

## О механизме образования града Исмаилов С.А.

*Исмаилов Сохраб Ахмедович / Ismailov Sokhrab Akhmedovich - лаборатория химии и технологии циклоалкилфенолов, доктор химических наук, старший научный сотрудник  
Институт нефтехимических процессов АН Азербайджанской Республики, г. Баку*

**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 сопровождается град. Выпадение града наблюдается только при сильных грозах.

**Abstract:** 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.

**Ключевые слова:** градина, нулевая температура, испарение, похолодание, молния, гроза.  
**Keywords:** hailstone, zero temperature, evaporation, cold, lightning, storm.

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 ученых всего мира. Не случайно, что при ЮНЕСКО создана специальная комиссия по учету стихийных бедствий – UNDR0 (United Nations Disaster Relief Organization – Ликвидации последствий стихийных бедствий Организацией Объединенных 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, перестает 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 скот, а также самого человека. Дело в том, что внезапное и с большим притоком наступление града исключает защиту от него<sup>1</sup>.

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 фунтов! В результате этого был нанесен большой ущерб посевам и разрушено много церквей, замков, домов и других сооружений. Жертвами этого

---

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

ужасного события стали и сами люди. (Здесь надо учесть, что в те времена фунт как единица веса имел несколько значений). Это было невероятное 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. В результате было уничтожено свыше 60 тысяч га пшеницы и около 4 тысяч га других культур; было убито около 2 тысяч овец.

Когда речь идет о градине, в первую очередь, отмечают размеры ее. Градины, как обычно, бывают разные по величине. Метеорологи и другие исследователи обращают 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 тяжелая 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 тяжелой техникой.

Все эти данные говорят о том, что нанесение ущерба градобитием на жизнедеятельность человека имеет важное значение, не менее, чем другие экстраординарные природные явления. Судя по этому, комплексное изучение и нахождение причины образования града с привлечением современных физико-химических методов исследований, а также борьбы с этим 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 то, что первая гипотеза по этому поводу была выдвинута еще в первой половине XVII века Декартом, научную теорию градовых процессов и методов воздействия на них разработали физики и метеорологи лишь в середине прошлого века. Следует отметить, что еще 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 своего 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, посвященных 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 выдаем 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  $-10^{\circ}\text{C}$  до  $-40^{\circ}\text{C}$  (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 капелек 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 капелек. 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  $20^{\circ}\text{C}$ .*

Необходимо подчеркнуть, что еще 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 переохлажденной части облака из мелких водяных капелек и ледяных кристалликов путем коагуляции. Последняя операция должна произойти сильным поднятием и снижением градины в несколько километров, переходя нулевую изотерму. По видам и размерам градин и современные ученые говорят о том, что градины в течение своей «жизни» многократно увлекаются то вверх, то вниз сильными токами конвекции. В результате столкновения с переохлажденными 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 слоев 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 [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 переохлажденных 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 зарождаться и без разряда молнии или грозы. Для образования градины большого размера, 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. Еще к тому же, чем больше скорости восходящих потоков в облаке, тем крупнее должна получиться градина (от 1 кг 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 еще крупными в кучево-дождевом облаке, чем наблюдаемые на Земле, поскольку часть ее растает при падении, проходя через теплый слой тропосферы.

4. Поскольку метеорологи нередко подтверждают: «... *град выпадает обычно при сильных грозах в теплое 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 днем. Град ночью – явление весьма редкое. Средняя продолжительность градобития – от 5 до 20 минут. Град как обычно, происходит на том месте, где появляется 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, произведенные 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 еще 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, легкость 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 века 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 году мнение фон Буха [17], а в 1830 году это же решительно утверждал Денисон Ольмстед из Иеля [24]. Начиная с этого времени теории града были механическими и основывались более или менее твердо на представлениях о восходящих потоках воздуха. По теории Ферреля [18], каждая градина может несколько раз падать и подниматься. По числу слоев 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 еще довольно умеренная.

Имеется ряд сравнительно новых научных исследований [11,13,14], посвященных 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 слоев льда. Иногда градины напоминают слоеный пирог, где чередуются лед и снег. И этому есть свое 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, причем здесь снег? Это разве снег?

