



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Кафедра метеорологии климатологии и охраны атмосферы

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА
бакалаврская работа

На тему: «Исследование особенностей Мировых очагов гроз»

Исполнитель Мину Динель Кардорелль

(фамилия, имя, отчество)

Руководитель кандидат физико-математических наук, доцент

(ученая степень, ученое звание)

Каплева Лариса Владимировна

(фамилия, имя, отчество)

«К защите допускаю»
заведующий кафедрой

(подпись)

кандидат физико-математических наук, доцент

(ученая степень, ученое звание)

Сероухова Ольга Станиславовна

(фамилия, имя, отчество)

« » 2022 г.

Санкт-Петербург
2022

Оглавление

Введение.....	1
1 Грозовые облака.....	4
1.1 Образование и стадии жизни грозового облака	4
1.2 Строение кучево-дождевого облака	7
1.3 виды кучевые дождевые облака	9
1.4 Электрическая структура грозового облака. Распределение основных зарядов. Основные механизмы электризации облаков	16
1.4.1 Электрическая структура грозового облака	16
1.4.2 Механизм электризации облаков	20
1.5 классификация грозовых облаков (одноячейковые, многоячейковые, суперячейковые, гибридные)	21
1.5.1 Одноячейковые грозовые облака.....	21
1.5.2 Многоячейковые грозовые облака	23
1.5.3 Суперячейковые грозовые облака	25
1.5.4 Гибридные грозовые облака	26
2 Глобальная атмосферно-электрическая цепь (гэц)	28
2.1 Общее описание гэц. Схема гэц	28
2.2 Основные мировые очаги гроз	32
3 Грозовая активность в бассейне реки Конго	35
3.1 Географическое положение бассейн река Конго	35
3.2 Исходные данные.	38
3.3 Анализ особенностей параметров грозовых облаков в бассейне реки Конго.....	42
Заключение	47
Список литературы.....	48

Введение

Конвективная облачность и грозы – это одни из самых опасных, метеорологических явлений. Помимо ливней, сильного порывистого ветра, шквалов и града, грозы сопровождаются электрическими явлениями – молниями, которые представляют особую опасность. Грозы распределены по поверхности земли с разной плотностью. Области, где сосредоточено наибольшее количество гроз, носят название Мировых очагов гроз. Исследование этих областей представляют особый интерес, как научный, так и для решения многих практических задач. Именно этим объясняется **актуальность** представленной работы.

Цель работы: Исследование особенностей Мировых очагов гроз.

Задачи дипломной работы:

1. Изучение особенностей и классификацию грозовых облаков.
2. Изучение Глобальной Атмосферно-электрической цепи и роли Мировых очагов гроз.
3. Анализ грозовой активности Мирового очага гроз, расположенного в бассейне реки Конго.

Структура работы:

Выпускная квалификационная работа содержит 49 страниц. Состоит из введения, 3 глав, разделенных на параграфы, заключения и списка используемых источников.

Во введении сформулированы актуальность, цель и задачи представленной работы. Первая глава – о грозовых облаках, условиях их развития и эволюции, о современной классификации грозовых облаков. Во второй главе представлен обобщенный материал о Глобальной Атмосферно-Электрической Цепи и Мировых очагах гроз, являющихся основными источниками тока этой цепи. Третья глава посвящена исследованию наиболее

активного из Мировых очагов гроз – расположенному в бассейне реки Конго. Дано общее физико-географическое и метеорологическое описание региона. Представлен собранный материал о фактических грозах в наиболее активный грозовой месяц – март 2021 года, и данные радиозондирования атмосферы. Представлены проведенные оценки электрической активности грозовых облаков – оценен ток молний и переносимый молниями заряд на землю. В заключении представлены основные выводы работы.

1 Грозовые облака.

1.1 Образование и стадии жизни грозового облака

Грозовым облаком называется кучево-дождевое облако, внутри которого (или между ним и поверхностью земли) наблюдаются молнии. По всему земному шару грозовые облака распределены неравномерно. Большинство из них (~ 75%) наблюдаются в диапазоне широт между 30°ю.ш и 30°с. Где они формируются в течение всего года. На более высоких широтах такие облака наблюдаются в основном летом. Чаще всего грозовые облака появляются в горных районах.



Рис 1.1. Схема грозовые облака

Грозовое облако живет не так уже долго от часа до нескольких часов, оно распределяется в нижней части атмосферы которой называется тропосфере. В

каждый момент времени над земным шаром находится, по разным оценкам, от 1800 до 2000 грозовых облаков. Это соответствует 100.000 ежегодных штормов на планете. Около 10% из них становятся крайне опасными.

Грозовые облака обычно образуются при неустойчивости атмосферы, воздушные массы вблизи земной поверхности должны быть легче воздуха находящегося в верхних слоях. Это возможно при прогреве подстилающей поверхности, а от нее-воздушной массы, а также при наличии повышенной влажности, что встречается чаще всего. Возможно, по динамическим причинам течение более холодных воздушных масс в нижележащих слоях. В результате в атмосфере более теплые и более влажные объёмы воздуха, приобретая плавучесть, устремляются вверх, а более холодные частицы из верхних слоев опускаются. Таким образом, тепло которое поверхность земли получает от солнца, переносится в верхние слои атмосферы. Такая конвекция называется свободной. В районах атмосферных фронтов, в горах он также усиливается форсированным механизмом подъёма воздушных масс. Водяной пар в поднимающемся воздухе охлаждается конденсируется, образуя облака и выделяя тепло. Облака устремляются вверх, достигая высоты, на которой отмечаются отрицательные температуры. Некоторые частицы облаков замерзают, а некоторые остаются жидкими оба имеют электрический заряд. Кристаллики заряжены положительно, а крупники и градинки и капли воды - отрицательно. Частицы продолжают расти и начинают оседать в гравитационном поле образуются осадки. Происходит накопление объёмных зарядов. В верхней части облака образуется положительный заряд, а в центральном отрицательный. Когда напряжённость электрического поля достигает критического значения происходит разряд – мы видим появление молнии и через несколько мгновений слышим исходящий от нее звуковой волны или гром.

Формирование грозовых облаков следует циклу из трех фаз: развития, зрелой и диссипация.

