению с обычным водяным паром. Чистую мономерную воду можно получить, нагревая водяной пар до  $+600^{\circ}\text{C}$ . Каждая молекула воды может генерировать 4 водородные связи: они происходят между несбалансированными электронными

орбитами кислорода и двумя водородами другой молекулы воды (рис. 2). Наличие водородных связей в воде сильно отличает ее от гомологов по физическим свойствам (кипение, плавление, замораживание и многое другое!).

В мономерной форме вода не несет слабых водородных связей. Физические свойства воды в мономерном состоянии неизвестны!

Водородные связи и силы донорно-акцепторного взаимодействия имеют высокую степень согласованности во внутренней структуре жидкой воды. Для воды возможны несколько форм полиморфных форм ледяного заполнителя. В зависимости от температуры и давления лед образует 13 видов льдообразования [8]. В нормальных условиях гексагональная форма льда более стабильна. Тщательный анализ показал, что вода образует кластерные структуры, такие как тример, тетрамер, гексамер и клатрат, за счет водородных связей, начиная с 3 молекул воды (рис. 5).



**Рис. 5. Кластер воды.**

Кластерная форма указывает на пустое пространство внутри него. Поскольку кластерная форма более распространена во льду, чем в жидкой фазе, ее аномальное расширение объема также объясняется этим. Поэтому, при таянии льда, из-за перехода отделившихся молекул воды вовнутрь кластеров уменьшается объем. Количество водяного пара в воздухе  $1 \text{ м}^3$  указывает абсолютную влажность воздуха. Количество влаги зависит от температуры воздуха, так как горячий воздух охотно поглощает водяной пар относительно холодной погоды. Если воздух не может поглотить водяной пар, то принимается насыщенный водяной пар. Относительная влажность воздуха — это отношение его текущей абсолютной влажности к максимальной абсолютной влажности при данной температуре.

Мы также подтверждаем, что вода имеет четвертую агрегатную форму. Согласно современным научным концепциям, облако состоит из очень маленьких (20-200 мкм) водяных капель и ледяной смеси. Впервые поднявшись по воздушным шарам, исследователи обнаружили два типа облака:

1. Очень маленькие водные капельки;
2. Малые кристаллы льда.

Анализируя обе массы, ученые пришли к выводу, что облако не отличается от тумана (Туман - это облако, которое падает на поверхность Земли). Согласно идеям Галилея и Лейбница, облако состоит из тонкого слоя воды («везикулы»), который покрывает пузырьки воздуха, поэтому они могут оставаться в воздухе[14]. Позже, Клаузиус показывает, что с помощью математических расчетов диаметр этих гранул не должен превышать 0,0001 мм, чтобы они оставались в воздухе[15]. Однако впервые в 1880 году Динес неоднократно экспериментально определил, что размеры сфер варьируются в диапазоне 0,16-0,127 мм. Ассман повторяет эксперимент Динеса на высокой горной поверхности и определяет, что размер капель в нижней части облака составляет 0,035 мм, а верхней части 0,006 мм. Он также обнаружил, что эти капли воды кристаллизуются при  $-10^{\circ}\text{C}$ , и внезапно превращаются в лед. Таким образом, необъективность везикул Галилея и Лейбница была доказана экспериментами Ассманна. Позднее Бетсольд, ссылаясь на реальные эксперименты Эйткена, пытается теоретически доказать, что переход водяного пара в капельную форму облака энергетически затруднен и не может быть получен[16]. Чтобы этот процесс происходил свободно, небольшая твердая частица должна образовывать центр конденсации. Было установлено, что очень маленькие частицы пыли, присутствующие в атмосфере, могут играть такой центр конденсации. Однако эта гипотеза не оправдала себя на практике.

В настоящее время наука насчитывает 11 типов ледниковых агрегатов, многие из которых были получены в лабораторных условиях под давлением тысяч и десятков тысяч атмосфер. Большинство кристаллических структур гексагональны, а некоторые из них - гексагональные и кубические сегменты. Их плотность может составлять от 0,92 до  $1,5\text{ г / см}^3$ .

Полиморфизм воды проявляется и в жидком состоянии. Таким образом, вода может даже поддерживать эти условия при отрицательных температурах, не меняя агрегатного состояния:

1. Обычная природная вода;
2. Вода, поднятая в тонких капиллярах, начинает замерзать при  $-90^{\circ}\text{C}$ , даже при контакте с ледовыми кристаллами приобретает плотность  $1,4\text{ г / см}^3$ ;
3. Вода, которая не замерзает в биологических тканях;
4. Термин, называемый «А-вода» означает, что плотность такой воды аномально высока ( $2,1\text{ г / см}^3$ ) и наблюдается в верхнем и среднем слоях атмосферы.

