

**ВСЕСОЮЗНОЕ ОБЩЕСТВО  
ПО РАСПРОСТРАНЕНИЮ ПОЛИТИЧЕСКИХ И НАУЧНЫХ ЗНАНИЙ  
ЛЕНИНГРАДСКОЕ ОТДЕЛЕНИЕ**

---

Кандидат технических наук  
**А. А. ЭФЕНДИ-ЗАДЕ**

# **МОЛНИЯ**

**СТЕНОГРАММА ПОПУЛЯРНОЙ ЛЕКЦИИ**

**ЛЕНИНГРАД — 1949**

ВСЕСОЮЗНОЕ ОБЩЕСТВО  
ПО РАСПРОСТРАНЕНИЮ ПОЛИТИЧЕСКИХ И НАУЧНЫХ ЗНАНИЙ  
ЛЕНИНГРАДСКОЕ ОТДЕЛЕНИЕ

---

Кандидат технических наук  
А. А. ЭФЕНДИ-ЗАДЕ

# МОЛНИЯ

СТЕНОГРАММА ПОПУЛЯРНОЙ ЛЕКЦИИ

---

ЛЕНИНГРАД — 1949

## ОГЛАВЛЕНИЕ

	Стр.
Гроза . . . . .	4
Из истории изучения молнии . . . . .	5
Образование грозы . . . . .	11
Электризация грозовых облаков . . . . .	13
Различные формы разряда молнии . . . . .	16
Гром . . . . .	18
Грозовые явления в различных странах . . . . .	19
Материальные убытки, разрушения и поражения от молнии . . . . .	20
Защита от молнии . . . . .	22
Роль советской науки в исследовании молнии . . . . .	23

Редактор — профессор М. П. Костенко

---

М—23526. Подписано к печати 3/VIII-1949 г. Объем 1 $\frac{1}{2}$  п. л.. Тираж 22000

Зак. № 956

---

Типография им. Влодарского.

Молния причиняет ежегодно большой ущерб народному хозяйству. В городах она поражает незащищенные дома и промышленные сооружения. В энергетических установках она служит причиной крупных аварий и повреждений. Материальные убытки от молнии во всем мире ежегодно исчисляются сотнями миллионов рублей. С этой точки зрения защита сооружений от грозových ударов является вопросом исключительно большой народно-хозяйственной важности. Именно поэтому за последние три десятка лет технике грозозащиты и научному исследованию и изучению молнии уделяется особое внимание.

В нашей стране развитие промышленности, сельского хозяйства, транспорта и всех других отраслей народного хозяйства основано на прогрессивной передовой технике. Современная же передовая техника неразрывно связана с механизацией народного хозяйства и электрификацией страны. В силу этого электроэнергетика занимает одно из основных мест в нашем народном хозяйстве. Грозозащита электрических станций, подстанций, высоковольтных линий электропередачи и всей энергетической системы в целом требует к себе особого внимания.

Следует отметить, что с развитием энергетической системы задача грозозащиты усложняется. К жизни вызваны более совершенные и усовершенствованные в техническом отношении средства защиты.

Сооружение крупных по своей протяженности и напряжению линий электропередачи в районах с большой грозовой интенсивностью ставит новые технические и научные задачи перед нашими энергетиками и учеными в области грозозащиты.

В течение ряда лет Академия Наук СССР, Министерство электростанций и ряд научно-исследовательских институтов про-

водят большую плодотворную работу по изучению различных характеристик молний. Все это имеет практическое значение и в области разработки защитных мероприятий.

## Гроза

Чаще всего грозовые явления происходят весной и летом. В жаркий летний день обильные солнечные лучи, согревающие земную кору и воздушные массы атмосферы, создают благоприятные условия для образования грозы. В полдень, когда солнце находится в зените, лучи его интенсивно обогревают поверхность земли. Атмосфера насыщается водяными парами, поднимающимися с поверхности земли. Обычно к вечеру, когда солнце садится, поднимается легкий ветерок. Попутно с этим количество пушистых белых облаков становится все больше и больше. Поток облаков усиливается и постепенно на небосклоне образуются мощные тучи. В то время как верхние слои остаются белыми, наподобие хлопка, нижние слои приобретают все более темный свинцовый цвет. Издали эти грозовые тучи похожи на высокие горы, вершины которых покрыты снегом.

Солнечные лучи не пробиваются через эти мощные грозовые тучи; все окружающее покрывается мраком. Опытные колхозники сразу догадываются о приближении грозы и прерывают свою работу на поле, пока пройдет гроза.

Вскоре начинается сильный ветер. Видя такое внезапное изменение в окружающей атмосфере, птицы и другие животные инстинктивно ищут себе укрытия. Черные грозовые тучи приближаются с большой быстротой. Разражается гроза. Начинается редкий дождь с крупными каплями. Один за другим происходят интенсивные разряды молний, грохочет гром.

И вот в это время можно наблюдать, как зигзагообразная линия разряда молнии достигает земли. Оглушающий гром распространяется вокруг. Куда-то ударила молния: или разрушила незащищенную избу или свалила столетний, величественный дуб.

Наконец, все реже и реже становятся разряды, гром становится все слабее, стихает, постепенно окрестность приобретает все более привлекательный вид. Воздух насыщен озоном, дышется легко. Зеленая трава, цветы, лес, горы, поля — все в природе освежается.

Такова картина грозы.

## Из истории изучения молнии

Молния — величественное и красочное явление природы. В глубокое древности она наводила мистический страх на людей. Люди с большим интересом пытались познать это могущественное явление.

Известно, что в древности многие явления природы были непонятны людям. Эти явления они объясняли либо как чудо, либо как нечто такое, что сотворено нечистой силой. Разрушения строений, поражения человека и животных молнией люди толковали как гнев бога. Они были бессильны против этого «страшного» явления природы.