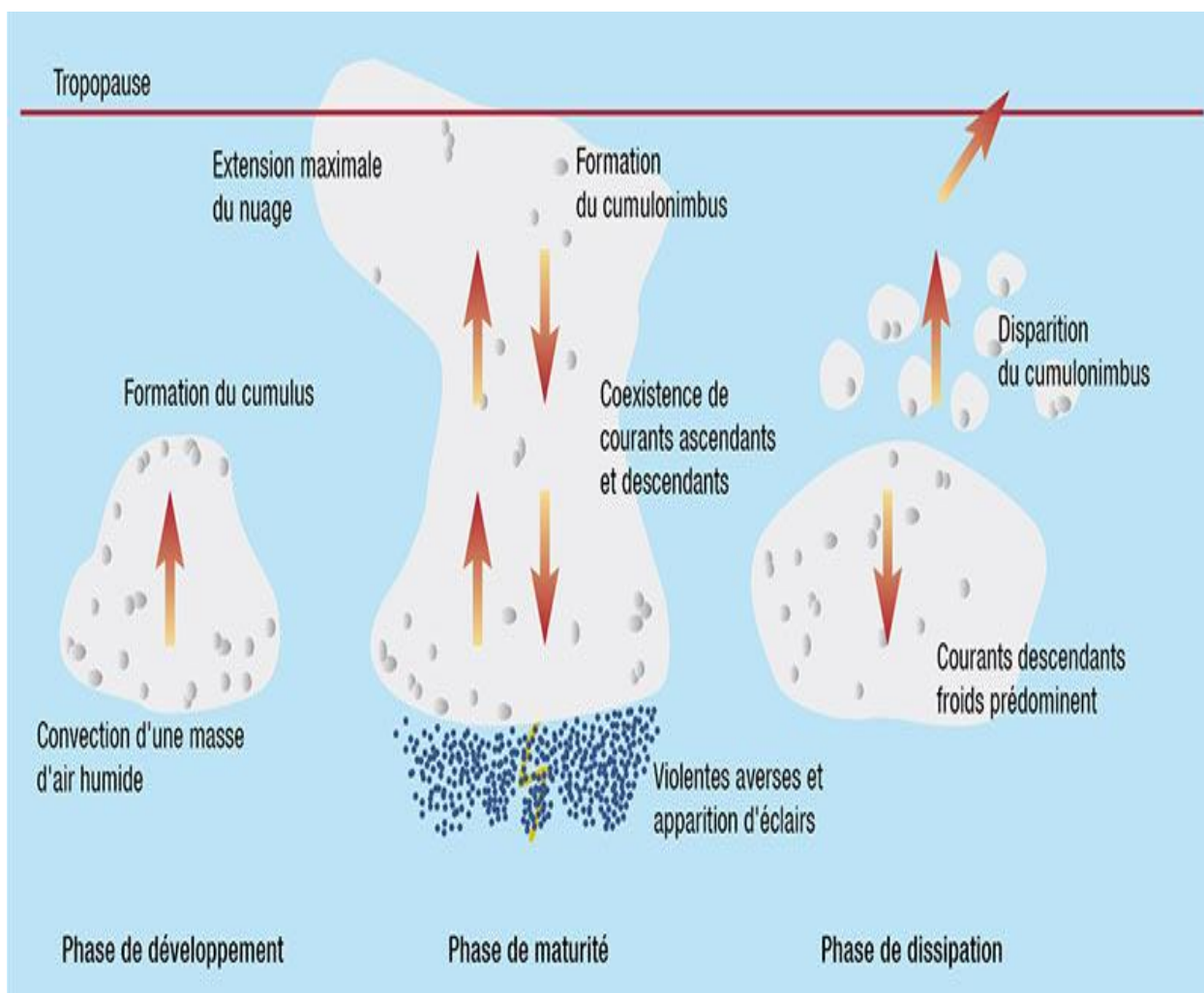


Рис1.2 схема показывает стадии развития грозные облако

В начале ему необходимы тепло и влажность на поверхности и холодный воздух на высоте. Теплый воздух расширяется поднимается в верх и охлаждается. Когда он достигает точки росы, содержащийся в нем водяной пар конденсируется и образуются кучевые облака. Это соответствует **стадии развития**

Этот механизм сопровождается выделением тепла и энергии. Воздушная масса снова нагреваясь, возобновляет свой подъем до тех пор, пока не достигнет нового равновесия с окружающим воздухом. Кучевые облака эволюционируют в сторону кучево-дождевых.

Высвобождаемая энергия преобразуется в кинетическую энергию, называемую потенциально доступной конвективной энергией. Очень сильные вертикальные движения внутри облака вызывают столкновения между частицами

воды и льда . Эти толчки в конечном итоге электризуют облако, которое заряжается следующим образом: положительно вверху и отрицательно у и.молнии.

Капли дождя появляются в верхней части облака. Под действием своего веса эти капли вызывают в облаке нисходящий поток. По мере роста они в конце концов преодолевают восходящие потоки и падают на землю. Они несут с собой холодный воздух сверху под облаком, которое блокирует восходящий поток. Оюлако вступает в **фазу диссипации**: конвективная ячейка постепенно прогибается и в конце концов исчезает.

1.2 Строение кучево-дождевого облака

Кучево-дождевого облака (cumulonimbus) — это плотное внушительное вертикальное облако, образованное в результате конденсации водяного пара, переносимого мощными восходящими воздушными потоками.

Кучевые дождевые облака – белые облака с темным основанием, иногда голубоватые, поднимающиеся огромными гористыми облачными массами, с вершинами, имеющими преимущественно волокнистую структуру (подобно перистым облакам). В холодное время года эти облака могут быть более плоскими часто они наблюдаются в виде относительно редких одиночных облаков, но может быть и скопление или даже облачная яма от cb (это происходит при прохождении холодного фронта). Как правило они не покрывают все небо, и между отдельными облаками есть промежутки, однако в некоторых случаях при прохождении скопления этих облаков или облачного колодца все видимое небо может быть закрыто на короткое время.

Кучевые дождевые облака – белые облака с темным основание, иногда голубоватые, поднимающиеся огромными гористыми облачными массами, с вершинами, имеющими преимущественно волокнистую структуру (подобно перистым облакам).



Рис.1.3 схематический кучевые дождевые облака

В холодное время года эти облака могут быть более плоскими. Часто они наблюдаются в виде относительно редких одиночных облаков, но может быть и скопление или даже cb (это происходит при прохождении холодного фронта). Как правило они не покрывают все небо, и между отдельными облаками есть промежутки. Однако в некоторых случаях при прохождении скопления этих облаков все видимое небо может быть закрыто на короткое время. Высота нижней границы кучевые дождевые облака обычно находится в пределах от 0,6 до 1,2 км его верхняя граница достигает 4–5 км, в отдельных случаях - высоты тропопаузы (8–9) км. Вертикальная мощность от 3-4 до 10км и даже до тропопаузы. Микрофизическая структура облака представлена в верных частях в виде ледяных кристаллов (при низких температурах, имеющих форму столбиков, при более высоких, выше -15° форму пластинок) при одновременном присутствии переохлажденных капель воды. В нижних своих частях облака состоят из капелек воды с примесью снежинок или капель дождя (в зависимости от температуры), а иногда крупы или града. Осадки, выпадающие из кучевых дождевые облаков, носят

ливневый характер, они интенсивны и непродолжительны. Сб облака развиваются из мощных кучевых облаков, они могут образовывать линию называемую линей шквала. Основной причиной образования сб являются мощные восходящие потоки воздуха (конвекция). Поднимающийся от земной поверхности воздух адиабатический охлаждается, что приводит к конденсации водяного пара. Кучево-дождевые облака характерны для неустойчивых воздушных масс. Сб бывают как внутримассовыми, так и фронтальными. Внутримассовые кучево-дождевые облака образуются под действием термической конвекции внутри однородной воздушной массы и являются последней стадией дневного развития конвективной облачности. Фронтальные кучево-дождевые облака образуют облачный вал, имеющий протяженное единое основание и несколько развитых вершин. Сб облака образуются по большей части при дальнейшем развитии cu cong, а иногда ns.

1.3 виды кучевые дождевые облака

Кучевые дождевые облака разделяется в нескольких видов:

Лысые (*cumulonimbus calvus*) - вершина напоминает белоснежные округлые купола слегка волнообразной структуры и не имеет перисто – верхней части . Иногда появление таких облаков предвещает грозу. Cu calv развивается из *cumulus congestus* , и его дальнейшее развитие , в благоприятных условиях , приведет к *cumuljnimbus incus*.



Рис.1.4 схема обозначает лысые кучевые дождевые облаков

Лысые с грозвым валом (*cumulonimbus calvus arcus*) - это разновидность отмечается , когда перед наступающим облаком образуется гряда неясных, дугообразных облаков (обычно состоящая из зарождение которых сопровождается шквалом – внезапным усилением ветер .



Рис.1.5 схематический лысые с грозовым валом кучево-дождевые облака

Волосатые (*cumulonimbus capillatus* , *cb cap*) - кучево-дождевые облака характеризуются наличием , преимущественно в верхней его части , четко усиковидных участков с явно волокнистой или исчерченной структурой, часто имеющих форму наковальни, плюмажа или обширных более волокнистый участков; обычно вызывают ливни или грозы , часто сопровождающиеся шквалами , а иногда и градом , это часто дает начало очень острой вигре.



Рис.1.6 волосатые кучево-дождевые облака .

Волосатые с грозвым валом(cumulonimbus capillatus arcus)- его признаки похожи на лысые тучи с грозой.



Рис.1.7 Волосатые кучево-дождевые облака с грозвым валом.

Плоские (*cumulonimbus humilis*)- имеют кучевообразной форму , волокнистую структуру , дают обильные осадки , но слабо развиты по вертикали . Для них характерен низкий фон приземной температуры воздуха (+ 5+10 и ниже) , что часто наблюдается в арктике и подобных районах.