В недавнем сайте <http://tornado2.webnode.ru/obrazovanie-grada/> профессор Егор Чемезов выдвигает свою идею и старается объяснить образование крупного града и умение его оставаться в течение нескольких минут в воздухе с появлением «черного 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, черная дыра является хорошей ловушкой для градины. Как только, сверкает молния, погашается отрицательный заряд, и начинают падать градины.

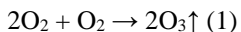
Анализ мировой литературы показывает, что в этой области науки имеется много недостатков и нередко спекуляций.

По завершению Всесоюзной конференции в Минске в 13.09.1989 году, посвященной по теме: « Синтез и исследование простагландинов», мы с сотрудниками института глубокой ночью возвращались самолетом из Минска в Ленинград. Стюардесса сообщила, что наш самолет 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 грозные 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 дождем. 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 твердого льда, как об этом часто пишут, хотя для совершения указанного явления достаточно трение теплых и холодных облаков в жидком состоянии (конвекция). Для образования грозного облака требуется много влаги. При одной и той же относительной влажности теплый воздух содержит значительно больше влаги, чем холодный. Поэтому гроза и молнии, обычно, происходят в теплые 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 сообщений [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, в первую очередь 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 создается громадное электрическое поле, напряженность которого составляет  $10^6 - 10^9$  V, а сила тока  $10^5 -$

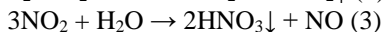
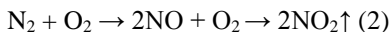
$3 \times 10^5$  А. Такая сильная разница потенциалов, в конце концов, приводит к мощному электрическому разряду. Разряд молнии может длиться 10-6 (одна миллионная) секунды. При разряде молнии высвобождается колоссальная тепловая энергия, и температура при этом достигает 30 000 °K! Это примерно в 5 раз 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 такое сильное тепло?

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

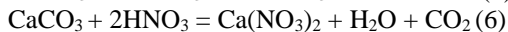


Кроме того, установлено, что в этих суровых условиях одновременно реагирует даже химически инертный азот с кислородом, образуя моно- NO и диоксид азота NO<sub>2</sub>:



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.

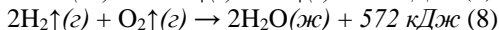
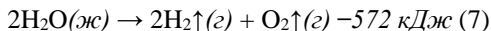
Ранее считали, что, содержащиеся в кучево-дождевых облаках поваренная соль (NaCl), карбонаты щелочных (Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>) и щелочноземельных (CaCO<sub>3</sub>) металлов реагируют с азотной кислотой и в конечном итоге образуются нитраты (селитры).



Селитры в смеси с водой являются охладительными 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°C [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 охлаждать сама себя. Безусловно, при разряде молнии равновесие целиком сдвинуто в правую сторону и полученные газы – водород и кислород под действием электрической дуги моментально с грохотом («гремучая 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 подается туда по капиллярной трубке. Благодаря ограниченной пропускной способности капиллярной трубки, хладагент поступает в испаритель относительно медленно. Температура кипения хладагента обычно составляет порядка – 30 °С. Попадая в теплый 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 подается по капиллярной трубке в испаритель и цикл повторяется.

2. Химикам хорошо известно получение твердого углекислого газа (CO<sub>2</sub>). 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 твердое состояние, образуя «снег» или

«сухой лед», 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 путем твердый углекислый газ (сухой лед) имеет температуру сублимации примерно 80°С[15].

3. Еще один немаловажный пример, касающийся этой темы. 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 серьезных заболеваний. Причин может быть несколько: простуда, туберкулез, 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 приемов 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 лед 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.

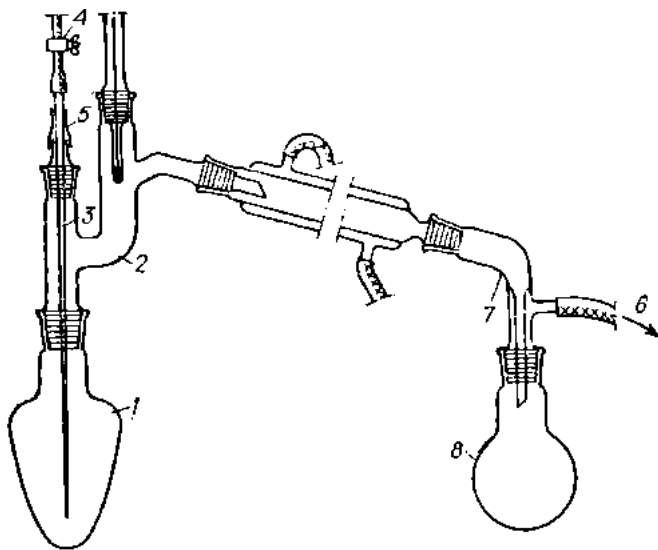


Рис. 1.