Одним из наиболее интересных находок в последние годы является определение структуры кристаллов, охлажденных до  $100-150^{\circ}\text{K}$ , путем рентгеноструктурного анализа. Ученые столкнулись с очень странным фактом. Выявлена неравномерность кристаллической структуры льда, и они назвали это как водный «аморфный конденсат», «аморфный лед», «А-вода» и т. д.[17]. Активные дискуссии по этому вопросу все еще продолжаются.

В научной работе русского ученого А. Невзорова этот вопрос очень важен. Таким образом, ученый изучил свои исследования в живой природе - через живую лабораторию, созданную в облачных приливах тропосферы. Его многочисленные эксперименты показали, что облачные слои даже образуют капельки жидкости при

температуре  $-39\text{ }^{\circ}\text{C}$  [18]. Он также назвал эту воду «А-вода». Другие аномальные особенности этих капель воды состоят в том, что экспериментально полученная оптическая плотность облака составляет 1,8-1,9, а плотность капель жидкости соответственно была очень большой -  $2,1\text{ г / см}^3$ , а удельная температура испарения при  $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$  (энтальпия) составляет  $550 \pm 90\text{ С / г}$ . Эта цифра примерно в 5 раз меньше, чем у обычной воды и очень близка к ацетону. Поэтому она быстро испаряется, быстро конденсируется, и капли быстро растут. Как видно, получается совершенно другая картина, капли воды, образующие облако, сильно отличаются от обычной воды, которую мы пьем. К сожалению, научный и теоретический анализ этого события не был убедительным. Главное преимущество опыта исследователя заключается в поиске физических понятий. Однако ключевым доводом этого вопроса должно быть объяснение от позиции атомно-молекулярных изображений. По словам А.Невзорова, «молекулы воды связаны с водородными и колебательными связями, а водородные связи в отличие от колебательных связей разъединяют молекул воды, Когда вода охлаждается, колебательные связи ослабляются, а наоборот, водородные связи начинают размножаться, что приводит к увеличению расстояния (увеличение объема) и уменьшению плотности». Длина водородных связей не может быть такой, чтобы она могла превышать расстояния между молекулами. С другой стороны, мы уже знаем об изменении физических параметров гексагональных кластеров при превращении льда в воду и наоборот. Тогда как можно объяснить отличительные особенности конденсата А-воды из обычной воды? По нашему мнению, его нужно искать в химической структуре воды. Тот факт, что молекула воды может образовывать водородные связи с четырьмя дополнительными молекулами (рис. 2), связана с тетраэдрической формой молекулы с тетрагональным углом  $104^{\circ}27'$ . Однако нормальный тетраэдрический угол (например, в метане  $\text{CH}_4$ ) составляет  $109^{\circ}28'$ . Таким образом, разница составляет около  $5^{\circ}$ . Этот факт может привести к определенным отклонениям и предполагает, что в некоторых исключительных обстоятельствах образование гексагональных кластеров молекул воды затруднено с точки зрения энергии. Молекулы не могут образовывать регулярные кластеры друг с другом. Известно, что регулярная структура молекул создает благоприятные условия для образования устойчивой кристаллической клетки. Например, приведем некоторые примеры, очевидные химикам.

Бензол ( $\text{C}_6\text{H}_6$ ) представляет собой обычную (правильную) гексагональную молекулу и точка плавления его  $+6,8\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Точка плавления толуола (бензольный водород замещена одной метильной группой  $\text{CH}_3$ ) составляет  $-93\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Большая разница! Если мы рассмотрим транс-транс-1,3,5-гексатриен ( $\text{C}_6\text{H}_8$ ) или обычную гомогенную цепь с открытой цепью бензола, точка плавления этого углеводорода составляет  $-12\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Гексан ( $\text{C}_6\text{H}_{12}$ ), который является аналогичным, но не регулярным, имеет температуру плавления  $-95\text{ }^{\circ}\text{C}$  и все еще ниже, чем бензол. Все эти факты показывают, что молекула мономера должна иметь регулярную структуру для образования устойчивой кристаллической клетки.

