

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение

высшего образования

«РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Кафедра метеорологии, климатологической и охраны атмосферы

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА

(бакалаврская работа)

На тему Анализ условия формирования тропических конвективных облаков

Исполнитель Мангуби Мунаму Бланшилла Кадин

(фамилия, имя, отчество)

Руководитель кандидат физико-математических наук, доцент

(ученая степень, ученое звание)

Кашлева 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)

28.05.2022

Санкт-Петербург

2022

Список сокращение	3
Введение	4
1 Конвективные облака	6
1.1 Условия формирования конвективных облаков. Стадии жизни	6
1.2 Особенности тропических конвективных облаков	14
2 Внутритропическая зона конвергенции	20
2.1 Динамические условия формирования внутритропической зоны конвергенции	20
2.2 Облака в ВТЗК	27
3 Анализ особенностей конвективной облачности в тропическом регион	33
3.1 Исходные данные. Термодинамические критерии конвективной неустойчивости атмосферы.	33
3.2 Особенности годового цикла конвективной облачности на юге Кот- де-Вуар.	43
4 Заключение.	44
Литература	46

Список сокращения

1. Intertropical convergence zone (ITCZ, ZCIT)
2. Внутритропической зоны конвергенции (ВТЗК)
3. Convective Available Potential Energy CAPE
4. Equilibrium level (EL)
5. Meteorological convective system (MCS)
6. Convective Inhibition (CIN)
7. Level of Free Convection (LFC)

Введение

Тропическая зона имеет чрезвычайно большое значение для формирования погоды и климата земного шара. Именно эта зона является аккумулятором тепла и влаги. Исследование процессов тропической зоне представляют огромный интерес. Функционирование глобальной климатической системы атмосферы земного шара можно объяснить только при правильном понимании процессов в тропиках. Облака в значительной степени определяют радиационный режим любого региона и, следовательно, являются одним из основных факторов формирования его температурного режима. Именно это определяет актуальность исследования тропических облаков.

Целью дипломного проводимого являются исследования годового режима конвективных облаков в тропических широтах.

В процессе работы над дипломным исследованием были решены следующие задачи:

1. Изучение условий формирования конвективных облаков внутритропической зоны конвергенции;
2. Изучение термодинамических критериев конвективной неустойчивости атмосферы;
3. Анализ особенностей годового цикла конвективной облачности в устье р. Конго и на юге Кот-де-Вуар.

Были исследованы выпускная квалификационная работа содержит 47 страниц, включая введение, 3 главы и заключение.

Во введении сформулирована актуальность выполняемой работы, цель и задачи исследования.

В первой главе рассматриваются конвективные облака, условия формирования конвективных облаков и их Стадии жизни, и также особенности тропических конвективных облаков.

Во второй главе дается общее описание тропической конвекции в зоне

межтропической конвекции (ITCZ). Динамические условия формирования Внутритропической зоны конвергенции и облака которые формируют в ВТЗК.

В третьей главе представлена информация о термодинамических критериях конвективной неустойчивости атмосферы и Особенности годового цикла конвективной облачности в устье р. Конго, на юге Кот-де-Вуар. Строятся графики и таблицы изменения значения CAPE и высоты верхнего конвективного облака в зависимости от смены сезонов (сухой сезон, сезон дождей).

В заключении сформулированы основные выводы, полученные в исследовании.

В качестве исходных данных были использованы сведения Гидрометцентров на сайт <http://weather.uwyo.edu/upperair/sounding.html>

1 Конвективные облака

1.1 Условия формирования конвективных облаков. Стадии жизни

В течение столетия изучение конвективных облаков, включая кучевые и кучево-дождевые, было предметом большой работы, поэтому в этой главе мы изучим формирование этих конвективных облаков и их жизненные стадии. Действительно, облака очень важны, поскольку они играют роль в круговороте воды и в энергетике атмосферы. Для этого мы должны сначала понять явление конвекции, а затем изучить, как конвективные облака развиваются в этой конвективной зоне. Конвекция является одним из способов передачи тепла наряду с теплопроводностью и излучением. Теплообмен происходит между поверхностью и движущейся жидкостью, когда они имеют разные температуры. Конвективные облака, которые еще называют облаками, развивающимися вертикально, образуются в случае неустойчивой атмосферы.

Конвективные облака могут возникать в теплой, неустойчивой, влажной воздушной массе неустойчивая, влажная воздушная масса, перегретая в нижних слоях под воздействием землей или рельефом, или когда теплый, влажный и конвективной неустойчивый фронт, обусловленный общей циркуляцией воздушных масс воздушных масс, поднимается над углом холодной воздушной массы. Конденсация (жидкая или твердая) также водяного пара участвует в образовании облаков, а также дождя, града и также облаков.

Они подвержены значительной разнице температур между их основанием и вершиной, что приводит к значительной конвекции, но в них также происходят явления, которые позволяют каплям расти, пока они не достигнут критического размера для падения. при подъеме в атмосферу температура и давление воздушной посылки уменьшаются, но относительная влажность увеличивается. Относительная влажность превышает 100% при достаточном охлаждении. Часть водяного пара, содержащегося в частицах воздуха, оседает на аэрозолях и образует мельчайшие водяные капельки, которые и составляют облако. Термическая стабильность позволяет определить характеристики облаков, когда

атмосфера нестабильна, это облака являются облаками с сильным вертикальным расширением - кучевые, кучево-дождевые, кучевые облака. Эти облака, которые возникают при нестабильности воздуха (конвективные облака), имеют скорость подъема от нескольких метров до десятков метров в секунду эти облака зависят в основном от термической стабильности воздуха, слабо развиты и имеют тенденцию распространяться в виде вуали (stratus, altostratus, cirrostratus, ...) Однако конвективные облака — это облака, возникающие в результате конвекции. поднимается на уровень выше уровня конденсации, образуются конвективные облака, как показано на рисунке ниже (случай неустойчивого воздуха).



Рис1.1.1 Облака образуются в результате конденсации микрокапелек воды вокруг ядер конденсации в атмосфере. [4]

Если говорить о конвективных облаках (вертикально отклоняющихся облаках), то это кучевые и кучево-дождевые облака. Прежде всего кучевые низко высотные облака высота от 200 м до 2 км, которые сообщают о хорошей погоде (без опасных погодных явлений). Облака "кучевые" также относятся к облачному скоплению с выступами, которое развивается из плоского горизонтального основания. Образование этих облаков объясняется тем, что нагретый у поверхности земли воздух поднимается вверх, в верхних слоях атмосферы этот воздух охлаждается, водяной пар конденсируется, и таким образом образуются конвективные облака (кучевые). Кучевые облака могут также превращаться в кучево-дождевым в зависимости от погодных условий, например, нестабильность. Выпуклые или конические гроздя, растущие в высоту от горизонтального основания, определяют кучевые облака. На самом деле эти кучевые конвективные облака появляются в течение дня после восхода солнца, когда испарение с земли и убегающий восходящий поток ощущается. После захода солнца во время ночного похолодания кучевые облака исчезают. В холодное время года (зимой) эти кучевые облака практически отсутствуют, но они вновь появляются в теплое время года и в сезон дождей. Кучевые облака бывают разных форм, есть кучевые облака кучевые (*Cu.humilis*) они очень многочисленны в небе и предвещают хорошую погоду. Существуют также кучевые облака, называемые *Cu.medioctis*, они расположены низко и поднимаются вертикально, они больше, чем другие кучевые облака, такие как *cu.humilis* и *congatus*. Затем следуют кучевые облака типа *Cu.medioctis*, которые имеют большое вертикальное развитие и располагаются в воздухе, они не приносят дождя. Наконец, кучевые облака, называемые *cumulus congestus*, эти облака приносят осадки и трансформируются в кучево-дождевые (*cumulonimbus*). Это угрожающие облака, поскольку они приносят опасные метеорологические явления в виде сильных дождей, которые могут вызвать наводнения и грозы.



Рис1.1.2 кучевые плоские (*Cu.humilis*) -международный атлас облака [4].



Рис1.1.3. Облако *cumulus mediocris* облако сформировалось над Баден-Вюртембергом, Германия. cba Marteng Vw. [4]



Рис1.1.4. Cumulus congestus, который известен как сильно развитый «кумулюс». [4]

Кучево-дождевые облака также являются облаком вертикального развития, которое образуется в результате конвекции. В отличие от кучевых, являются грозовыми облаками и всегда сопровождаются опасными метеорологическими явлениями. условия, обеспечивающие формирование кучево-дождевого облака — это влажность, сила плавучести и неустойчивая воздушная масса. Кучевые облака имеют разрушительные последствия, которые могут привести к гибели людей (из-за грозы) и разрушению зданий, как это происходит в некоторых африканских странах, где автомобилям трудно ездить из-за разрушительного дождя, вызванного кучевыми облаками. В авиации они также являются разрушительными, поскольку в присутствии этих кучево-дождевых облаков самолеты не могут взлетать, и они опасны для авиации. Они не просто опасны, но эти грозовые облака (кучево-дождевые) являются важным элементом атмосферной циркуляции и развития атмосферы, потому что поддерживает энергетический баланс Земли и атмосферы. В муссонном регионе климат

получает осадки в основном из кучево-дождевых облаков. Высота этих облаков действительно впечатляет, поскольку их можно услышать в самом верхнем слое тропосферы толщиной 15 и 17 км, и они покрывают площадь от 100 до 150 км².

мы отмечаем *cb.calvus*, кучево-дождевые волосатые *cb.capillatus*, и *cb.mammatus*.
Ниже показан один из типов кучево-дождевые.



Рис1.1 .5. Cumulonimbus calvus или Cumulonimbus capillatus, как видно в аэропорту Милано-Мальпенса с севера 3 августа 2010 года. [5]

конвективные облака развиваются в 3 стадии: период роста кучевого облака, затем стадия зрелости, когда кучевое облако развивается в кучево-дождевое и, наконец, стадия диссипации, когда конвективные облака исчезают.

