



Всё о граде: мифы и реальность

Александр Чернокульский, канд. физ.-мат. наук,
ст. науч. сотр. Института физики атмосферы имени А. М. Обухова РАН

Двадцать шестого июля 2021 года по Центральной Европе ударил крупный град. Сотни сообщений были зафиксированы и обработаны в Европейской лаборатории опасных штормов (European Severe Storm Laboratory). Наибольшее число сообщений о крупном граде — в метеорологии таковыми считаются градины более 2 см в диаметре — пришло из Италии и Германии.



Александр Чернокульский

В некоторых районах града выпало так много, что фотографии очевидцев напоминали зимний пейзаж; особенно тяжело пришлось автомобилистам. Местами град был очень крупным! В Италии, в районе городка Альтедо (область Эмилия-Романья), размер градин достиг 8 см, в Германии — 7 см (Таубенберг, Бавария). Везли такие градины до 100 г.

Напомню, что под размером града понимается наибольшее расстояние по любой из осей. Иногда, для образности, журналисты любят сравнить град с грецким орехом, абрикосом, яблоком, мячом для гольфа. Но всё же от шаровой формы град очень далек. По наблюдениям за большим числом градин на земле ученые выяснили, что их форма в основном представляет собой сплюснутый сфероид. Чем больше град, тем больше он сплюснут. Для градин около полусантиметра отношение минимального и максимального диаметров составляет около 0,95, а для градин размером 5 см — уже около 0,6 [1].

Но и это лишь упрощение. На самом деле формы градин больше напоминают сфероид с большим количеством «протуберанцев», направленных в разные стороны. Во время падения и соударения с землей эти «протуберанцы» подтаивают или откалываются от материнской градины. Поэтому точную форму градин в облаке наблюдениям на земле не восстановить — помогло трехмерное лазерное сканирование градовых облаков, ко-

торое показало бесчисленное количество вариаций форм [2].

Еще один интересный миф, гуляющий по Интернету, связан с внутренней структурой некоторых градин, которые представляют собой чередование белесых и прозрачных слоев льда (рис. 1). Чтобы разобраться с этим мифом, надо сначала понять, как растет град.

Эволюция эмбриона града

Для роста града необходимо несколько условий: наличие эмбриона (частицы размером менее 1 см, обычно это или замерзшая капля, или слипшийся мокрый снег — граупель), большая зона переохлажденных капелек воды и мощный подъем воздуха.

Подхваченный подъемом эмбрион, превращаясь в град, может находиться в облаке до 10–15 минут [1], постепенно выходя в размерах. При этом рост града бывает «сухой» или «влажный» — в зависимости от числа переохлажденных капелек в облаке, размера града, температуры поверхности града и окружающего воздуха. «Сухой» рост наблюдается в условиях, когда капля вокруг немного, а поверхность града очень холодная — в итоге на ней сублимирует водяной пар из окружающего воздуха, формируется белесый слой льда. На этой стадии град растет достаточно медленно. В условиях большого числа переохлажденных капелек и более теплой поверхности града наблюдается быстрый рост: поверхность града подтаивает, к ней активно присоединяются переохлажденные капли из облака. В это время формируется прозрачный слой льда. Это — стадия «влажного» роста.

Обе стадии могут чередоваться во время подъема или горизонтального переноса градин в облаке, что в итоге и приводит к кольцевой структуре градин. А вот предыдущие представления о том, что белесый лед соответ-

ствует подъему, а прозрачный — опусканию и что количество переходов от одного типа льда к другому может говорить о количестве подъемов и опусканий градин в облаке (подобно тому, как кольца деревьев говорят о возрасте дерева), оказались неверными. По современным представлениям, многочисленных подъемов град внутри облака всё же не испытывает.

Неверны представления и о том, как формируются «протуберанцы». Это отнюдь не результат столкновения и поглощения крупной градиной более мелких. Нет, это либо результат подтаивания и увеличения сосулков на поверхности града во время «влажного» роста, либо нарастание лепестков и выступов во время «сухого» роста.

Размер градин:

«мы бьем рекорды»

Но вернемся к июльскому граду в Европе и зададим себе вопрос: а много ли это, 7–8 см? Лавинообразный рост данных о граде (спасибо смартфонам, мобильному Интернету и социальным сетям) позволил ученым из ESSL изучить тысячи образцов града и установить, что 70% всех событий приходится на град размером менее 4 см, 97% — на град менее 7 см [3]. А вот на град размером 8 см и более приходится всего 1% событий. При этом в расчете процентов учитывались только события с градом 2 см и более, а всё, что меньше, и вовсе не принималось в расчет. Так что можно смело утверждать, что событие 26 июля было аномальным!