По сравнению с «А-вода» быстрое замораживание обычной воды основано на сложности образования кластеров (рис. 5). По-нашему, когда А-вода является газообразным мономером, молекула воды искажается от тетраэдрического угла, и образование кластеров затрудняется (рис. 5). Кстати, это мнение подтверждается результатами многочисленных экспериментов профессора доктора Дерягина. В результате рентгенографического анализа показано, что структура воды в аморфной форме неустойчива. И эта нерегулярность существенно отличала физические

свойства «А-вода» от обычной воды. Так как А-вода не имеет правильной кристаллической структуры, он такой же аморфный, как и обычное оконное стекло. Поэтому она затвердевает при низких температурах ( $-39^{\circ}\text{C}$ ).

Исходя из этого, можно сделать вывод, что облако является четвертым агрегатом воды и настало время рассуждать о возникновении молнии. Основной причиной образования молнии является появление очень сильного электростатического поля, образованного между облаком и Землей или внутри облака. А как появляется это поле? Установлено, что верхние части тропосферы относительно холодные. Свыше 10 км температура воздуха может достигать  $-30^{\circ}\text{C}$ . Относительно горячий поток облаков снизу быстро поднимается вверх, а наоборот, поток облаков мелких кристаллов льда из холодного слоя начинает течь вниз (конвекция!).

Этот процесс происходит в основном летних периодах. Трение, образованное при встрече холодного и горячего облаков вызывает большое электростатическое поле на миллион В / м. Поскольку такое электростатическое поле наполнено воздухом, водяным паром и водой, само явление напоминает обычный нагруженный конденсатор. Как упоминалось выше, вода имеет самую высокую диэлектрическую проницаемость (81) и высокий дипольный момент (1,8 D) среди жидких композитов, которая легко может быть поляризована под воздействием электростатического поля. Под воздействием сильного электростатического поля может прокалываться «естественный конденсатор», и получится гром. Причиной формирования грома является внезапное расширение воздуха. При этом энергия излучения частиц плазмы генерирует миллиарды джоуль, и температура может вырасти примерно до  $30\,000^{\circ}\text{C}$ . Это в 5 раз больше, чем жара на поверхности солнца. Под действием такого электростатического разряда и тепла молекулы кислорода в воздухе могут быть превращены в озон ( $3\text{O}_2 \rightarrow 2\text{O}_3$ ), и азот может превратиться в азот-4-оксид ( $\text{N}_2 + \text{O}_2 = 2\text{NO} + \text{O}_2 = 2\text{NO}_2$ ).

Причина образования града еще не определена. Следует отметить, что до сих пор нет правильного и положительного ответа на этот вопрос. Несмотря на создание первой гипотезы по этому поводу еще в первой половине XVII века Декартом, однако, научную теорию градовых процессов и методов воздействия на них разработали физики и метеорологи лишь в середине прошлого века. Следует отметить, что ещё в средних веках и в первой половине XIX века было выдвинуто несколько предположений разных исследователей, таких как, Буссенго, Шведов, Клоссовский, Вольта, Рейе, Феррел, Ган, Фарадей, Зонке, Рейнольд и др. К сожалению, их теории не получили свои подтверждения. Следует отметить, что и последние взгляды по данному вопросу не представляют собой научную обоснованность, и до сих пор нет исчерпывающих представлений о механизме градообразования. Наличие многочисленных экспериментальных данных и совокупность литературных материалов, посвящённых этой теме дали возможность предположить следующий механизм образования града, который был признан Всемирной метеорологической организацией и продолжает действовать до сих пор (**чтобы не было разногласий, мы дословно выдаём эти рассуждения**) [19,20,21]:

***«Поднимающийся от земной поверхности в жаркий летний день теплый воздух охлаждается с высотой, а содержащаяся в нем влага конденсируется, образуется облако. Переохлажденные капли в облаках встречаются даже при температуре —  $40^{\circ}\text{C}$  (высота примерно 8—10 км). Но эти капли очень нестабильны. Поднятые с земной поверхности мельчайшие***

**частицы песка, соли, продукты сгорания и даже бактерии при столкновении с переохлажденными каплями нарушают хрупкий баланс. Переохлажденные капли, вступившие в контакт с твердыми частицами, превращаются в ледяной зародыш градины.**