Пытливый человеческий ум, стремящийся разгадать тайные силы и явления природы, старался объяснять и это таинственное явление — грозу.

Разгадать и дать научно правильное объяснение природы молнии человеку удастся, конечно, не сразу. Пытаясь объяснить грозные явления люди создали много легенд и сказок.

Древне-индийская легенда рассматривает грозу, как борьбу между двумя богами в небе. Эта борьба якобы происходит между добрым богом крестьян Индрой и демоном засухи — Вритрой. В этой борьбе Индра побеждает и вынуждает Вритру излить небесные воды на землю. Земля становится плодотворной и крестьяне избавляются от великого бедствия — засухи.

По древне-греческой мифологии самым могущественным богом среди богов, управляющих небесными явлениями, считался грозный бог грома и молнии Зевс-громовержец. В легенде говорится, что Прометей сделал из глины человека, и для того, чтобы дать ему душу и сделать его жизнеспособным, он перенес небесный огонь на землю. Узнав это, Зевс мечет гром и молнию и наказывает Прометея. Он пригвоздил Прометея к скале на Кавказе, где орлы и хищные звери его растерзали.

О грозе у каждого народа имеется своя легенда.

Существовала, как известно, и русская легенда, по которой молния объяснялась деянием Ильи-пророка. Якобы Илья-пророк катается на колеснице на небе и выпускает огненную стрелу.

В древности люди различными средствами защищали себя от молнии. По свидетельству историка Плиния, люди, защищаясь от молнии, прятались в естественных и искусственных пеще-

рах. В Японии, для тушения «небесного огня», над подобными пещерами устраивали большие бассейны для воды.

История показывает, что и в древности люди находили эффективные меры защиты. Известно, например, что в старой Палестине, в одном из самых грозоносных районов, на возвышенности был сооружен храм, который просуществовал более тысячи лет и ни разу не был поврежден молнией. Оказалось, что этот храм Соломона был защищен высокими мачтами, установленными вокруг здания.

Археологические раскопки указывают на то, что и в древнем Египте, еще в XIII веке до нашей эры, то есть более 3000 лет назад, по приказанию египетского фараона Рамзеса III, храмы защищались высокими мачтами, обитыми медью. Высота этих мачт доходила до 40 метров. На вершине их укрепляли заостренные металлические стержни, что фактически представляло собою громоотвод (вернее молниеотвод). Принцип действия и научное обоснование его были даны лишь в XVIII веке нашей эры.

С древних времен люди пытались найти научное объяснение грому и молнии.

Молния, как известно, электрическое явление. Поэтому изучение ее шло попутно с изучением электричества.

Один из мудрецов древности Фалес Милетский имел известную заслугу в этой области. Он был одним из тех, кто выступал против мракобесия и фанатизма и пытался объяснять природные явления с научной точки зрения.

Фалес нашел, что янтарь, потертый о кожу, приобретает свойство притягивать мелкие тела. Это явление послужило истокom для дальнейшего изучения молнии и электрических явлений. Оказалось, что при соприкосновении янтаря с другими телами в темноте наблюдается искра и слышится треск.

Долгое время «фалесово явление» приписывали только янтарю, — или по-гречески электрону.

Позднее в XVI веке было установлено, что такими же свойствами, кроме янтаря, обладают сера, смола и ряд других веществ.

В начале XVIII века, в результате проведенных исследований, было установлено подобие между громом и молнией, с одной стороны, и искрой и треском, получаемыми при соприкосновении натертого янтаря с посторонним предметом — с другой.

В научных трактатах указывалось, что, хотя электрическая сила, которую можно накопить в различных предметах, весьма

мала, однако, в дальнейшем, очевидно, будет возможно накопить эту силу в большом количестве.

В этом утверждении мы видим предсказание принципа действия современного конденсатора.

Родоначальник современного конденсатора — лейденская банка была изобретена значительно позже, в 1745—46 гг. Она сыграла большую роль в истории развития электротехники.

М. В. Ломоносов, Г. В. Рихман, В. Франклин и другие ученые широко и эффективно пользовались в своих исследованиях лейденской банкой.

Открытие лейденской банки было таким шумевшим событием, что им заинтересовались широкие массы людей. Опыты с лейденской банкой демонстрировались на ярмарках и базарах как самое увлекательное развлечение для народных масс.

Впрочем, это открытие привлекло к себе внимание и придворной аристократии. По приказанию императрицы Елизаветы, известный своими замечательными исследованиями по атмосферным разрядам академик Г. В. Рихман устроил при императорском дворе специальную лабораторию для демонстрации опытов с разрядами лейденской банки.

В середине XVIII века усиленно занимались изучением атмосферных разрядов и разработкой защитных мер. Большую и интересную работу проводили Ломоносов, Франклин, Рихман. Уже тогда удавалось в лабораторных условиях получать искусственную молнию. Для изучения природы молнии устанавливали высокий 12-метровый железный шест на изолированной деревянной подставке. При прохождении грозовой тучи шест наэлектризовывался, и из него можно было извлекать искру. В 1752 году из такого шеста удалось извлечь искру длиной до 4 сантиметров.

С этой же целью запускались змеи в облака, заряженные электричеством.

Делалось это довольно просто. К змею прикрепляли металлический стержень с заостренным концом. Для предотвращения поражения электрическим разрядом человека, запускавшего змея, к концу нити привязывали шелковую бечевку. Для того, чтобы электрический заряд можно было направить в желаемое место, к концу нити, которая от дождя намокала и становилась проводящей, укрепляли металлический ключик, посредством которого разряжалось атмосферное электричество.

В результате всесторонних исследований ученые пришли к заключению, что поскольку облака электризуются и имеется



возможность эти заряды перенести в землю, то можно разряжать облака посредством высоких мачт с металлическими стержнями, и тем самым защищать строения, дома, корабли и т. д. от разрушающих действий молний.

