

## О МЕХАНИЗМЕ ОБРАЗОВАНИЯ ГРАДА

Исмаилов С.А.

*Институт нефтехимических процессов АН Азербайджанской Республики*

*E-mail: [sokhrab@yahoo.com](mailto:sokhrab@yahoo.com)*

*Наука целая. Чтобы принять ее в таком соображении,  
зачастую пользуем методологию разных предметов,  
приводящую порой к заблуждению. Как ни парадоксально,  
всегда соглашаемся с этим, другого выхода нет, так  
как скорость эволюции человеческого мозга намного  
отстаёт от динамики развития Природы.*

*Автор*

### Аннотация

Выдвинута новая гипотеза о механизме образования града в условиях атмосферы. Предполагается, что в отличие от известных предыдущих теорий, образование града в атмосфере обусловлено генерацией высокой температуры при разряде молнии. Резкое испарение воды по разрядному каналу и вокруг его приводит к резкому замерзанию ее с появлением града разных размеров. Для образования града не обязателен переход нулевой изотермы, он образуется и в нижнем теплом слое тропосферы. Грозой сопутствует град. Выпадение града наблюдается только при сильных грозах.

**Ключевые слова:** град, молния, гроза, электрический разряд

### Abstract

#### About the mechanism of the hail formation

*Ismailov S.A.*

Put forward a new hypothesis about the mechanism of formation of hail in the atmosphere. Assuming it's in contrast to the known previous theories, hail formation in the atmosphere due to the generation of heat lightning. Abrupt volatilization water discharge channel and around its freezing leads to a sharp appearance with its hail different sizes. For education is not mandatory hail the transition of the zero isotherm, it is formed in the lower troposphere warm. Storm accompanied by hail. Hail is observed only when severe thunderstorms.

**Keywords:** hail, lightning, thunder, electrical discharge

Человек зачастую сталкивается со страшными стихийными явлениями природы и неустанно борется против них. Стихийные бедствия и последствия катастрофических природных явлений (*землетрясения, оползни, молнии, цунами, наводнения, извержения вулканов, торнадо, ураганы, град*) привлекают внимание учёных всего мира. Не случайно, что при ЮНЕСКО создана специальная комиссия по учёту стихийных бедствий — UNDR0 (*United Nations Disaster Relief Organization – Ликвидации последствий стихийных бедствий Организацией Объединённых Наций*). Познав необходимость объективного мира, и действуя, в соответствии с нею, человек подчиняет себе силы природы, заставляет их служить своим целям и превращается из раба природы во властелина природы и перестаёт быть бессильным перед природой, становится свободным. Одним из таких страшных бедствий является град.

\*На месте падения град, в первую очередь, уничтожает культурные сельскохозяйственные растения, убивает скота, а также самого человека. Дело в том, что внезапное и с большим притоком наступление града исключает защиту от него.

Иногда за считанную минуту поверхность Земли покрывается градом с толщиной 5-7 см. В районе Кисловодска в 1965 году выпал град, покрывший землю слоем в 75 см. Обычно град охватывает 10-100 км расстояния. Давайте вспомним несколько страшных событий из прошлого.

В 1593 году в одной из провинций Франции вследствие бушующего ветра и сверкающей молнии выпал град с громадным весом 18-20 фунт! В результате этого был нанесён большой ущерб посевам и разрушено много церквей, замков, домов и других сооружений. Жертвами этого ужасного события стали и сами люди. (*Здесь надо учесть, что в те времена фунт как единица веса имел несколько значений*). Это было ужасное стихийное бедствие, одно из самых катастрофических градобитий, обрушившихся на Францию. В восточной части штата Колорадо (США) ежегодно происходит около шести градобитий, каждое из них приносит огромные убытки. Градобития чаще всего случаются на Северном Кавказе, в Азербайджане, Грузии, Армении, в горных районах Средней Азии. С 9 на 10 июня 1939 года в городе Нальчик выпал град величиной с куриное яйцо, сопровождающийся сильным ливнем.