**Мелкие градины существуют в верхней половине почти каждого кучево-дождевого облака, но чаще всего такие градины при приближении к земной поверхности тают. Так, если скорость восходящих потоков в кучево-дождевом облаке достигает 40 км/ч, то они не в силах удержать зародившиеся градины, поэтому, проходя сквозь теплый слой воздуха на высоте от 2.4 до 3.6 км, они выпадают из облака в виде мелкого «мягкого» града либо и вовсе в виде дождя. В противном случае восходящие потоки воздуха поднимают мелкие градины до слоев воздуха с температурой от — 10 °С до — 40 °С (высота между 3 и 9 км), диаметр градин начинает расти, достигая порой нескольких сантиметров. Стоит отметить, что в исключительных случаях скорость восходящих и нисходящих потоков в облаке может достигать 300 км/ч! А чем выше скорость восходящих потоков в кучево-дождевом облаке, тем крупнее град.**

**Для образования градины размером с шар для гольфа потребуется более 10 миллиардов переохлажденных капель воды, а сама градина должна оставаться в облаке как минимум 5—10 минут, чтобы достичь столь крупного размера. Надо заметить, что на формирование одной капли дождя необходим примерно миллион таких мелких переохлажденных капель. Градины диаметром более 5 см встречаются в суперячейковых кучево-дождевых облаках, в которых наблюдаются очень мощные восходящие воздушные потоки. Именно суперячейковые грозы порождают смерч-торнадо, сильные ливни и интенсивные шквалы.**

**Град выпадает обычно при сильных грозах в теплое время года, когда температура у поверхности Земли не ниже 20 °С».**

Всемирная метеорологическая организация в 1956 году дала определение, что такое град: **"Град – осадки в виде сферических частиц или кусочков льда (градины) диаметром от 5 до 50 мм, иногда больше, выпадающие изолированно или же в виде неправильных комплексов. Градины состоят только из прозрачного льда или ряда его слоёв толщиной не менее 1 мм, чередующихся с полупрозрачными слоями. Выпадение града наблюдается обычно при сильных грозах".**

Почти во всех бывших и современных источниках по данному вопросу указывают, что град образуется в мощном кучевом облаке при сильных восходящих потоках воздуха. Это верно. К сожалению, совсем забыто про молнии и грозы. И последующая интерпретация формирования градины, на наш взгляд, нелогична и трудно воображима.

Профессор Клоссовский тщательно изучил внешние виды градин и обнаружил, что они кроме сферической формы, имеют ряд других геометрических форм существования [22]. Эти данные указывают на образование градины в тропосфере по иному механизму.

После ознакомления со всеми этими теоретическими взглядами, привлекло наше внимание несколько интригующих вопросов:

1. Состав облака, находящегося в верхней части тропосферы, где температура достигает приблизительно – 40 °С, уже содержит смесь переохлаждённых водяных капелек, кристалликов льда и частиц песка, солей, бактерий. Почему не нарушается хрупкий энергетический баланс?

2. По признанной современной общей теории [19,20,21] , градина могла бы зарождаться и без разряда молнии или грозы. Для образования градины с большим размером, маленькие льдинки, обязательно должны подниматься несколько километров вверх (минимум 3-5 км) и опускаться вниз, переходя нулевую изотерму. Притом это должно повториться до тех пор, пока не образовалась в достаточно большом размере градина. Ещё к тому же, чем больше скорости восходящих потоков в облаке, тем крупнее должна получиться градина (от 1 кг-а до нескольких кг) и для укрупнения она должна оставаться в воздухе 5 – 10 минут. Интересно!

3. Вообще, трудно вообразить, что в верхних слоях атмосферы сосредоточится столь громадных ледяных глыб с весом 2-3 кг? Выходит, что градины были ещё крупными в кучево-дождевом облаке, чем наблюдаемые на Земле, поскольку часть ее растает при падении, проходя через тёплый слой тропосферы.

4. Поскольку метеорологи нередко подтверждают: "... град выпадает обычно при сильных грозах в тёплое время года, когда температура у поверхности Земли не ниже 20 °С", тем не менее, не указывают причину этого явления. Естественно, спрашивается: в чем заключается эффект грозы?

Град почти всегда выпадает перед ливнем или одновременно с ним и никогда после него. Он выпадает большею частью в летнее время и днём. Град ночью — явление весьма редкое. Средняя продолжительность градобития — от 5 до 20 минут. Град как обычно, происходит на то место, где происходит сильный разряд молнии и всегда связан с грозой. Без грозы града не бывает! Следовательно, причину образования града, необходимо разыскивать именно в этом. Главным недостатком всех существующих механизмов образования града, на наш взгляд, является непризнание доминирующей роли разряда молнии.