Это заключение послужило основанием для изобретения молниеотвода или, как принято было называть, громоотвода.

Хотя в принципе громоотвод был разработан в 1749 году, однако, впервые как реальное защитное средство молниеотвод практически был осуществлен несколько позже в России Ломоносовым и Рихманом, и одновременно за границей — Франклином.

Беликий русский ученый Михаил Васильевич Ломоносов по поводу громоотвода и его защитных действий писал:

«Внезапно чудный слух по всем странам течет,  
Что от громовых стрел опасности уж нет,  
Что та же сила туч гремящих мрак наводит,  
Котора от Стекла движением исходит,  
Что зная правила, изысканны Стеклом,  
Мы можем отвратить от хранин наших гром»...

Помощью молниеотвода широко пользовались при дальнейших исследованиях молнии. Больше того, молниеотвод, как наилучшее средство защиты сооружений от молнии, в течение очень короткого времени нашел широкое распространение во всем мире.

Следует отметить, что против молниеотвода, еще на заре его появления, было очень много выступлений со стороны реакционно настроенных людей, фанатиков, мракобесов. Они всячески старались доказать вредность молниеотводов. Дело доходило до того, что появились «авторитеты», заявляющие о том, что стихийные бедствия и несчастья объясняются исключительно распространением молниеотводов. Так, например, землетрясение 1752 года в Массачузете церковники приписывали исключительно массовым появлениям молниеотводов.

Среди противников молниеотводов оказались также некоторые реакционные ученые. Аббат Нолле, читавший курс экспериментальной физики в Париже, пытался доказывать вредность молниеотвода. Доктор Иоганн Реймарус распространял тревожные слухи среди населения о том, что молния посредством молниеотвода, распространяясь под землей, может привести к взрыву подпочвенных вод и вызвать землетрясение.

Огромные разрушения, вызванные ударами молнии в незащищенные строения, показали большую пользу молниеотводов.

В 80-х годах XVIII века в Филадельфии все крупные здания, кроме дома Французского посольства, были защищены молниеотводом. Французские реакционные власти как бы в виде демонстрации специально отказались установить молниеотвод над зданием посольства.

В 1782 году в это здание ударила молния и наряду с большими повреждениями убила офицера, находившегося в этом доме. После этого события посольство вынуждено было установить молниеотвод.

Некоторые лица убедившись в пользе молниеотвода, будучи даже противниками этого новшества, вынуждены были установить его на строениях. Однако, чтобы не показать себя сторонниками обычного молниеотвода, они несколько изменили его форму. Британский король Георг III, например, приказал установить на королевском дворце в Лондоне молниеотвод, но чтобы он не был похож на обычный, повелел на молниеотвод надеть шары. Фридрих Великий, не пожелав установить молниеотвод на королевском дворце в Сан-Суси, приказал, однако, защищать пороховой склад в Пруссии.

Таким образом, отношение к молниеотводу постепенно изменялось, и в некоторых случаях молниеотводы устанавливали тогда, когда в них не было даже никакой нужды. Увлечение было так велико, что в Париже одно время вошло в моду среди дам носить шляпу с прикрепленным к ней маленьким громоотводиком.

Убытки, повреждения и поражения, вызванные грозовыми явлениями, требовали усиления защитных мероприятий против молнии. В связи с этим создавались различные комиссии по громоотводам. Они занимались составлением инструкций и разработкой специальных мер для распространения молниеотводов. В этих комиссиях принимали участие такие выдающиеся ученые как Ломоносов, Кулон, Лаплас и др.

Русские ученые М. В. Ломоносов и Г. В. Рихман проводили большую научно-исследовательскую работу по изучению атмосферного электричества. Рихман занимался изучением некоторых количественных параметров молнии. Электрометром, изобретенным им самим, он исследовал и выяснил много характеристик молнии, до того времени еще неизвестных науке.

В 1753 году, 26 июня, во время сильной грозы, Г. В. Рихман,

пользуясь случаем, в Петербурге проводил опыты. В этот день Рихман хотел показать гравировальному мастеру Академии Соколову электрические явления во время грозы для изображения их на рисунке. Во время этих опытов Рихман был поражен шаровой молнией. Так трагически погиб выдающийся русский ученый, член петербургской академии.

М. В. Ломоносов в течение всей своей жизни интересовался грозowymi явлениями. Он вел систематические наблюдения и описывал грозы и характеризующие их данные.

После смерти Рихмана Ломоносов интенсивно занимался глубоким исследованием атмосферных разрядов. Он создал теорию атмосферного электричества, в которой объяснял электризацию облаков трением воздушных масс атмосферы и распределением температуры в различных частях атмосферы. Ломоносов показал, что в этом процессе большую роль играет трение водяных капелек туч при восходящих и нисходящих воздушных потоках. Облака в этом сложном процессе электризуются и создают условия для образования грозы.

Ломоносов в течение нескольких лет производил многочисленные опыты для подтверждения своей теории электризации облаков. Его опытные исследования вполне подтвердили правильность его мысли о восходящих и нисходящих течениях воздуха и его воззрения об атмосферном электричестве.

Наряду с выяснением физической природы молнии, Ломоносов дал свой оригинальный метод защиты от молнии. Он предложил способ защиты не отдельных строений, а целого района. Ломоносов утверждал, что если разогнать грозовые тучи воздушной волной или пушечным выстрелом, то этим можно обеспечить защиту огромного района от грозowych явлений.

Следует отметить, что и по сей день основные идеи, высказанные Ломоносовым об атмосферном электричестве, остаются в силе и, несмотря на два века, прошедшие с тех пор, не потеряли своей свежести. Поистине, поражаешься глубиной мысли и прозорливостью гениального русского ученого, многогранная исследовательская и творческая деятельность которого не имеет примеров в истории.