---

\*Некоторые элементы, касающиеся этой темы, в краткой форме недавно были опубликованы в журнале: *Meždunarodnyj naučno-issledovatel'skij žurnal*. Екатеринбург, 2014, № 6 (25), Часть 1, С.9.

В результате было уничтожено свыше 60 тысяч га пшеницы и около 4 тысяч га других культур; было убито около 2 тысяч овец".

Когда речь идёт о градине, в первую очередь, отмечают размеры ее. Градины, как обычно, бывают разные по величине. Метеорологи и другие исследователи обращают на себя внимание самые крупные. Любопытно, узнать о совершенно фантастических градинах. В Индии и Китае было обнаружено падение с небес ледяных глыб весом 2-3 кг. Даже говорят, что в 1961 году в Северной Индии тяжёлая градина убила слона. В 14.04.1984 году в небольшом городе Гопалгандж республики Бангладеш падали градины массой в 1 кг, приводящие к гибели 92 человек и несколько десятков слонов. Даже этот град занесён в книгу рекордов Гиннеса. В 1988 году в Бангладеш 250 человек были жертвами градобития. А в 1939 году была обнаружена градина с весом 3,5 кг. Совсем недавно (20.05.2014 г.) в городе Сан-Паулу Бразилии выпала градина настолько крупной размерности, кучу которой извлекали с улиц тяжёлой техникой.

Все эти данные говорят о том, что нанесение ущерба градобитием на жизнедеятельность человека имеет немаловажное значение, чем другие экстраординарные природные явления. Судя по этому, комплексное изучение и нахождение причины образования его с привлечением современных физико-химических методов исследований, а также борьбы с этим кошмарным феноменом являются актуальными задачами перед человечеством всего мира.

### **Каков действующий механизм образования града?**

Заранее отмечу, 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) [1,6,21]:

*«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 °С (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 смерчи-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».*

Необходимо подчеркнуть, что ещё в середине прошлого века, вернее, в 1962 году Ф. Ладлемом также предложена подобная теория [16], предусматривающая условие образования градины. Им также рассматривается процесс образования градины в

переохлаждённой части облака из мелких водяных капелек и ледяных кристалликов путём коагуляции. Последняя операция должна произойти сильным поднятием и снижением градины в несколько километров, переходя нулевую изотерму. По видам и размерам градин и современные учёные говорят о том, что градины в течение своей «жизни» многократно увлекаются то вверх, то вниз сильными токами конвекции. В результате столкновения с переохлаждёнными каплями градины наращивают свои размеры.

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 вообразима.

Профессор Клоссовский тщательно изучил внешние виды градин и обнаружил, что они кроме сферической формы, имеют ряд других геометрических форм существования [8]. 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  $-40^{\circ}\text{C}$ , 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 [1,6,21], градина могла бы зародиться 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 большей 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 [8] 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. [9]. Химик Гюйтон де Морво, отвергая все до него существующие идеи, предложил свою теорию: *наэлектризованное облако лучше проводит электричество* [20]. А Нолле выдвинул идею [23], 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 [22]: 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 [25]. 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 [17], а в 1830 г. это же решительно утверждал Денисон Ольмстед из Иеля [24]. Начиная с этого времени теории града были механическими и основывались более или менее твёрдо на представлениях о восходящих потоках воздуха. По теории Ферреля [18], 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 [11,13,14], посвящённых вопросам механизма образования града. В частности, утверждают, что история образования града отражена в его структуре: *крупная градина, разрезанная пополам, подобна луковичке: 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 наверх 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?

В недавнем сайте <http://tornado2.webnode.ru/obrazovanie-града/>

профессор Егор Чемезов выдвигает свою идею и старается объяснить образование крупного града и умение его оставаться в течение нескольких минут в воздухе с появлением «чёрного дыра» в самом облаке. По его мнению: «Град принимает отрицательный заряд. Чем больше отрицательный заряд объекта, тем меньше концентрации эфира (физического вакуума) в этом объекте!?. А чем меньше концентрация эфира в материальном объекте, тем большей антигравитацией он обладает. По Чемезову, чёрная дыра является хорошей ловушкой для градины. Как только, сверкает молния, погашается отрицательный заряд, и начинают падать градины.