Исследования распределения градов и гроз в России, произведённые А. В. Клоссовским [21] подтверждают существование самой тесной связи между этими двумя явлениями: град вместе с грозами бывает обыкновенно в юго-восточной части циклонов; он чаще там, где чаще грозы. Север России беден случаями выпадения града, иначе сказать, градобитиями, причина которого объясняется отсутствием сильного разряда молнии. А какую роль играет молния? Объяснения нет.

Несколько попыток нахождения связи между градом и грозой ещё было предпринято в середине XVIII века. [23]. Химик Гюйтон де Морво, отвергая все до него существующие идеи, предложил свою теорию: наэлектризованное облако лучше проводит электричество [24]. А Нолле выдвинул идею [25], что вода испаряется быстрее, когда она наэлектризована и рассуждал, что это должно несколько усилить холод и также фантазировал, что пар может стать лучшим проводником тепла, если его наэлектризовать. Гюйтону подверг критике Жан Андре Монжэ и писал [26]: это верно, что электричество усиливает испарение, однако наэлектризованные капли

должны взаимно отталкиваться, а не сливаться в большие градины. Электрическая теория града была предложена другим известным физиком Александром Вольта [27]. По его мнению, электричество использовалось не в качестве первопричины холода, а для объяснения того, почему градинки остаются взвешенными столь долго, что успевают вырасти. Холод возникает в результате очень быстрого испарения облаков, которым способствуют мощный солнечный свет, разреженный сухой воздух, лёгкость испарения пузырьков, из которых, сделаны облака, и предполагаемый эффект электричества, помогающего испарению. Но как градины удерживаются в воздухе в течение достаточного времени? По Вольту эту причину нужно найти только в электричестве. Ну как?

Во всяком случае, к 20-м годам XIX в. сложилось общее убеждение, что сочетание града и молнии означает лишь, что оба эти явления возникают при одинаковых условиях погоды. Таково было ясно выраженное в 1814 г. мнение фон Буха [28], а в 1830 г. это же решительно утверждал Денисон Ольмстед из Иеля [29]. Начиная с этого времени теории града были механическими и основывались более или менее твёрдо на представлениях о восходящих потоках воздуха. По теории Ферреля [30], каждая градина может несколько раз падать и подниматься. По числу слоёв в градинах, которых иногда бывает до 13, Феррель судит о числе оборотов, совершенных градиной. Циркуляция происходит до тех пор, пока градины не сделаются очень большими. По его вычислению, восходящий ток со скоростью 20 м/с в состоянии поддерживать град в 1 см в диаметре, а эта скорость для смерчей ещё довольно умеренная.

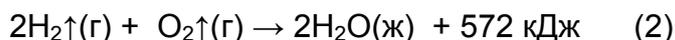
Имеется ряд сравнительно новых научных исследований [31,32,33], посвящённых вопросам механизма образования града. В частности, утверждают, что история образования града отражена в его структуре: крупная градина, разрезанная пополам, подобна луковице: она состоит из нескольких слоёв льда. Иногда градины напоминают слоёный пирог, где чередуются лёд и снег. И этому есть своё объяснение – по таким слоям можно вычислить, сколько раз кусочек льда совершал странствие из дождевых облаков в переохлаждённые слои атмосферы. Трудно верить: град с весом 1-2 кг может ли перепрыгнуть ещё вверх до расстояния 2-3 км? Многослойность льда (градины) может появиться по разным причинам. Например, разность давления окружающей среды станет причиной такого феномена. И, вообще, причём здесь снег? Это разве снег?

Анализ мировой литературы показывает, что в этой области науки имеется много недостатков и нередко спекуляций.

При разряде молнии высвобождается колоссальная тепловая энергия, и температура при этом достигает – 30 000 °K! Это примерно в 5 раз больше, чем температура поверхности Солнца. Безусловно, частицы такой громадной энергетической зоны должны существовать в форме плазмы, которые после разряда молнии путём рекомбинации превращаются в нейтральные атомы или молекулы.