Рис.1.8 Плоские кучево-дождевые облака

С наковальней (*cumulonimbus incus*) – это кучево дождевые облака достигающие своей изотермической высоты на границе тропосферы и стратосферы . Восходящие воздушные потоки не могут преодолеть блокирующий слой изотермы , поэтому облако начинает распространяться в направлении преобладающего горизонтального воздушного потока. Таким образом , в верхней

части сб образуется характерная наковальня . Однако сильные вертикальные потоки воздуха иногда могут проколоть изотермический слой , это разность отмечается , когда ледяная верхняя часть облака расширяется в стороны и принимает форму гигантской наковальни над вершиной облака . Эти облака вызывают грозы.



Рис.1.9 Кучево-дождевые облака с наковальней .

1.4 Электрическая структура грозового облака. Распределение основных зарядов. Основные механизмы электризации облаков

1.4.1 Электрическая структура грозового облака

Грозовые облака (кучево-дождевые) распространяются на высоты 15 км, в то время как их основание на высоте от 0,3 до 3,5 км. Облако представляет собой, как это было, огромную «выхлопную трубу», в которой воздух все время поднимается, дополнительное тепло сообщается и в облачной зоне, она всегда горячее, чем снаружи. Во-первых, происходит конденсация водяных паров, в течение которой выделяется тепло, если капли замерзают, также приводит к нагреванию окружающего воздуха.

В верхней части его части облако может состоять из снежинок, кристаллов льда. Нижняя часть при температурах более 0°C , как правило, состоит из больших капель воды и поэтому выглядит очень темно.

Существует много теорий электрификации капель воды и ледяных кристаллов в штормовых облаках, в основном подтвержденных в лабораторных исследованиях. В облаке шторма могут действовать несколько механизмов электрификации, в зависимости от фазы развития облака и общего состояния воды.

На рис.1.10 ниже показана усредненная модель грозовой ячейки облака. Уровни заряда близки к наблюдаемым, а значения соответствуют средним значениям напряженности электрического поля, измеренным у поверхности земли.

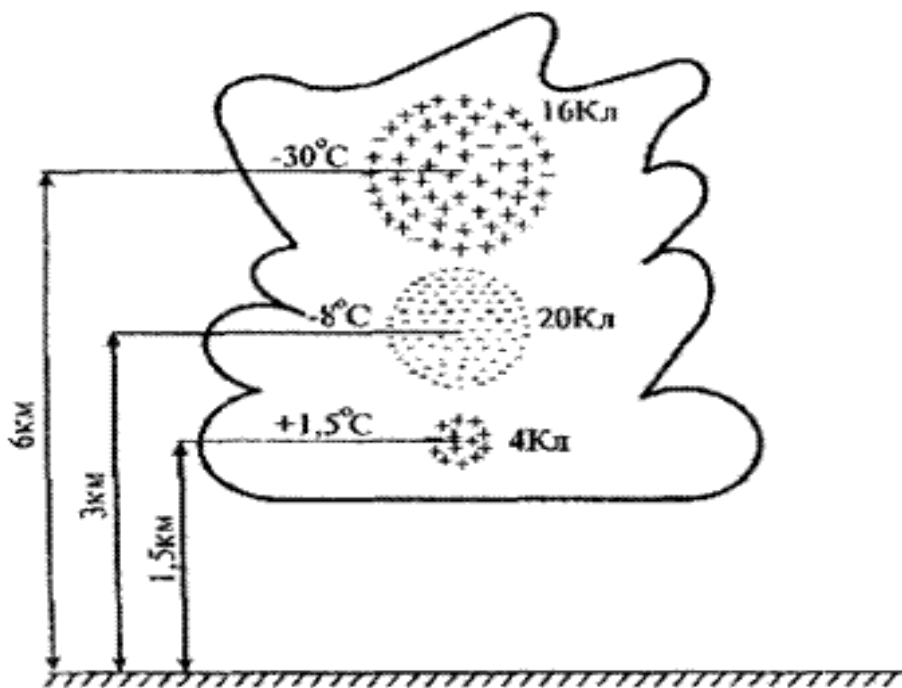


Рис.1.10. Схематическая структура грозовой ячейки облака

Относительно слабый положительный заряд в нижней части облака часто падает с дождем. Предполагается также, что это может способствовать развитию разряда из отрицательно заряженной области.

Грозовое облако в основной структуре представляет собой диполь, средний электрический момент, нейтрализуемый при разряде, составляет около $100 \text{ кл} \times \text{км}$, а максимальный — $500 \text{ кл} \times \text{км}$. Повторяемость разрядов при умеренных грозах составляет около 1 в минуту, а при сильных грозах может достигать 5–10 в минуту. Средняя плотность объемного заряда от 3×10^{-9} до $3 \times 10^{-8} \text{ кл/м}^3$, а скорость их накопления $3 \times 10^{-10} - 3 \times 10^{-8} \text{ кл}/(\text{м}^3 \times \text{с})$. Средняя продолжительность электрической активности отдельного грозового облака составляет 30—40 мин.

Распределение и движение электрических зарядов в грозовом облаке и вокруг него - сложный, постоянно меняющийся процесс. Тем не менее можно представить обобщенную картину распределения электрических зарядов на зрелой стадии облака. Преобладает положительная дипольная структура, в которой положительный заряд находится в верхней части облака. Атмосферные ионы, двигаясь под действием электрического поля, образуют на границах облаков слои

экрана, маскирующие электрическую структуру облака от стороннего наблюдателя. Измерения показывают, что в различных географических условиях основной отрицательный заряд грозового облака приходится на высоты с температурой окружающего воздуха от -5 до -17°C . Чем больше скорость восходящего потока в облаке, тем выше центр отрицательного заряда. Плотность объёмного заряда составляет от 1 до 10 кл/км³. Значительна доля гроз наблюдается с обратной структурой заряда (отрицательный заряд в верхней части облака и положительный заряд во внутренней части облака, а также со сложной с четырьмя и более зонами пространства заряды разной полярности.).

Для получения достоверных данных о размерах облачных площадей, занятых частицами в конвективных грозовых облаках, были проведены прямые измерения электрической структуры облаков с помощью измерительных зондов. Эта работа относительно недавняя и позволяет измерять напряженность электрического поля в разных частях и связывать ее с микро и макро физическими характеристиками изучаемого облака.

Согласно исследованиям, конвективные облака содержат два основных заряда.

- Выше, как правило (75% случаев), находится положительный заряд, занимающий всю верхнюю часть облака;
- Внизу, находится отрицательный заряд.

Средняя плотность объёмного заряда в этих районах низкая, в 50% случаев она составляет $3 \cdot 10^{-12} \dots 6 \cdot 10^{-11}$ кл/м³.

Напряженность электрического поля в таких облаках может достигать нескольких тысяч вольт на метр. Исследования показали, что на фоне относительно малых объёмных зарядов в облаке случайным образом располагаются отрицательные и положительные объёмные заряды высокой плотности. В 75% случаев эти нагрузки не превышали $6 \cdot 10^{-11}$ кл/м³. В среднем зоны экстремальных нагрузок имеют размеры от десяти до ста метров. Наиболее вероятный размер

участков неоднородность поля около 150 м, в кучево-дождевых облаках может достигать 400–600 м.

Напряженности поля в этих облаках в 50% случаев превышает 1.000 в/м, в 25% случаев превышает 10.000 в/м, по экстраполяции в 0,1% случаев напряженность поля может достигать до 20.000 в/м. Скорость накопления объемного заряда достигает $3 \cdot 10^{-15} \dots 3 \cdot 10^{-13}$ кл/м³с. Основное отличие электрической структуры кучево-дождевых облаков от грозовых заключается в появлении в нижней части облака третьей положительно заряженной области, связанной с зоной осадков. При этом основные параметры в кучево-дождевых облаках значительно больше, чем в не обложных облаках, и их структура может заметно меняться в процессе развития. По данным авиационных измерений напряженность электрического поля атмосферы под грозовыми облаками в процессе их развития электрическая структура претерпевает значительные изменения. Много случаев наблюдалось: на первом этапе — стадии развития облаков — градиенты потенциала над облаком были положительными и только потом происходил переход к отрицательным градиентам.