Кстати, именно в Италии — только на северо-востоке, на границе со Словенией, — отмечается максимальное число дней в Европе с крупным градом: каждый год четыре дня здесь выпадает град больше 2 см, а раз в два года — больше 5 см. В России самое градоопасное место — Северный Кавказ, где в XXI веке уже отмечено несколько случаев выпадения града размером более 10 см.

Наиболее крупный град выпадает из так называемых суперъячейко-

Рис. 1. Кольцевая структура градин: чередование белесого и чистого льда, образующихся во время «сухой» и «влажной» стадий роста града (фото @joshuasoderholm, «Твиттер»)

Рис. 2. Наиболее крупный град в XXI веке



Рис. 2а. Град, выпавший 23 июля 2010 года в районе г. Вивиан, штат Северная Дакота, США (фото NWS Aberdeen)

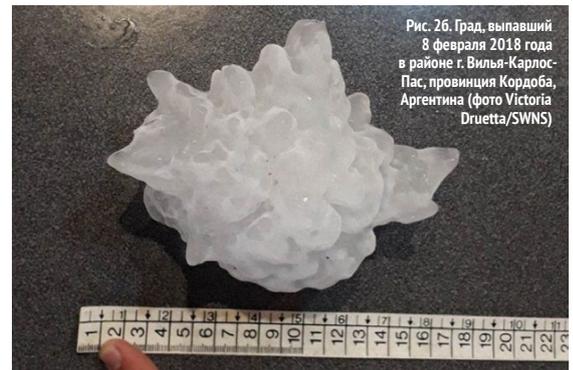


Рис. 2б. Град, выпавший 8 февраля 2018 года в районе г. Вилья-Карлос-Пас, провинция Кордоба, Аргентина (фото Victoria Druetta/SWNS)



Рис. 2в. Град, выпавший 27 октября 2020 года в районе г. Триполи, Ливия (фото Saad Aldeen Hmouda)

вых облаков — укрупнившихся кучево-дождевых облаков с собственной закруткой воздуха — мезоциклоном (подробнее о таких облаках — в материале «Смерчи в России: реальная угроза?» [4]).

В России самый крупный град, по видимому, выпал 9 июня 1984 года во время Ивановской вспышки смерчей, но не из той суперъячейки, которая породила самый мощный торнадо, прошедший через Иваново, а из более западной, прошедшей через Ярославскую область. Размер града составил 15 см, а его масса была оценена в 1 кг [5].

Правда, эта оценка массы, скорее всего, завышена. Так, согласно данным большого многолетнего эксперимента по изучению нескольких тысяч образцов града в США [6], масса града достаточно хорошо аппроксимируется степенной функцией $M = aD^b$, где M — масса градины (в граммах), D — ее максимальный размер (в сантиметрах), $a = 0,53$, $b = 2,4$. В статье [7] получены другие значения для коэффициентов: $a = 0,37$, $b = 2,7$. Тогда, согласно этим оценкам, масса 15-сантиметровой градины составляет 350–550 г.

А вот 20-сантиметровый град вполне может весить 1 кг! Ближайшие по размеру градины в XXI веке отмечались в США, Аргентине и Ливии (рис. 2).

В 2020 году ученые даже установили новую градацию: к крупному (large, больше 2 см), очень крупному (very large, больше 5 см) и гигантскому (giant, больше 10 см) теперь добавлен еще и колоссальный размер града (gargantuan, больше 15 см) [8]. Или, если угодно, гаргантюлевский...

Такие колоссальные градины могут не только повредить машины, люльки и крыши домов, но и убить человека [3]. Одна из актуальных задач метеорологов — заблаговременно прогнозировать не только место и время выпадения града, но и его размер, что даст возможность людям подготовиться к удару стихии.

1. agupubs.onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1029/2019RG000665
2. journals.ametsoc.org/view/journals/bams/98/7/bams-d-15-00314.1.xml
3. journals.ametsoc.org/view/journals/mwr/147/11/mwr-d-19-0204.1.xml
4. trv-science.ru/smerchi-v-rossii
5. sciencedirect.com/science/article/pii/S0169809517311158
6. ams.confex.com/ams/275LSL/webprogram/Paper255294.html
7. journals.ametsoc.org/view/journals/atc/75/11/jas-d-18-0035.1.xml
8. nature.com/articles/d41586-020-01088-z