### **Что может случиться с водой при таких суровых условиях?**

Об этом в литературе нет сведений. Нагреванием до температуры 2500 °C [34] или пропусканием через воду постоянного электрического тока при комнатной температуре [35] она разлагается на свои составляющие компоненты и тепловой эффект реакции показан по уравнению (1):



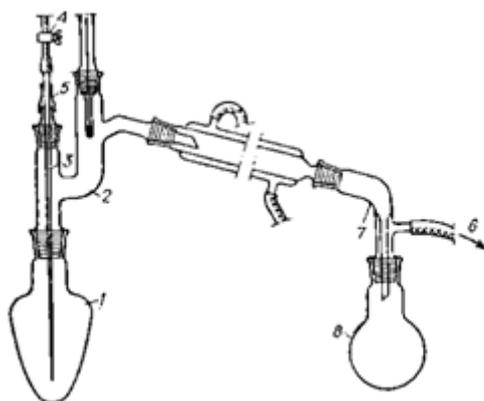
Реакция разложение воды (1) является эндотермическим процессом и для разрыва ковалентных связей энергия должна вводиться снаружи. Однако в данном случае она исходит из самой системы (в данном случае — поляризованная в электростатическом поле вода). Эта система напоминает адиабатический процесс, в истечении которого отсутствует теплообмен газа с окружающей средой и такие процессы совершаются очень быстро (разряд молнии). Словом, при адиабатном расширении воды (разложения воды на водород и кислород) (1) расходуется ее внутренняя энергия и, следовательно, начинает охладить сама себя. Безусловно, при разряде молнии равновесие нацело сдвинуто в правую сторону и полученные газы — водород и кислород действием электрической дуги моментально с грохотом («гремучая смесь») реагируют обратно с образованием воды (2). Эту реакцию легко провести в лабораторных условиях. Несмотря на уменьшение объема реагирующих компонентов в этой реакции, получается сильный грохот. На скорость обратной реакции по принципу Ле Шателье благоприятно действует полученное в результате реакции (1) высокое давление. Дело в том, что и прямая реакция (1) должна идти с сильным грохотом, так как из жидкого агрегатного состояния воды мгновенно образуются газы (большинство авторов связывают это, с сильным нагреванием и расширением внутри или вокруг канала воздуха, создаваемым сильным разрядом молнии). Не исключено, что поэтому звук грома не монотонный, то есть, не упоминает звук обыкновенного взрывчатого или орудия. Сначала наступает разложение воды (первый звук), вслед за этим присоединение водорода с кислородом (второй звук). Однако эти процессы настолько быстро происходят, их различить не каждому.

### **Как образуется град?**

При разряде молнии вследствие получения огромного количества тепла, вода по каналу разряда молнии или вокруг его интенсивно испаряется, как только прекращается сверкание молнии, она начинает сильно похолодеть. По известному закону физики сильное испарение приводит к похолоданию. Примечательно то, что тепло при разряде молнии не вводятся извне, наоборот, оно исходит из самой системы (в данном случае система: поляризованная в электростатическом поле вода). На процесс испарения расходуется кинетическая энергия самой поляризованной водной системы. При таком процессе сильное и мгновенное испарение завершается сильным и быстрым затвердеванием воды. Чем сильнее испарение, тем интенсивнее реализуется процесс затвердевания воды. Для такого процесса не обязательно, чтобы температура окружающей среды была ниже нуля. При разряде молнии образуются разнообразные виды градины, отличающиеся и величиной. Величина градины зависит от мощности и интенсивности молнии. Чем мощнее и интенсивнее молнии, тем крупнее получаются градины. Обычно осадок градины быстро прекращается, как только перестанет сверкание молнии.

Процессы подобного типа действуют и в других сферах Природы. Приведём несколько примеров.

1. Холодильные системы работают по указанному принципу. То есть, искусственный холод (минусовые температуры) образуется в испарителе в результате кипения жидкого хладагента, который подаётся туда по капиллярной трубке. Благодаря ограниченной пропускной способности капиллярной трубки, хладагент поступает в испаритель относительно медленно. Температура кипения хладагента обычно составляет порядка  $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Попадая в тёплый испаритель, хладагент моментально вскипает, сильно охлаждая стенки испарителя. Пары хладагента, образовавшиеся в результате его кипения, попадают из испарителя во всасывающую трубку компрессора. Откачивая из испарителя газообразный хладагент, компрессор нагнетает его под высоким давлением в конденсатор. Газообразный хладагент, находящийся в конденсаторе под высоким давлением охлаждаясь, постепенно конденсируется, переходя из газообразного в жидкое состояние. Заново жидкий хладагент из конденсатора подаётся по капиллярной трубке в испаритель и цикл повторяется.
2. Химикам хорошо известно получение твёрдого углекислого газа ( $\text{CO}_2$ ). Углекислый газ обычно перевозится в стальных баллонах в сжиженной жидкой агрегатной фазе. При медленном пропускании газа из баллона при комнатной температуре переходит в газообразное состояние, если его выпускать интенсивно, то он тут же переходит в твёрдое состояние, образуя «снег» или «сухой лёд», имеющий температуру сублимации от  $-79$  до  $-80\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Интенсивное испарение приводит к затвердеванию углекислого газа, минуя жидкую фазу. Очевидно, температура внутри баллона плюсовая, однако, выделенный таким путём твёрдый углекислый газ («сухой лёд») имеет температуру сублимации примерно  $-80\text{ }^{\circ}\text{C}$  [36].
3. Кроме того, воду можно также превратить в лёд в обычной стеклянной лабораторной установке (рис.6), при пониженных давлениях без внешнего охлаждения (при  $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ ). Нужно только присоединить к этой установке форвакуум насос с ловушкой.