Важную роль в образовании и разделении электрических зарядов играют осадки: грозовые разряды часто сопровождаются сильными ливнями, состоящими из мелких крупинок града и капель воды. По наблюдениям кютнера, твердые элементы в осадках грозовых облаков присутствовали в 93% случаев. Туми обнаружил довольно значительный, преимущественно положительный заряд капель в теплых облаках и преимущественно отрицательный заряд капель в облаках, содержащих твердую фазу. Он объяснил это явление появлением отрицательных зарядов на растущих частицах льда при столкновении с переохлажденными каплями. По результатам авиационных измерений ганн установил зависимость между размером дождевых капель и величиной их электрического заряда. Имеющиеся в литературе значения зарядов облачных частиц и гидрометеоров значительно различаются, что связано с характеристиками и условиями измерений, что затрудняет их анализ.

так, во время двух полетов в грозовых облаках мак-криди и прауд-фит наблюдали очень большие положительные заряды до $+1,5 \cdot 10^{-9}$ с на изотерме $-8,8^\circ\text{C}$, связанные с мелким градом. На изотерме $+9^\circ\text{C}$, когда наблюдалось интенсивное плавление градин, положительный знак зарядов менялся на отрицательный и колебался от $-0,3 \cdot 10^{-10}$ до $-5 \cdot 10^{-10}$ кл. Эти измерения показывают, что градины могут служить источником значительного разделения заряда.

1.4.2 Механизм электризации облаков

Для объяснения происхождения структуры грозового облака используется мульти механизм, и эта облака науки до сих пор является областью активных исследований. Основная гипотеза болезни заключается в том, что если более крупные и тяжелые облачные частицы становятся отрицательными, то более мелкие части вызывают положительный заряд, т.е. Вероятность разделения объёма зарядов, которая возникает из-за того, что крупные частицы падают с большей вероятностью, чем мелкие облачные частицы. Этот механизм в целом согласуется с лабораторными экспериментами, которые показывают сильную передачу заряда ледяных гранул (зерна представляют собой пористые частицы из замерзших капель воды) или градацию кристаллов льда в ледяных каплях, обнаруженную переохлажденную жидкость. Знак и величина допустимой нагрузки на контактах зависят от температуры окружающего воздуха и влажности облаков, а также от размеров кристаллов льда, скорости движения и других объектов, также действие и другие функции электрификации. Когда количество израсходованного заряда, накопленного в облаке, становится достаточно большим, между заряженными областями противоположной важности возникает сверхбыстрый разряд. Разряд может быть между облаками и землей, облаками и нейтральной атмосферой, облаками и ионосферой. Во время осажженной грозы от двух третей до 100% разрядов являются внутри облачными, меж облачными или облачно-воздушными, а остальная часть — облачно-земляными.

Максимальное значение разности потенциалов зависит от следующих факторов: концентрации примесей в воде, значения pH, электропроводности раствора, скорости кристаллизации. Эти факторы также определяют общий заряд, т.е. Количество электроэнергии, потребляемой внешним резистором в процессе кристаллизации.

1.5 классификация грозовых облаков (однойчейковые, многоячейковые, суперячейковые, гибридные)

В 20 веке грозы классифицировали по условиям образования внутримассовые, фронтальные или орографические. В настоящее время более принято классифицировать грозы по характеристикам самих гроз, а эти характеристики зависят главным образом от метеорологической обстановки, в которой развивается гроза.

1.5.1 Однойчейковые грозовые облака

Одноклеточные кучево-дождевые (*cumulonimbus*, *cb*) инфекционные облака в дни с ветром смертность в барическом поле. Их ещё называют внутримассовыми или локальным. Они входят из восходящей конвективной ячейки в свой блок, извлекают устрашающую градуированную частоту и быстро заканчиваются падение давления. Размер такого облака, следующие: поперечные – 5 -20 км, вертикальные – 8 -12 км, время жизни - около 30 минут, иногда - до 1 часа. Резких изменений погоды после грозы не бывает. Формирование облаков начинается с появления кучевых облаков хорошей погоды (*cumulushumilis*). При благоприятных условиях образующиеся кучевые облака быстро растут как в вертикальном, так и в горизонтальном направлениях, при этом восходящие потоки располагаются практически по всему объёму облака и увеличиваются от 5м/с до 15–20 м/с. Одобрений очень мало. Окружающий воздух активно поступает в облако за счёт перемешивания на границе и в верхней части облака. Облако переходит в стадию средних кучевых (*cumulusmediocris*). Мельчайшие капли воды, образующиеся в

результате конденсации в таком облаке, сливаются в более крупные, которые уносятся мощными восходящими потоками. Облако ещё однородное, состоящее из капель воды, удерживаемых восходящим потоком – осадки не выпадают. В верхней части облака, когда частицы воды попадают в зону отрицательных температур, капли постепенно начинают превращаться в кристаллы льда. Облако переходит в стадию мощного кучевого облака (*cumul congestus*). Смешанный состав облака приводит к укрупнению облачных элементов и созданию условий, способствующих выпадению осадков и образованию грозовых разрядов. Такое облако называют кучево-дождевым (*cumulonimbus*) или (в частном случае) лысым кучево-дождевым (*cumul mediocris*). Вертикальные течения здесь достигают 25 м/с, а уровень вершин достигает высоты 7–9 км.

Испарение частиц осадков охлаждает окружающий воздух, что приводит к дальнейшему увеличению нисходящих потоков. В зрелой стадии а облаке одновременно присутствуют восходящие и нисходящие потоки, в убывающей стадии в облаке преобладают нисходящие потоки, которые постепенно охватывают все облако.

На рис.1.6 ниже показывает многоячейковые гроззовые облака. Многоячейстые грозы представляют собой гроз с протяженным, хорошо развитым фронтом поперек линии фронта. Линия шквала может быть непрерывной или содержать разрывы. Приближающаяся многоклеточная линия выглядит как темная стена облаков, обычно закрывающая горизонт с западной стороны (в северном полушарии).

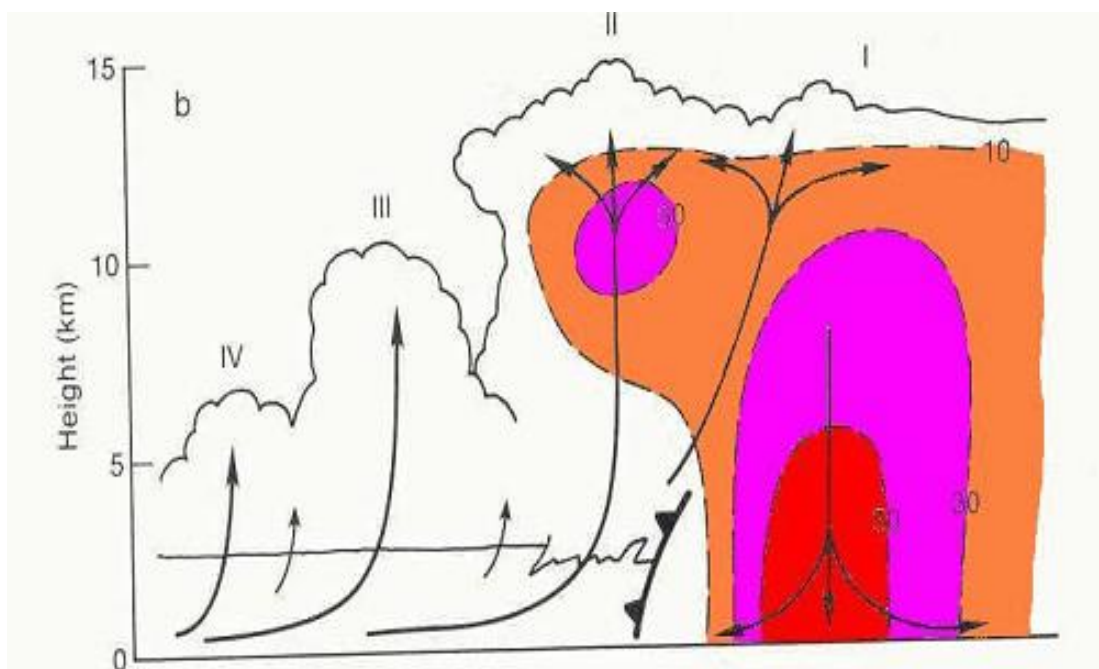


Рис.1.12. Схематическое многоячейковое грозовое облако.