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 лед 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. 2-3 отчетливо видно, что лед, 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 путем чрезвычайно быстрого охлаждения жидкой воды (со скоростью порядка  $10^7$ °K в секунду), а также, быстрого повышения давления окружающей среды, так что молекулы не успевают сформировать кристаллическую решетку. [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 таким образом 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 теплых слоях тропосфер;*
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.*

#### **Литература**

1. *Баттан Л. Дж. Человек будет изменять погоду.// Гидрометеиздат. Л.:1965.111 с.*
2. *Водород свойства, получение, хранение, транспортирование, применение. Под. ред.*
3. *Гамбург Д. Ю., Дубовкина Я.Ф. М.: Химия, 1989. 672с.*
4. *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.*
5. *Дж. Рассел. Аморфный лед. Изд. «VSD», 2013. 157 с.*

6. *Ермаков В.И., Стожков Ю.И.* Физика грозных облаков. ФИАН РФ им. П. Н.
7. Лебедева. М.: 2004. 26 с.
8. *Железняк Г.В., Козка А.В.* Загадочные явления природы. Кн. клуб, Харьков, 2006. 180 с.
9. *Канарев Ф.М.* Начала физхимии микромира. Монография. Т. II. Краснодар.2009. 450 с
10. Клоссовский А. В.. //Труды метеор. сети ЮЗ России 1889, 1890, 1891.
11. *Миддлтон У.* История теорий дождя и других форм осадков. Л.:Гидрометеиздат.1969. 198 с.
12. *Милликен Р.* Электроны (+ и -), протоны, фотоны, нейтроны и космические лучи.180 с. англ. М-Л.: ГОНТИ. 1939. 311 с.
13. *Назаренко А.В.* Опасные явления погоды конвективного происхождения. Учебно-методическое пособие для вузов. Издательско-полиграфический центр Воронежского государственного университета. 2008. 62с.
14. *Русанов А.И.* К термодинамике нуклеации на заряженных центрах. //Докл. АН СССР 1978. Т. 238. № 4. С. 831.
15. *Тлисов М. И.* Физические характеристики града и механизмы его
16. образования. Гидрометеиздат. 2002. 385с.
17. *Хучунаев Б. М.* Микрофизика зарождения и предотвращения града. Дисс. на соискание уч. степ. доктора физико-математических наук. Нальчик, 2002. 289 с.
18. *Юрьев Ю.К.* Практические работы по органической химии. МГУ,1957. Вып.2. № 1. С.39.
19. *Browning K. A. and Ludlam F. H.* Airflow in convective storms. Quart. // J. Roy. Meteor. Soc. 1962. V.88. P.117.
20. *Buch Ch. L.* // Abh. Akad. Berlin. 1814. V.15. S. 74.
21. *Ferrel W.* Recent advances in meteorology. Washington: 1886, App. 7L
22. *Gassendi P.* // Opera omnia in sex tomos divisa. Leyden. 1658. V. 11. P. 70.
23. *Guyton de Morveau L. B.* // Obs. sur la Phys. 1777. Vol. 9. P. 60.
24. *Ian Strangeways.* Precipitation Theory, Measurement and Distribution.//Cambridge University Press. 2006. 290 p.
25. *Mongez J. A.* // Obs. sur la Phys. 1778. Vol. 12. P. 202.
26. *Nollet J. A.* Recherches sur les causes particulieres des phenomenes electriques. Paris. 1764. P. 324.
27. *Olmsted D.* //Amer. J. Sci. 1830. Vol. 18. P. 1.
28. *Volta A.* //Metapo sopra la grandine. Giornale de Fisica. Pavia, 1808.Vol.1. PP. 31. 129. 179.