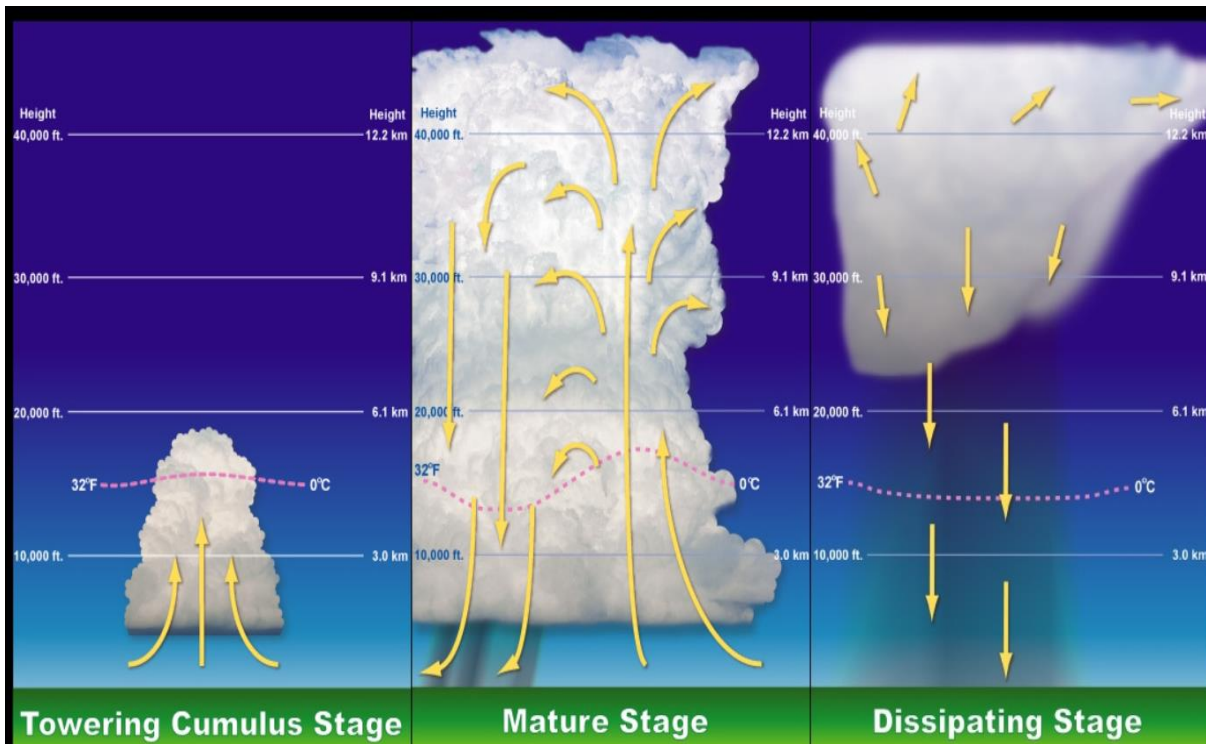


Рис1.1.6. Этапы жизни. [6]

Кучевые облака созревают в кучево-дождевые грозовые облака, а затем наступает стадия диссипации, когда конвективные облака исчезают.

Первая стадия (стадия кумулюса) определяется движением вверх по всей клетке. Восходящее движение наиболее значимо в верхней части облака, где оно достигает 20 - 25 м/с (> 72 км/ч). Эти восходящие движения также поддерживают во взвешенном состоянии образовавшуюся жидкую воду и предотвращают выпадение осадков на поверхности. Кучевые облака в этой стадии не дают осадков и молний. вторая стадия является стадией зрелости и состоит из кучево-дождевых облаков, на этой стадии осадки начинают выпадать из основания облака. Дождь представляется крупными каплями, которые переносят большое количество воды через облако, и за счет трения изменяя направление вертикальных потоков. В верхней части кучево-дождевого облака скорость восходящих потоков может превышать 25 м/с или 90 км/ч, Эти восходящие

потоки сохраняются наряду с нисходящими потоками и достигают наибольшей амплитуды в начале этой стадии. Граница между нисходящими и восходящими потоками образует зону.

сильной турбулентности и сильных вертикальных ускорений, что касается температуры, то в нисходящих потоках они ниже, чем в восходящих. Таким образом, грозовые облака на этой стадии – зрелости - становятся электризованными, когда вертикальные движения в кучево-дождевых облаках разделяют положительный и отрицательный заряды, что приводит к увеличению электрического поля в облаке, и это приводит к грозе. Наконец, последней стадией в жизни конвективного облака является стадия диссипации, которая наступает, когда облако начинает рассеиваться, восходящие потоки исчезают, а нисходящие потоки захватывают всю ячейку. Эта стадия диссипации становится полной, когда дождь и нисходящие потоки прекращаются, так что вершина этих кучево-дождевых облаков на стадии диссипации принимает форму наковальни (*Cb incus*), которая может простираться горизонтально на несколько десятков километров. Поэтому больше нет риска гроз, и нисходящее движение прекращается, температура внутри объема становится равной температуре окружающего воздуха на той же высоте.

1.2 Особенности тропических конвективных облаков

Конвекция в тропиках вызывает конвективные движения. Эта конвекция является основой для образования конвективных облаков, к которым относятся кучевые Cu и кучево-дождевые Cb , однако каждое из этих облаков имеет свой характер. Эти конвективные облака (Cu , Cb) играют незаменимую роль в глобальном балансе энергии и массы и в эволюционном процессе атмосферы. Конвекция также создает циркуляцию.

внутри облаков и связана с турбулентностью. Возникает, когда воздух в атмосфере нестабилен.

Существует глубокая конвекция и мелкая конвекция, связанная с конвективными облаками.

В тропической конвекции водяной пар накапливается в пассатах, а основное медленное выделение тепла за счет конденсации этого пара происходит в глубокой конвекции экваториальной зоны. Эта глубокая конвекция развивается вертикально над всей тропосферой и очень полезна для экосистемы, поскольку позволяет распределять воду в виде осадков. Тонкие конвективные облака режима пассатов действительно конденсируют воду, но их основная роль заключается в переносе влаги вверх в слой инверсии пассатов для компенсации высыхания осадков. Глубокая конвекция одинаково важна для вертикального переноса энергии в тропосфере. Хотя это и важно во многих отношениях, следует также отметить, что глубокая конвекция также опасна, так как может вызвать затопление зданий, сильный ветер, молнии и торнадо и т.д., что может привести не только к материальному ущербу, например, разрушению домов, но и к человеческим жертвам и разрушению дорог. А осадки, выпадающие из кучево-дождевых облаков, вызваны столкновением и слиянием облачных капель с образованием дождевых капель. На рисунке ниже показаны глубокие конвективные типы облаков кучево-дождевые облака.



Рис.1.2.1. Крис К. Муни (2007). Мир бурь: ураганы, политика и битва за глобальное потепление. Houghton Mifflin Harcourt. p. 20. ISBN 978-0-15-101287-9. Retrieved 2009-08-31. облакообразование латентное тепло книга. [7]

Типичные скорости восходящего потока при глубокой конвекции над океаном обычно составляют всего несколько m s^{-1} , что несколько ниже, чем типичные скорости при глубокой конвекции над землей в средних широтах, где скорость восходящего потока может достигать 15 m s^{-1} или более (см. Lucas et al. 1994). Однако тропические облака, как правило, глубже, чем их среднеширотные аналоги, поскольку тропопауза в тропиках на несколько километров выше. Поддержание высокого испарения на поверхности обусловлено нисходящим перемешиванием сухого, теплого воздуха из свободной тропосферы.

Конвективные облака, достигающие высоты до 4-5 км, чаще всего характеризуют кучевые облака, которые затем превращаются в облака высотой от 8 000 до 18 000 метров или даже 21 км, а иногда даже превышают тропопаузу.



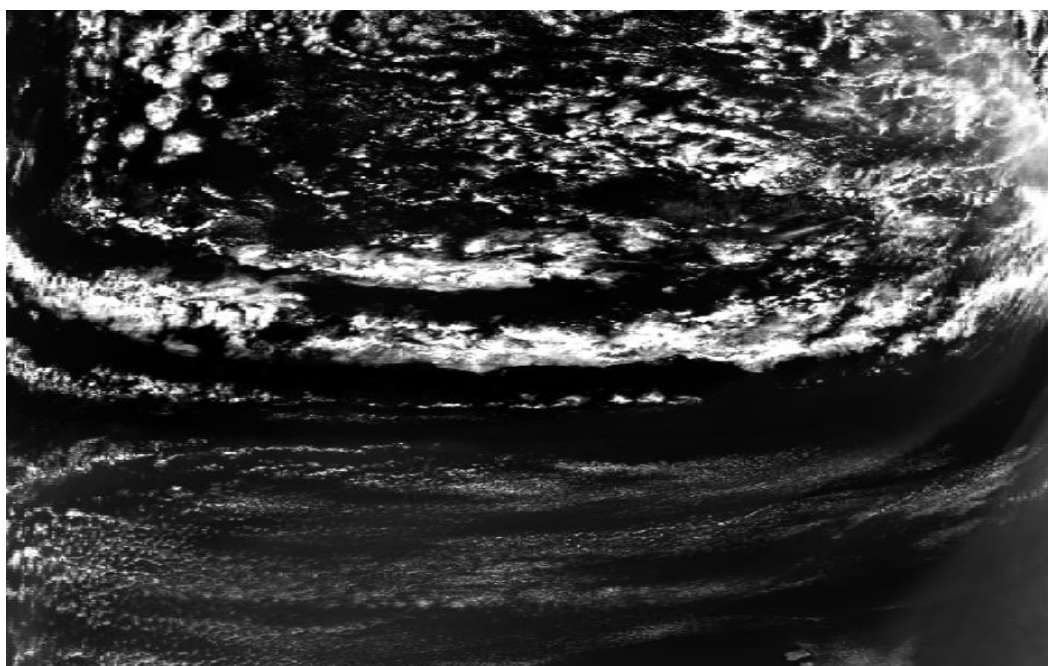
Рис.1.2.2. Кучево-дождевые облака в глубокой конвекции [7]

понимание эволюции облаков и влаги в условиях парникового потепления в значительной степени зависит от понимания конвективных процессов, определяющих их распределение. Они имеют самое высокое соотношение сигнал/шум среди всех наземных целей.