Большое количество близко расположенных восходящих/нисходящих потоков характеризует этот комплекс как многоячейстую грозу, хотя его гроззовая структура заметно отличается от многоячейстой кластерной грозы. Линии шквала могут вызывать крупный град (более 2 см в диаметре) и сильные ливни, но наиболее известны как системы, создающие сильные нисходящие потоки и сдвиги ветра, опасные для авиации.

Линия шквала имеет сходные свойства с холодным фронтом, но является локальным результатом гроззовой активности. Часто линия шквала возникает впереди холодного фронта. На радиолокационных изображениях эта система

выглядит как изогнутая дуга (bowecho). Это явление характерно для северной америки, в европе и на европейской территории россии наблюдается реже.

1.5.3 Суперячейковые гроззовые облака

Суперячейка – это наиболее организованное гроззовое облако. Облака суперячейковые относительно редки, но представляют наибольшую угрозу для здоровья, жизни и имущества людей. Облако суперячейки похоже на облако из одной ячейки тем, что оба имеют одинаковую площадь восходящего потока. Отличие в размерах суперячейки: диаметр около 50 км, высота 10 – 15 км (часто верхняя граница заходит в стратосферу) с одной полукруглой наковальной.

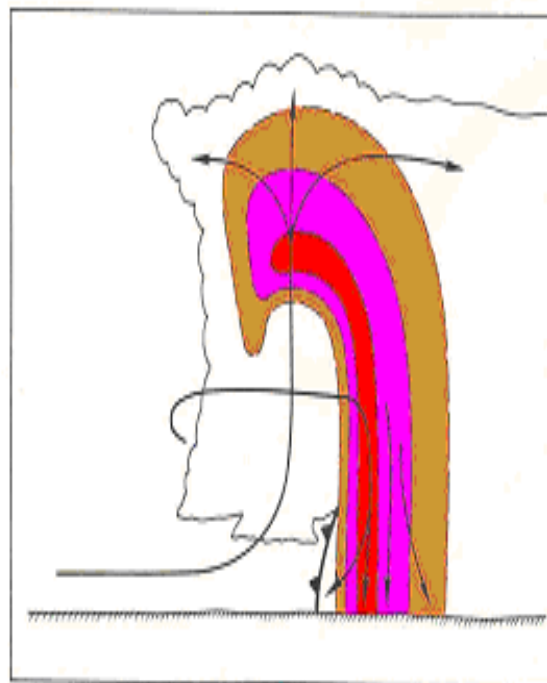
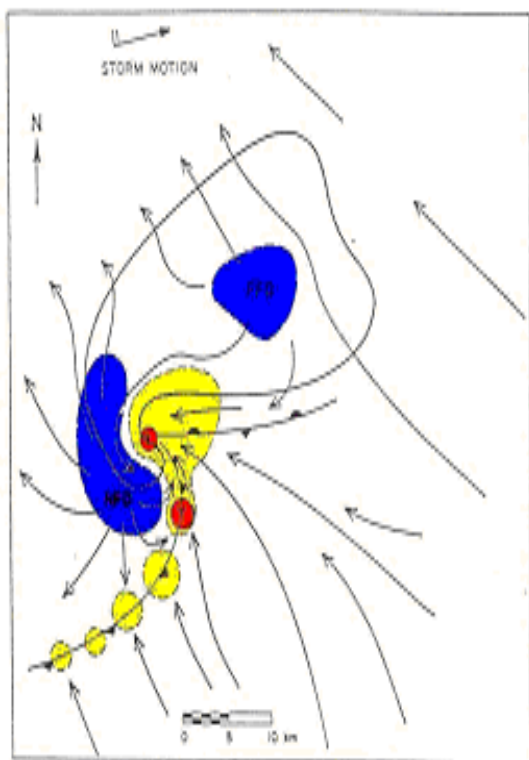


Рис.1.13. Схема суперячейкового гроззового облака.

Скорость восходящего потока в сверхячейковом облаке значительно выше, чем в других типах грозовых облаков: до 40–60 м/с. Основная характеристика, которая отличает сверхячейковое облако от других типов облаков, — наличие вращения. Вращающийся восходящий поток в сверхячейковом облаке (называемый в радиолокационной терминологии мезоциклоном) создает экстремальные погодные явления, такие как крупный град (диаметром 2–5 см, иногда больше), шквалы со скоростью до 40 м/с и сильные разрушительные смерчи. Условия окружающей среды являются основным фактором в формировании облака суперячейки. Необходима очень сильная конвективная неустойчивость воздуха. Температура воздуха у земли (перед грозой) должна быть +27...+30 и выше, но главное необходимое условия – ветер переменного направления, вызывающий вращение. Такие условия получаются при сдвиге ветра в средней тропосфере. Осадки, образующиеся в восходящем потоке, переносятся по верхнему уровню облака сильным потоком в области нисходящего потока. Таким образом, области восходящего и нисходящего потоков разнесены в пространстве, что обеспечивает жизнь облака в течение длительного периода времени. Обычно на переднем крае суперячейкового облака идет небольшой дождь. Сильные осадки и крупный град выпадают к северо-востоку от основной зоны восходящих потоков. Наиболее опасные условия возникают вблизи основной зоны восходящего потока (обычно смещенной к задней части грозы).

1.5.4 Гибридные грозовые облака

Гибридные грозовые облака может иметься одновременно несколько суперячеек. Так, в Сб, которое наблюдали Нельсон и Найт, их было три. Чрезвычайно сильные градины связаны с гибридными облаками, а диаметр градины и размер траектории града велики. например, градина может иметь

диаметр 7,5 см , а путь града имеет ширину и длину более 20 и 100км соответственно.

Интенсивности града наибольшая в гибридных облаках , основной причиной этого являются высокие скорости восходящего движения в этих облаках , а так же значительная ширина внутри облачного восходящего потока , которые способствуют завесе надячейки через градовые ядра прилегающих к ней облаков надячейки, такая возможность не исключена . естественно отсутствует .

2. Глобальная атмосферно-электрическая цепь (ГЭЦ)

2.1 Общее описание ГЭЦ. Схема ГЭЦ

Глобальная электрическая цепь представляет собой уникальную систему, включающую также источники пространственной и временной изменчивости вносимые ионизацией, загрязнением и атмосферной динамикой в механизм ее формирования. Физической причиной формирования гэц в атмосфере служит резкий рост проводимости воздуха с высотой. Вблизи поверхности земли проводимость воздуха очень мала и составляет $(2 \cdot 10^{-14})$. Во время первых десятилетий исследований гэц ионосфера включалась в контурную модель только как ионосферный потенциал, а в самой модели ионосферой понималась ее нижняя граница на высоте около 50 км. При создании комплексной модели литосферно-атмосферно-ионосфер-магнитосферных связей было отмечено, что гэц играет очень важную роль в обеспечении взаимодействия атмосферы и ионосферы при наличии искусственных источников ионизации и загрязнения атмосферы. Для понимания принцип работы гэц нужны адекватные модели грозовых генераторов, дающие возможность рассчитывать квазистационарные и импульсные токи, а также вклад генераторов в энергетику глобальной цепи. Вносим основные параметры гэц в таблицу.