**Рис. 6. Вакуумная установка.**

В заключении хочется затронуть очень важный вопрос, касающийся многослойности градин (рис. 7).



**Рис. 7. Аморфная агрегатная форма льда.**

**Чем обусловлена мутность в структуре градины?** Считают [32,33,37]: « чтобы носить по воздуху градину диаметром около 10 сантиметров, восходящие струи воздуха в грозовой туче должны иметь скорость не меньше 200 км/ч, и таким образом, в него включаются снежинки и пузырьки воздуха. Такой слой выглядит мутным. Но если температура выше, то лёд намерзает медленнее, и включённые снежинки успевают растаять, а воздух улетучивается. Поэтому такой слой льда прозрачный. По кольцам можно проследить, в каких слоях облака побывала градина, прежде чем упасть на землю». Из рис. 7 отчётливо видно, что лёд, из которого состоят градины, действительно, неоднородны. Почти каждая градина состоит из чистого и в центре мутного льда. Непрозрачность льда может вызываться по разным причинам. В больших градинах иногда чередуются слои прозрачного и непрозрачного льда. На наш взгляд, белый слой отвечает аморфную, а прозрачный слой кристаллическую форму льда. К тому же, аморфная агрегатная форма льда получают путём чрезвычайно быстрого охлаждения жидкой воды (со скоростью порядка  $10^7$  °К в секунду), а также, быстрого повышения давления окружающей среды, так что молекулы не успевают сформировать кристаллическую решётку. [38]. В данном случае это происходит разрядом молнии, что полностью соответствует благоприятному условию образования метастабильного аморфного льда. Громадные глыбы весами 1-2 кг образовались из скоплений сравнительно мелких градин. Оба фактора показывают, что образование соответствующих прозрачного и непрозрачного слоёв в разрезе градины обусловлено воздействием чрезвычайно высоких давлений, порождённых при разряде молнии.

### **Выводы**

1. Физико-химические характеристики мономерной воды еще неизвестно.
2. Исходя из аномальных физических характеристик, следует иметь в виду, что облако является четвертой агрегатной формой воды и удерживает промежуточную позицию между жидкостью и водяным паром.
3. Причиной формирования града является генерация мгновенного и огромного количества тепла при разряде молнии в кучево-дождевых облаках. Образующееся такое могучее тепло приводит к сильному испарению воды в канале разряда молнии и вокруг него. Сильное испарение воды совершается быстрым похолоданием ее и образованием льда соответственно. Процесс, по существу, близок к адиабатическому процессу, поскольку образующаяся тепловая энергия не вводится в систему извне, и она исходит из самой системы.

4. Этот процесс не требует необходимости перехода нулевой изотермы атмосферы, имеющей отрицательную температуру, и легко может произойти при низких и тёплых слоях тропосферы.
5. Мощный и интенсивный разряд молнии обеспечивает условие для образования крупных градин.