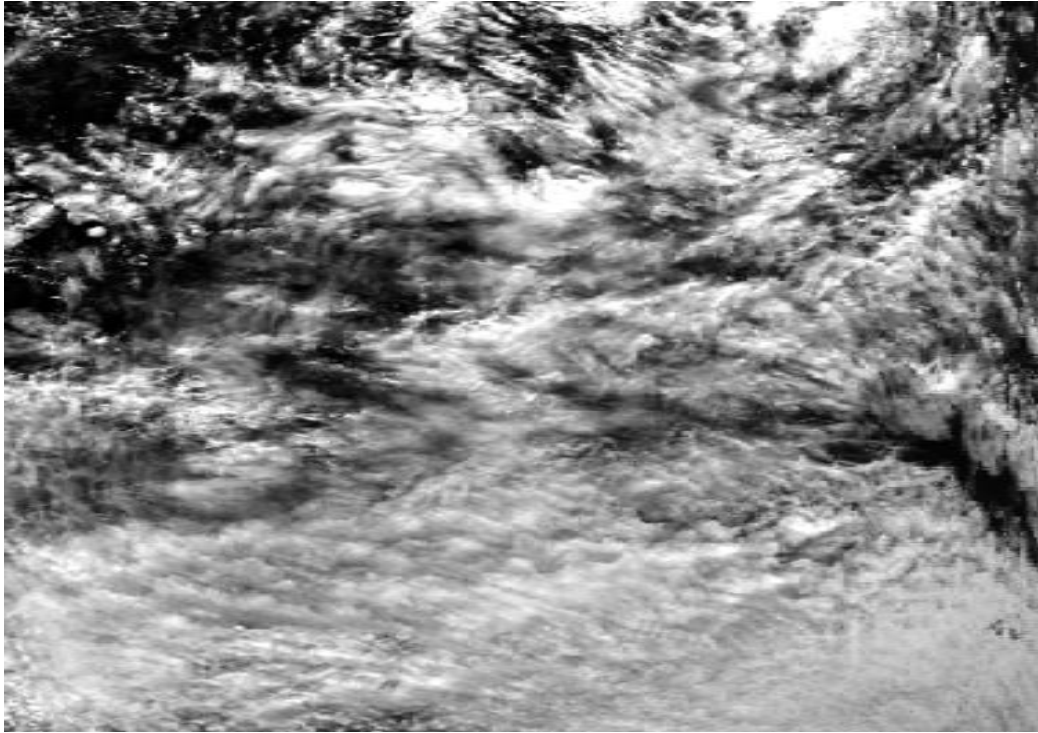
Рис.1.2.3. Пограничный слой мелкой конвекции и глубокой конвекции. [7]

Мелкая конвекция развивается в нижней части тропосферы (нижняя часть); она состоит из конвективных ячеек, кучевой облака типа Congentus (Cu cong), а также облачных гряд. Конвективные ячейки могут быть как закрытыми, так и открытыми. Форма конвективной ячейки зависит от интенсивности притока холодного воздуха. Однако определить это сложно, так как часто происходят изменения в атмосферных условия, когда приток холодного воздуха слабый и поступающий холодный воздух опускается, образуяся ячейка имеет открытую форму, а также когда разница температур между поверхностью моря и тропосферой незначительна, образуется закрытая конвекция. У них вертикальная циркуляция. Действительно, конвекция является основным фактором формирования низких облаков над океанами, как закрытых, так и открытых. Закрытые ячейки часто встречаются над полярными морями, на границе циклонических вихрей средних широт. Например, они образуются над экватором на западном побережье Африки и на южном берега Южной Америки, над Аравийским морем в Индийском океане, открытые ячейки можно увидеть с помощью спутника, как на снимке.



1.2.4 Снимке: облака открытые ячейки. [8]

Закрытые ячейки группируются вместе и выглядят как множество вихрей в слое, они состоят из слоистых и слоисто-кучевых облаков.



1.2.5. Снимке: облака закрытые ячейки. [8]

Высота развитых кучевых облаков составляет от 4 до 6 км и даже 7 км. Они образуются над полярными морями и морями средних широт в разное время года. в средних широтах. Холодный воздух, движущийся над поверхностью моря, нагревается снизу, поскольку его температура ниже температуры воды. Из-за этого нагрев создает нестабильность в окружающей атмосфере и теплые воздушные массы поднимаются и охлаждаются. Конденсация происходит при выделении скрытого тепла, которое преобразует вертикальные потоки, когда охлаждение поднимающегося воздуха сопровождается конденсацией, конденсация становится более интенсивной, а когда не сопровождается, происходит слабая конденсация.

Закрытые ячейки группируются вместе и выглядят как множество вихрей в слое, они состоят из слоистых и слоисто-кучевых облаков.

Облачных гряд эти облака еще называются уличными облаками и образуются в верхнем слое турбулентности, когда порывы холодного.

Сухого континентального воздуха распространяются над соседним относительно теплым океаном. Трансформация воздушной массы приводит к образованию облаков, которые по определенным свойствам принимают форму облачных улиц и развиваются почти параллельно направлению ветра. Такие уличные облака, например, наблюдаются, когда океаны теплые и иногда превращаются в открытые ячейки. Когда неглубокая конвекция усиливается и становится более глубокой, кучевые облака, называемые кучевыми облаками (*cumulus congestus*), превращаются в грозовые облака. Неглубокая конвекция очень важна для больших масштабов, поскольку она способствует перемешиванию, что приводит к вертикальному переносу тепла и влаги в облачный слой и переносу сухого воздуха через внутри облачную ложбину в подоблачный слой. Таким образом, неглубокая конвекция противодействует эффектам высыхания и потепления в больших зонах оседания.

2 Внутритропическая зона конвергенции

2.1 Динамические условия формирования внутритропической зоны конвергенции

Межтропическая зона конвергенции (ITCZ) или экваториальный погодный экстремум называется межтропическим фронтом, характеризующимся высокими температурами из-за того, что прошедшие через атмосферу солнечные лучи падают вертикально в зоне экватора. Температура в этой зоне может достигать 32, 33 и до 40 градусов. в этой области есть несколько стран, пересекающих экватор, например Конго Браззавиль, в котором, по наблюдениям, даже в сезон дождей температура не опускается ниже 18 градусов. особенно жарко в этой стране и во всех районах стран, пересекающих экватор. солнце находится, можно сказать, в зените. Низкая облачность также является в этом районе причиной такой высокой температуры, а также солнечного света, тем более что в последнем случае наблюдается низкое давление и ветер и почти нет осадков.

Межтропическая зона конвергенции (ITCZ) представлена как область, где встречаются пассаты южного (NE-SW) и северного (SE-NW) полушарий. Положение метеорологического экватора меняется в зависимости от времени года и для каждого сезона свое, например в сухой сезон он перемещается на юг от экватора, а в сезон дождей ITCZ перемещается на север от экватора. Движения ITCZ регулируются атмосферной циркуляцией, эта циркуляция в атмосфере и пассаты называются ячейкой Хэдли. межтропическая зона конвекции ITCZ характеризуется тропическим климатом, тропическим пустынным климатом и экваториальным климатом.

В тропической зоне климат очень сильно меняется, летом днем очень жарко и температура даже превышает 40 градусов, в сезон дождей прохладнее из-за влажности и низких температур. В зоне пустынного климата сезон дождей очень короткий по сравнению с сухим сезоном, например, сахельский климат, но в некоторых регионах, например, на юге Гвинеи, климат сбалансирован, с шестью

месяцами сезона дождей и шестью месяцами сухого сезона. В континентальный тропический регион в Африка климат сухой, осадки практически не выпадает.

Для климата пустыни характерно, что здесь редко бывают дожди и земля полна пыли - дождей мало, но растительность все равно успевает развиваться. дожди в этих районах сопровождаются грозой. в этих пустынных регионах с ясным небом и морозными ночами температурная амплитуда очень важна. Пустыни в основном расположены в зонах с низким количеством осадков на краю тропиков, таких как пустыня Сахара, Австрийская пустыня и так далее. Некоторые пустыни не расположены на межтропической зоне конвекции, они характеризуются высоким атмосферным давлением, и это случай Патагонской пустыни на юге США.

В зимой период ВЗК отступай к экватору. регионы, бассейн Конго, а также южная Америка и несколько стран, пересекающих экватор, находятся в этом экваториальном климате, пользуются этим типом климата, который характеризуется жарой, средняя температура составляет 18,24 и 25 градусов. Здесь очень жарко и происходит испарение из-за интенсивного солнечного света. температура мало меняется, а температурная амплитуда ничтожна, разница между дневной и ночной температурой почти одинакова, чем больше тепла хранится в атмосфере, тем больше энергии доступно для воздействия. тепловая энергия определяет ветер, дождь и температуру, то есть погоду. Растительность интенсивна в экваториальных зонах, здесь есть несколько тропических лесов. Разница в температуре, как в тропическом типе климата, также невелика и может составлять всего 3 или 2 градуса. Межтропическая зона конвекции возникает, когда пассаты сходятся в области низкого давления экваториальных регионов (ITCZ). Именно поэтому в этих регионах мы наблюдаем опасные метеорологические явления и наличие сильных дождей и гроз.

В ITCZ выпадают обильные осадки, потому что, когда теплый влажный воздух поднимается в ITCZ, он охлаждается и образует облака.

Если говорить о положении ITCZ В Западной Африке, то оно находится между 5° с.ш. зимой и 20° с.ш. летом. Поэтому высота солнца не является постоянной и область, где солнце в зените, перемещается. Она не постоянна. В тропических зонах Африки солнце проходит через зенит по крайней мере один или два раза в год. В течение сезона дождей наблюдаются сильные дожди, сопровождающиеся грозами и крупными каплями.