Таблица 1. Параметры гэц

Название параметра	Величина
Число гроз действующих одновременно	1500-2000
Токи над грозами	
А) диапазон изменения величины	А) 0,5-6,0А

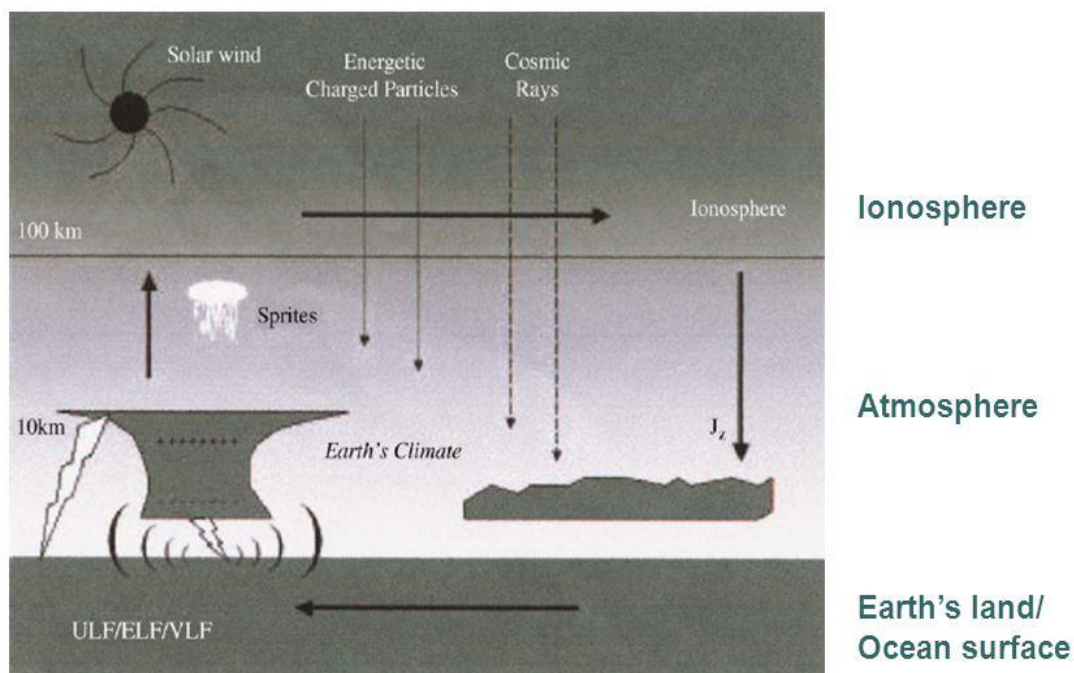
Б)среднее значение	Б)0,5-1,0А
Глобальный ток	750-2000А
Ионосферный потенциал	
А)диапазон изменения величины	А)150-600кВ
Б)среднее значение	Б)280кВ
Сопротивление толба атмосферы	
А) низкие широты(над уровнем моря)	А)1.3 10 ¹⁷ Ом/м ²
Б) высокие широты (над уровнем моря)	Б)3.0 10 ¹⁷ Ом/м ²
С) тибет и плато антарктиды	С) 2.0 10 ¹⁶ Ом/м ²
Полное сопротивление с учетом влияния гор	230 Ом
Плотность тока	
А) заселенные и индустриальные области	А) 1.0.10 ⁻¹² А/м ²
Б) станции южного полюса	Б) 2.5.10 А/м ²
Градиент потенциала	
А)экватор	А)120В/м
Б)широта 60°	Б)155В/м
Южный полюс	В)71В/м

Г) промышленные области	Г) 300-500 В/м
Электрическая проводимость атмосферы	
А) уровень моря	А) 10^{-14} См/м
Б) тропопауза	Б) 10^{-13} См/м
В) стратопауза	10^{-10} См/м
Г) ионосфера (педерсеновская проводимость)	$\sim 10^{-4} - 10^{-5}$ См/м
Ионосфера (параллельная проводимость)	~ 10 См/м
Время релаксации электрического заряда	
А) 70 км	А) 10^{-4} с
Б) 18 км	Б) 4 с
В) 10 м	В) 5-10 мин
Г) проводящая земля	Г) 10^{-5} с

Глобальная электрическая цепь (ГЭЦ) представляет собой распределенная токовая система, образованная проводящими слоями ионосферы, верхним слоем океана и земной коры, с грозowymi генераторами в качестве основных источников электродвижущих сил и невозмущенными областями свободной атмосферы в качестве зон возвратных токов.

Изучение глобальной атмосферной электрической цепи значительно продвинулось за последние 50 лет. Большие успехи были достигнуты в области исследований молний и гроз, связанных с гэц. Теперь у нас есть спутники, которые постоянно смотрят на землю и предоставляют информацию о временной и пространственной изменчивости молний и гроз. Грозы – это генераторы электрического тока, которые гонят электрический ток через проводящую атмосферу. Они поддерживают потенциал ионосферы около +250кв по отношению к поверхности земли. Гэц замыкается токами ~ 2 па/м², протекающими через атмосферу ясной погоды, удаленной от гроз, и переходными токами обусловленными отрицательными грозовыми разрядами облако-земля. Постоянная времени цепи 2 мин, показывает, что грозы должны происходить постоянно, чтобы поддерживать электрическое поле хорошей погоды. В области спрайтов, эльфов и синих струй были сделаны новые открытия, которые могут оказать непосредственное влияние на глобальную схему. Наши знания о гэц, модулируемой солнечными эффектами, улучшились. Изменение в глобальной цепи связаны с изменениями проводимости, связанными с изменяющимся во времени присутствием мощных восходящих потоков в зоне конвективной активности, что может влиять на гэц посредством предполагаемых эффектов на микрофизику облаков, температуру и динамику в тропосфере . Некоторые исследователи климата также начинают признавать глобальную электрическую цепь полезным инструментом для изучения и мониторинга изменения климата земли.

SCHEMATIC DIAGRAM OF THE GLOBAL ATMOSPHERIC ELECTRIC CIRCUIT



Rycroft and Fullekrug, JASTP, 2004, Fig. 1

Рис.2.1 схематическая диаграмма ГЭЦ

2.2 Основные Мировые очаги гроз

Гроза при определенных условиях может представлять большую опасность для человека. Гроза — это атмосферное явление, связанное с развитием мощных кучево-дождевых облаков, которое сопровождается множественными электрическими разрядами между облаками и земной поверхностью громом сильным дождем и нередко градом. Грозы неравномерно распределены по поверхности планеты. При этом на земле действует около полутора тысяч гроз, средняя интенсивность разрядов оценивается в сорок шесть вспышек в секунду. Над океанами грозы наблюдаются примерно в десять раз реже, чем над континентами. Как правило после грозы погода улучшается воздух становится

прозрачным, прохладным и чистым,, насыщенным ионами образующимися при грозových разрядах.

Американские и бразильские метеорологи проанализировали данные наблюдения сделанных спутником tropical rainfall measurng mission между 1997 и 2015 гг. Все это время аппарат огибал тропические регионы планеты (между 38 северной и южной параллелями -примерно от афин до мельбурна) по несколько раз в день , делая снимки . Эти наблюдения прогнозировали по несколько раз в день , делая снимки . Эти наблюдения проанализировали рэчел альбрехт и ее коллеги, статью которых публикует uetin of buthe american meteorological society. Ученые разделили территорию на квадраты со стороной около 10км и меньше и меньше и выделили среди них 500 участков , где молний в пересчете на площадь поверхности фиксируется за год больше всего . Это позволило выяснить некоторые особенности поведения гроз – и конечно , ученые разделили территорию на квадраты со стороной около 10 км и меньше и выделили среди них 500 участков, где молний в пересчете на площадь поверхности фиксируется за год больше всего. Это позволило выяснить некоторые особенности поведения гроз - и конечно обнаружить самое бурное место на планете. Им оказалось большое озера маракайбо в венесуэле- впрочем, местные молнии знамениты на весь мир. По подсчетам авторов, в каждый квадратный километр площади озера ежегодно ударяет около 233 молний. Вообще же, грозovým центром земли стоит назвать африку: здесь расположены 283 из 500 самых бурных участков, включая озера виктория и танганьика, а также дельту реки конго.

Существует три типа грозы: локальные, фронтальные и ночные. Чаще всего человек сталкивается с локальными или тепловыми грозами. Эти грозы случаются только в тепле погоду с повышенной влажностью воздуха. Как правило, они возникают летом в полдень или днем (12-16 часов). Молния и гром — это характеристики которых достаточно чтобы сказать, что идет буря.

Основные мировые очаги гроз: острова ява 220 грозových дней в году, экваториальная африка - 150, южная мексика -142, панама-132, центральная

бразилия -106 грозных дней в году . Россия: мурманск -5, архангельск-10, Санкт-Петербург-15, москва 20 грозных дней в году.



Рис.2.2 Фотография грозного облака.

3. Грозовая активность в бассейне реки Конго

3.1 Географическое положение бассейн река Конго

Конго – страна, расположенная на западном побережье центральной африки. Его площадь составляет 342 тыс. Км². Конго граничит на западе с Габоном, на севере -западе с Камеруном, на северо-востоке с центрально Африкой, на юго-востоке с демократическом республикам Конго, на юго -западе с атлантическим океаном. До 1960 года Конго была колонией франции французский язык и сейчас остается государственным языком страны. Самая большая река в Конго называется река Конго



Рис.3.1. Схематический река Конго

Река Конго это одно из самых важных рек в мире, протекающая через шесть крупных стран. Бассейн Конго распложен в центральной Африке, в регионе известном как западная экваториальная Африка. Это самая глубокая река в мире

(250 метров). Водораздел Конго занимает площадь 4014500 км², площадь больше чем у Индии.