С развитием техники и появлением крупных промышленных объектов, а также энергетических систем с разветвленными высоковольтными линиями электропередачи, понадобилось уточнение различных параметров молнии и более глубокое выяснение

самой природы грозовых явлений. В этой связи перед наукой встали новые задачи в области исследования молнии и разработки эффективной защиты от ее губительного действия.

Этим интересным физическим явлением и изучением его сущности занимались многие ученые. Они пытались объяснить закон происхождения электрических зарядов через воздух, указывая на наличие электрического поля в атмосфере.

Теории, созданные в различные периоды, но уже устаревшие, заменялись новыми, более полными, охватывающими все многогранные стороны грозовых явлений.

Советскими учеными за последние два десятилетия проведена огромная работа по изучению молнии; ими предложены новые защитные мероприятия, выяснены и уточнены неизвестные до сих пор физические свойства молнии.

### Образование грозы

В результате проведенных исследований и опытных данных установлено, что молния — сложное явление природы, зависящее от многих факторов. Для того чтобы лучше понять грозовые явления, изучение их следует разбить на две части: образование грозовых туч и электризация облаков.

Различают два основных вида гроз, отличающихся друг от друга по характеру их формирования. Это грозы тепловые и фронтальные.

Прежде всего о тепловых грозах.

В летние дни, часто еще с утра, на горизонте появляются белые пушистые облака похожие на хлопок. Позднее солнце нагревает поверхность земли, а земля, в свою очередь, обогревает соприкасающуюся с ней воздушную массу. При нагревании воздух делается легким, а поэтому он струйками поднимается вверх, попутно забирая с собой испарения, идущие с поверхности морей, рек, озер, растений и т. д. На его место притекает более тяжелый холодный воздух, окружающий его сверху и с боков, который затем, придя в соприкосновение с нагретой поверхностью земли, обогревается и, в свою очередь, поднимается также вверх. Все новые и новые воздушные массы, перемешиваясь, нагреваются и поднимаются вверх, увлекая с собой водяные капли.

Чем интенсивнее лучи солнца, — тем больше количество испарений. Чем выше поднимается поток воздуха в атмосфере, тем меньше становится плотность воздуха. Скопления водяных

капель, находящихся в воздухе, постепенно приобретают форму тучи. Поднимающийся с различных мест земной поверхности насыщенный испарениями воздушный поток, достигая верхних слоев атмосферы, образует куполообразные грозовые тучи.

Таким образом воздушные массы поднимают облака довольно высоко. Достигая высоких слоев атмосферы, облака имеют в себе большое количество крупных водяных капель. По мере того как облака поднимаются выше, величина водяных капель растет. Когда облака доходят до определенной высоты, водяные капли становятся настолько большими, что не могут держаться в воздухе и падают вниз в виде дождя.

Иногда облака поднимаются до очень холодных слоев атмосферы, тогда водяные капли замерзают и падают в виде града.

При падении этих осадков происходит электризация облаков.

Фронтальные грозы возникают при взаимодействии холодных масс воздуха, приходящих в соприкосновение с теплыми воздушными массами.

Располагаясь по соседству, эти воздушные массы разделяются друг от друга тонким слоем, который называется фронтом. Вдоль этого наклонного фронта происходит взаимное давление холодных и теплых масс воздуха друг на друга.

При этом холодные воздушные массы, как более тяжелые, подтекают под теплый воздух и располагаются как бы клином под ним. Тут начинается борьба. Холодный воздух стремится вытеснить теплый воздух и занять его место на поверхности земли, а теплый воздух, препятствуя этому, наоборот, стремится не только сохранить то место, которое занимал, но и, вытеснив холодный воздух, захватить побольше места внизу на поверхности земли.

При этом, однако, теплый воздух скользит по поверхности фронта и поднимается вверх. В зависимости от того, пересилит холодный воздух или теплый, фронт называется холодным или теплым. Чаще бывают грозы холодного фронта.

Следует отметить, что проф. И. С. Стекольников на основании анализа ряда работ приходит к заключению, что «чисто фронтальные и чисто тепловые грозы, по крайней мере в европейской части Союза, особенно в его западной половине, представляют исключение и преобладающими являются грозы смешанные».

Иногда грозы бывают и зимой. Эти грозы относятся к типу фронтальных и связаны с циклонами.

## Электризация грозовых облаков

В результате исследований ученые установили, что при образовании грозовых облаков в разных частях этих облаков концентрируются положительные и отрицательные заряды электричества. Следует отметить, что до настоящего времени еще точно не выяснена вся картина этого сложного явления электризации облаков.

Начиная с XVIII века ученые создали много разных теорий в этой области. К 1900 году насчитывалось более 30 различных теорий, предложенных учеными разных стран. Несмотря на наличие огромного количества теорий и гипотез, ни одна из них не оказалась в состоянии объяснить природу атмосферного электричества с необходимой полнотой. Эти исследования были односторонними и требовали дальнейших уточнений и дополнений.

Из существующих многочисленных теорий образования грозы наиболее распространенной является так называемая теория «дробления капель». Она основана на том факте, что падающие водяные капли, встречаясь на своем пути с быстрыми воздушными потоками, разбрызгиваются, а получающиеся брызги воды электризуются.

В грозовом облаке могут образоваться очень большие водяные капли, которые падают под действием силы тяжести. Сильные, прерывистые, восходящие потоки воздуха подхватывают эти капли и раздробляют их; при этом, как было указано выше, происходит электризация частичек воды; более крупные капельки получают положительный заряд, а мельчайшие брызги — отрицательный. Мелкие брызги, будучи легкими, уносятся воздушным потоком в верхние слои грозовых облаков, а более крупные и тяжелые капли остаются во взвешенном состоянии в нижних областях грозовых туч. Наиболее же крупные капли, преодолевая силу потока воздуха, падают вниз в виде дождя. В соответствии с этим происходит распределение электрических зарядов в грозовых облаках.