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

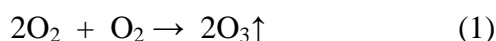
По завершению Всесоюзной конференции в Минске в 13.09.1989 г, посвящённой по теме: «Синтез и исследование простагландинов», мы с сотрудниками института глубокой ночью возвращались самолётом из Минска в Ленинград. Стюардесса сообщила, что наш самолёт летит на высоте 9 км. Мы охотно наблюдали чудовищное зрелище. Внизу под нами от нас в расстоянии примерно 7-8 км (чуть выше поверхности Земли) будто шла страшная война. Эти были мощные грозовые разряды. А над нами ясная погода и сияют звезды. И когда мы были над Ленинградом, нам сообщили, что час назад в город выпал град с дождём. С этим эпизодом хочу отметить, что градоносная молния зачастую сверкает ближе к Земле. Для возникновения града и молнии не обязательно поднятие потока кучево-дождевых облаков на высоту 8-10 км. И совершенно не нужно перейти облакам выше нулевого изотерма. Громадные ледяные глыбы образуются в теплом слое тропосферы. Для такого процесса не требуется минусовые температуры и большие высоты. Всем известно, что без грозы и молнии не наступает град. По-видимому, для образования электростатического поля не обязательно столкновение и трение мелких и крупных кристалликов твёрдого льда, как об этом часто пишут, хотя для совершения указанного явления достаточно трение тёплых и холодных облаков в жидком состоянии (конвекция). Для образования грозового облака требуется много влаги. При одной и той же относительной влажности тёплый воздух содержит значительно больше влаги, чем холодный. Поэтому гроза и молнии, обычно, происходят в тёплые времена года – весной, летом, осенью. Механизм образования электростатического поля в облаках также пока остаётся открытым вопросом. Имеется много предположений по этому



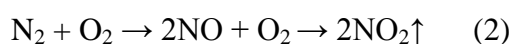
вопросу [9]. В одном из недавних сообщается [5], что в восходящих потоках влажного воздуха наряду с незаряженными ядрами всегда присутствуют положительно и отрицательно заряженные ядра. На любых из них может происходить конденсация влаги. Установлено, что конденсация влаги в воздухе, первым начинается на отрицательно заряженных ядрах, чем на положительно заряженных или нейтральных ядрах [10,12]. По этой причине в нижней части облака накапливаются отрицательные частицы, а в верхней – положительные. Следовательно, внутри облака создаётся громадное электрическое поле, напряжённость которого составляет  $10^6$ - $10^9$  V, а сила тока  $10^5$ - $3 \cdot 10^5$  A. Такая сильная разница потенциалов, в конце концов, приводит к мощному электрическому разряду. Разряд молнии может длиться  $10^{-6}$  (одна миллионная) секунды. *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.

#### **К чему может привести это ужасное тепло?**

Многим известно, что при сильном разряде молнии нейтральный молекулярный кислород воздуха легко превращается в озон и чувствуется его специфический запах:

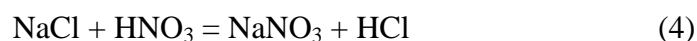


Кроме того, установлено, что в этих суровых условиях одновременно реагирует даже химически инертный азот с кислородом, образуя моно- NO и диоксид азота NO<sub>2</sub>:



Образующийся диоксид азота NO<sub>2</sub>, в свою очередь, присоединяясь с водой, превращается в азотную кислоту HNO<sub>3</sub>, которая в составе осадка выпадает на Землю.

Ранее считали, что, содержащиеся в кучево-дождевых облаках поваренная соль (NaCl), карбонаты щелочных (Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>) и щёлочноземельных (CaCO<sub>3</sub>) металлов реагируют с азотной кислотой и в конечном итоге образуются нитраты (селитры).