В тропических зонах Африки солнце проходит зенит по крайней мере один или два раза в год. Прохождение солнца в зените в тропической зоне происходит до широты $23^{\circ}27'$. ITCZ в этой зоне характеризуется повторным выпадением дождей, которое происходит через некоторое время после прохождения солнца в зените. Солнце в зените на экваторе происходит около 12 часов.

Наличие солнца в течение дня, дни короче, а ночь длится 12 часов в данной практической области ночью нет солнца и колебания незначительны. Нет колебаний между днем и ночью. В межтропической конвективной зоне ITCZ процессы протекают круглосуточно, а также наблюдается небольшая суточная термическая амплитуда. Межтропическая конвергенция (ITCZ) занимает не менее 6 процентов поверхности Земли, и в этой области наблюдаются обильные осадки. ITCZ расположена в центре атмосферной циркуляции ячеек Хэдли. Сдвиг ITCZ обусловлен несколькими факторами, один из которых - климат, когда климат сдвигается, меняется температура. Несколько исследований показывают, что (ITCZ) смещается к югу по мере охлаждения северного полушария, и соответственно усиливается транс экваториальный перенос энергии в северном направлении.

В тропиках происходит сильное нагревание воздуха, но он медленно охлаждается за счет теплового излучения, а на больших высотах происходит обратный процесс.

Усиление переноса энергии вследствие сильного потепления в экваториальных зонах вызывает перемещение ITCZ к полюсу. Кроме того, ITCZ

перемещается к полюсу, если тропики прогреваются в ответ на увеличение чистого притока энергии в регион. Межтропическая зона конвергенции (ITCZ) также является депрессией, через которую в верхних слоях атмосферы сходятся пассаты, несущие тепло и влагу. Большое количество тепла, выделяемое ITCZ, очень важно, так как оно обеспечивает теплом другие районы через атмосферную циркуляцию и вносит.

Значительный вклад в глобальное альbedo из-за облачности в зоне межтропической конвергенции (ITCZ).

Он также является центром циркуляции (Africa, Indian Ocean, Western Pacific,). В этой области следует отметить, что вблизи экватора находится межтропическая атмосфера низкого давления, она увеличивается в высоту по мере охлаждения воздуха; у земли ветры слабые, неустойчивые (например, местные бризы).

Изменение климата окажет влияние на ITCZ, в частности на тропическую зону, которая находится под ее влиянием, а положение солнца также влияет на глобальный радиационный бюджет и на него приходится 32 процента глобальных осадков. В межтропической зоне конвергенции (ITCZ) в избытке присутствует водяной пар, а (ITCZ) приводит к глубокой конвекции из-за высокой конвективной потенциальной энергии, которую она производит. внетропические факторы, такие как отсутствие полярных льдов и колебания температуры в высоких широтах, вызывают перемещение ITCZ из холодного в более теплое полушарие. Циркуляция Хэдли-Уокера, которая проходит между 30 градусами северной широты и 30 градусами южной широты, объясняет ITCZ. Он сходится в большей или меньшей степени по отношению к ветру средних широт, который принимает направление к западу, но также и к экватору или западу. Хэдли - тот, кто объяснил циркуляцию атмосферы в ITCZ, и его работа долгое время оставалась без внимания. Его исследования были посвящены объяснению пассатов и циркуляции атмосферы и океанов. Сила трения играет важную роль в атмосферной циркуляции, поскольку влияет на движение воздушных масс в

ITCZ. Во время циркуляции ячейки Хэдли поток низкого уровня, несущий энергию и водяной пар, питает подъемы и теперь уравнивается потоком высокого уровня, который питает оседания сухим воздухом и несет потенциальную энергию.

В нижних слоях атмосферы воздух движется медленно, в то время как в верхней тропосфере движение ветра более свободное. На уровне ITCZ океаны имеют низкое альbedo, но они накапливают энергию в смешанном слое, что ограничивает потери инфракрасного излучения. энергия, получаемая в этой зоне конвекции, также обусловлена теплопроводностью и инфракрасным излучением. по сути, частица воздуха достигает уровня конденсации под действием динамического толчка, который позволяет ей подняться, делая ее впоследствии неустойчивой. частица теплого воздуха, заряженная влагой, легкая и поднимается быстрее, поэтому ее влага конденсируется и образуются облака. Воздушная масса сжимается, нагревается и высыхает, вызывая тропические пустыни по обе стороны экватора. этот сухой воздух в зоне межтропической конвекции имеет океаническое происхождение.

В тропиках, особенно в субтропической зоне, давление высокое, потому что воздух тяжелый, и есть ветры, которые поднимают зоны низкого давления. эти ветры называются пассатами, а области низкого давления называются экваториальными зонами. Они несут в себе характеристики засухи на определенном расстоянии. Однако те, которые проходят над океаническими просторами, постепенно насыщаются водяным паром, и к тому времени, когда они достигают экваториального региона, воздух становится очень влажным. Схождение северных (N) и южных (S) пассатов, приходящих из обоих полушарий, объясняет общий подъем воздуха на экваторе. Зона контакта между сухим тропическим воздухом с континента и влажным воздухом с океана называется межтропической зоной, ITCZ. Муссонная циркуляция важна для ITCZ, поскольку она характеризует сезон дождей, а прохладный муссонный сезон характеризуется сильной засухой. Действительно, муссон расположен по обе

стороны от экватора океанической массы и континентальной массы, что создает значительные различия в температуре и давлении. В этой муссонной зоне ветры переносят насыщенные влагой воздушные массы к областям низкого давления над континентом, которые, в свою очередь, дают энергию ITCZ, что приводит к грозам и опасным погодным условиям. Следует также добавить, что, низкоуровневый юго-западный африканский муссонный поток является основным переносчиком влаги из Атлантического океана на материке, Муссон характеризуется обилием дождей, которые имеют серьезные последствия, такие как наводнения, но он также позволяет развивать сельскохозяйственное производство, что облегчает производство продуктов и вносит вклад в экосистему и развитие растений. Атмосферная циркуляция муссона и межтропической конвективной зоны в течение всего года следует за движением солнца. Для них характерна высота Святой Елены над Азорскими островами, которая расположена над южной и северной тропической Атлантикой, Ливийская высота над Северной Африкой, а также термические депрессии. В экологическом отношении межтропическая зона наиболее богата возобновляемыми ресурсами, такими как поступление кислорода в атмосферу посредством фотосинтеза, который наиболее выражен в межтропической зоне с точки зрения производства биомассы. ITCZ определяется как среднее положение глубокой конвекции (т.е. среднее положение конвективных скоплений) на временной шкале порядка месяца.

Следующая диаграмма объясняет положение ветра во время этой циркуляции в ITCZ. При температуре 25 градусов во время сухого сезона ITCZ движется к югу от экватора давление воздуха низкое, а в июне ITCZ движется вверх. Где эти межтропические регионы включают большие площади моря и суши, климатическое явление, описанное выше, сочетается с другим фактором, а именно с сильными сезонными температурными контрастами между поверхностью океанов и континентов.

Например, в Конго-Браззавиль - для страна характерны два сезона дождей, из которых основной сезон дождей соответствует подъему ITCZ к экватору с юга, а второй (низкий) сезон дождей отражает возвращение метеорологического экватора из высоких широт.

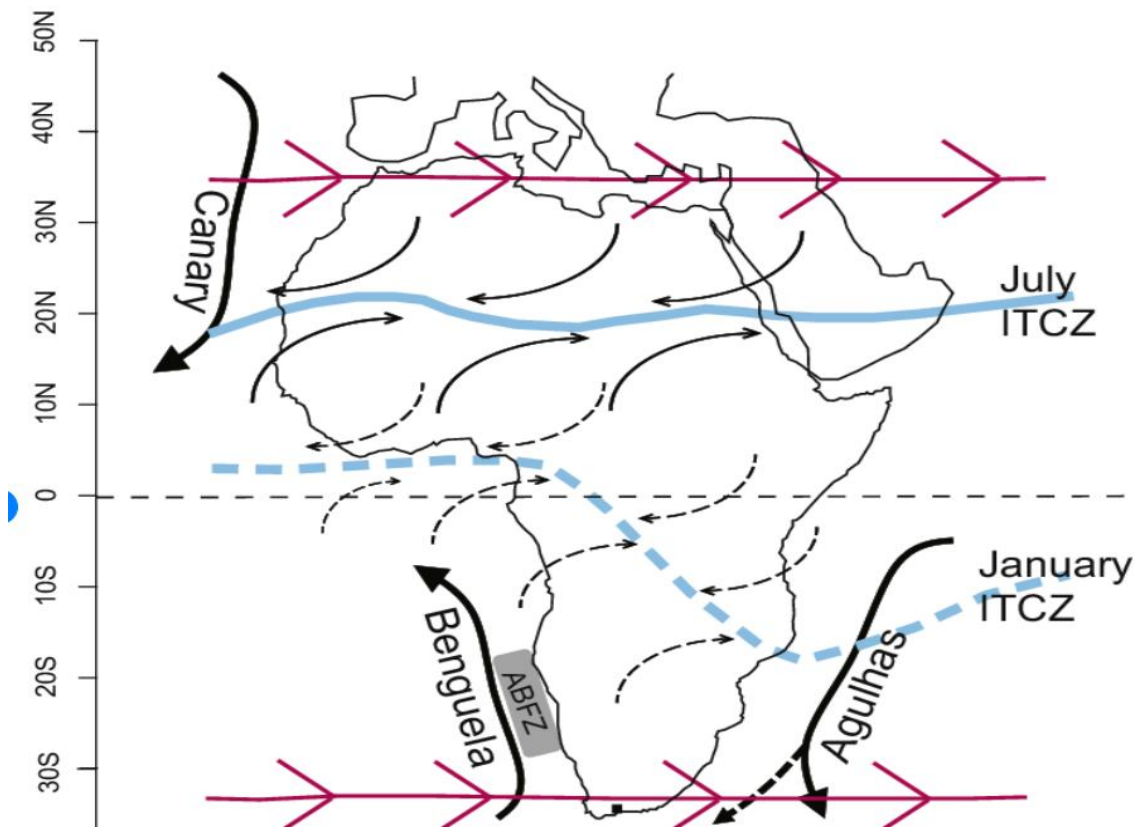


Рис2.1.1 Идеализированное положение зоны межтропической конвергенции (ITCZ) в январе и июле (синие линии) и связанные с ней пассаты. [3]

Среднее положение среднеширотных западных ветров (красные стрелки). Также показаны основные поверхностные течения океана и Анголо-Бенгельская фронтальная зона (ABFZ).