Дальнейшие исследования показали, что картина распределения зарядов в грозовом облаке несколько отличается от только что приведенной. Наблюдениями точно установлено, что верхняя часть облака заряжена положительно. Ученые пытались разгадать причину появления положительных электрических зарядов в верхних областях тучи.

На основании наблюдений установлено, что в верхних слоях

облака температура ниже —  $10^{\circ}\text{C}$ , то есть значительно ниже точки замерзания воды. В этих областях осадки образуются в виде ледяных кристаллов — палочек, или пластинок. Исследования показали, что эти кристаллики, соединяясь, образуют лед с отрицательным зарядом. Эти отрицательно заряженные льдинки выпадают в виде осадков, а заряженные положительные молекулы воздуха, движущиеся в нормальном электрическом поле атмосферы, располагаются в верхних слоях тучи.

Это объяснение еще не подтверждено необходимыми опытами. По поводу роли ледяных кристаллов в распределении зарядов в грозовых облаках проф. И. С. Стекольников пишет: «каковы бы ни были физические объяснения, несомненно, что разделение зарядов тучи связано с наличием ледяных кристаллов».

Представляет интерес новая теория атмосферного электричества, разработанная советским ученым, членом-корреспондентом Академии наук — Я. И. Френкелем. Теория Я. И. Френкеля принципиально отличается от существующих теорий атмосферного электричества.

В то время как существующие старые теории рассматривают атмосферное электрическое поле, образованное в результате наличия отрицательного заряда земной поверхности и положительного заряда атмосферы, новая теория исходит из рассмотрения электрических токов, генерируемых облаками.

Согласно этой теории скопление положительных и отрицательных зарядов электричества в различных слоях облаков объясняется тем, что отрицательно заряженные капельки воды или ледяные кристаллики облака, опускаются в нижние слои под влиянием силы тяжести, с небольшой скоростью (несколько миллиметров в секунду), а положительно заряженные частицы воздуха остаются в верхних слоях. Таким образом, под действием силы тяжести происходит электрическая поляризация (распределение зарядов): непрерывное скопление положительных зарядов в верхних слоях, а отрицательных в нижних частях облака.

Явление распределения зарядов в облаках одновременно сопровождается непрерывным растеканием зарядов, вследствие наличия электрических токов, протекающих через верхние слои земли и замыкающихся в верхних слоях облака.

Теория советского ученого дает объяснение многим явлениям, сопутствующим молнии, разрешает также ряд трудных проблем, которые не могли быть разрешены старыми теориями.

Теория Я. И. Френкеля, призванная для комплексного разре-

шения вопросов атмосферного электричества, в настоящее время нуждается еще в дальнейшем развитии и разработке, в особенности, в количественном отношении.

Коротко остановимся на разрядах молнии. Под действием сильного прерывистого восходящего потока воздуха водяные капли, перемещаясь в атмосфере в различных направлениях и с различной скоростью, в отдельных участках облаков концентрируют положительные и отрицательные заряды электричества. Накоплением все большего количества зарядов в облаках постепенно усиливается их электризация. Наконец, электрическое состояние атмосферы усиливается настолько, что происходит разряд между положительным и отрицательным зарядами, накопленными в массивах облаков. Разряды эти происходят либо между облаками, либо между облаком и землей. Эти разряды и есть молнии.

В настоящее время установлено, что процесс развития молнии протекает в двух последующих друг за другом стадиях разряда. Первая стадия — это ведущий, лидерный разряд, а вторая — главный разряд молнии.

Из нижней части грозовой тучи, заряженной отрицательными зарядами, отделяется некоторое количество электронов и, в виде слабо светящегося разряда — лидера, направляется к земле, которая теперь под влиянием зарядов грозового облака и зарядов, проникших с дождевыми каплями, заряжена положительным электричеством.

Ввиду того, что проводимость воздуха атмосферы в различных местах различная и поток электронов проходит по воздуху в тех местах, где встречает наименьшее сопротивление, проложенный лидерным разрядом путь получается зигзагообразным.

Как только начальный слабый разряд достигает земли, первая стадия разряда — лидерный процесс заканчивается, и немедленно начинается быстро протекающий главный разряд молнии.

Теперь по пути, проложенному лидером, в обратном направлении, то есть от земли к туче, бурно протекает интенсивный, ярко светящийся разряд. Главный разряд характеризуется большой интенсивностью свечения и большой скоростью распространения, значительно превышающей скорость лидера. В то время как скорость лидера составляет 100—200 км в секунду, скорость распространения главного разряда доходит до 40 000—50 000 км в секунду. Через некоторый промежуток времени, после достижения главным разрядом тучи, начинается второй разряд, который, так же, как и первый, начинается с лидер-



ного разряда и происходит по тому же пути. Этот процесс может повторяться многократно, до нескольких десятков раз. Такое повторение разрядов по одному и тому же каналу, с небольшими интервалами, называется многократностью разряда молнии. Первые многократность была замечена в 1884 году.

Изучение молнии показало, что таких импульсов в действительности бывает во много раз больше, чем мы наблюдаем. Количество следующих друг за другом импульсов молнии бывает до сорока. Однако мы не можем наблюдать и различать отдельные импульсы молнии, ввиду того, что разряды происходят в течение очень короткого времени и промежутки между ними незначительны. Время здесь измеряется микросекундами — миллионными долями секунды. Человеческий же глаз не может различать явления, происходящие в течение столь короткого времени.