#### Литература:

1. Юман М.А. Молния. Пер. с англ., М. 1972, 328 с.
2. Лосев К.С. Вода. Л. Гидрометеиздат. 1989, 272 с.
3. Ларионов А. К. Занимательная гидрогеология. Москва: Недра, 1979. 157 с.
4. Кульский Л.А., Даль В.В., Ленчина Л.Г. Вода знакомая и загадочная.. Киев. Радянська школа, 1982, 120 с.
5. Эйзенберг Д., Кауцман В., Структура и свойства воды, пер. с англ., Л., 1975. 280 с/
6. Алекин О. А., Основы гидрохимии, Л., 1970, 446 с.
7. Маленков Г. Г., в кн.: Физическая химия. [Ежегодник], М., 1984, с. 41-76.
8. Мосин О.В., Игнатов И. Структура воды и физическая реальность. 2011. Т. 17. № 9. С. 16-31.
9. Третьяков М. Ю., Кошелев М А, Серов Е А, и др. "Димер воды и атмосферный континуум" УФН 2014, Т.184, С.1199–1215.
10. Н. Н. Федякин, «Изменения в структуре воды при конденсации в капиллярах» // Коллоидный журнал, 24 (1962) 497.
11. Дерягин Б. В. , Чураев Н. В. . «Новые свойства жидкостей». М.: Наука, 1971, 176 с
12. Савич Э.В. ISSN 2074-272X. Электромеханика. 2013. №2 , с.19-22.
13. Анцышкин Д. В., Дунаева А. Н., Кусков О. Л.. Термодинамика фазовых переходов в системе лед-VI — лед-VII — вода (англ.) // Геохимия. 2010. No. 7. P. 675-684.
14. Галилей Г. Избранные труды в 2-х томах. М.: Наука, 1964. Т. I. 560 с.
15. Андреев А. О., Дукальская М. В., Головина Е. Г. Облака: происхождение, классификация, распознавание. СПб: РГГМУ, 2007. 228 с
16. Облака // Энциклопедический словарь Брокгауза и Ефрона : в 86 т. (82 т. и 4 доп.). СПб. 1890—1907.
17. Силонов В.М., Чубаров В.В. Аморфный лед. Физика конденсированного состояния. РЕНСИТ, 2015, Т. 7, № 1.
18. Невзоров А.Н. О механизме кристаллизации метастабильной воды и его влиянии на внутриоблачные процессы. ФАО, 2006, Т. 42, № 6, с. 830-838.
19. Баттан Л. Дж. Человек будет изменять погоду.// Гидрометеиздат. Л.:1965. 111 с.
20. Железняк Г.В., Козка А.В. Загадочные явления природы. Кн. клуб, Харьков, 2006, 180 с.
21. Ian Strangeways. Precipitation Theory, Measurement and Distribution.//Cambridge University Press. – 2006 – 290 p.
22. Клоссовский А. В.. //Труды метеор. сети ЮЗ России –1889, 1890, 1891.
23. Миддлтон У. История теорий дождя и других форм осадков. Л.:Гидрометеиздат.1969,С. 198 с.
24. Guyton de Morveau L. B. // Obs. sur la Phys. – 1777. Vol. 9. P. 60.
25. Nollet J. A. Recherches sur les causes particulieres des phenomenes electriques. Paris. 1764. P. 324.
26. Mongez J. A. // Obs. sur la Phys. – 1778. Vol. 12. P. 202.
27. Volta A. //Metapo sopra la grandine. Giornale de Fisica. – Pavia, 1808.Vol.1.PP. 31. 129.
28. Buch Ch. L. // Abh. Akad. Berlin, 1814. V.15. S. 74.
29. Olmsted D. //Amer. J. Sci. – 1830. Vol. 18. P. 1.
30. Ferrel W. Recent advances in meteorology. Washington: 1886, App. 7L

31. Назаренко А.В. Опасные явления погоды конвективного происхождения. Учебно-методическое пособие для вузов. Издательско-полиграфический центр Воронежского государственного университета 2008, 62 с.
32. Тлисов М. И. Физические характеристики града и механизмы его образования. Гидрометеоиздат, 2002 – 385 с.
33. Хучунаев, Б. М. Микрофизика зарождения и предотвращения града. Дисс. на соискание уч. степ. доктора физико-математических наук. Нальчик, 2002, 289 с.
34. Канарёв Ф.М. Начала физхимии микромира. Монография. Т. II. Краснодар 2009, 450
35. Водород свойства, получение, хранение, транспортирование, применение. Под. ред. Гамбурга Д. Ю., Дубовкина Я.Ф. М.: Химия, 1989. 672 с.
36. Юрьев Ю.К. Практические работы по органической химии. МГУ, 1957. Вып.2. 231с. г. № 1. С.39.
37. Ермаков В.И., Стожков Ю.И. Физика грозových облаков. ФИАН РФ им. П. Н. Лебедева. М.: 2004 26 с.
38. Дж. Рассел. Аморфный лёд. Изд. «VSD», 2013, 157 с.