2.2 Облака в ВТЗК

Межтропическая конвективная зона - зона, характеризующаяся глубокой конвекцией и называемая также зоной атмосферной циркуляции. Эта зона отвечает за смену времен года в тропиковой зоне, а также способствует образованию облаков. в тропиках существует два разных сезона вместо ITCZ сухой сезон, во время которого положение ITCZ направлено на юг, и сезон дождей, когда положение ITCZ от направлено юга на север. Метеорологический экватор (МЭ) разделяет тропический мир на два разных полушария, Первое полушарие - зимнее полушарие с полярными возмущениями, которые иногда проникают в тропические регионы вплоть до края географического экватора, а второе - летнее полушарие, которое будет местом более или менее хорошо организованных тропических возмущений, но в основном состоящих из глубокой конвекции.

Действительно, облака, которые образуются в этой межтропической конвективной зоне, являются высокими облаками, толщиной от 5 до 12 км. Эти облака называются кучевыми и образуются в результате трансформации кучевых облаков, которые под воздействием метеорологических условий превращаются в кучевые. В межтропической зоне эти облака могут достигать высоты 17 км. В этой области, характеризующейся низким давлением, возникает зона межтропической конвекции. эти облака развиваются в континентальных районах, а также в океанических районах. в некоторых межтропических районах наблюдается не только слабое образование облаков, но и слабое образование облаков в пустынной местности, поскольку осадки в пустыне слабые и не очень обильные.

В пустынях, из-за малого количества осадков, погодные условия не позволяют развиваться растениям.

Глубокие конвективные облака (кучево-дождевые) демонстрируют сезонные изменения и амплитуды, которые сильны летом и слабы зимой, и больше над сушей, чем над океаном.

Облачные массы, с теплым и влажным воздухом, под действием тепла разрушаются и могут быть вытолкнуты конвективной активностью в сторону высокой тропосферы (12-15 км), где температура около -80°C и пониженное давление позволяют охлаждать путем расширения.

В Африке муссон в межтропиках приносит большую часть годового количества осадков. поскольку именно в этот муссонный период облака наиболее вероятны, образуются облака с осадками. эти дожди приходят из конвективных систем, MCS которые также приносят много облачности, Дювель (1989) изучил эту облачность с по данным спутниковых наблюдений Meteosat с июня по сентябрь с 1983 по 1985 гг. ITCZ на континенте отмечает границу проникновения муссонов и называется муссонным фронтом. Этот муссон остается в нижних слоях, отвергая сахарский воздух. Таким образом, фронтальная неустойчивость очень ограничена на больших высотах, где присутствует сухой воздух, поэтому межтропический фронт не очень активен, в то время как грозы очень часты и часто очень интенсивны в муссонном периоде. Количество водяного пара, содержащегося в воздушной массе, играет важную роль в их удельной массе. Если суша и океан расположены по обе стороны от географического экватора, муссон может формироваться.

Верхняя облачность, связанная с конвективными системами, развивается только к концу второй половины дня, отмечается присутствие на небе перистых облаков и кучевых облаков над континентом. Облака среднего уровня над Сахарой образуются в большом количестве в течение этого муссонного периода.

Однако в предмуссонный период эти облака находятся в основном над океаном и относятся к типу слоисто-кучевых.

Наиболее частыми облаками в этих конвективных зонах являются кучево-дождевые облака, которые формируются в процессе атмосферной циркуляции. Хотя физическая реальность этих ячеек подвергается сомнению, они служат прекрасным средством описания того, как тепло переносится по Земле посредством движения воздуха. Общая циркуляция служит для переноса тепловой энергии из теплых экваториальных регионов в более холодные умеренные и полярные регионы. Без такого широтного перераспределения тепла экватор был бы намного теплее, а полюса - намного холоднее. В действительности, только ячейка Хэдли в зимнем полушарии очень хорошо выражена. Справа - "типичная" ситуация с вертикальным распределением облачности для различных широтных зон в разрезе. Вертикальные размеры атмосферных участков на этом рисунке явно сильно преувеличены: высота тропопаузы, отделяющей тропосферу от стратосферы, составляет от 10-12 км над полюсами до 18 км над межтропическим фронтом.

На рисунке ниже показано образование конвективных облаков во время циркуляции атмосферы. на самом деле, в летний период они образуются над жаркой погодой, и поверхность земли сильно перегревается от солнечных лучей, поэтому происходит образование грозových облаков, которые приносят осадки над континентом. затем, зимой, температура низкая и поверхность земли недостаточно прогрета. эти грозových облака (кучево-дождевые) образуются над океаном.

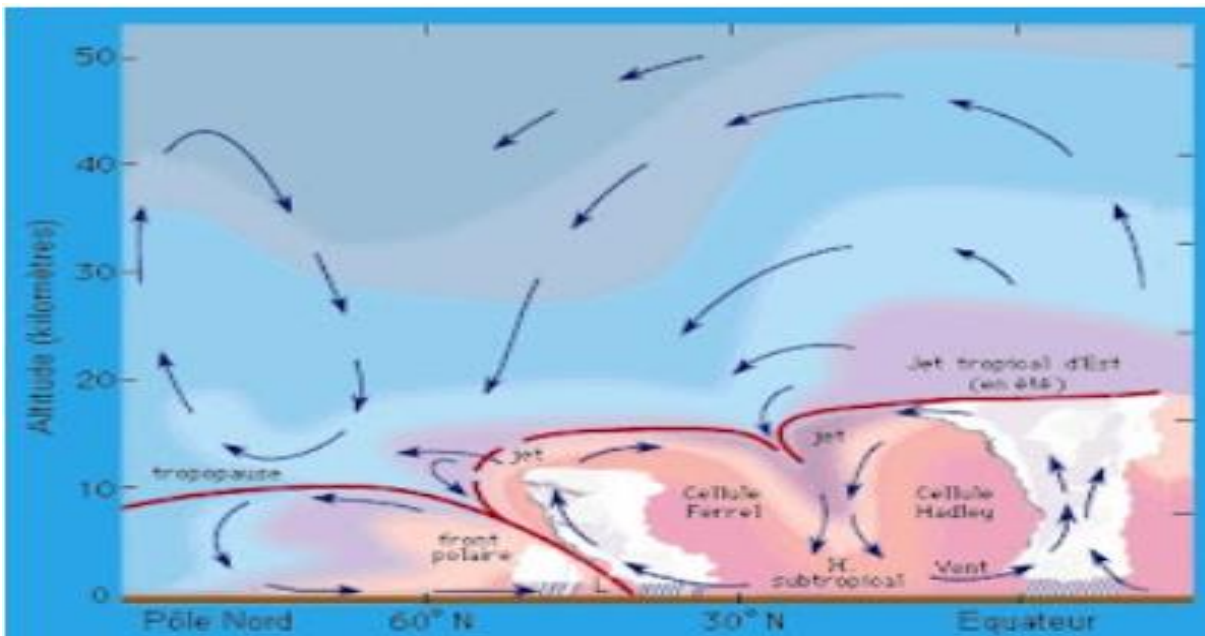
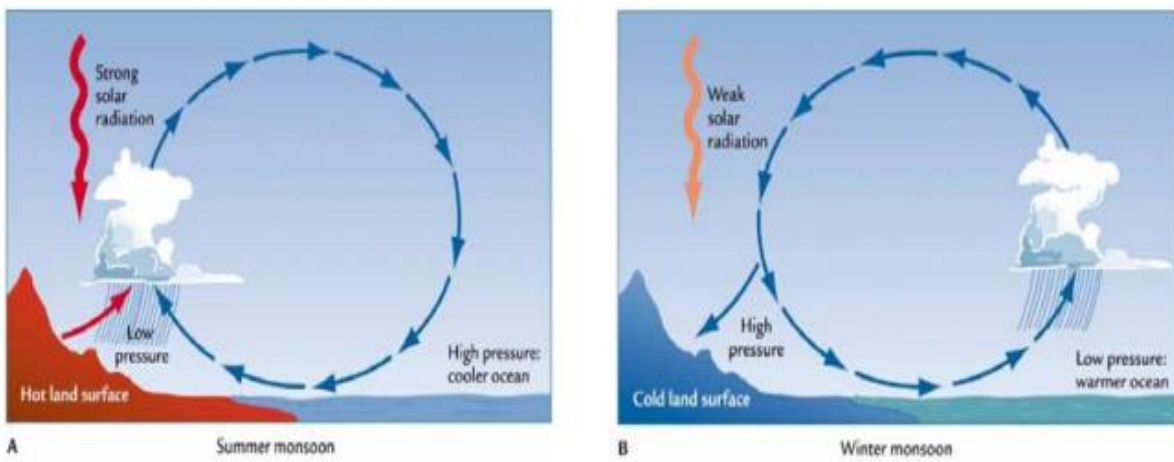


Рис2.1.2. Комплексная схема общей циркуляции (модель Пальмена (1951)). [3]

Модель Palmèn вносит решающий вклад в описание общей циркуляции и учитывает, в частности, важность горизонтальных обменов и верхних струйных течений.

Кучевые облака над межтропической конвективной зоной имеют небольшое количество, которые формируются в течение дня и превращаются в кучево-дождевые облака после стадии созревания. Они возникают только при низких температурах и формируются при ограниченных местных вертикальных ветрах; для планеристов и пилотов кучевые облака являются индикатором вертикальных ветров. В этой межтропической зоне конвекции постоянно поддерживается тепловой дисбаланс между областями, близкими к экватору, и полярными областями, что делает средние широты местом перехода между теплым и холодным воздухом, где существует сильный горизонтальный градиент температуры.