Бассейн реки Конго (как рис.3.2. Ниже показывает) содержит одни из крупнейших тропических лесов в мире и является важным источником воды, используемой в сельском хозяйстве и производстве энергии. Бассейн начинается в высоко восточноафриканской рифтовой системе с входом из реки Чамбеши, рек Уэле и Убанги в верхнем течении и реки Луалаба, осушающей водно-болотные угодья в среднем течении. Из-за молодого возраста и активного поднятия восточноафриканского разлома на мысах ежегодная нагрузка реки на осадки очень велика, но дренажный бассейн занимает большие площади низкого рельефа на большей части своей площади. Он очерчен в основном волнами. В течение года выпадает около 1000-1300 мм осадков. В бассейне реки Конго климат однородный, с двумя сезонами дождей, включая очень обильные осадки и высокими температурами в течение всего года.

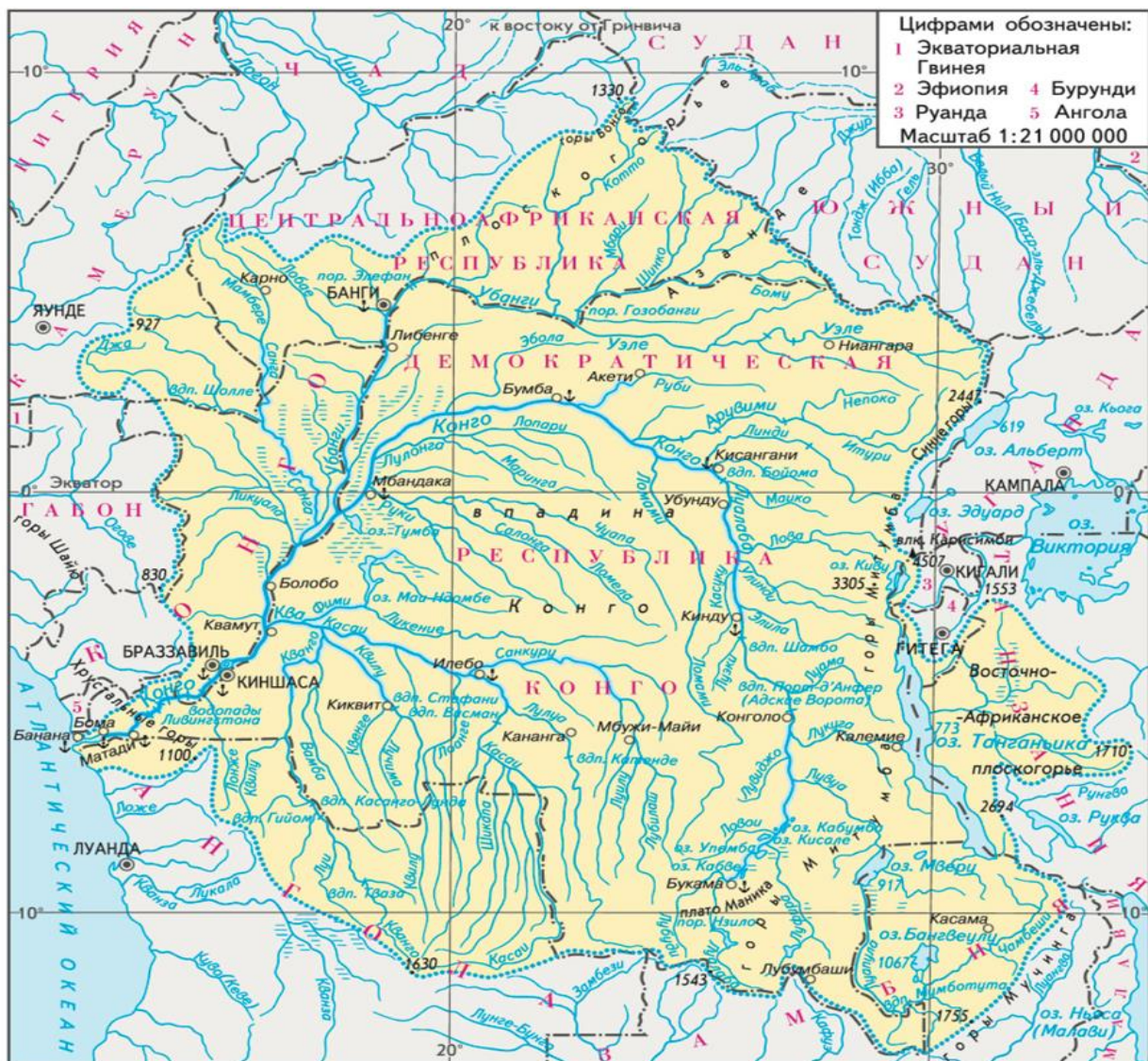


Рис.3.2. Схематический бассейн река Конго

Бассейн река Конго включает несколько стран (Республика Конго, Ремакратическая Республика Конго, Центрально Африканская Республика). Леса бассейна Конго влияют на осадки в северной Атлантике. Другими словами, эти леса необходимы для будущей климатической стабильности, бастиона против ползучего изменения климата.

На африканском континенте господствуют экваториальные и тропические воздушных массы. Экваториальный воздух формируется на самом континенте из тропических воздушных масс. Он характеризуется высокой влажностью и низкими амплитудами температур в течение всего года. Экваториальный пояс охватывает

часть бассейна Конго и побережье Гвинейского залив. Утром в целом ясная погода. Днем из-за сильного нагрева с поверхности земли солнцем устремляется экваториальный воздух, насыщенный влагой. Формируются кучевые облака и во второй половине дня начинается ливень, часто сопровождающийся сильными бурей и грозой.

В бассейн Конго наблюдается исключительная плотность гроз, что связано с наличием больших озер, окруженных горами. Горячий воздух ночью, подгоняемый бризом с Гвинейского залива, поднимается над рекой и озерами, охлаждается и образует кучево-дождевые грозовые тучи.

И так в Конго сезон дождей продолжительнее сухого. Сезон дождей длится шесть месяцев иногда семь. Грозы не обязательно присутствует каждый раз, когда идет дождь.

3.2 Исходные данные.

Для анализа были рассмотрены данные о грозах и о грозовых облаках в марте 2021 года на станции Пойнт-Нуар. Метеоданные о грозах (<http://pogodaiklimat.ru>) и продолжительности грозы приведены в таблице 3.1.

Таблица 3.1. Данные о грозах за март 2021 (<http://pogodaiklimat.ru>)

Дата	Начало грозы	Окончание грозы	Продолжительность, час
1	Нет гроза	Нет гроза	
2	11ч	17ч	7ч
3	-	-	-
4	-	-	-
5	-	-	-
6	9ч	12ч	3ч
7	-	-	-

8	-	-	-
9	-	-	-
10	-	-	-
11	9ч	17ч	7ч
12	13ч	17ч	4ч
13	-	-	-
14	-	-	-
15	3ч , 6ч	19ч , 21ч	5ч
16	-	-	-
17	-	-	-
18	-	-	-
19	00ч , 12ч	15ч	12ч
20	7ч-9ч, 13ч-15ч	18ч	4ч
21	9ч-10ч ,12ч , 18ч-20ч	22ч	5ч
22	1ч-14ч , 16ч	18ч	15ч
23	13ч	23ч	10ч
24	00ч	15ч	14ч
25	7ч-10ч 12ч, 15ч	18ч	6ч
26	1ч-2ч , 6ч, 11ч- 15ч	18ч	7ч
27	00ч	1ч	1ч
28	3ч , 5ч-7ч и 12ч , 15ч-22ч	23ч	12ч
29	00ч	3ч	3ч
30	4ч-6ч, 9ч-22ч	23ч	16ч
31	00ч-1ч 3ч-6ч, 11ч	18ч	11ч

Из таблицы 1 видно что в начале месяц гроза наблюдались через (3-4) дня , а от 19.03 гроза наблюдалась каждый день до конца месяца (31.03).