В большинстве случаев молнии бывают 3-5 импульсные. В 1940 и 1941 гг. в Азербайджане в Закаталах проводилась специальная экспедиция Академии Наук СССР. Закатальская экспедиция зарегистрировала большое количество многократных разрядов молнии. В числе этих разрядов в 1940 году был зафиксирован разряд в 33 импульса. Следует отметить, что такая многократность является вообще весьма редкой.

### **Различные формы разряда молнии**

Разряды молнии имеют различный вид. Среди них чаще всего встречаются лентообразные разряды и реже — шаровая молния.

Выше было сказано, что молния получается в виде разряда между облаками или между облаком и землей. Разряды эти протекают по определенному пути — каналу. Эти каналы разрядов молнии имеют такой же вид, какой имеют изображения рек и их притоков на географических картах.

Обычно такие разряды бывают разветвленные, и если эти разряды происходят между облаком и землей, то они приносят большой вред и материальные убытки.

Другое дело разряды между облаками. Они не причиняют убытков народному хозяйству, так как обычно происходят на большой высоте и до земли не доходят.

Длина разряда молнии обычно бывает от 700—800 метров до 8, и редко до 10 километров. Последние относятся к разрядам между облаками. В отдельных случаях встречаются и более

длинные разряды молнии. В равнинных местах грозовые облака обычно поднимаются весьма высоко и, соответственно, каналы молнии получаются длинными. В горных местах грозовые облака невысокие, и разряды происходят в коротких каналах. Напряжения при ленточной молнии доходят до нескольких миллионов вольт.

Профессор И. С. Стекольников и его сотрудники регистрировали токи молнии в различных районах СССР. Установлено, что амплитудное значение токов молнии в низменных местах бывает в 2—3 раза больше, чем в горных районах. Наибольшая сила тока, зарегистрированная Стекольниковым, доходила до 230 000 ампер. В горных местах, как установлено советскими учеными, эти величины обычно малы. Горные экспедиции на Кавказе показали, что разряды происходят при токах молнии порядка 15 000—25 000 ампер. Многочисленные измерения, проведенные в течение четырех лет в горных районах Кавказа, показали, что ток молнии в этих районах вообще, не превышает 70 000 ампер. Проф. Стекольников указывает, что токи молний, в среднем, в горах в два раза слабее, чем на равнинах.

С точки зрения инженерных расчетов грозоупорных сооружений данные о многократных импульсах представляют большой интерес. Советские исследования внесли и в эту область большую ясность. Изучение многократности импульсов показало, что половина всех записанных разрядов содержит от 1 до 5 импульсов, 908 разрядов содержали 3062 импульса; 155 разрядов в землю имели 554 импульса. В среднем получается 3—4 импульса в одной молнии. Длительность одного импульса составляет около 100 микросекунд, то есть 0,0001 секунды. Интервалы между импульсами колеблются от 0,02 секунды до 0,7 секунды. В среднем, по многочисленным замерам, интервал между импульсами равняется 0,03 секунды.

Общая длительность многократных молний составляет десятые доли секунды. Наибольшая продолжительность разряда молнии записана 1,55 секунды.

Какой заряд содержит молния?

По этому вопросу между учеными имеются большие разногласия. На основании подсчетов Стекольников приходит к заключению, что в среднем в одной молнии разряжается около 1 кулона электричества.

Расчеты и замеры показали, что заряд не превышает 2—3 кулонов.

Большой интерес представляет шаровая молния. Относительно шаровой молнии созданы десятки различных теорий, многие из которых противоречат друг другу. Некоторые ученые в своих теориях выдвигают предположение о том, что якобы шаровой молнии вовсе и не бывает, что это всего лишь зрительный обман. В настоящее время установлено, что шаровая молния в действительности бывает, и ее природа существенно отличается от природы лентообразной молнии.

Правда, не все стороны шаровой молнии выяснены. Эта молния, как это видно из ее названия, имеет форму шара. По величине она бывает как футбольный мяч или с кулак. Этот светящийся шар перемещается с некоторой скоростью и, дойдя до какой-нибудь преграды, с оглушительным громом взрывается.

Усилиями советских физиков в настоящее время установлено, что шаровая молния происходит после мощного разряда ленточной молнии, при очень большой силе тока.

Имеется еще один вид атмосферного разряда, который принято называть огнем Святого Эльма. Он впервые был обнаружен на куполе собора Святого Эльма. В жарких странах, в летнее время повышается напряжение атмосферного электричества. Вследствие этого на возвышенных местах, на мачтах кораблей, на куполах соборов можно наблюдать атмосферные разряды в виде большого пламени. В технике это называется тихим разрядом.

## Г р о м

В электрических конденсаторах разряд сопровождается длинной искрой и сильным треском. Чем сильнее разрываемый ток, тем сильнее бывает звук. Во время разряда молнии, когда по каналу проходит ток в сотни тысяч ампер, в канале молнии температура доходит до нескольких тысяч градусов. В результате в канале молнии развивается большое давление, что вызывает взрыв с сильным громом.

Обычно разряд молнии сопровождается громом. Раскавы грома объясняются распространением звуковой волны в облаках.

При близких разрядах гром слышится раньше. Так как звук проходит каждый километр в 3 секунды, пользуясь этим обстоятельством, можно определить отдаленность разряда молнии по промежутку, протекающему от момента разряда до момента, когда слышится гром, по числу секунд. Таким образом, если

этот промежуток времени равен 30 секундам, то это означает, что разряд произошел на расстоянии 10 км.

Кстати отметим, что если разряд произошел на расстоянии более 35—40 км, то гром не слышен.

### **Грозовые явления в различных странах**

Известно, что в различных странах мира климатические и метеорологические условия, а также пересеченность местности различны. Поэтому грозовые явления не во всех странах бывают одинаковые. Даже в географическом отношении в одинаковых областях грозовая деятельность существенно различается.