Облака типа alto-cumulus также называют конвективными облаками, поскольку они обычно возвещают о нестабильности атмосферы. Формируются непосредственно перед окклюзией между холодным фронтом и теплым фронтом с небольшой высоты (0,6-2 км) и являются самыми частыми облаками; часто окрашены в серый цвет, поскольку капли воды поглощают много света.



Рис.2.1.3. высотно-кучевые конвективные облака. [7]

В центральной Африке континентальная зона расположена по обе стороны от экватора и состоит из двух океанов на востоке и западе, над которыми находятся субтропические максимумы, пассаты которых отклоняются в разные стороны в зависимости от сезона и сходятся на континенте.

В зоне межтропической конвергенции (ITCZ), воздух нагретый океаном поднимается вверх. От соприкосновения с океаном он поднимается. Когда он достигает верхней части тропосферы, толщина которой на этой широте составляет около двадцати километров, он разделяется на две ветви, каждая из которых направлена к одному из полюсов. Сила Кориолиса, действие которой возрастает с увеличением широты, отклоняет это течение на восток.

3 Анализ особенностей конвективной облачности в тропическом регион

3.1 Исходные данные. Термодинамические критерии конвективной неустойчивости атмосферы.

В работе исследовали особенности режима облаков двух станция:

Станция Пуэнт-Нуар (64400) расположена на широте $4^{\circ}46'$ и долготе $11^{\circ}51'$, в устье реки Конго в государстве Конго; станция Абиджан 65578 расположена на широте 5.3 и долготе -4.0 .

Для анализа были получены данные радиозондирования атмосферы за 2021гг за 1 и 15 число каждого месяца года. В городе Пуэнт-Нуар месяцы, по которым не было данных в 2021 году, используются данные за 2020 год. По данным радиозондирования были получены следующие параметры:

- 1) Значение параметра CAPE (запас энергии неустойчивости).
- 2) высота уровня выравнивания температур (или высота конвективного облака)
- 3) температура на уровне выравнивания температур (температура на верхней границе облака)

Используя полученные значения для выбранных параметров, мы исследовали их годовой ход для каждой станции. Дополнительно мы определили дни, когда

солнце было в зените в полдень на каждой станции. Для Пойнт-Нуар 02 апреля и 10 сентября Абиджан солнце находится в зените 06 октября и 08 марта.

Приведенный ниже рисунок может объяснить нестабильность атмосферы, расположенной на уровне неустойчивого насыщенного [PB] слоя, P_{top} – давление на уровне вершины кучево-дождевых облаков, называемая равновесным уровнем (EL). P_C – давление на уровне конденсации. Если точка конденсации находится справа от кривой стратиграфии, значит, происходит конденсация и атмосфера нестабильна, поэтому образуются облака.

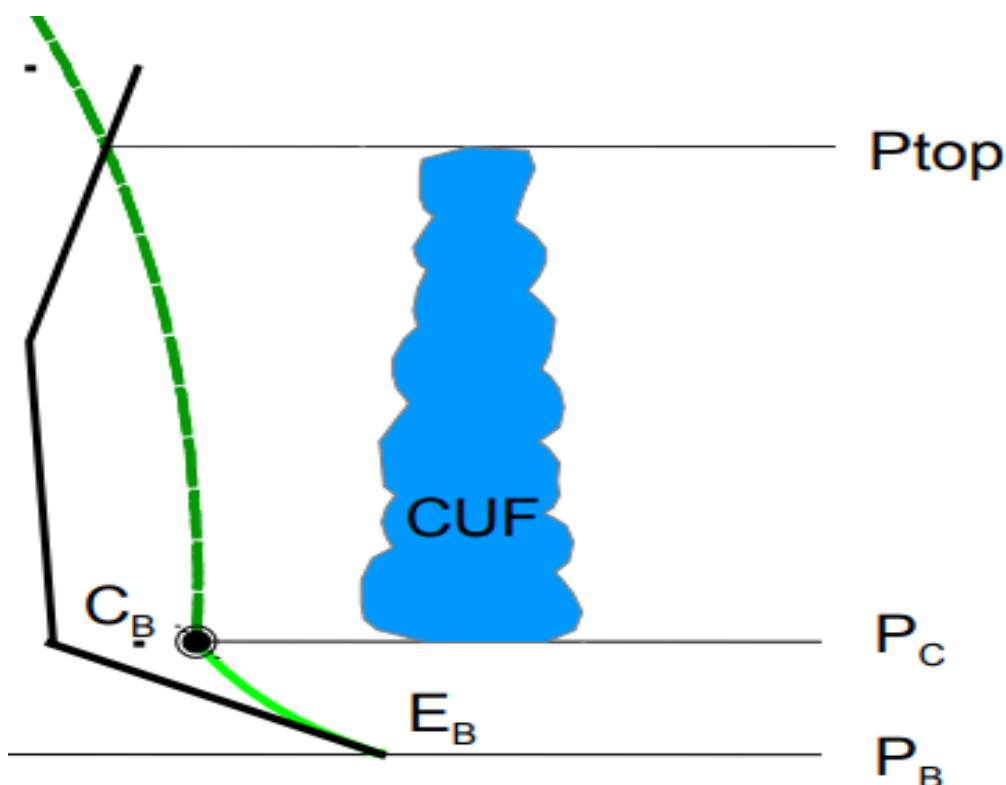


Рис 3.1.1. Рисунок, показывающий нестабильность атмосфера. [9]

Существуют также энергетические показатели CAPE (количество энергии, необходимое для конвекции – запас энергии неустойчивости) и Конвективное

торможение (CIN), которые также являются важными индикаторами атмосферной нестабильности. Они также позволяют определить возможность выпадения осадков, принимая во внимание различные параметры, оцененные по результатам зондирования. Крупномасштабные восходящие потоки изменяют окружающую среду и делают ее более благоприятной для конвекции. Однако подъем приводит к адиабатическому охлаждению частиц воздуха, это приводит к росту нестабильности и часто к увеличению высоты вершины облаков.

Если атмосферный срез, ответственный за большую часть CIN, также испытывает подъем, это обычно приводит к его уменьшению.

Прежде всего, CIN определяется как энергия, которая должна быть подведена к частице для того, чтобы она достигла уровня свободной конвекции (LFC) также называется барьером для конвективной инициации. По определению, CAPE — это количество энергии, которой обладает объем воздуха, когда он поднимается на определенное вертикальное расстояние в атмосфере. Когда это количество энергии велико, образуются кучево-дождевые облака (Cb), кучевые облака и более опасные метеорологические явления, такие как грозы и даже торнадо, и такие явления происходят во влажный сезон в Африке, например, значения CAPE выше в сезон дождей. так было в городе Пуэнт-Нуар, где максимальное значение CAPE в 2021 году было в сезон дождей в марте. В частности, чем больше количество энергии (высокое значение CAPE), тем сильнее конвекция.

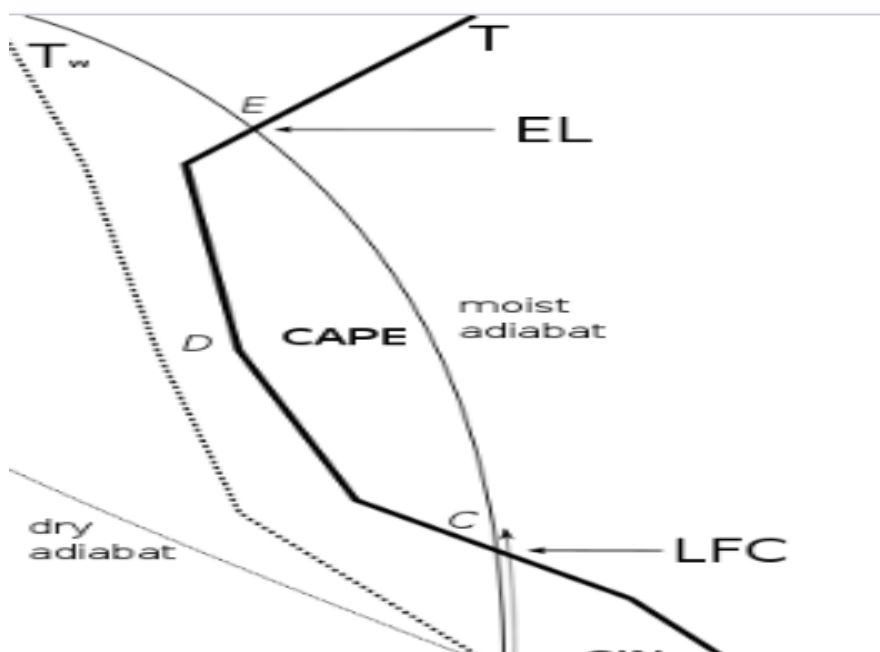


Рис.3.1.2. Диаграмма, показывающая путь воздушной посылки при подъеме вдоль В-С-Е по сравнению с окружающей воздушной массой Температура (Т) и влажность (Тw); см. CAPE. [1]

В данном случае, CAPE - количество энергии, необходимое для конвекции
LCL - уровень поднятой конденсации,

EL- уровень выравнивания температур (EL),

LFC- уровень свободной конвекции

В соответствии с проведенными экспериментами, было получено, что когда значение CAPE меньше 300, конвекция очень слабая и нет опасных метеорологических явлений, таких как грозы, нет конвективных облаков (кучевых и кучево-дождевых) а также если осадки выпадают, то они не будут обильными.

Между значениями от 300 до 1000 конвекция слабая, атмосфера слегка неустойчивая, конвективные облака могут формироваться, но могут быть или не быть грозы, а выпадающие осадки слабые. При значении 1000-2500 конвекция умеренная, в этих условиях умеренной неустойчивости формируются грозовые облака с обильными осадками кучево-дождевые облака и ливни. От 2500-3000 конвекция сильная, атмосфера при этом значении CAPE очень неустойчива формируются кучево-дождевые облака и обязательно присутствуют грозы и сильный град т.д. Наконец, необходимо знать, что наиболее опасные метеорологические явления, при которых валятся деревья, срываются крыши домов, переворачиваются сараи и передвижные дома, угрожающие жизни людей (торнадо), происходят при значении CAPE более 3000. конвекция очень сильная и атмосфера находится на самом неустойчивом уровне - очень сильной

нестабильности.