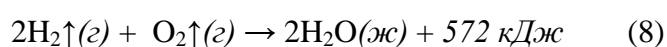
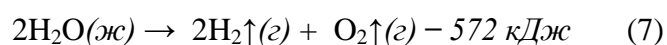


Селитры в смеси с водой являются охлаждающими веществами. Учитывая эту предпосылку, Гассенди фантазировал идею, что верхние слои воздуха холодны не

потому, что они далеки от источника тепла, отражающегося от земли, а из-за «азотистых корпускул» (селитры), которые там очень многочисленны. Зимой их меньше, и они порождают лишь снег, но летом их больше, так что может образовываться град [19]. Впоследствии эта гипотеза также была подвержена критике современниками.

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

Об этом в литературе нет сведений. Нагреванием до температуры 2500 °С [2] или пропусканием через воду постоянного электрического тока при комнатной температуре [7] она разлагается на свои составляющие компоненты и тепловой эффект реакции показан по уравнению (7):



Реакция разложение воды (7) 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) (7) 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 («гремячая смесь») реагируют обратно с образованием воды (8). 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 (7) высокое давление. Дело в том, что и прямая реакция (7) 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 вводится 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  $-80$  °С. 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  $-80$ °С [15].

3. Ещё один немаловажный пример, касающийся этой теме. Почему человек потеет? Всем известно, что в обычных условиях или при физическом напряжении, а также при нервном волнении человек потеет. Пот – жидкость, выделяемая потовыми железами и содержащая 97.5 – 99.5% воды, небольшое количество солей (хлориды, фосфаты, сульфаты) и некоторые другие вещества (из органических соединений – мочевины, мочекислые соли, креатин, эфиры серной кислоты) [3]. Правда, повышенная потливость может указывать на наличие серьёзных заболеваний. Причин может быть несколько: простуда, туберкулёз, ожирение, нарушение сердечнососудистой системы и т.д. Однако, главное, *потливость регулирует температуру тела*. Потоотделение повышается в условиях горячего и влажного климата. Обычно мы покрываемся потом, когда нам жарко. Чем выше температура окружающей среды, тем сильнее мы потеем. Температура тела здорового человека всегда равна  $36.6$  °С и один из приёмов поддержания такой нормальной температуры – это потоотделение. Через расширенные поры происходит интенсивное испарение влаги из организма – человек сильно потеет. А испарение влаги с любой поверхности, как указывали выше, способствует её охлаждению. Когда телу грозит опасный для здоровья перегрев, мозг запускает механизм потоотделения и испаряющийся с нашей кожи пот охлаждает поверхность тела. Вот почему человек потеет в жару.

4. Кроме того, воду можно также превратить в лёд в обычной стеклянной лабораторной установке (рис.1), при пониженных давлениях без внешнего охлаждения (при  $20$  °С). Нужно только присоединить к этой установке форвакуум насос с ловушкой.

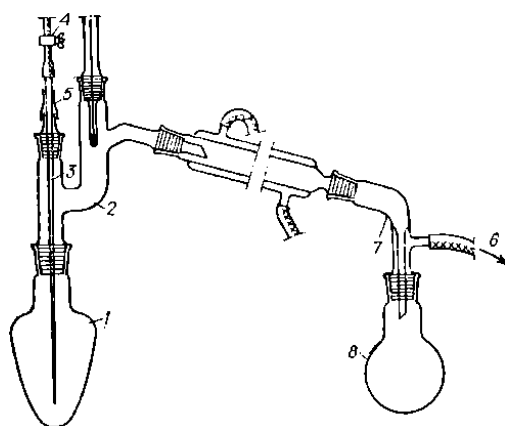


Рис. 1

В заключении хочется затронуть очень важный вопрос, касающийся многослойности градин (рис. 2-3). Чем обусловлена мутность в структуре градины? Считают [5,13,14]: « 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 улечивается. Поэтому такой слой льда прозрачный. По кольцам можно проследить, в каких слоях облака побывала градина, прежде чем упасть на землю. Из рис. 2-3 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. [4]. В данном случае это происходит разрядом молнии, что полностью соответствует благоприятному условию образования метастабильного аморфного льда. Громадные глыбы весами 1-2 кг из рис. 3 видно, что 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.