Например, на Кавказе восточная и западная части Азербайджана по числу грозодней различаются в 5—6 раз. В то время как в Бакинском районе грозоносность оценивается в 4—6 грозодней в год, на западе республики имеем 30—40 грозодней.

Ученые установили, что во всем мире происходит до 16 миллионов гроз в год. Подсчитано, что каждый час происходит около 360 000 и в каждую секунду 100 разрядов молнии.

Ученые нашли, что наибольшая грозовая деятельность проявляется на экваторе и по мере удаления от экватора ослабляется, достигая наименьшей величины у полюсов. Можно полагать, что на полюсах гроз не бывает. В СССР в районах Баренцева и Карского морей и в районах, близких к этим морям, грозовая деятельность — явление редкое.

В Африке в северной части Сахары, на западных берегах Южной Америки, в Аравии, на Марокканских берегах грозовые явления бывают весьма редко. В Северной Америке, экваториальной Африке, в Индо-Китае, на Зондских островах, в Абиссинии и на острове Ява наблюдаются исключительно интенсивные грозовые явления.

Грозовая деятельность в различных странах мира оценивается числом грозных дней в году.

При проектировании и строительстве различных сооружений (как например, линий высокого напряжения) имеет очень важное значение грозоносность района. В связи с этим составляются карты распределения гроз.

В России давно делались попытки составления таких карт. Первая карта распределения грозовой деятельности составлена Колоссовским на основании многолетних данных метеорологических станций.

В 1936 г. под общим руководством проф. П. Н. Тверского Энергетическим институтом им. Г. М. Кржижановского АН СССР составлена уточненная карта грозовой деятельности по европейской части СССР. Позднее В. В. Соколовым была составлена новая карта. При составлении этой карты использованы богатые данные, собранные в 640 метеостанциях, причем эта карта более подробная и характеризует грозовую деятельность европейской части СССР.

Имеется также подробная карта распределения гроз по Кавказу и Азербайджану.

### **Материальные убытки, разрушения и поражения от молний**

Разрушающие действия, поражения и материальные убытки от молнии весьма велики. Молния поражает людей и животных, разрушает строения, причиняет аварии и пожары. В странах с большой грозовой деятельностью, молния поражает ежегодно 10—11 человек на каждый миллион населения.

21 июня 1935 г. в ст. Тимашевской, Азовско-Черноморского края разразилась гроза, при которой было убито 6 человек и 1 лошадь: 3 колхозника были убиты в степи под стогом сена, двое — муж и жена в доме, а шестой колхозник укрылся в перевозной будке в поле. Дверь будки была открыта, колхозник стоял внутри и держал конец цепи, на которой была привязана лошадь, находившаяся снаружи. Молния убила лошадь, а через цепь поразила на-смерть и человека. Во время той же грозы на железнодорожной линии были сожжены предохранители жезловой системы и телефонной линии, а также повреждено 16 столбов.

2 августа 1893 г. в Новгороде во время грозы 4 человека укрылись под железный навес одного дома. Молния убила из них двоих, а третьего оглушила, причем он потерял сознание и при падении получил сильные ушибы; четвертый же человек остался невредимым. Один из жильцов этого дома сидел в это время у открытого окна, положив руки на подоконник, обитый железным листом. В момент удара молнии он почувствовал сильный удар в руки и, отдернув их, увидел перед собой как бы горшок раскаленных углей, разбрасываемых во все стороны. Это была шаровая молния, которая от окна направилась к железному навесу и поразила стоявших там людей. От подъезда внутрь дома проходила железная проволока от колокольчика.

Молния проникла по этой проволоке в комнату, ударила и оглушила стоявшего там рабочего. В этот же момент в верхнем этаже того же дома, металлические шпильки, находящиеся в главном уборе одной женщины, были воткнуты в кожу головы как от удара кулаком.

Однажды молния поразила группу жнецов во Франции. Эта группа из семи жнецов работала на открытом поле. Почувствовав приближение грозы, они спрятались под прикрытие большого дерева, и устроились там завтракать. Молния попала в дерево и убила всех жнецов. Все были поражены одновременно, и каждого нашли в той позе, в какой он очевидно находился в момент поражения молнией.

В Салоняне во Франции был такой случай. Шаровая молния через дымовую трубу и печь попала в помещение, где начала перемещаться с некоторой скоростью. Находившиеся в помещении жильцы, испугавшись быстро оставили комнату. Через некоторое время этот огненный шар поднялся на воздух и при выходе из трубы взорвался, разрушив при этом часть здания.

Известен случай, когда молния вывела из строя высоковольтную линию (20 000 в) сельскохозяйственного района. Это было на Кавказе. В течение 6 часов производили ремонт, вернее замену деревянной опоры, которая была буквально расщеплена ударом молнии. На это время большой район, охватывающий десятки селений и некоторые важные рудники, оставался без энергии. Это повреждение не распространилось на электростанции и подстанции системы, благодаря тому, что там были защитные устройства, так называемые разрядники.

Для того, чтобы иметь суждение о величине наносимого материального ущерба, причиняемого молнией, можно привести некоторые данные. В 1926 году в Калифорнии молния попала в нефтехранилище и причинила убыток в 10 миллионов долларов. В США только в 1937 году зарегистрировано 19 300 пожаров от молнии. По неполным данным в среднем каждый год в отдаленных районах СССР молния вызывает тысячи пожаров. В 1933 году в июле месяце в СССР зарегистрировано 1164 пожара от молнии. В те годы по сведениям Госстраха 20% всех пожаров произошло от молний.

В Швеции с 1925 года по 1936 год молния попала в 6300 строений и причинила убыток в 5 миллионов франков.

Особо чувствительны аварии и повреждения от молнии в энергетических установках, когда в результате грозových аварий выходит из строя, частично, или полностью ценное энерге-

тическое оборудование, и на некоторое время прекращается подача энергии важнейшим предприятиям.