Таблица 1: Значения CAPE на станции Пуэнт-Нуар.

Код Станции	Месяц	Дата/времени	CAPE	КОНВЕКЦИИ
64400	ЯНВАРЬ	10.01.21/00z	841.89	Слабая конвекция
64400	ФЕВРАЛЬ	10.02.21/00z	904.23	Слабая конвекция
64400	МАРТ	10.03.21/00z	2751.19	Сильная конвекция
64400	АПРЕЛЬ	10.04.21/00z	2507.71	Сильная конвекция
64400	МАЙ	10.05.21/00z	2076.75	умеренная конвекция
64400	ИЮНЬ	10.06.21/00z	475.71	Слабая конвекция
64400	ИЮЛЬ	01.07.21/00z	46	очень слабая конвекция
64400	АВГУСТ	01.08.20/00z	13	очень слабая конвекция
64400	СЕНТЯБРЬ	10.09.20/00z	125	очень слабая конвекция
64400	ОКТАБРЬ	10.10.20/00z	644	Слабая конвекция
64400	НОЯБРЬ	10.11.20/00z	1026.02	умеренная конвекция
64400	ДЕКАБРЬ	10.12.20/00z	1056	умеренная конвекция

В таблице 1, станция 64400 в 00Z, значения CAPE наблюдались в течение 4 сезонов. В короткий сухой сезон в январе и феврале значение CAPE невелико - около 900, поэтому атмосфера менее нестабильна и конвекция слабая, слабые осадки и возможны грозы. В марте, апреле и мае, в большой сезон дождей, энергия конвекции высока (CAPE) от 2000 до 2500. Наблюдается сильная конвекция - очень неустойчива атмосфера, наблюдаются грозы и град.

С июня по сентябрь значения CAPE меняются от 476 до 13, конвекция очень слабая в течение этого большого сухого сезона. Атмосфера немного неустойчива, невозможны грозы, даже если влажность воздуха достаточна.

С октября по декабрь короткий сезон дождей – значения CAPE 644 от до 1056 , конвекция умеренно неустойчивая с возможностью гроз.

Максимальное значение CAPE наблюдалось в марте в сезон дождей, когда конвекция была очень сильной, а атмосфера очень нестабильной.

Минимальное значение CAPE наблюдалось в августе в сухой сезон, когда конвекция была очень слабой.

График получено из данные

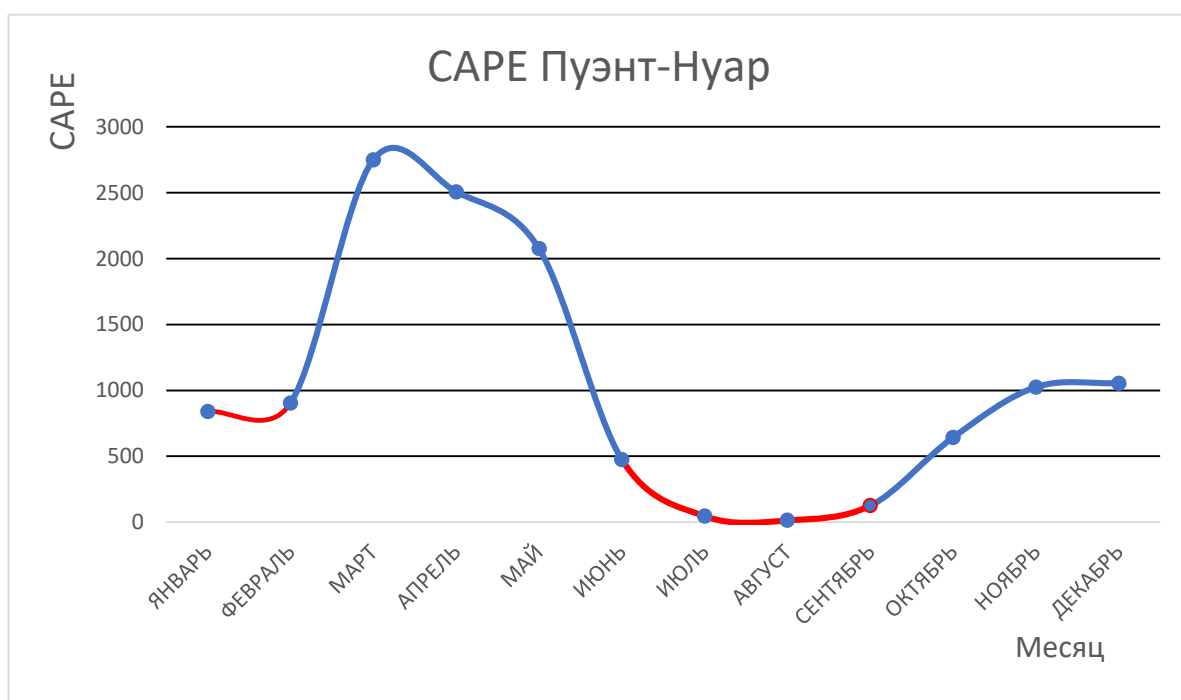


График.1. Значения CAPE в 2020 (август, сентябрь, октябрь) и 2021 (январь, февраль, март, апрель, май, июнь, ноябрь и декабрь) годах в городе Пуэнт-нуар.

В соответствии с проведенным анализом, для станции Абиджан можно вы делить 2 сезона:

Сезон дождей начинается с декабря по май, а сухой сезон - с июня по ноябрь.

Таблица 2. город Абиджан.

Код Станции	Месяц	Дата/время	CAPE	КОНВЕКЦИИ
65578	ЯНВАРЬ	01.01.21/00z	1789	умеренная конвекция
65578	ФЕВРАЛЬ	01.02.21/00z	1495	умеренная конвекция
65578	МАРТ	01.03.21/00z	1432	умеренная конвекция
65578	АПРЕЛЬ	01.04.21/00z	1253	умеренная конвекция
65578	МАЙ	01.05.21/00z	1385	умеренная конвекция
65578	ИЮНЬ	01.06.21/00z	120	очень слабая конвекция
65578	ИЮЛЬ	01.07.21/00z	63	очень слабая конвекция
65578	АВГУСТ	01.08.20/00z	0.39	очень слабая конвекция
65578	СЕНТЯБРЬ	01.09.20/00z	44	очень слабая конвекция
65578	ОКТЯБРЬ	01.10.20/00z	83	очень слабая конвекция
65578	НОЯБРЬ	01.11.20/00z	421	Слабая конвекция
65578	ДЕКАБРЬ	12.12.20/00z	1056.14	умеренная конвекция

В таблице 2, номер станции 65578 в 00Z, значения CAPE наблюдались в течение двух сезонов в Абиджане (сухой сезон и сезон дождей). Потенциальная энергия для конвекции наибольшая с 400 до 1800 в период с декабря по май, поэтому наблюдается умеренная конвекция. Максимальное значение CAPE было в январе 1800 года, когда существовала вероятность опасных погодных явлений. Во время сухого сезона с июня по октябрь значение CAPE очень низкое поэтому конвекция также очень низкая, нет возможности для гроз. наименьшее значение CAPE наблюдается в августе. В заключение следует отметить, что чем выше значение CAPE, тем глубже конвекция и тем опаснее метеорологические явления.

Чем больше CAPE, тем сильнее конвекция, и тем опаснее явления погоды стоит ожидать. Если в воздухе нет вертикальных движений, то говорят, что атмосфера устойчива. Если конвекция наблюдается, то атмосфера неустойчива. Когда частица нестабильна (ее температура выше температуры окружающей среды), она продолжает двигаться вверх, пока не достигнет стабильного слоя (хотя импульс, гравитация и другие силы могут заставить частицу продолжать движение).

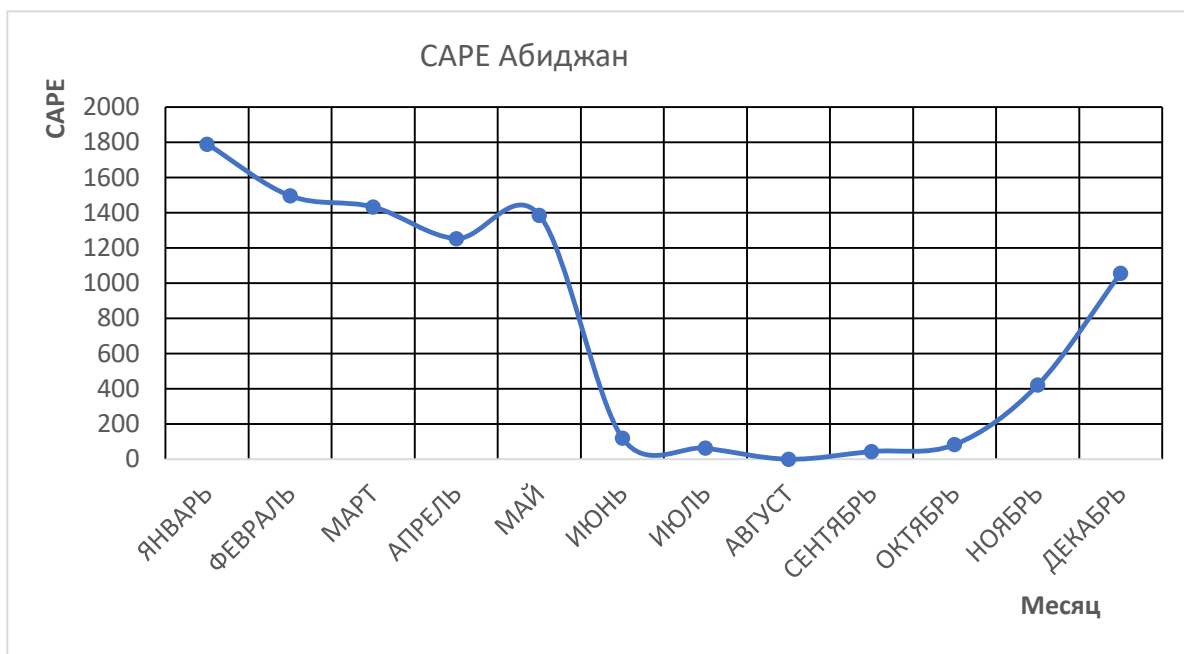


График.2. Изменение значений CAPE по отношению ко всем месяцам в 2021 году.