Рис. 2



Рис. 3

**Выводы:**

- 1. Без разряда молнии и сильной грозы не наступает град, а грозы бывают без града. Грозой сопутствует град.*
- 2. 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.*

3. *Этот процесс не требует необходимости перехода нулевой изотермы атмосферы, имеющей отрицательную температуру, и легко может произойти при низких и тёплых слоях тропосферы.*
4. *Процесс, по существу, близок к адиабатическому процессу, поскольку образующаяся тепловая энергия не вводится в систему извне, и она исходит из самой системы.*
5. *Мощный и интенсивный разряд молнии обеспечивает условие для образования крупных градин.*

### Список литературы

1. Батган Л. Дж. Человек будет изменять погоду.// Гидрометеоиздат. Л.:1965. 111 с.
2. Водород свойства, получение, хранение, транспортирование, применение. Под. ред. Гамбурга Д. Ю., Дубовкина Я.Ф. М.: Химия, 1989. 672 с.
3. Грашин Р.А., Барбинов В.В., Бабкин А.В. Сравнительная оценка влияния липосомальных и обычных мыл на функциональную активность апокриновых потовых желез и химический состав пота человека //Журнал «Дерматология и косметология», 2004.
4. Дж. Рассел. Аморфный лёд. Изд. «VSD», 2013, 157 с.
5. Ермаков В.И., Стожков Ю.И. Физика грозовых облаков. ФИАН РФ им. П. Н. Лебедева. М.:2004 26 с.
6. Железняк Г.В., Козка А.В. Загадочные явления природы. Кн. клуб, Харьков, 2006, 180 с.
7. Канарёв Ф.М. Начала физхимии микромира. Монография. Т. II. Краснодар 2009, 450
8. Клоссовский А. В.. //Труды метеор. сети ЮЗ России –1889, 1890, 1891.
9. Миддлтон У. История теорий дождя и других форм осадков. Л.:Гидрометеоиздат.1969,С. 198 с.
10. Милликен Р. Электроны (+ и -), протоны, фотоны, нейтроны и космические лучи. 180 с.англ. М-Л.: ГОНТИ. 1939. 311 с.
11. Назаренко А.В. Опасные явления погоды конвективного происхождения. Учебно-методическое пособие для вузов. Издательско-полиграфический центр Воронежского государственного университета 2008, 62 с.
12. Русанов А.И. К термодинамике нуклеации на заряженных центрах. //Докл. АН СССР –1978. Т. 238. № 4. С. 831.
13. Тлисов М. И. Физические характеристики града и механизмы его образования.

Гидрометеоздатель, 2002 – 385 с.

14. Хучунаев, Б. М. Микрофизика зарождения и предотвращения града. Дисс. на соискание уч. степ. доктора физико-математических наук. Нальчик, 2002, 289 с.
15. Юрьев Ю.К. Практические работы по органической химии. МГУ, 1957. Вып.2. 231с. г. № 1. С.39.
16. Browning, K. A. and Ludlam F. H. Airflow in convective storms. Quart.// J. Roy. Meteor. Soc. –1962. V.88. – P.117.
17. Buch Ch. L. // Abh. Akad. Berlin, 1814. V.15. S. 74.
18. Ferrel W. Recent advances in meteorology. Washington: 1886, App. 7L
19. Gassendi P. //Opera omnia in sex tomos divisa. Leyden. – 1658. V. 11. P. 70.
20. Guyton de Morveau L. B. // Obs. sur la Phys. – 1777. Vol. 9. P. 60.
21. Ian Strangeways. Precipitation Theory, Measurement and Distribution.//Cambridge University Press. – 2006 – 290 p.
22. Mongez J. A. // Obs. sur la Phys. – 1778. Vol. 12. P. 202.
23. Nollet J. A. Recherches sur les causes particulieres des phenomenes electriques. Paris. 1764. P. 324.
24. Olmsted D. //Amer. J. Sci. – 1830. Vol. 18. P. 1.
25. Volta A. //Metapo sopra la grandine. Giornale de Fisica. – Pavia, 1808.Vol.1.PP. 31. 129.