### Защита от молнии

В настоящее время, особенно у нас в СССР, в результате всесторонних и глубоких исследований разработаны меры, обеспечивающие успешную защиту промышленных сооружений, домов и прочих устройств от грозовых ударов.

Действующие руководящие указания и инструкции предусматривают различные способы защиты сооружений от молнии в зависимости от характера и особенностей этих сооружений.

Основная задача молниеотвода состоит в отведении наступившего разряда молнии в землю и предотвращения опасностей для защищаемого сооружения.

Молниеотводы устраиваются различных видов. Наиболее простым и самым распространенным является так называемый стержневой молниеотвод. Этот металлический стержень устанавливается над самой высокой частью здания и соединяется проводником с землей, посредством заземлителя.

Заземлитель состоит из железных листов, труб или стержней, соединенных друг с другом проводником.

Для защиты одного или даже нескольких зданий иногда устанавливают стержневые молниеотводы на столбах или высоких мачтах. Количество этих молниеотводов, в зависимости от характера защищаемого объекта, может быть различным. Защитное действие одиночного стержневого молниеотвода охватывает круг, описанный радиусом, равным высоте молниеотвода.

Для защиты больших сооружений устраиваются антенные молниеотводы. Защита линий передачи высокого напряжения осуществляется подвеской специального металлического троса над линией, который соединяется с землей посредством провода, проложенного по опоре.

В энергетических установках находят широкое применение так называемые разрядники, которые приходят в действие, когда под влиянием разряда напряжение достигает опасной для оборудования величины. Эти разрядники отводят заряды в землю, ограждая от разрушения оборудование станций, подстанций и пр. В области грозозащиты энергетических установок, промышленных сооружений и зданий имеются специальные инструкции, которыми и следует пользоваться в необходимых случаях.

Для защиты домов от молнии на них устанавливают молниеотводы. Они должны быть установлены на самом высоком месте здания; провод, идущий от верхней части молниеотвода к заземлителю, должен быть достаточной толщины, чтобы он при попадании молнии не перегорел (около 25—35 кв мм.).

Молниеотвод должен быть хорошо заземлен прочным укреплением провода к заземлителю, заложенному под землей на глубине 2—3 метров.

Часто из-за того, что эти основные условия и требования не выполняются, молниеотвод оказывается неспособным для достаточно надежной защиты строений.

В сельских местностях люди, защищаясь от молнии, часто прячутся под деревья. Это как раз и опасно, так как молния попадает чаще всего в высокие деревья и поражает как самое дерево, так и все, что находится под ним. Рекомендуются удалиться подальше от высоких сооружений и деревьев во время грозы. В этом случае дерево служит как бы молниеотводом для человека.

В домах во время грозы следует закрыть двери, окна и форточки, так как шаровая молния обычно попадает через эти проемы.

### **Роль советской науки в исследовании молнии**

Систематическим и углубленным изучением молнии в СССР начали заниматься с 1932 г. Работа по исследованию молнии впервые была начата во Всесоюзном электротехническом институте. Далее работа проводилась в широком масштабе в Энергетическом институте им. Г. М. Кржижановского Академии Наук СССР. Одновременно большое внимание уделялось изучению грозовых явлений и разработке научных мероприятий и Министерством электростанций.

За очень короткий срок эти работы получили такой размах, который позволил советским ученым располагать важнейшими сведениями о молнии, еще неизвестными в мировой науке.

Лидерный процесс (предварительный разряд), сопровождающий разряды молнии, во всех его многообразных проявлениях, во всех подробностях и со всей полнотой был исследован советскими учеными.

Труднейшая проблема создания модели молнии (искусственное воспроизведение молнии) была разрешена советскими учеными — проф. И. С. Стекольниковым и его сотрудниками. Моде-



лирование молнии в лабораторных условиях создало большие возможности для экспериментальной проверки многих теоретических положений.

Только после того как удалось моделировать разряды молнии, возникла возможность исследовать физические свойства лидерного процесса.

Начиная с 1936 года, в СССР велись систематические массовые регистрации токов молнии. Такая массовая регистрация возможна, конечно, только в СССР. В результате этой работы установлено, что 50% токов имеют наибольшую величину (амплитуду) в пределах 10 000 ампер и 4% — более 100 000 ампер. Такая широкая постановка экспериментов дала возможность районировать токи молнии по СССР.

Советским ученым удалось получить огромный опытный материал по параметрам и характеристикам молнии в горных районах. Много ценных для науки данных получено горными экспедициями в СССР. В этом большая заслуга лауреата Сталинской премии профессора И. С. Стекольников, доктора технических наук А. С. Ализаде, профессора В. В. Бургсдорфа и других.

Усилиями этих ученых установлены возможные и вероятные величины силы токов молний. Ими установлено, что токи молнии в горных районах по своей величине значительно ниже, чем величина токов молнии в равнинных районах.

В СССР наука тесно связана с жизнью. Результаты исследований молнии и выводы научных работ дали новое направление вопросам грозовой защиты энергетического хозяйства страны.

На основе полученных экспериментальных данных разработаны инструкции и руководящие указания для проектирования грозозащиты энергосистемы. Последовательное и глубокое изучение молнии и раскрытие природы грозовых явлений, наряду с практическими выводами для инженерных расчетов, открывает новые пути исследования физической сущности газового разряда вообще. Комплексные исследования молнии метеорологами, физиками и электриками дают возможность выяснить все стороны этого величественного явления природы.

Передовая советская наука, развиваемая на базе прогрессивного ленинско-сталинского учения, согреваемая повседневной заботой величайшего корифея науки И. В. Сталина, разрешает сложнейшие проблемы науки. Советская наука служит прогрессивным идеям, направленным на разрешение больших задач в интересах человечества.

---

75 к.