Гроза продолжалась долго 30.03 где продолжительность равна 16 часов. И так гроза может возникать и продолжаться в течение всего дня.

Далее для анализа были использованы данные радиозондирования атмосферы. По этим данным мы определили высоту верхней границы облаков, ($H_{\text{выр}}$), и температуру воздуха на верхней границы облаков ($T_{\text{выр}}$). За этот уровень мы принимали высоту верхней границы грозовых облаков и температуру на верхней границе грозового облака. Результаты представлены в таблице 3.2 и на рисунке 3.3

Дата	T, выр	P,выр	H,выр
01.мар			
02.03	-79,3	117,53	15757
03.03			
04.03			
05.03			
06.03	-67,6	146,07	14279
07.03			
08.03			
09.03			
10.03			
11.03	-71,5	140,55	14870
12.03	-6,3	432,22	5870
13.03			
14.03			
15.03	-83,9	108,18	16092
16.03			
17.03			
18.03			
19.03	-76,1	120,64	15240
20.03	-59,1	180,28	13021
21.03	-68,9	147,59	14220
22.03	-85,5	105,16	16217
23.03	-53,3	159,9	12450
24.03	-69,8	134,81	14337
25.03	-52,9	208,8	12440
26.03	-80,9	120,51	15478
27.03	-69,9	152,35	14200
28.03	-72,3	134,79	14727
29.03	-70,7	138,39	14681
30.03	-77	125,25	15294
31.03	-69,1	154,21	14240

Из этой таблицы следует, что при увеличении температуры высота убывает.



Рис.3.3. Температура воздуха на верхней границы облаков (Т, в°С)



Рис 3.4. Высота верхней границы облаков (H, в м)

3.3 Анализ особенностей параметров грозовых облаков в бассейне реки Конго

Для дальнейшего анализа использовали результаты исследования гроз на северном кавказе [михайловский], в которых была получена связь между температурой на верхней границе грозового облака и числом разрядов молний во время грозы. Это позволило оценить число разрядов молний в грозах,

наблюдаемых в Конго, по данным о температуре на верхней границе грозовых облаков, указанные в таблице 3.2.

Результаты такого анализа приведены в таблице 3.3 и на рисунке 3.5.

Таблица 3.3

Дата	Продолжительность грозы, мин	Число разрядов во время грозы, в минуту.
01.мар		
02.03	420	75.0
03.03		
04.03		
05.03		
06.03	180	57.5
07.03		
08.03		
09.03		
10.03		
11.03	420	65.5
12.03	240	3.0
13.03		
14.03		
15.03	300	82.0
16.03		
17.03		
18.03		
19.03	720	73.0
20.03	240	48.0
21.03	300	62.0
22.03	900	85.0
23.03	600	40.0
24.03	840	63.0
25.03	360	48.0
26.03	460	80.0
27.03	60	64.5
28.03	720	63.0
29.03	180	66.0
30.03	960	74.5
31.03	660	62.5



Рис. 3.5. Число разрядов в минуту, Пойнт-нуар, март 2021

Как следует из таблицы 3.3, число разрядов в минуту менялось от 30 до 850. Далее, учитывая, что средние значения зарядов, переносимых одним разрядом отрицательной молнии на землю составляют 20 кЛ, были рассчитаны суммарные заряды, переносимые на землю за все время, в течение которого наблюдалась на станции гроза за каждый день изучаемого периода. Результаты представлены в таблице 3.4 и на рисунке 3.6.

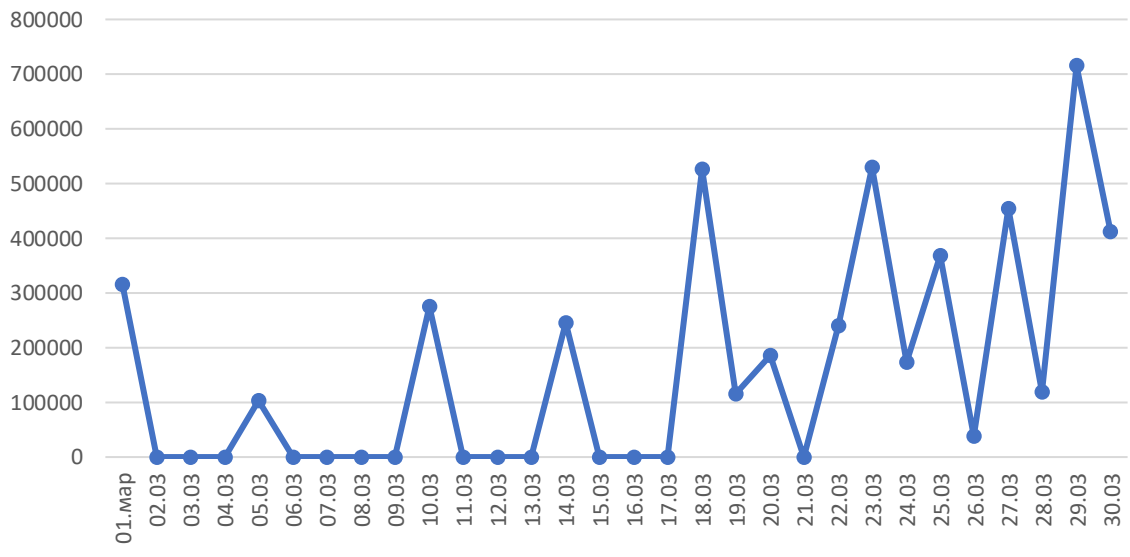
Таблица 3.4. Переносимый на земли заряд во время гроз, кл

Дата, 01.мар	Переносимый на землю заряд , Кл
02.03	31500.0
03.03	
04.03	
05.03	
06.03	10350.0
07.03	
08.03	
09.03	
10.03	
11.03	27510.0
12.03	
13.03	
14.03	
15.03	24600.0
16.03	
17.03	
18.03	
19.03	52560.0
20.03	11520.0
21.03	18600.0
22.03	
23.03	24000.0
24.03	52920.0
25.03	17280.0
26.03	36800.0
27.03	3870.0
28.03	45360.0
29.03	11880.0
30.03	71520.0
31.03	41250.0

Результаты показали, что за одну грозу переносился заряд от 3.7 ккл до 85.0

ккл.

Заряд, Кл, Переносимый молниевыми зарядами на землю
, Март 2021, Пуэнт -нуар



Заключение

В представленной работе было проведено исследование наиболее крупного Мирового очага гроз, расположенного в бассейне реки Конго. С этой целью были изучены вопросы об эволюции грозовых облаков и об условиях действия Глобальной Атмосферно-Электрической Цепи, для которой Мировые очаги гроз являются одним из участков генерации зарядов.

В работе были рассмотрены данные о грозах во время наиболее активного периода в сезон дождей. Были использованы данные станции Пойнт-Нуар, расположенной в устье реки Конго – данные метеостанции и данные радиозондирования атмосферы.

В результате проведенного анализа были получены следующие выводы.

1. В марте 2021 года в Пойнт-Нуар было 18 гроз. В течение суток могло возникать несколько гроз (до 3 за одни сутки)
2. Продолжительность каждой грозы менялась от 3 до 14 часов.
3. При анализе данных радиозондирования атмосферы считали, что верхняя граница облаков расположена на уровне выравнивания температур. При таком допущении высота верхней границы грозовых облаков менялась от 12 до 16 км (и в одном случае составила 6 км). Температура на верхней границе грозового облака менялась от -52°C до -84°C .
4. Число разрядов в минуту оценивали по температуре на верхней границе облаков. Для этого экстраполировали эмпирические данные, полученные на Северном Кавказе. Было получено, что число разрядов в минуту менялось от 3 до 75 разрядов в минуту. Если допустить, что в течение всей грозы электрическая активность облака не менялась, то переносимый заряд составил бы 10-75 кКл.

В работе получены предварительные результаты, позволяющие оценивать электрическую активность грозовых облаков в бассейне реки Конго.

Список литературы

1. Кашлева л.в , михайловский ю.п. Атмосферное электричество. Учебное пособие -спб: рггму , 2019.-226с
2. Метеoweb.ru
3. Атлас облаков
4. Метеословарь