Особенности годового цикла конвективной облачности в устье р.Конго - центральноафриканская страна, расположенная между 3°30' северной и 5° южной широты и между 11° и 19° долготы. Климат здесь экваториальный, с сезонными колебаниями в течение каждого года. Особенности годового цикла конвективной облачности в Конго определяются сменой времен года, и здесь наблюдается большая часть кучево-дождевых облаков, потому что это жаркий регион характеризующийся низким давлением и воздух чаще всего неустойчив, особенно в периоды дождей идут очень бурные дожди, сильный ветер, а также града.

Необходимо знать, что Конго - страна, где почти весь год жарко, и конвективные облака в этой африканской зоне находятся в большом количестве. Среди городов Конго есть город Пуэнт-Нуар, который является экономической столицей Республики Конго, расположенной на крайнем юге страны, точнее, в продолжении узкой прибрежной равнины под плато, которое простирается на Майомбе. Его площадь составляет 114400 га или 1144 км², он расположен между 4°46' широты и 11°51' долготы.

В сухой сезон в Конго облачность низкая, а в жаркий сезон, например, в августе, конвективные облака практически отсутствуют.

Код Станции	Месяц	Дата/ время наблюдения	Рвг, гПа	Z вг, м	Облачность	атмосферная явления
64400	ЯНВАРЬ	10.01.21/00z	189	12447	Сб	Гроза, и ливни
64400	ФЕВРАЛЬ	10.02.21/00z	157	13358	Сб	Гроза, и ливни
64400	МАРТ	10.03.21/00z	147	14403	Сб	Гроза, град
64400	АПРЕЛЬ	10.04.21/00z	119	13936	Сб	Гроза град
64400	МАЙ	10.05.21/00z	132	14637	Сб	Гроза, и ливни
64400	ИЮНЬ	10.06.21/00z	257	13205	Сб	Гроза, и ливни
64400	ИЮЛЬ	01.07.21/00z	601	4436	Cu hum, Cu ned	
64400	АВГУСТ	01.08.20/00z	862	1352	Cu hum, Sc	
64400	СЕНТЯБРЬ	10.09.20/00z	371	7519	Cu med, Cb	
64400	ОКТАБРЬ	10.10.20/00z	246	10825	Сб	ливни
64400	НОЯБРЬ	10.11.20/00z	156	14046	Сб	Гроза, и ливни

64400	ДЕКАБРЬ	10.12.20/00z	143	13950	Сб	Гроза, и ливни
-------	---------	--------------	-----	-------	----	----------------

На станции № 64400 в 00Z в течение января-июня и октября-декабря наблюдались кучево-дождевые облака до 14 км, наибольшая высота облаков наблюдается в сезон дождей. Максимальное значение было в мае, когда в сезон дождей прошли сильные грозы. В июле, августе и сентябре высота облаков была ниже, а в июле мы наблюдали облака Cu hum, Cu med; в августе Cu hum, Sc и в сентябре Cu med, Сb. Наименьшая высота облаков наблюдалась в месяц сухого сезона, не было опасных погодных явлений и выпало мало осадков.

Каждый месяц слой воздуха был неустойчивым, воздух становился теплым и влажным. Спускной механизм вызывал подъем теплого и влажного воздуха: нагревание слоя воздуха у поверхности. подъемная подушка помогала заставлять воздух подниматься вверх.



График.3. Значения высоты верхнего конвективного облака в зависимости от месяца в городе Пуэнт-Нуар.

3.2 Особенности годового цикла конвективной облачности на юге Кот- де-Вуар.

Кот-д'Ивуар - страна, расположенная в Западной Африке, в северном полушарии, между тропиком Рака и экватором. Его площадь составляет 322 462 км² и координаты широта 5.316667, долгота -4.03333.

Климат Кот-д'Ивуара в целом жаркий и влажный, поэтому представляет собой переходный период между экваториальным и тропическим климатом.

Город Абиджан с географическими координатами: 5°18.5796' северной широты и Долгота: 4°0.7596' западной долготы.

В этой жаркой зоне воздух более неустойчив в сухой сезон, но опасных погодных явлений мало, по утрам очень холодно и бывают дожди в виде тумана.

Таблица 4

Код Станции	Месяц	Дата/времени	Рвг, гПа	Z вг, м	Облачность	атмосферная явления
65578	ЯНВАРЬ	01.01.21/00z	154	14070	Cb	Гоза, и ливни
65578	ФЕВРАЛЬ	01.02.21/00z	169	13808	Cb	Гоза, и ливни
65578	МАРТ	01.03.21/00z	149	14210	Cb	Гоза, и ливни
65578	АПРЕЛЬ	01.04.21/00z	155	14060	Cb	Гоза, и ливни
65578	МАЙ	01.05.21/00z	160	13860	Cb	Гоза, и ливни
65578	ИЮНЬ	01.06.21/00z	523	5578	Cu med, Cb	
65578	ИЮЛЬ	01.07.21/00z	423	7207	Cu med, Cb	
65578	АВГУСТ	01.08.20/00z		Sc	
65578	СЕНТЯБРЬ	01.09.20/00z	456	6677	Cu med, Cb	
65578	ОКТЯБРЬ	01.10.20/00z	442	6888	Cu med, Cb	

65578	НОЯБРЬ	01.11.20/00z	233	12107	Сб	слабые грозовые дожди
65578	ДЕКАБРЬ	12.12.20/00z	143	13950	Сб	Гроза

На таблице 4, номера станция 65578, кучево-дождевые грозовые облака наблюдались с января по май и с ноября по декабрь. В течение этого периода самые высокие облака наблюдались в январе в сезон дождей, и наблюдались слабые грозы, сопровождавшиеся дождем. В июне, июле, сентябре и октябре облачность была ниже, выпадало меньше осадков и штормов, погода была спокойной. Облака которых наблюдались *Ci med* и *C_b*.

В течение всех этих месяцев атмосфера была неустойчивой, и было больше конвективных облаков кучево-дождевого типа, точнее в сезон дождей их высота была больше, чем в сухой период. В августе не было конвективных облаков, были только *Sc*.

4 Заключение.

В представленной работе было проведено исследование особенностей условий формирования тропических конвективных облаков.

Было рассмотрен режим формирования климатов в экваториальной и тропической зоне, рассмотрено влияние перемещения термического экватора на режим температуры и режим осадков.

В работе анализировались данные двух станций - в южном и северном полушарии, расположенных на одинаковом расстоянии от экватора:

Пуэнт-Нуар (4° южной широты и 11° восточной долготы) и город Абиджан (5° северной широты и 4° западной долготы).

По данным радиозондирования атмосферы были проанализированы особенности атмосферы и конвективных облаков на выбранных станциях. Для анализа особенностей атмосферы были использованы значения CAPE, которые характеризуют запасы конвективной доступной потенциальной энергии атмосферы, для анализа особенностей конвективных облаков были выбраны значения уровня выравнивания температур (высота и температура), которые характеризуют условия на верхнюю границу облаков.

Проведенный анализ позволил сделать следующие выводы.

1- Город Пуэнт-Нуар имеет 4 сезона, распределенных следующим образом.

a) Два сезона дождей: более интенсивный (с марта по май) и менее интенсивный (с октября по декабрь).

b) Два сухих сезона: более короткий (с января по февраль) и более продолжительный (с июня по сентябрь);

2. Для города Абиджан характерны два сезона: сухой сезон, который длится с июня по ноябрь, и сезон дождей, который длится с декабря по май.

- Положение солнца в зените не зависит от смены времен года.

3- Самые высокие значения CAPE наблюдались в дождливые сезоны, а самые низкие – в засушливые, при этом чем больше CAPE, тем сильнее конвекция и тем опаснее ожидаемые погодные явления; следовательно, CAPE носит ярко выраженный сезонный характер.

4- Верхние конвективных облаков также зависят от сезонных колебаний. В сезон дождей образуются самые высокие конвективные облака, чем в сухие сезоны.

В работе были получены интересные результаты, представляющие несомненный интерес для исследователей облаков тропической зоны. В

дальнейшем эту работу планируем продолжить во время обучения в магистратуре.

Литература

1. Курс общей метеорологии физика атмосферы
2. Облака строение и физика образования
3. Тропическая метеорология
4. https://www.researchgate.net/figure/A-cumulus-mediocris-cloud-formed-over-Baden-Wurttemberg-Germany-cba-Marteng-Vw_fig1_303686619(3,4,2)
5. <https://fr.wikipedia.org/wiki/Cumulonimbus>(1,5)
6. кумулони́мбы <https://books.google.ru/books?hl=ru&lr=&id=j9c4AAAAMAAJ&oi=fnd&pg=PA1&dq=tous+sur+les+cumulus+nuages+pdf&ots=17DzfKmRyn&sig=KtvB5SA1B4Mhr>
4. [QSlcuEHtCkjm&redir_esc=y#v=onepage&q&f=false](https://books.google.ru/books?hl=ru&lr=&id=QSlcuEHtCkjm&redir_esc=y#v=onepage&q&f=false) (6)
7. облакообразование латентное тепло книга
8. <https://ladsweb.modaps.eosdis.nasa.gov/>
9. https://sup.ups-tlse.fr/Ozone/BasesScientifiques/projet/site/htm/StabiliteVerticale_4.html
10. HAL Id: pastel-00003728 <https://pastel.archives-ouvertes.fr/pastel-00003728>
11. https://www.academia.edu/1978833/Effect_of_shallow_cumulus_convection_o
12. <https://doi.org/10.1175/JAS3404>.
13. http://users.monash.edu.au/~cjakob/Papers/kumar_etal_jgr2013

14. <https://www.tandfonline.com/doi/pdf/10.3402/tellusa.v18i4.9689>[